

DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO MÉTODO SIMPLIFICADO

Mario Miyazawa

Graziela Moraes de Cesare Barbosa



CARLOS ALBERTO RICHA
Governador do Estado do Paraná

NORBERTO ANACLETO ORTIGARA
*Secretário de Estado da Agricultura
e do Abastecimento*

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR

FLORINDO DALBERTO
Diretor-Presidente

TIAGO PELLINI
Diretor de Pesquisa

ALTAIR SEBASTIÃO DORIGO
Diretor de Administração e Finanças

ADELAR ANTONIO MOTTER
Diretor de Gestão de Pessoas

JOSÉ ANTÔNIO TADEU FELISMINO
Diretor de Inovação e Transferência de Tecnologia

BOLETIM TÉCNICO Nº 84
JANEIRO/2015

ISSN 0100-3054

DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO MÉTODO SIMPLIFICADO

*Mario Miyazawa
Graziela Moraes de Cesare Barbosa*



INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ
Londrina
2015



IAPAR INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ

COMITÊ EDITORIAL (INTERINO)

Tiago Pellini
José Antônio Tadeu Felismino
Edmilson Gonçalves Liberal
Álisson Néri

EDITOR EXECUTIVO

Álisson Néri

REVISÃO

Rogério Bastos

DIAGRAMAÇÃO

MultCast

CAPA

MultCast

DISTRIBUIÇÃO

Área de Difusão de Tecnologia - ADT
adt@iapar.br | (43) 3376-2373

TIRAGEM: 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte.

É proibida a reprodução total desta obra.

CRÉDITO DAS IMAGENS

Graziela M. de C. Barbosa: *Figs. 2, 5 e capa*

João Henrique Caviglione: *Fig. 10(1) e capa*

Jorge Felix dos Santos: *Figs. 11a e 11b*

Edino Ferreira da Silva: *Figs. 4, 10(2), 10(3), 10(4), 10(6)*

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M685d Miyazawa, Mario.

Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico : método simplificado / Mario Miyazawa, Graziela Moraes de Cesare Barbosa. – Londrina : IAPAR, 2015.
26 p. : il. ; 22 cm. – (Boletim Técnico ; n. 84)

Inclui bibliografia.
ISSN 0100-3054

1. Fertilizantes orgânicos. 2. Suíno – Esterco. I. Barbosa, Graziela Moraes de Cesare. II. Instituto Agronômico do Paraná. III. Título. IV. Série.

CDU 631.86

AUTORES

Mario Miyazawa

Químico

Dr. em Química

Pesquisador da Área de Solos

IAPAR – Londrina

miyazawa@iapar.br

Graziela Moraes de Cesare Barbosa

Engenheira-agrícola

Dra. em Agronomia

Pesquisadora da Área de Solos

IAPAR – Londrina

graziela_barbosa@iapar.br

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao mestrando em Química Danilo Bernardino Ruiz, pela colaboração nas análises laboratoriais, e aos técnicos agrícolas Jorge Felix dos Santos, Antonio Carlos Costa e Marçal Madaleno Gimenez, pelo apoio nas atividades realizadas no campo.

PREFÁCIO

O Paraná é um dos maiores produtores e exportadores de carne de suínos do Brasil e toda essa produção gera uma grande quantidade de dejetos oriundos da criação dos animais confinados.

O IAPAR, por meio da sua equipe de pesquisadores, não poderia deixar de atentar para esse problema, pois é sua missão atender às demandas dos nossos produtores. Por isso, desde a década de 1980 foram realizados estudos e experimentos para destinar esse tipo de material de forma correta, encontrar uso para o mesmo na agricultura e evitar a contaminação dos solos e da água.

O IAPAR investiu na formação de equipes de pesquisa, em capacitação técnica e possui atualmente um grupo que é referência nacional nesse assunto. Foram desenvolvidos trabalhos relacionados à química, física e microbiologia e houve definição das melhores práticas de manejo do solo, de acordo com o ambiente.

Uma das dificuldades para o uso agrícola dos dejetos é a falta de uniformidade dos nutrientes e isso dificulta estabelecer a dose necessária para suprir as demandas das plantas. Esta publicação aponta uma forma prática de auxiliar o produtor na tomada de decisão, orientando-o na resolução desse problema.

