

## COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO ANALÓGICO E DIGITAL PARA DETERMINAÇÃO DE PRESSÃO EM BIODIGESTOR ANAERÓBICO

LUCAS DA SILVA ROSA<sup>1</sup>, THALYTA DE O. I. MARTINS<sup>2</sup>, JULIANA LOBO PAES<sup>3</sup>,  
FREDERICO ALAN DE OLIVEIRA CRUZ<sup>4</sup>

1 Graduando em Física, Instituto de Ciências Exatas, UFRRJ, Seropédica-RJ, lucasdasilvo@gmail.com

2 Mestranda em Engenharia Física, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

3 Engenharia Agrícola e Ambiental, Profa. Dra. Associada, Depto. de Engenharia, UFRRJ, Seropédica-RJ

4 Física, Prof. Dr. Associado, Depto. de Física, UFRRJ, Seropédica-RJ

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** Objetiva-se com esse trabalho comparar dois métodos de medição do deslocamento da coluna de água em um manômetro acoplado a um biodigestor anaeróbio de bancada. O método digital utiliza registros fotográficos e análise no *software* Tracker®, enquanto o método analógico utiliza a leitura do tubo graduado. O método digital apresenta maior precisão e confiabilidade, permitindo uma medição mais detalhada e evitando erros sistemáticos. Por outro lado, o método analógico demonstra menor precisão e está sujeito a erros de leitura devido à paralaxe. Os resultados indicam que o método digital é mais adequado para a monitoração do deslocamento da coluna de água nesse contexto de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tracker; Manômetro; biogás

### DETERMINATION OF PARAMETERS FOR MEASURING PRESSURE IN A BIODIGESTER: COMPARISON BETWEEN ANALOG AND DIGITAL METHOD

**ABSTRACT:** The aim of This study compares two methods of measuring water column displacement in a manometer coupled to a benchtop anaerobic biodigester. The digital method utilizes photographic records and analysis in Tracker® software, while the analog method relies on reading the graduated tube. The digital method demonstrates higher precision and reliability, enabling more detailed measurements and eliminating systematic errors. Conversely, the analog method exhibits lower accuracy and is susceptible to reading errors caused by parallax. The results indicate that the digital method is more appropriate for monitoring water column displacement in this study context.

**KEYWORDS:** Tracker; Manometer; biogas

**INTRODUÇÃO:** Na condução de uma pesquisa, a coleta de dados é uma etapa crucial para a compreensão correta do que está sendo analisado. Uma obtenção inadequada das informações pode originar uma série de implicações futuras, impedindo assim a conclusão efetiva da pesquisa ou até mesmo uma interpretação errônea do fenômeno investigado. Assim, é fundamental que essa etapa seja realizada de forma precisa e criteriosa, a fim de evitar complicações e garantir a adequabilidade dos resultados obtidos.

No caso da avaliação da produção de um biodigestor anaeróbico, por exemplo, a imprecisão na medida de certos parâmetros pode resultar em avaliações equivocadas sobre o processo de produção de biogás. Com o objetivo de minimizar os erros de medida, este trabalho apresentará o resultado do deslocamento da coluna d'água de um manômetro móvel, acoplado a um biodigestor, com o uso da técnica de análise de registros fotográficos (INOCÊNCIO et al, 2021) e a sua comparação com o método tradicional, que utiliza a graduação do tubo do equipamento em questão.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O procedimento foi realizado em dois biodigestores anaeróbios de bancada, modelo indiano. Os biodigestores eram compostos por três recipientes cilíndricos, concêntricos, cada um com uma das extremidades fechadas. O cilindro externo foi utilizado como câmara de contenção de “selo d'água”, e foi acoplado a ele um cilindro menor, utilizado como câmara de digestão anaeróbia (figura 1.a). O terceiro cilindro foi utilizado como gasômetro para contenção do gás, posicionado entre as câmaras de contenção e digestão. No topo do gasômetro, foi fixado um conector 3 vias, para a retirada do biogás (figura 1.b). Para o estudo da pressão, não foi necessário realizar o processo de digestão, apenas foi introduzido ar no interior do gasômetro.

