

# Recital

---

Revista de Educação,  
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

---

## **PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE EM BIODIGESTOR E ANÁLISE QUÍMICA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NO PRODUTO**

*PRODUCTION OF BIOFERTILIZER IN BIODIGESTER AND CHEMICAL ANALYSIS  
OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THE PRODUCT*

**Arnald Pinho de OLIVEIRA**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas  
[arnaldpinho@hotmail.com](mailto:arnaldpinho@hotmail.com)

**Eduarda Ferreira de OLIVEIRA**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas  
[dudahkha@gmail.com](mailto:dudahkha@gmail.com)

**Arlem Joaquim de PINHO**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas  
[arlempinho@yahoo.com](mailto:arlempinho@yahoo.com)

**João Lucas Ferreira Gomes LEMOS**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas  
[joalucaslemos@gmail.com](mailto:joalucaslemos@gmail.com)

**Cláudia Emanuele Machado CAMARGOS**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas  
[claudia.machado@ifnmg.edu.br](mailto:claudia.machado@ifnmg.edu.br)

**Magnovaldo Carvalho LOPES**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas  
[magnovaldo.lobes@ifnmg.edu.br](mailto:magnovaldo.lobes@ifnmg.edu.br)

DOI: <https://doi.org/10.46636/recital.v4i2.262>



## Resumo

A região do Alto Rio Pardo, situada em Minas Gerais, é caracterizada pela grande prática da atividade agropecuária. Assim como a bovinocultura, a agricultura se faz presente como ferramenta de subsistência das populações de tal região. No entanto, nem sempre o solo desta região está apto à atividade agrícola. O uso de biofertilizantes se coloca-se como uma excelente alternativa como adubo orgânico, tais produtos são líquidos que possuem nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento das plantas. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo principal, avaliar a quantidade de nitrogênio e de fósforo presentes no biofertilizante, através de análise química. O fósforo foi quantificado pela medida da absorbância no espectrofotômetro a 660 nm e a análise de nitrogênio foi realizada pelo método de Kjeldahl. O biofertilizante utilizado foi coletado de um biodigestor construído nas dependências do IFNMG *campus* Salinas e as análises supracitadas também foram feitas na instituição. Nas primeiras análises químicas, no biofertilizante foram encontrados 14,68 g.L<sup>-1</sup> de fósforo e 6,06 g.L<sup>-1</sup> de nitrogênio, determinando assim, em comparação com a literatura, uma alta capacidade nutricional apresentando um elevado teor de nitrogênio e fósforo.

**Palavras-chave:** Agropecuária. Espectrofotometria. Nutrientes.

## Abstract

The region of Alto Rio Pardo, located in Minas Gerais, is characterized by the great practice of agricultural activity. Like cattle farming, agriculture is present as a subsistence tool for the populations of this region, however, the soil of this region is not always suitable for agricultural activity. The use of biofertilizers is an excellent alternative as organic fertilizer. Such products are liquids that have nutrients considered essential for the development of plants. Thus, the main objective of this study is to evaluate the amount of nitrogen and phosphorus present in the biofertilizer, through chemical analysis. The phosphorus was quantified by the measurement of absorbance in the spectrophotometer at 660 nm and the nitrogen analysis was performed by the Kjeldahl method. The biofertilizer used was collected from a biodigester built on the premises of the IFNMG Salinas Campus and the aforementioned analyses were also made at the same institution. In the first chemical analyses in the biofertilizer, 14.68 g.L<sup>-1</sup> of phosphorus and 6.06 g.L<sup>-1</sup> of nitrogen were found, thus determining in comparison with the literature a high nutritional capacity presenting a high content of nitrogen and phosphorus.

**Keywords:** Agriculture. Spectrophotometry. Nutrients.

## INTRODUÇÃO

A prática da bovinocultura é uma das atividades econômicas mais conhecidas e importantes do país. Com uma contribuição expressiva na oferta de emprego, esta atividade envolve cerca de quatro milhões de trabalhadores. Na região do Alto Rio Pardo, situada no norte de Minas Gerais, símil à maioria das regiões do país, é caracterizada pela grande prática da pecuária, ocupando grandes áreas campesinas.



Assim como a bovinocultura extensiva, uma atividade muito praticada no Alto Rio Pardo, a agricultura é essencial para a subsistência dos produtores, como também para o desenvolvimento econômico e social da região, principalmente para as famílias que residem em zonas rurais. No entanto, devido à sua localização geográfica, essa região apresenta relativamente um baixo índice pluviométrico anual, sendo preeminente seco durante o ano, além de ser caracterizada por ter seus solos naturalmente pouco férteis (BRASIL, 2015).

Em vista disto, é necessária a busca por tecnologias, métodos e recursos sustentáveis e acessíveis que minimizem e corrijam as condições do solo. O uso do biodigestor para a produção de biofertilizante é uma excelente alternativa para o aproveitamento dos dejetos provenientes da bovinocultura. A utilização do produto gerado no biodigestor pode ser aplicada na agricultura, substituindo os fertilizantes inorgânicos industrializados (ou químicos). Esses fertilizantes industrializados são comumente associados à poluição ambiental, além de possuírem um alto custo. Isto posto, utilizar o biofertilizante é uma alternativa socioeconomicamente e ambientalmente viável para gerir os dejetos de bovinos.