Portanto, com este livro, o IAPAR tem a satisfação de mais uma vez contribuir para o sucesso da agropecuária brasileira e do produtor paranaense, sem jamais esquecer da sustentabilidade.

Florindo Dalberto
Diretor Presidente do IAPAR

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA DO DLS.....	10
1.1. Determinação da Massa Seca por Balão Volumétrico	10
1.2. Determinação da Massa Seca por Hidrômetro de Bouyoucos	13
1.3. Características do Densímetro e do Bouyoucos	14
2. DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM DLS.....	16
2.1. Nitrogênio	16
2.1.1. Nitrogênio total	17
2.1.2. Nitrogênio orgânico	18
2.2. Fósforo	19
2.3. Potássio	20
3. USO DO DLS BASEADO NOS TEORES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DETERMINADOS POR BOUYOUCOS	21
3.1. Quantidade de DLS Aplicado no Solo	24
CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS.....	26

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da criação de suínos ocasionou um problema ambiental devido à geração de grandes quantidades de dejetos com alto potencial poluente. Para minimizar esse problema, uma das formas mais racionais de disposição final desses dejetos é a sua utilização como fertilizante orgânico.

O dejetos líquido de suíno (DLS) é constituído de fezes, urina, restos de ração e água de lavagem das instalações. Contém vários nutrientes necessários para o desenvolvimento normal de plantas como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B), o que o qualifica para uso agrícola, possibilitando ao produtor rural grandes vantagens, como, por exemplo, reduzir:

1. a aplicação de fertilizantes minerais;
2. os custos de produção; e,
3. os riscos de poluição ambiental.

Os teores de nutrientes na massa seca do DLS variam muito, mas, em média, estão em torno de:

- nitrogênio (N): 3%;
- fosfato (P_2O_5): 4%;
- potássio (K_2O): 4%.

Para definir a dose correta de DLS a ser aplicada no solo de uso agrícola é necessário proceder à análise química de cada lote do dejetos, devido:

1. à heterogeneidade nos teores de massa seca (variáveis entre 0,5% e 6%);
2. à diferença entre as profundidades de coleta nas esterqueiras; e,

3. ao tempo de estabilização do dejetos.

Além disso, a viabilidade econômica do uso agrícola do DLS depende do teor da massa seca e da distância do local de aplicação, pois quanto maior a concentração de massa seca e menor a distância, menor será o custo de transporte, sendo o teor de massa seca o parâmetro mais importante para definir a dose de DLS que será utilizada na lavoura.

Esta publicação tem como objetivo apresentar uma metodologia simplificada para estimar a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em DLS.

1. DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA DO DLS

Embora os teores de massa seca do DLS sejam heterogêneos, a variação na sua composição química é pequena, pois esses materiais são originários de fezes, urina e restos de ração de suínos, produtos que, na sua composição, apresentam baixas diferenças nos teores de nutrientes.

Eventualmente, pode-se encontrar nas esterqueiras a céu aberto dejetos com teores de massa seca muito baixos, devido à deposição de restos de plantas ou ao escorrimento de água de erosão com sedimentos. Ainda assim, pode-se estimar a dose de DLS recomendada para uso agrícola com aceitável grau de precisão, tendo-se por base a quantidade de massa seca.

1.1. Determinação da Massa Seca por Balão Volumétrico

Para determinar a correlação entre a massa seca e os nutrientes do DLS, foram coletadas 37 amostras de criações de suínos de diferentes regiões do Estado do Paraná. As amostras foram homogeneizadas com peneira de 4,0 mm para remover galhos, folhas e pelos e, em seguida, trituradas em um liquidificador doméstico para, então, serem passadas em peneira de 0,5 mm.

A massa seca do DLS das amostras pré-processadas foi determinada em 200 mL da amostra previamente seca em estufa a 60°C, até peso constante, e a densidade da suspensão (massa específica) foi determinada em balão volumétrico de 500 mL.

O teor médio da massa seca do DLS seco a 60°C foi de 21,3 g/L, variando de 1,6 g/L a 54,5 g/L. As amostras com baixos teores de massa seca foram aquelas em que houve entrada de água de chuva na esterqueira, que receberam alto volume de água utilizada na lavagem das instalações ou, ainda, nas quais se verificou o desperdício de água de bebedouros dos animais.