Acoplado ao coletor de três vias, através de uma mangueira de silicone, estava uma das saídas do manômetro móvel em forma de U. O manômetro era formado por dois tubos graduados de 0 a 9 ml, posicionados na vertical, acoplados por uma mangueira maleável, na base inferior de cada tubo, permitindo que o fluido presente em seu interior, pudesse mover-se em ambos os tubos (Figura 1.c)

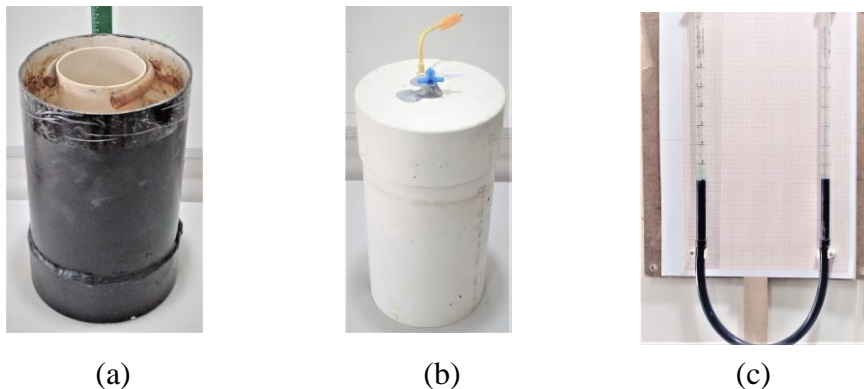


FIGURA 1. (a) Câmara de contenção de “selo d'água” e câmara de digestão, (b) gasômetro e conector 3 vias acoplado, (c) Manômetro móvel de bulbo em U.

Como primeiro passo, foi determinada a amplitude máxima de deslocamento vertical do gasômetro, devido à inserção de um volume de ar em seu interior, com o auxílio de uma régua graduada acoplada em sua lateral. A amplitude máxima vertical medida, foi dividida em cinco pontos equidistantes, numerados como volume 1 ao 6. Cada ponto foi associado a um volume de gás no interior do biodigestor. A determinação da pressão foi feita a partir da diferença de altura da coluna d'água nos tubos do manômetro.

Essa leitura foi realizada por dois métodos, analógico e digital, para efeitos de comparação. O analógico, baseou-se em uma análise visual do ponto atingido pelo fluido no tubo graduado. A análise no método digital, foi realizada através de registros fotográficos do manômetro através do software Tracker® (BROWN, 2018). Todas as fotos foram tiradas a partir de uma câmera de celular com uma resolução de 13 MP. O celular foi adicionado a um tripé, localizado a uma distância de 1 metro da bancada onde os biodigestores estavam alocados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As medidas do método analógico, foram realizadas em triplicata. A escolha desta análise foi feita visando utilizar a média dos valores lidos, como uma medida para minimizar possíveis erros. A análise no método digital, realizada no software, também foi feita a partir da triplicata dos registros fotográficos.

Após a inserção da imagem no software, foi utilizado duas ferramentas para a análise, o “Bastão de Medição” e a “Fita métrica”. O bastão de medição foi o responsável por fornecer uma escala para a análise da fotografia. Para criação dessa escala, foi indispensável o conhecimento de um comprimento real presente na foto. O objeto utilizado como parâmetro, foi a folha milimetrada no plano de fundo do manômetro (Figura 2).

Uma vez que o programa já possuía a escala desejada, o próximo passo foi utilizar a fita métrica, responsável por determinar quaisquer outros comprimentos na foto. Para que a etapa apresentasse melhores resultados, foi necessário adicionar a função “eixo coordenado”, que consta na barra de ferramentas do software. Para a determinação do comprimento da coluna d’água, no interior do tubo, foi posicionada uma das extremidades da fita métrica no ponto correspondente aos 0 ml na graduação do tubo, ao outro extremo no ponto atingido pelo líquido. O procedimento foi realizado em ambos os lados do manômetro (Figura 2).

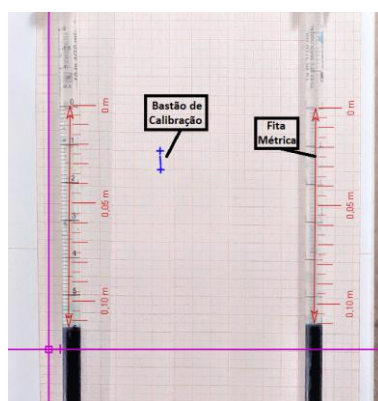


FIGURA 2. Posicionamento do eixo coordenado, fita métrica e bastão de calibração.

Para cada volume de gás, foram feitos três registros fotográficos do manômetro. Cada registro foi realizado a partir de ângulos ligeiramente distintos, para minimizar erros de paralaxe. Para cada leitura, foi calculado o deslocamento total da coluna d’água, relacionado a um volume de gás, como vemos na Tabela 1. Esse deslocamento corresponde à diferença entre o comprimento do lado esquerdo e o direito.