O manejo inadequado dos dejetos de bovinos pode ser extremamente prejudicial ao meio ambiente, causando maus odores, doenças infectocontagiosas, contaminação das águas e principalmente do solo. A priori, esses dejetos podem apresentar aspectos ambientais negativos. Contudo, quando degradados no biodigestor e transformados em biofertilizante podem ser considerados produtos preponderantes como corretivos de solos.

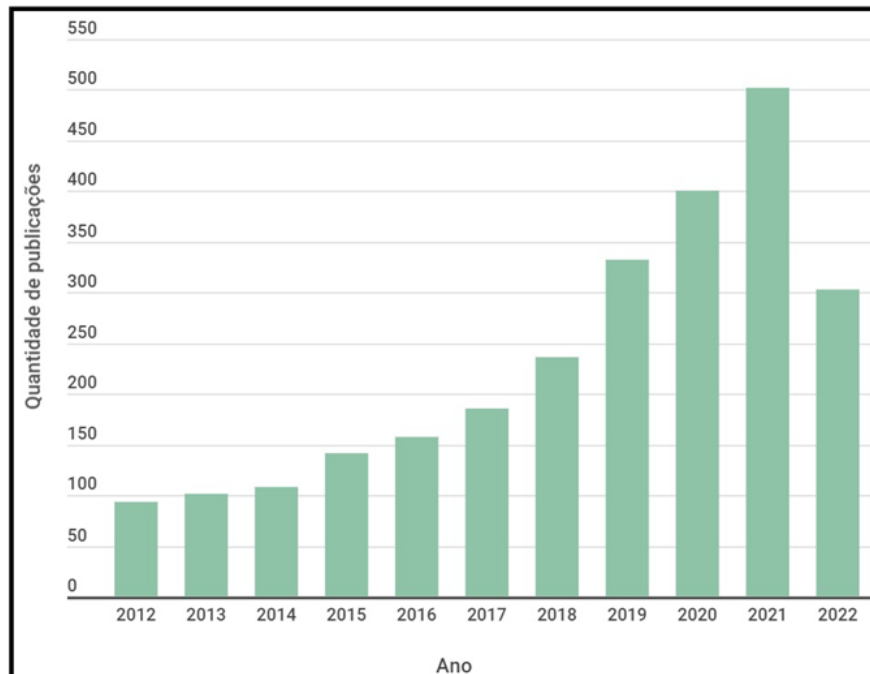
O biofertilizante é um adubo orgânico líquido com propriedades fertilizantes. Este contém nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, entre eles o fósforo e o nitrogênio. O biofertilizante atua contribuindo para o equilíbrio nutricional da planta, deixando-a menos passível de ataques de pragas e doenças. Vale ressaltar que, antes de ser empregado qualquer fertilizante em uma cultura, é preciso conhecer as suas características nutricionais, de modo a tornar o emprego do produto mais efetivo, além de evitar contaminações com quantidades indesejáveis de nutrientes.

Sendo assim, após o processo de digestão, o biofertilizante foi coletado e levado para análises laboratoriais via medida da absorvância no espectrofotômetro UV-VIS modelo: IL-593-S-BI e método Kjeldahl nas próprias dependências do IFNMG – Salinas. Estas análises tiveram como objetivo quantificar os nutrientes disponíveis no produto para que o mesmo seja utilizado de maneira correta na fertilização dos solos norte mineiros. O estudo em questão é benéfico, pois fornece uma informação científica que é carente na literatura, uma vez que, não foram encontrados nos principais periódicos, estudos nutricionais de biofertilizantes produzidos no Norte de Minas Gerais.

Desde o marco do evento ECO-92, cada vez mais, governantes e empresas vêm se preocupando com os problemas climáticos que afetam o planeta. Essa preocupação deu origem a inúmeros avanços científicos na busca por produtos ecologicamente corretos. Como os biofertilizantes são produtos que se adequam a essa classe, avanços nas pesquisas por esses materiais têm aumentado ao longo dos anos. Este crescimento é descrito pelo gráfico estatístico da Figura 1 que relata publicações que abordam o tema biofertilizante, indexadas na base de dados *Web of Science*.



Figura 1. Gráfico estatístico de publicações indexadas na base de dados *Web of Science* no período de 2012 a 2022 referentes aos biofertilizantes.



A representação gráfica da Figura 1 foi elaborada pela contagem dos trabalhos que continham no título as palavras *biofertilizante* ou *biofertilizer*. Cerca de 2561 artigos foram encontrados nos últimos dez anos, sendo observado um crescimento exponencial de publicações, o que reflete o vasto potencial desse material. Fica ainda evidente, que essa linha de pesquisa não atingiu o seu ápice e por esse motivo, é importante que os trabalhos continuem sendo desenvolvidos.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 BIODIGESTORES

O biodigestor é uma câmara que armazena a matéria orgânica, e neste sistema ocorre a degradação da matéria por meio da ação de bactérias anaeróbicas fermentativas, em um processo bioquímico. O biodigestor tem a função de promover um ambiente inteiramente isento de oxigênio molecular para que seja produzido o biofertilizante. Há vários modelos de biodigestores que podem ser classificados, de acordo com a forma de alimentação, em contínuos ou descontínuos. Esses podem ser confeccionados em alvenaria, concreto, plástico, entre outros materiais (FRIGO *et al.*, 2015).