A correlação entre a massa seca a 60°C e a densidade do DLS (Figura 1), determinada em balão volumétrico (Figura 2), foi definida pela equação:

$$y = 0,519x + 0,795 \quad (R^2 = 0,931) \quad (1)$$

Os valores da densidade foram expressos em milésimos, conforme a equação:

$$d = (d, \text{g/L} - 1,000) \times 1000 \quad (2)$$

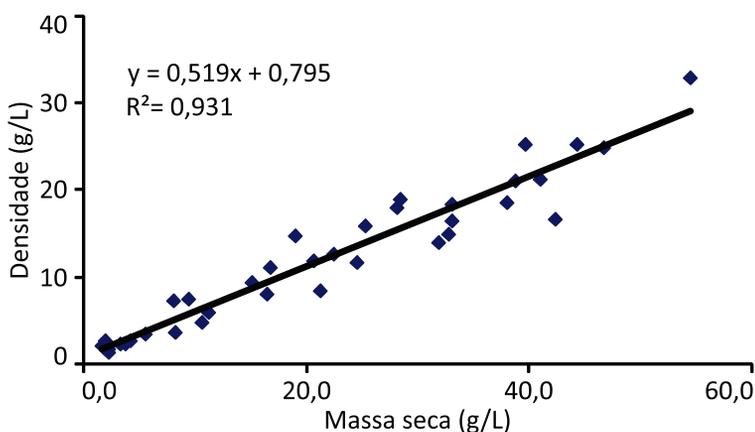


Figura 1. Correlação entre a densidade da suspensão e a massa seca do DLS a 60°C em balão volumétrico.



Figura 2. Determinação da densidade do DLS, em balão volumétrico, em laboratório.

Os resultados indicam uma relação direta entre o teor de massa seca do DLS e a densidade da suspensão/solução (material orgânico e compostos em suspensão dissolvidos, como K^+ , Na^+ , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} e HPO_4^{2-}) das amostras. A massa seca do DLS a $60^\circ C$ foi semelhante à densidade do DLS multiplicado por 1,667.

A relação direta entre o teor de massa seca do DLS e a densidade da suspensão/solução demonstra que a massa seca do DLS pode ser estimada a partir de sua densidade, utilizando-se a equação 2.

Como os teores de N, P e K do DLS são proporcionais à massa seca, pode-se estimar o volume de DLS necessário para cada cultura baseando-se na sua necessidade de nutrientes.

A determinação da massa seca do DLS por densidade em balão volumétrico é realizada somente em laboratório. Como a concentração de massa seca do DLS se altera conforme a profundidade da esterqueira, tipo de criação dos suínos, manejo e tempo de estabilização do dejetos, dentre outros fatores, é necessário analisar indivi-

dualmente cada lote, o que exige grande número de amostras para análise e inviabiliza a estimativa de doses do DLS para uso no campo.

Para minimizar esse problema, foi desenvolvido por pesquisadores da Embrapa (MIRANDA et al., 1999) um método de determinação de N, P₂O₅ e K₂O com base na massa seca do DLS, utilizando-se densímetro de vidro com escala de 1,000 a 1,060 g/L (que desse ponto em diante será denominado apenas densímetro).

Esse método foi baseado na proporcionalidade entre a densidade da suspensão (material orgânico semidecomposto) e dos sais dissolvidos (K⁺, Na⁺, NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, HPO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺ e Cl⁻), por meio da equação da reta determinada pela densidade obtida por meio do densímetro e a massa seca do DLS a 60°C. Os valores das densidades determinados com balão volumétrico e densímetro são semelhantes e a resolução da medição de ambos é de 1 g/L. Dessa forma, a análise por densímetro fica mais prática e rápida do que a realizada com balão volumétrico. Porém, ainda apresenta duas desvantagens:

1. Dificuldade na leitura das frações (menor sensibilidade analítica); e,
2. Sua utilização em amostras com muitas partículas flutuantes (galhos, folhas e outros), presentes na maioria das amostras de DLS, pode impedir a imersão do densímetro no DLS.