TABELA 1. Deslocamento do fluido e erro percentual.

Altura do gasômetro	Biodigestor 1 Deslocamento (cm)			Biodigestor 2 Deslocamento (cm)		
	Analógico	Digital	Erro %	Analógico	Digital	Erro %
Volume 1	1,80 ± 0,1	1,98 ± 0,01	9,09	0,20 ± 0,1	0,34 ± 0,01	40,83
Volume 2	1,80 ± 0,1	2,03 ± 0,01	11,24	0,60 ± 0,1	0,40 ± 0,01	48,51
Volume 3	2,60 ± 0,1	2,54 ± 0,01	2,36	3,60 ± 0,1	3,61 ± 0,01	0,17
Volume 4	3,20 ± 0,1	3,20 ± 0,01	0,13	4,60 ± 0,1	4,74 ± 0,01	2,83
Volume 5	3,40 ± 0,1	3,54 ± 0,01	3,90	5,00 ± 0,1	4,83 ± 0,01	3,56
Volume 6	2,80 ± 0,1	3,32 ± 0,01	3,32	5,00 ± 0,1	4,92 ± 0,01	1,75

A incerteza é o primeiro ponto que merece destaque nesta análise, pois no método analógico, ela corresponde a 0,1 cm, que é a metade do menor valor de leitura da ferramenta utilizada (TOGINHO FILHO, ANDRELLO, 2009). Enquanto o método digital apresenta uma incerteza

de 0,01 cm, padronizado para este tipo de medida (UC, 2010). Com base nisto, o erro percentual apresentado foi calculado tomando a leitura do método digital como valor esperado, por apresentar uma incerteza menor que o outro método. O método digital, também fornece um maior número de casas decimais que o método analógico utilizado, minimizando o erro associado às aproximações.

Outro ponto de destaque, é que apesar de ser possível observar uma relação de proporcionalidade direta entre o volume de gás e o deslocamento de forma geral, em alguns casos não houve variação perceptível do mesmo. Esse efeito pode estar associado ao fator de compressibilidade do gás, que no caso do ar corresponde a  $0,99963 \text{ m}^2/\text{N}$ . Se o procedimento fosse realizado com o biogás, que apresenta um fator de compressibilidade igual a  $0,9970 \text{ m}^2/\text{N}$ , seria possível observar uma variação distinta nos deslocamentos (ZANK et al, 2020).

Neste estudo, verificou-se que o método digital traz vantagens significativas em relação ao método analógico na captação de dados, eliminando erros sistemáticos como o erro de paralaxe (ALMACINHA, 2016). Ao posicionar a câmera na mesma altura do manômetro e analisar a imagem posteriormente, o método digital permite medições mais precisas, com maior número de casas decimais e uma menor incerteza.

**CONCLUSÕES:** Pelos resultados obtidos conclui-se que, pelo método digital, utilizando o software Tracker®, torna-se mais viável e eficiente, além de ser confiável, contribuindo para avanços significativos na área em estudo.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a UFRRJ pela bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI-UFRRJ).

## **REFERÊNCIAS:**

ALMACINHA, J. A. Introdução à metrologia dimensional. 10º ed. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.

BROWN, D. Tracker: Video analysis and modeling tool, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2MS7rqp>, Acesso em: 20 jun. 2023.

INOCÊNCIO, T. O.; CRUZ, F. A. O.; PAES, J. L.; MOREIRA, M. M. S.; ALVES, L. F.; SILVA, V. A. Determinação do deslocamento vertical do biodigestor anaeróbio de bancada por análise de registro fotográfico. In: L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, Ano 2021. Disponível em: <https://shre.ink/IUCW>. Acesso em: 24 de junho de 2023.

TOGINHO FILHO, D. O., ANDRELLO, A.C., Catálogo de Experimentos do Laboratório Integrado de Física Geral. Universidade Estadual de Londrina, 2009. Disponível em: [www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce5702/medicao.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce5702/medicao.pdf), Acesso em: 22 mai. 2023

UC - Universidade de Coimbra. Introdução a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2010 .

ZANK, J. C. C.; BRANDT, L. S.; BEZERRA, R. C.; PEREIRA, E. N. As características do biogás e avaliação de substituição de combustíveis. Exacta, v. 18, n. 3, p. 502-516, 2020