Os modelos indiano, canadense e chinês são de abastecimentos contínuos; estes recebem um volume de substrato diariamente ou semanalmente. Normalmente esse tipo de biodigestor é de grande porte, uma vez que, para que ocorra o processo de anaerobiose, é necessário que a matéria orgânica permaneça durante um determinado período dentro da câmara. Logo, a câmara requer uma grande quantidade de substrato. O modelo batelada é classificado como de alimentação descontínua, que pode ser constituído, por uma ou mais, câmaras de fermentação em série. Nesse modelo, a câmara é abastecida com o substrato que é retirado ou substituído após todo o processo de biodigestão ser totalmente sucedido (CORTÊZ; ROCHA; CORTÊZ, 2019).

## 1.2 BIOFERTILIZANTE

Os biofertilizantes são definidos pelo Ministério da Agricultura como produtos que atuarão na planta com o objetivo de elevar a sua produção. Essa definição é oriunda do Decreto nº 86.955 no artigo 3º (BRASIL, 1982). Segundo De Medeiros e Da Silva Lopes (2006), os biofertilizantes são caracterizados por substâncias com compostos bioativos que resultam da digestão aeróbica ou anaeróbica de matéria orgânica.

Segundo Stuchi (2015), os biofertilizantes são derivados do processo de fermentação dos resíduos orgânicos e nutrientes em água. Especificamente, o biofertilizante produzido a partir do biodigestor do IFNMG, campus Salinas, é fruto da atividade de bactérias anaeróbicas. De acordo com Kunz *et al.* (2019), para os processos anaeróbicos ocorrerem são necessários a presença de oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio, cloro, sulfato, ferro, cobre, zinco, magnésio, molibdênio e vanádio no substrato, para suprir a demanda nutricional das bactérias. Também é possível ressaltar, que outros nutrientes estão presentes no produto final, por serem encontrados no substrato de partida.

Para fins fungicidas, a aplicação do produto deve ser realizada a cada 10 dias tendo este, concentração de 10%. Para os fins nutricionais é recomendado que se aplique 50 ml do produto puro, próximo às raízes das plantas (STUCHI, 2015). O produto atuará como suplemento nutricional para a planta, aumentando a sua resistência ao ataque de agentes patogênicos (COSTA, 2006).

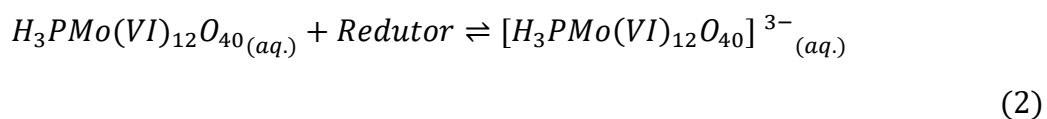
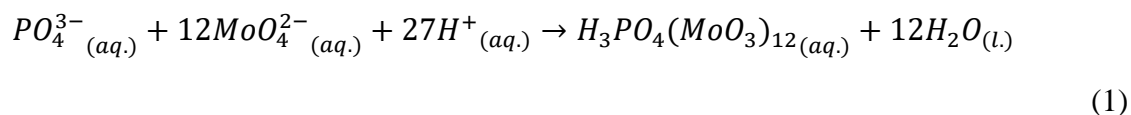
A literatura descreve um biofertilizante proveniente de um biodigestor anaeróbico utilizando-se de substrato bovino. Após a análise observou-se uma grande quantidade de nutrientes. No estudo, as análises identificaram em mg L<sup>-1</sup>: 140,00 de N (nitrogênio); 54,00 de P (fósforo); 48,00 de K (potássio); 65,00 de Ca (cálcio); 26,00 de Mg (magnésio); 20,00 de S (enxofre); 1,00 de Fe (ferro); 0,20 de Mn (manganês); 0,10 de Cu (cobre); 1,40 de Zn (zinco); 0,40 de B (boro); 18,00 de Na (sódio); 7,00 de Pb (chumbo); 0,50; Cd (cádmio); 9,00 de Ni (níquel) e 8,00 de Cr (cromo) (CHICONATO *et al.*, 2013). É relatado ainda, que o biofertilizante pode ser utilizado para aumentar a produção de culturas como o feijão e este ainda pode ser empregado de forma solitária ou combinada com adubos químicos (GALBIATTI *et al.*, 2011). Como observado, é possível destacar que o biofertilizante é um produto com inúmeros benefícios, pois melhora a produtividade, nutre o solo e tem capacidade pesticida no combate a pragas que possam afetar a espécie vegetal.