1.2. Determinação da Massa Seca por Hidrômetro de Bouyoucos

Para facilitar a determinação da massa seca do DLS no campo, avaliou-se o hidrômetro de Bouyoucos com escala de 1 g/L a 60 g/L (denominado a partir daqui como Bouyoucos), instrumento de medição da massa volumétrica de líquidos frequentemente utilizado em laboratórios para análise da textura do solo e facilmente encontrado em lojas de equipamentos para laboratório.

O Bouyoucos possui resolução de 1 g de solo/litro de suspensão, comprimento da haste de 10 cm e subdivisão de 1 mm (BOUYOUCOS, 1962).

As 37 amostras de DLS, que tiveram suas densidades determinadas por Bouyoucos, foram comparadas com os valores das massas secas dos DLS a 60°C determinadas por balão volumétrico.

O teor médio das densidades determinadas por Bouyoucos foi de 17,6 g/L, variando de 1 g/L a 51 g/L e o teor médio da massa seca do DLS a 60°C determinadas por balão volumétrico foi de 21,3 g/L, variando de 1,6 g/L a 54,5 g/L.

A equação da correlação entre a densidade da suspensão determinada por Bouyoucos e a massa seca do DLS a 60°C (Figura 3) foi:

$$y = 0,815x + 0,200; R^2 = 0,912 \quad (3)$$

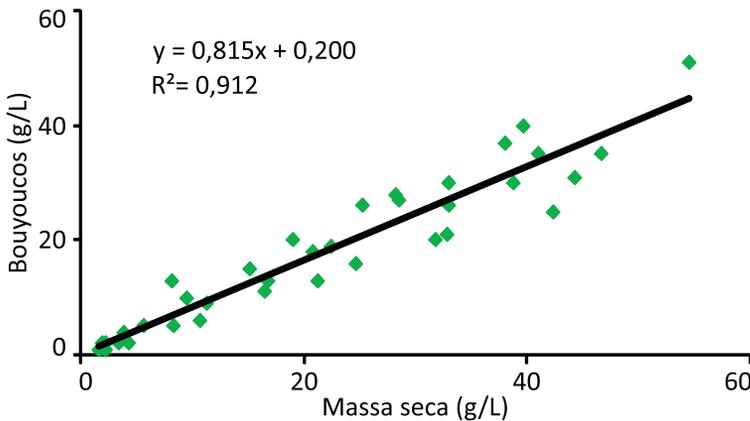


Figura 3. Correlação entre a densidade da suspensão determinada por Bouyoucos e a massa seca do DLS a 60°C.

1.3. Características do Densímetro e do Bouyoucos

As principais características técnicas do densímetro e do Bouyoucos estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do Bouyoucos e do densímetro.

Característica	Bouyoucos	Densímetro
Escala	0 a 60 g/L (suspensão)	1,000 a 1,060 g/L
Subdivisão	1,0 g/L	0,001 g/L
Altura da haste de leitura	100 mm	60 mm

As vantagens do uso do Bouyoucos em relação ao densímetro são:

- Maior espaço entre as subdivisões da haste do Bouyoucos (Figura 4a) em relação ao densímetro (Figura 4b) (1 g/L do Bouyoucos possui 1,667 mm, ao passo que a subdivisão do densímetro possui 0,6 mm). Então, para a mesma densidade, os espaços de leitura do Bouyoucos são 2,78 vezes maiores que os do densímetro, o que facilita a exatidão da leitura, principalmente em amostras de DLS com baixa concentração de massa seca; e,
- No Bouyoucos, os valores da escala são expressos em g/L, dispensando a conversão da leitura da massa seca do DLS (Figuras 5).



Figura 4. a) Bouyoucos, com escala de 1 g/L a 60 g/L. b) Densímetro, com escala de 1,000 g/L a 1,060 g/L.



Figura 5. Comparação visual da leitura do densímetro (a) com a do Bouyoucos (b).

2. DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM DLS

2.1. Nitrogênio

Nos materiais que dão origem ao DLS (fezes, ração e urina), o nitrogênio está presente na forma de proteínas, aminoácidos e ureia. Durante o tempo de estabilização na esterqueira, o N orgânico sofre oxidação anaeróbica, transformando-se em amônio (NH_4^+), por isso a concentração no DLS aumenta com o tempo de estabilização, mas uma fração desse NH_4^+ é volatilizada para a atmosfera na forma de amônia (NH_3), o que ocorre mais intensamente em dias quentes e secos. A forma de nitrato (NO_3^-) na esterqueira é baixa e se encontra apenas nos primeiros cinco centímetros de profundidade, onde há difusão de O_2 da atmosfera, variando o teor de 2% a 5% do nitrogênio total.