### 1.3 ANÁLISE QUÍMICA DE FÓSFORO

Na determinação do fósforo, utiliza-se de uma solução de grande acidez: como ácido clorídrico P.A., ácido sulfúrico P.A., ou a combinação dos dois. Na combinação de  $\text{HCl}_{(aq)}$  e  $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$  é produzida uma solução conhecida como Mehlich I ou Carolina do Norte, e nessa solução, o  $\text{Cl}^-$  tem a função de não permitir que o fósforo seja novamente absorvido depois da extração. Após extraído, a quantidade de P na amostra é determinada no espectrofotômetro pela intensidade da cor do complexo fosfomolibdico (SILVA, 2009; SILVA, 1991).

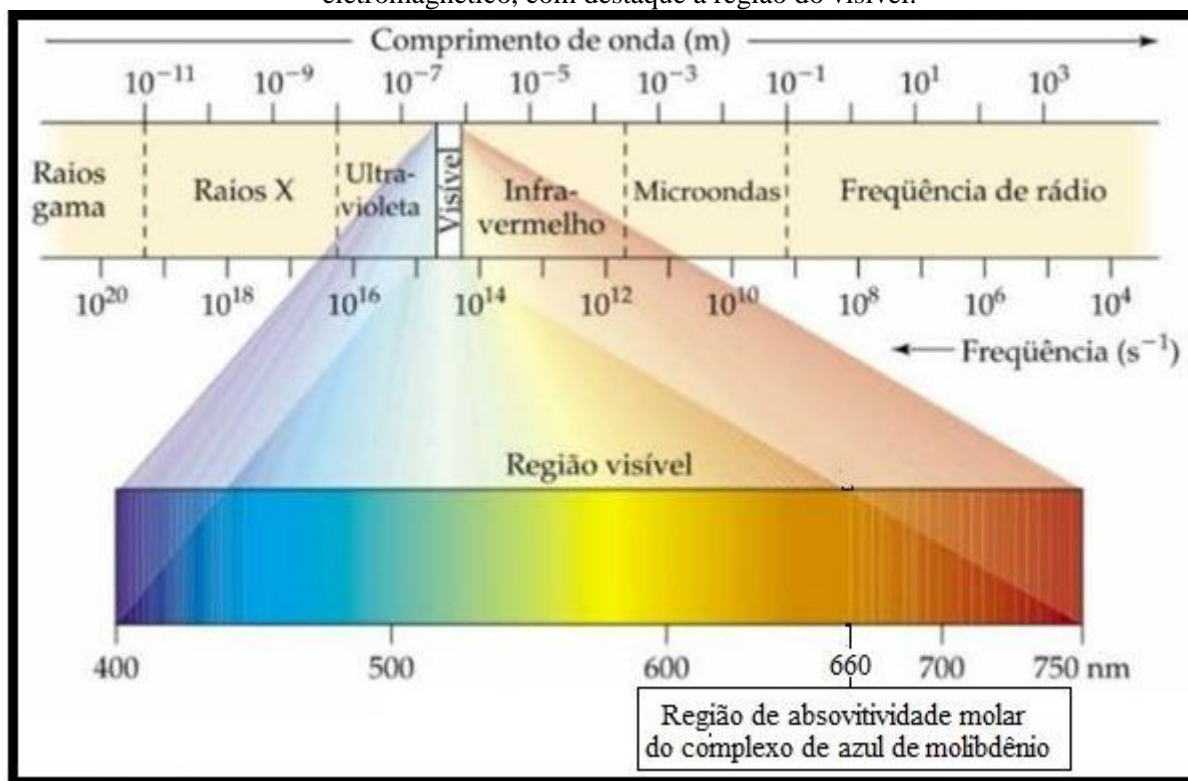
Esse complexo é formado pela reação entre os íons  $\text{PO}_4^{3-}$  e  $\text{MoO}_4^{2-}$ , em meio ácido, dando origem ao complexo oficialmente denominado heteropoliácido 12-molibdofosfórico ( $\text{H}_3\text{PMo}(\text{VI})_{12}\text{O}_{40}$ ) (Equação 1). Acontece que, este apresenta uma baixa absorvidade molar, sendo necessário o emprego do ácido ascórbico na função de agente redutor para dar origem ao complexo conhecido como azul de molibdênio ( $[\text{H}_4\text{PMo}(\text{VI})_8\text{Mo}(\text{V})_4\text{O}_{40}]^{3-}$ ) (Equação 2). Por sua vez, esse complexo originado apresenta elevada absorvidade molar na região de 660 nm (SANTOS; SILVA; GRIEBELER, 2014; MASINI, 2008).



A quantificação de fósforo é proporcional à intensidade da cor analisada por um espectrofotômetro na região Ultravioleta/visível (UV-Vis). Esse aparelho faz a leitura da absorção e transmitância da luz na região do visível e da radiação ultravioleta para identificar compostos inorgânicos e orgânicos presentes. Uma fonte de luz no aparelho emite uma radiação na região do visível ou ultravioleta do espectro (Figura 2), essa radiação é incidida em uma molécula, que a absorve, ocasionando na excitação de elétrons presentes, que ao retornarem ao estado fundamental transmitem essa radiação. Um espectrofotômetro de absorção molecular, fará a medida dessa absorção e transmissão, relacionando esses valores à concentração da amostra (ATKINS; JONES, 2012).



Figura 2 – Comprimento de onda da radiação eletromagnética em várias regiões do espectro eletromagnético, com destaque a região do visível.



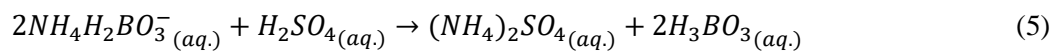
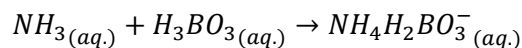
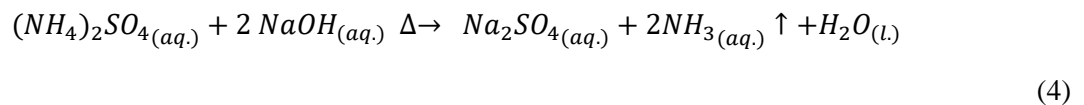
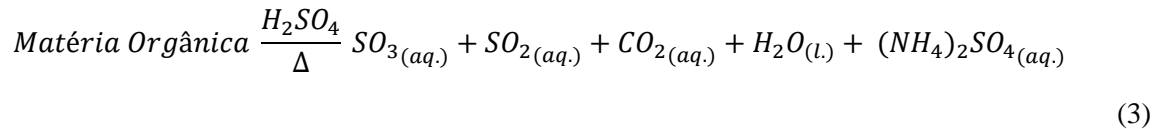
Fonte: Adaptado de Brown; Lemay; Bursten (2005).

#### 1.4 ANÁLISE QUÍMICA DE NITROGÊNIO

O método de análise de nitrogênio mais conhecido e utilizado atualmente no país é intitulado Método de Kjeldahl. Foi desenvolvido em 1833 por um cientista dinamarquês chamado Johan Kjeldahl. Esse método, apesar de algumas modificações sofridas ao longo do tempo, consiste em três etapas principais para análise: digestão, destilação e titulação (Equações: 3, 4, 5). Primeiramente, na digestão, a amostra é dissolvida em ácido sulfúrico e aquecida até que o nitrogênio orgânico se converta em íon amônio. Na destilação, o produto da digestão é destilado em aparelho próprio para nitrogênio, pelo método de arraste à vapor e captado em uma solução de ácido bórico. Essa solução, é então titulada com ácido clorídrico ou sulfúrico padronizado (VIEIRA *et al.*, 2016; SILVA, 2009).



Equações químicas referentes às transformações químicas ocorridas nas três etapas do método de Kjeldahl. Digestão (3). Destilação (4). Titulação (5).



Esse método está entre os mais usados na análise de nitrogênio porque tem uma confiabilidade de resultados muito grande e apresenta um custo muito baixo quando comparado a outras metodologias. Por esse motivo, a análise de Kjeldahl é muito famosa e utilizada em várias áreas da ciência (ARAÚJO, 2019).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 COLETA E PREPARO DO SUBSTRATO

Para a produção do biofertilizante e preenchimento do volume disponível no biodigestor, coletou-se 90 Kg de esterco bovino fresco no setor de Zootecnia do *campus* (Figura 3). Os bovinos foram alimentados com uma ração à base de milho e sorgo. É importante ressaltar a base alimentar dos animais, pois além de interferir na qualidade nutricional do biofertilizante, está em concordância com a realidade local. O esterco coletado foi diluído em água na proporção 1:1 para abastecer o biodigestor.





Figura 3 – Coleta de esterco bovino fresco



Fonte: Autoria própria (2021)

## 2.2 BIODIGESTOR, PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE E AMOSTRAGEM

O biodigestor, utilizado na produção do biofertilizante, é produto de pesquisas feitas no IFNMG. O equipamento foi construído com materiais de fácil aquisição utilizando-se de peças de baixo custo. Seu compartimento principal é feito com uma manta plástica de 250 L — contendo um tubo de alimentação onde é adicionado o substrato e de canais para retirada: do biofertilizante, do biogás, e também, para a limpeza (Figura 4).



Figura 4 - Biodigestor e as funções dos seus principais compartimentos



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a produção do biofertilizante, foi adicionado 180 L do substrato contendo dejetos e água no biodigestor (Figura 5), este volume é adequado porque preenche o volume da manta plástica e ainda reserva um espaço de 70 L para o biogás que será produzido. Após abastecido o biodigestor, iniciou-se no substrato a ação das bactérias anaeróbicas por um período de 45 dias. Esse tempo foi determinado, pois a coleta de biofertilizante interrompe o processo anaeróbico dentro do biodigestor e assim, é necessário que este ato ocorra somente após considerável produção de biogás.

Ao término desse prazo, foi recolhida uma quantidade de aproximadamente 50 L de biofertilizante. É preciso ressaltar que nem todo substrato é convertido nesse produto: aproximadamente 10 Kg de resíduo sólido de pouco valor nutricional é também obtido. Ainda para otimizar o processo, é necessário deixar uma quantidade de biofertilizante no reservatório,



uma vez que as bactérias anaeróbicas existentes neste produto poderão facilitar a digestão de novos substratos.