2.1.1. Nitrogênio total

O nitrogênio total (forma orgânica e amoniacal) foi determinado da seguinte forma:

1. Transferência de 10,0 mL da amostra para tubo digestor de 90,0 mL;
2. Adição de 3 mL de H_2SO_4 concentrado e 1 g de mistura de catalisador $CuSO_4 + K_2SO_4$ (sem secagem do DLS);
3. Digestão a $320^\circ C$;
4. Determinação do nitrogênio total por espectrofotometria azul de salicilato (MAPA, 2007).

O teor médio de nitrogênio total do DLS foi de 1,19 g/L, variando de 0,38 g/L a 2,27 g/L. Como o pH do DLS é levemente alcalino (de 7,5 a 8,2), foram adicionados 4-5 g/L de H_2SO_4 concentrado para evitar a perda da NH_3 , formando $(NH_4)_2SO_4$ (Figura 6).

A correlação entre o teor de nitrogênio total e a massa seca do DLS a $60^\circ C$ foi determinada pela equação:

$$y = 0,086x - 0,078; R^2 = 0,810 \quad (4)$$

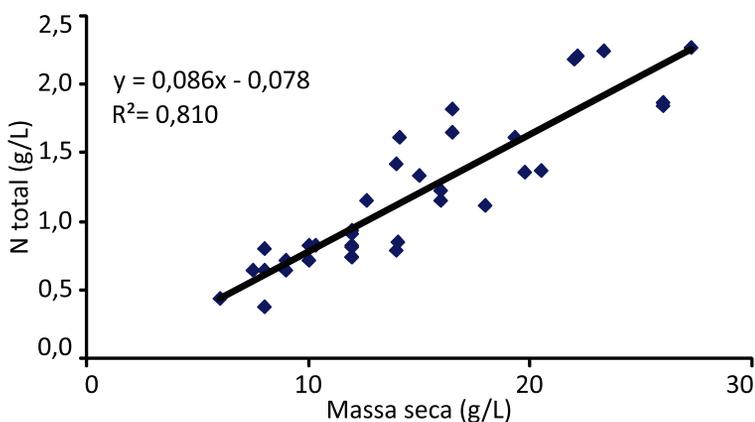


Figura 6. Correlação entre o teor de nitrogênio total e a massa seca do DLS a $60^\circ C$.

2.1.2. Nitrogênio orgânico

O nitrogênio orgânico do DLS foi determinado da seguinte forma:

1. Transferência de 10,0 mL da amostra para tubo digestor;
2. Secagem da amostra a 60°C, por 48 horas;
3. Adição de 3 mL de H₂SO₄ concentrado e 1 g de mistura de catalisador CuSO₄ + K₂SO₄;
3. Digestão a 320°C;
4. Determinação do nitrogênio total por espectrofotometria azul de salicilato (MAPA, 2007).

O nitrogênio determinado foi predominantemente orgânico (formas de proteínas, aminoácidos e ureia). O teor médio de N do DLS foi de 0,57 g/L, variando de 0,20 g/L a 1,13 g/L.

Os menores valores das amostras de DLS a 60°C foram determinados em virtude da perda do NH₃ por volatilização. O teor médio de perda do N por volatilização foi de 51%, variando de 28% a 77%.

A diferença entre os valores de nitrogênio total e nitrogênio orgânico representa a quantidade de N com potencial de perda quando aplicado na superfície do solo. As amostras com maior perda de N foram as de DLS estabilizado (maior tempo de estabilização) e as com menor perda foram aquelas com poucos dias em esterqueira (DLS fresco) (Figura 7).