Figura 5 – Visão interna do biodigestor no momento do abastecimento



Fonte: Autoria própria (2021)

### 2.3 ANÁLISE DE FÓSFORO NO BIOFERTILIZANTE

A análise de fósforo no biofertilizante foi baseada na metodologia de Claessen (1997), sendo necessário um processo anterior à sua determinação, conhecido como extração. Nesta etapa, utilizou-se de processos metodológicos disponíveis em Silva (2009), no qual foi preparada uma solução extratora duplo-ácido. Essa solução ácida compunha-se de 4,3 mL de ácido clorídrico P.A. e 0,69 mL de ácido sulfúrico p.a., posteriormente diluídas em um balão volumétrico de 1 L, contendo 500 mL de água destilada, cujo recipiente foi agitado e cujo volume foi completado. Em seguida, 10 mL de biofertilizante foi colocado em um Erlenmeyer de 125 mL. Nesse

20



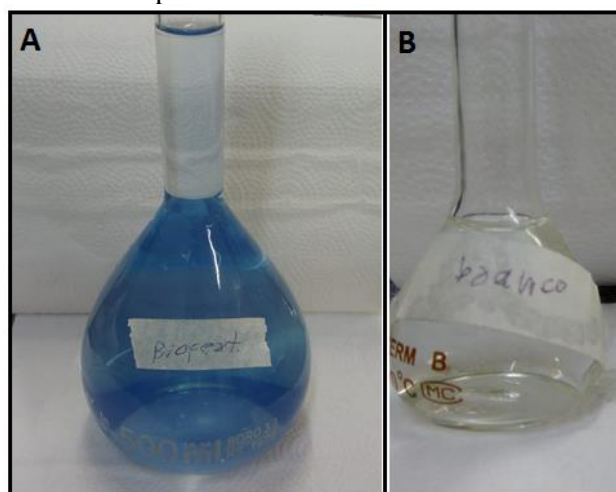
recipiente foi adicionado 100 mL da solução extratora duplo-ácido. A solução formada foi agitada por 5 minutos em agitador circular e deixada em repouso durante 12 horas. Ao final desse período, o fósforo do biofertilizante foi extraído.

Para realizar a análise de fósforo foi preparada uma solução de molibdato de amônio e uma solução padrão de fósforo. A solução de molibdato de amônio foi produzida adicionando-se 500 mL de água destilada em um balão de 1 L, colocando em seguida 2 g de subcarbonato de bismuto, e rapidamente pipetando-se 100 mL de ácido sulfúrico P.A. para o balão. O recipiente foi deixado em repouso para esfriar e, em seguida, adicionado uma solução contendo 20 g de molibdato de amônio em 200 mL de água destilada.

Com o intuito de produzir uma curva analítica para a análise, foi necessário a preparação de uma solução padrão de fósforo. Para isso, pesou-se 0,2193 g de fosfato de potássio monobásico e transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L, que já continha um pouco de água destilada. Em sequência, pipetou-se 3 mL de ácido sulfúrico para o balão e foi adicionada água destilada até que se completasse o volume do recipiente, obtendo-se uma solução de 50 mg de P/L. Dessa solução, foram pipetadas alíquotas de 5 mL, 10 mL e 15 mL para balões de 250 mL e, em seguida, completado o volume com solução extratora duplo-ácido. Dessas três soluções padrão, foram pipetados uma alíquota de 5 mL e transferidas para três Erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 10 mL da solução de molibdato de amônio e 30 mg de ácido ascórbico. Por fim, os três padrões contidos nesses Erlenmeyeres foram analisados em espectrofotômetro a 660 nm.

Já às amostras extraídas do biofertilizante, pipetou-se 10 mL para um balão de 50 mL, sendo adicionado em seguida 10 mL da solução de molibdato de amônio e 15 mg de ácido ascórbico. Em seguida, foi completado com água destilada até o volume do balão e agitada a solução até a completa dissolução do ácido ascórbico. Para essa solução amostra de biofertilizante foi necessária a sua diluição em um balão de 250 mL para que o valor fosse analisado dentro da curva analítica.

Figura 6 – Solução de fósforo proveniente da amostra de biofertilizante (A) e branco (B)



Fonte: Autoria própria (2021)



Com isso, foi obtida uma solução amostra pronta para ser analisada no espectrofotômetro UV/VIS (Figura 6). Esse processo de preparação também foi realizado na produção de uma solução chamada “branco”, isto é, que contém toda a preparação, mas sem a adição da amostra. Por último, a solução amostra e o branco foram lidos no espectrofotômetro UV/VIS também a 660 nm. Com os valores do aparelho, o branco foi descontado das leituras, o gráfico de absorção foi produzido e a quantidade de fósforo na amostra foi calculada.

## 2.4 ANÁLISE DE NITROGÊNIO NO BIOFERTILIZANTE

A quantificação do nitrogênio foi baseada na mesma fonte de metodologia de análise de fósforo, fundamentada e descrita por Claessen (1997). Antes da determinação do nitrogênio, foi necessário que as amostras fossem digeridas.

Para a digestão, foi preparada uma solução contendo 9 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dissolvida em 50 mL de água destilada em um balão volumétrico de 100 mL. Nessa solução foi adicionado 0,9 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  e, em seguida, 30 mL de ácido sulfúrico, sendo por último, completado o volume do balão.

Com a solução digestora pronta, foi pesado 0,7 g de amostra e posteriormente dissolvida em 15 mL da solução digestora. Na digestão, o bloco digestor foi aquecido para 250 °C nos primeiros 30 minutos, em seguida, a temperatura foi elevada para 400 °C, permanecendo assim até que a coloração da solução mudasse de preta para verde (Figura 7).

Figura 7 – Amostra de biofertilizante digerida



Fonte: Autoria própria (2021)

A solução extraída foi deixada na capela para esfriar até atingir a temperatura ambiente. Em seguida, foi transferida para um balão volumétrico de 250 mL. Posteriormente, foram adicionados 25 mL de água destilada e duas gotas de solução xaroposa de cloreto férrico. A



solução formada foi homogeneizada. Logo após, foi adicionado NaOH 30% até que a solução apresentasse uma coloração castanha (início da formação dos compostos básicos de ferro). Após, foi adicionado 60,35 mL de água destilada ao balão. O volume de solução nesse balão foi medido para ser utilizado nos cálculos estequiométricos.

Ainda, para essa solução formada, foi necessário realizar a sua destilação. Para este processo, uma alíquota de 10 mL foi transferida para o microdestilador de Kjeldahl. O tubo com os 10 mL foi acoplado na entrada do destilador, e um Erlenmeyer de 125 mL, contendo uma solução de 25 mL de ácido bórico 4% e 5 gotas de indicador misto, foi colocado na saída do destilador. Vale ressaltar que esse indicador foi preparado dissolvendo-se 0,05 g de verde de bromocresol e 0,01 g de vermelho de metila em um balão de 50 mL contendo álcool etílico P.A. Antes da destilação no microdestilador de Kjeldahl, foram adicionados 2 mL de NaOH 30% na solução amostra. Prontamente, procedeu-se com a destilação por um período de 5 minutos.

Por último, a solução destilada da amostra de biofertilizante foi titulada com ácido sulfúrico 0,01 mol L<sup>-1</sup> e a quantidade de nitrogênio foi determinada, após realizados os cálculos estequiométricos que incluíram as diluições realizadas durante o processo de quantificação e os coeficientes estequiométricos da reação ocorrida na titulação, uma vez que o ácido sulfúrico contém dois hidrogênios ionizáveis.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 ANÁLISE DE FÓSFORO

Na análise de fósforo, a sua concentração foi medida pela absorção da cor azul no espectrofotômetro em 660 nm, disto conclui-se que cores mais intensas terão uma maior absorção, e conseqüentemente, maior quantidade de fósforo (SANTOS; SILVA; GRIEBELER, 2014; MASINI, 2008). Dessa forma, após o preparo das soluções para a análise, a intensidade de cor obtida para o biofertilizante já indicava um possível teor de fósforo elevado (Figura 6).

Realizados os cálculos utilizando a equação da reta e, levando em consideração as diluições realizadas, foi identificado um quantitativo de 0,60 g L<sup>-1</sup> de fósforo no biofertilizante. Esse resultado é relativamente próximo aos 48 mg L<sup>-1</sup> encontrados por Chiconato et al. (2013), e inferior aos 10,6 g L<sup>-1</sup> encontrados por Tesseroli e Darolt (2006). Este resultado é esperado, pois o biofertilizante utilizado no trabalho de Chiconato et al. (2013) foi produzido a partir de um substrato, também de origem bovino e utilizando-se de um biodigestor do modelo indiano, o que permite que as características nutricionais sejam semelhantes, mas não iguais.

#### 3.1 ANÁLISE DE NITROGÊNIO

Para a análise de nitrogênio no biofertilizante, após serem realizadas as titulações, não foram utilizadas quantidades de ácido no branco, pois o mesmo já se encontrava em ponto de viragem do indicador. A amostra necessitou em média de 1,40 mL para atingir o ponto de viragem do indicador, o que equivale a uma concentração de 6,06 g L<sup>-1</sup> (Tabela 1). Essa quantidade foi obtida



utilizando-se a técnica de volumetria de neutralização, aliada ao cálculo estequiométrico das equações 3, 4 e 5, e diluições existentes no método de Kjeldahl.

Tabela 1 – Resultado da titulação em triplicata do Branco e Biofertilizante

Amostras	Titulação 1	Titulação 2	Titulação 3	Média	Desvio Padrão
Branco	0,0 g L <sup>-1</sup>	0,0 g L <sup>-1</sup>	0,0 g L <sup>-1</sup>	0,0 g L <sup>-1</sup>	0,00
Biofertilizante	6,06 g L <sup>-1</sup>	5,63 g L <sup>-1</sup>	6,49 g L <sup>-1</sup>	1,40 g L <sup>-1</sup>	0,43

Fonte: Autoria própria (2021)

Os valores de nitrogênio no biofertilizante apresentam grandes variações. Isto pode ocorrer porque as quantidades desse nutriente variam de acordo com o modo de preparo do biofertilizante e do substrato utilizado (TESSEROLI; DAROLT, 2006).