A correlação entre o teor de nitrogênio orgânico e a massa seca do DLS a 60°C foi determinada pela equação:

$$y = 0,034x + 0,060; R^2 = 0,632 \quad (5)$$

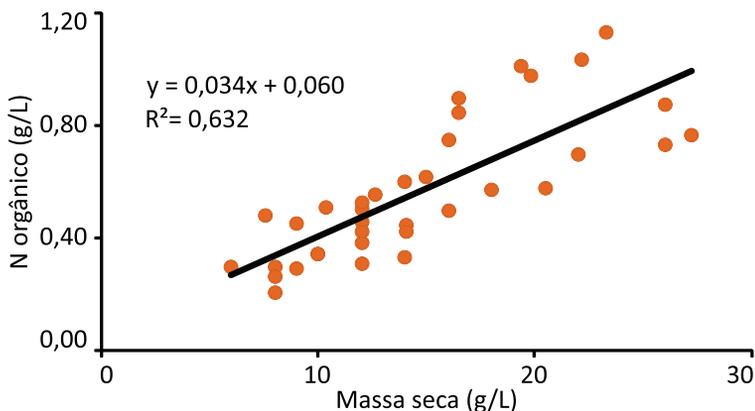


Figura 7. Correlação entre o teor de nitrogênio orgânico e a massa seca do DLS a 60°C.

Os teores de NH_4^+ são definidos pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio orgânico. Os valores de N desses dois métodos indicam que se o DLS for aplicado no solo antes de uma precipitação superior a 20 mm, a perda de NH_3 por volatilização é mínima (valores do nitrogênio total). Por outro lado, se o DLS permanecer quente e seco na superfície do solo por um longo período de tempo, a perda é grande e tende a se aproximar dos valores das amostras secas a 60°C (valores do nitrogênio orgânico).

Como a análise química do DLS é feita diretamente em amostra líquida, os valores de N resultam da soma do NH_4^+ e do N orgânico. Por isso, se o DLS for aplicado na lavoura poucos dias antes de uma chuva, sua perda é mínima, por outro lado, se o DLS for aplicado sobre palha (plantio direto) em dias quentes e secos, a perda de NH_4^+ pode atingir mais de 50%.

2.2. Fósforo

A maior fração de P do material de origem (fezes, urina e restos de ração) do DLS está na forma orgânica, mas com a decomposição

microbiológica na esterqueira, uma fração transforma-se em forma inorgânica (HPO_4^{2-}). A decomposição microbiológica do P orgânico não sofre oxidação-redução e nem perda por volatilização como o nitrogênio do DLS. O teor do P do DLS pode aumentar com o tempo de estabilização na esterqueira, devido à perda de massa da matéria orgânica oxidada como CO_2 , desprendendo-se para a atmosfera.

O teor médio de P do DLS foi de 0,39 g/L, variando de 0,09 g/L a 0,72 g/L, conforme a equação:

$$y = 0,029x - 0,040; R^2 = 0,762 \quad (6)$$

A correlação entre o teor de P total e a massa seca do DLS a 60°C estão apresentados na Figura 8.

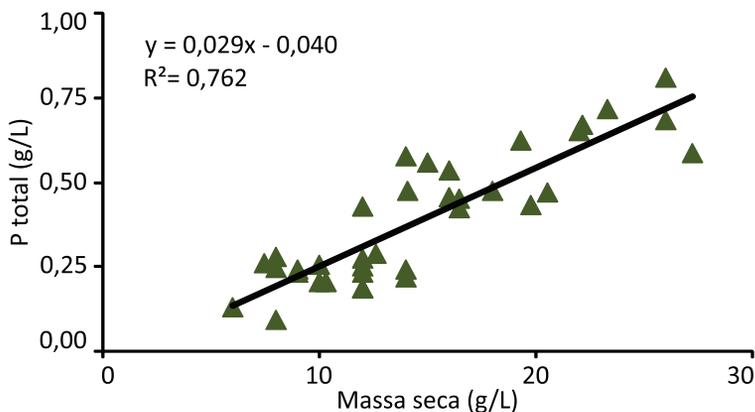


Figura 8. Correlação entre o teor de fósforo total e a massa seca do DLS a 60°C.

2.3. Potássio

O potássio, diferentemente do N e do P, não se apresenta em formas orgânicas e inorgânicas. Esse elemento é encontrado somente na forma iônica (K^+) e, por isso, o tempo de estabilização do DLS na esterqueira não altera sua forma e não gera perda por volatilização.

No caso do K, o aumento do tempo de estabilização do DLS pode aumentar seu teor pela mesma razão do P, ou seja, devido à perda de massa da matéria orgânica oxidada.

O teor médio do K no DLS foi de 0,44 g/L, variando de 0,24 g/L a 1,02 g/L.