Por esta razão, o valor de 6,06 g L<sup>-1</sup> é inferior aos 30 g L<sup>-1</sup> encontrados no trabalho de Fernandes et al. (2011) e 20,02 g L<sup>-1</sup> identificado por Tesseroli e Darolt (2006), mas superior aos 0,14 g L<sup>-1</sup> de Chiconato et al. (2013). Nesse sentido, é preciso reforçar que, ao longo do país, existem criações de bovinos sendo nutridas por diferentes tipos de alimentos e essa dieta influencia diretamente nas qualidades nutricionais do biofertilizante, visto que nestes, existem nutrientes já contidos nos dejetos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biofertilizante produzido no biodigestor do IFNMG, a partir de metodologias clássicas de caracterização, apresentou um elevado valor nutricional de nitrogênio e fósforo, uma vez que foi superior ao quantitativo encontrado em outros trabalhos de metodologia semelhante. Estes resultados quantitativos demonstram a sua qualidade efetiva quanto a sua carga nutricional. Ainda, indícios para uma validação qualitativa quanto a presença dos elementos nitrogênio e fósforo nas amostras, foi observada. Como, por exemplo, a identificação do nitrogênio, a partir da mudança de coloração para o verde claro na sua extração e para o azul após sua destilação, com a formação do borato de amônio.

Na análise de fósforo, evidências para a comprovação também puderam ser identificadas durante o manejo experimental, como a formação do azul de molibdênio após o ácido ascórbico ser inserido e a partir dos valores que se encaixavam à reta de padrões produzidos. Estes resultados auxiliam na confirmação da presença destes elementos que são essenciais para a qualidade de um biofertilizante.

Por fim, para um biofertilizante de qualidade, além de apresentar uma excelente carga nutricional, também deve-se levar em conta que cada espécie vegetal detém de suas exigências nutricionais específicas. Por essa razão, novos estudos se fazem necessários para testar a sua eficácia em diferentes cenários, como a variação de culturas botânicas.



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Rita Beatriz. **Determinação de Nitrogênio Total em Leite e derivados Lácteos pelo método de Micro-Kjedahl**. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/credenciamento-elaboratorios-credenciados/legislacao-metodos-credenciados/arquivos-metodos-da-area-poa-iqa/met-poa-11-02-proteinas.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.
- ARAÚJO, Matheus Antônio. Revisão bibliográfica: avaliação do método de Kjeldahl na determinação de nitrogênio e sua aplicação na análise foliar. 2019.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2012.
- BRASIL. **Decreto n. 86.955**, de 18 de fevereiro de 1982. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1982.
- BRASIL. Sistema de Informações Territoriais. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Caderno Territorial - Alto Rio Pardo**. 07. ed. Brasília: Cgma, 2015.
- BROWN, Theodore L. et al. **Química: A Ciência Central**. Pearson educación, 2005.
- CHICONATO, Denise Aparecida et al. Resposta da alfaca à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, 2013
- CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.
- COSTA, Socorro Cristina Tavares da. Manejo da Mancha de *Corynespora* em Tomateiro Com Biofertilizante. XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA, 2006.
- DE MEDEIROS, Marcos Barros; DA SILVA LOPES, Juliano. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola. Salvador**, v. 7, 2006.
- FERNANDES, Josely Dantas et al. Formulação de biofertilizante utilizando a ferramenta Solver do Microsoft Office. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 17, 2011.
- FONTANELI, Roberto Serena et al. Validação do método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 594-598, 2002.
- FRIGO, K. D. A. *et al.* Biodigestores: seus modelos e aplicações. Acta Iguazu, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2015.
- GALBIATTI, João A. et al. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 167-177, 2011.





KUNZ, Airton; STEIMETZ, Ricardo Luis Radis; AMARAL, André Cestonaro do. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera, 2019.

MASINI, Jorge Cesar. Demonstrando os fundamentos, potencialidades e limitações da análise por injeção sequencial. **Química Nova**, v. 31, p. 704-708, 2008.

SANTOS, Lenio da Silva; SILVA, Leandro Souza da; GRIEBELER, Gustavo. Ácido ascórbico como agente redutor para determinação de fósforo por colorimetria. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1015-1018, 2014.

SILVA, FABIO CESAR DA SILVA et al. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, Fabio Cesar da. **Avaliação da disponibilidade de fósforo por diversos extratores em solos cultivados com cana-de-açúcar (Saccharum spp)**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

STUCHI, J. F. Biofertilizante: um adubo líquido de qualidade que você pode fazer. **Embrapa Amapá-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2015.

TESSEROLI, NEA; DAROLT, M. R. **Biofertilizantes: Caracterização química, qualidade sanitária e eficiência em diferentes concentrações na cultura da alface**. Curitiba: UFPR, 2006. 52p. Tese de Doutorado. Dissertação Mestrado.

VIEIRA, Andrielle et al. Metodologias para determinação de nitrogênio. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2016.

*Recebido em: 08 de março 2022*

*Aceito em: 15 de setembro de 2022*