A equação de correlação (Figura 9) entre o teor de K total e a massa seca do DLS a 60°C foi:

$$y = 0,027x + 0,043; R^2 = 0,655 \quad (7)$$

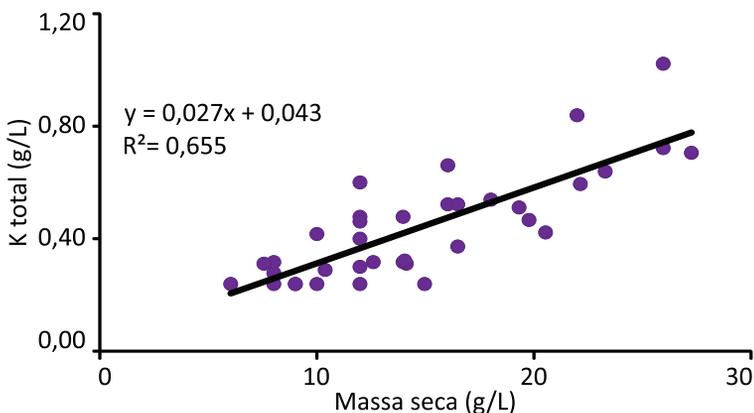


Figura 9. Correlação entre o teor de potássio total e a massa seca do DLS a 60°C.

3. USO DO DLS BASEADO NOS TEORES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DETERMINADOS POR BOUYOUCOS

O agricultor deve proceder da seguinte forma para estimar a quantidade de nutrientes do DLS que será aplicado na lavoura (Figura 10):

1. Homogeneizar o DLS na esterqueira com o auxílio de uma bomba (acoplada ao trator ou similar) e transferir para o tanque aplicador;
2. Coletar 2 L de DLS em recipiente plástico ou similar;
3. Passar o DLS coletado em peneira de feijão ou similar para remover folhas e galhos;
4. Mergulhar o Bouyoucos no recipiente e fazer a leitura obtida na escala.
5. Consultar o Quadro 1 para obter, com o valor encontrado na escala, os teores de N, P_2O_5 e K_2O do DLS;
6. Aplicar o DLS na lavoura, de acordo com o cálculo obtido.



Figura 10. Determinação dos nutrientes do DLS e sua aplicação na lavoura.

Quadro 1. Estimativa da quantidade de N total, P₂O₅ e K₂O na massa seca do DLS determinada pela escala de Bouyoucos.

Bouyoucos	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O	Bouyoucos	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(kg/m ³)				(kg/m ³)		
4,0 ¹	0,27	0,18	0,18	30,0	2,50	1,91	1,02
5,0	0,35	0,24	0,21	31,0	2,59	1,98	1,05
6,0	0,44	0,31	0,24	32,0	2,67	2,05	1,08
7,0	0,52	0,38	0,28	33,0	2,76	2,11	1,12
8,0	0,61	0,44	0,31	34,0	2,85	2,18	1,15
9,0	0,70	0,51	0,34	35,0	2,93	2,25	1,18
10,0	0,78	0,58	0,37	36,0	3,02	2,31	1,21
11,0	0,87	0,64	0,41	37,0	3,10	2,38	1,25
12,0	0,95	0,71	0,44	38,0	3,19	2,45	1,28
13,0	1,04	0,78	0,47	39,0	3,28	2,51	1,31
14,0	1,13	0,84	0,50	40,0	3,36	2,58	1,34
15,0	1,21	0,91	0,54	41,0	3,45	2,65	1,38
16,0	1,30	0,98	0,57	42,0	3,53	2,71	1,41
17,0	1,38	1,04	0,60	43,0	3,62	2,78	1,44
18,0	1,47	1,11	0,63	44,0	3,71	2,85	1,47
19,0	1,56	1,18	0,66	45,0	3,79	2,92	1,50
20,0	1,64	1,25	0,70	46,0	3,88	2,98	1,54
21,0	1,73	1,31	0,73	47,0	3,96	3,05	1,57
22,0	1,81	1,38	0,76	48,0	4,05	3,12	1,60
23,0	1,90	1,45	0,79	49,0	4,14	3,18	1,63
24,0	1,99	1,51	0,83	50,0	4,22	3,25	1,67
25,0	2,07	1,58	0,86	51,0	4,31	3,32	1,70
26,0	2,16	1,65	0,89	52,0	4,39	3,38	1,73
27,0	2,24	1,71	0,92	53,0	4,48	3,45	1,76
28,0	2,33	1,78	0,96	54,0	4,57	3,52	1,80
29,0	2,42	1,85	0,99	55,0	4,65	3,58	1,83

¹Os valores de massa seca e os teores de N, P₂O₅ e K₂O do DLS foram obtidos pelas equações da reta $y = 0,815x + 0,200$.

3.1. Quantidade de DLS Aplicado no Solo

Exemplo 1: Se o valor determinado pela escala de Bouyoucos for de $15,0 \text{ kg/m}^3$, significa que o DLS amostrado contém (Quadro 1):

- $1,21 \text{ kg/m}^3$ de N total;
- $0,91 \text{ kg/m}^3$ de P_2O_5 ;
- $0,54 \text{ kg/m}^3$ de K_2O .

Então, a aplicação de $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ de DLS com $15,0 \text{ kg/m}^3$ de massa seca equivale à aplicação de:

- 260 kg/ha de ureia;
- 210 kg/ha de superfosfato triplo;
- 90 kg/ha de KCl.

Exemplo 2: Se o valor determinado pela escala de Bouyoucos for de $23,0 \text{ kg/m}^3$, significa que o DLS amostrado contém (Quadro 1):

- $1,90 \text{ kg/m}^3$ de N total;
- $1,45 \text{ kg/m}^3$ de P_2O_5 ;
- $0,79 \text{ kg/m}^3$ de K_2O .

Então, a aplicação de $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ de DLS com $23,0 \text{ kg/m}^3$ de massa seca equivale à aplicação de:

- 410 kg/ha de ureia;
- 340 kg/ha de superfosfato triplo;
- 130 kg/ha de KCl.

A equivalência entre os teores de nutrientes e os fertilizantes comerciais, para definição da quantidade de DLS a ser aplicado lavoura, deve ser realizado por um profissional da assistência técnica, conforme exemplo da Tabela 2.

Tabela 2. Exemplos de cálculo de equivalência entre os teores de nutrientes do DLS e os fertilizantes comerciais.

Valor na escala de Bouyoucos	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(kg/m ³)		
15,0	1,21	0,91	0,54
Equivalente em fertilizante ¹ (kg/m ³)	2,6	2,1	0,9
23,0	1,90	1,45	0,79
Equivalente em fertilizante (kg/m ³)	4,1	3,4	1,3

¹Teor de nutrientes nos fertilizantes comerciais: ureia (46% de N), superfosfato triplo (43% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O).

Os valores de nutrientes apresentados no Quadro 1 não são absolutos e apresentam erro estimado entre 10% e 40%, conforme o tempo de estabilização do DLS e sua qualidade na esterqueira (entrada de água da chuva). Por isso, recomenda-se a realização de análises do solo a cada 2-3 anos, com o objetivo de corrigir seu desequilíbrio de fertilidade (Figura 11).

**Figura 11.** Coleta de amostra de solo: a) com pá reta. b) com trado holandês.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo com DLS permitem afirmar que a utilização do hidrômetro de Bouyoucos é viável para a determinação dos teores de N, P_2O_5 e K_2O , pois os valores encontrados nas leituras de sua escala correspondem às mesmas densidades determinadas pelo densímetro, com a vantagem do Bouyoucos proporcionar maior facilidade na leitura, pela maior distância na escala, determinando maior exatidão nos valores de massa seca em g/L.

REFERÊNCIAS

BOUYOUCOS, G. J. *Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils*. Agronomy Journal 54:464-465, 1962.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA – MAPA. *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. 2007, 146 p.

MIRANDA, C. R.; ZARDO, A. O.; GOSMANN, H. A. Uso de dejetos de suínos na agricultura. *Instrução Técnica para Suinocultores*. Embrapa - Suínos e Aves, Boletim 11, 1999.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO
Secretaria da Agricultura
e Abastecimento



INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Rod. Celso Garcia Cid, km 375 - C. Postal 481 - 86001 970 - Londrina - PR - Brasil
Fone: 55 43 3376 2000 - Fax: 55 43 3376 2101 - www.iapar.br - iapar@iapar.br