

Introdução

A importância da matéria orgânica no solo e seu papel no potencial produtivo do solo, tem sido reconhecido desde muito tempo atrás pelos povos mais antigos (Allison 1973). Muitos estudos têm sido desenvolvidos com a matéria orgânica por vários pesquisadores (Kononova 1961 e 1984, Waksman 1952, Allison 1973, Stevenson 1982, Schnitzer & Khan 1978). Dentre os diferentes aspectos enfocados nos estudos desenvolvidos destacam-se a distribuição de matéria orgânica no perfil de diferentes solos, a caracterização de componentes e métodos de separação e a transformação da matéria orgânica nas propriedades do solo.

Com relação à produção agrícola existem muitos trabalhos publicados sobre o uso de diferentes formas de matéria orgânica: esterco, adubos verdes, resíduos orgânicos urbanos e industriais, compostos (Coloquio Regional sobre Matéria Orgânica do S. 1982, Fundação Cargill 1984, Tanaka 1981, Hodges 1983, Sweeten & Mathers 1985). Sob este aspecto a adubação orgânica é interpretada como uma forma de substituir fertilizantes químicos na agricultura moderna. Devido ao desenvolvimento da indústria de fertilizantes químicos, o uso de matéria orgânica foi relegado a segundo plano. Entretanto, devido à elevação dos preços dos fertilizantes químicos, tem havido nos últimos anos, um interesse crescente pela adubação orgânica. A eficiência da adubação orgânica depende do conhecimento sobre a sua transformação, o destino e a interação dos seus subprodutos e as principais mudanças causadas no solo.

A matéria orgânica como componente essencial do solo deve ser preservada e mantida a um nível adequado pela adição constante e pelo manejo adequado do solo. Entender melhor o destino da matéria orgânica aplicada no solo, os mecanismos de sua transformação e reação dos seus produtos e seus efeitos no solo, poderiam ajudar o desenvolvimento de tecnologias apropriadas de aplicação, manejo e conservação da matéria orgânica do solo.

¹ Palestra apresentada na Faculdade de Agronomia do Médio São Francisco, Juazeiro-BA, 19.11.1985.

² Pesquisador, EMBRAPA-CPATSA, Petrolina-PE.



Matéria Orgânica

Matéria orgânica é toda substância morta no solo, quer provenha de plantas, microorganismos, excreções animais (da forma terrícola) quer da meso e macro fauna morta (Primavesi 1934). A matéria orgânica do solo representa um acúmulo de resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos e parcialmente sintetizados. Estes resíduos são continuamente transformados pela ação dos microorganismos do solo. Consequentemente, a matéria orgânica é um constituinte transitório do solo e deve ser renovado constantemente pela adição de resíduos orgânicos. Embora importante, a matéria orgânica representa uma pequena fração do peso total dos solos minerais, variando de 1% ou menos, em solos arenosos pobres e em solos de deserto, a 12% ou mais, em regiões de pradaria. Em solos orgânicos, o teor de matéria orgânica varia de 20% a 30%, no mínimo, de acordo com a porcentagem menor ou maior de argila, a 90% - 95% nos solos turfosos (Fassbender citado por Melo et al 1934).

A distribuição da matéria orgânica no perfil do solo depende principalmente do modo pelo qual se adiciona o material orgânico. Em solos de florestas, por exemplo, a maior quantidade de matéria orgânica se encontra na superfície porque o volume proporcionado por folhas e galhos é muito maior do que o das raízes; além disso, uma proporção razoável das raízes se localiza superficialmente. Neste caso, o teor de matéria orgânica decresce bruscamente da camada superficial para a que está imediatamente abaixo. Contrariamente, em solo com predominância de gramíneas, a contribuição das raízes é grande e muitas dessas plantas têm sistema radicular profundo. Devido a apresentar ciclo relativamente curto, as gramíneas proporcionam uma contínua adição de restos orgânicos ao solo devido à morte das raízes e, conseqüentemente, o teor de matéria orgânica decresce menos bruscamente com a profundidade (Melo et al, 1934).

Os solos cultivados recebem adubos orgânicos, adubos verdes e restos de culturas na superfície, proporcionando um maior teor de matéria orgânica na camada arável que nos horizontes mais profundos. Este fato é mais notável em solos de textura fina; nos solos arenosos, a distribuição da matéria orgânica é mais uniforme ao longo do perfil (Miller citado por Melo et al, 1934).

O húmus é um composto amorfo da fração orgânica do solo, derivado fundamentalmente das plantas superiores que crescem na superfície do solo, sejam naturais ou cultivadas, que se decompõem pela ação dos microorganismos. É produto de decomposição e síntese ao mesmo tempo, catalizado por microorganismos. Os microorganismos que atuam na decompozição de resíduos vegetais e animais utilizam estes resíduos para formação e multiplicação de suas células, aumentando a população (biomassa). Logo essa biomassa é incorporada como parte dos compostos orgânicos do solo, assim sucessivamente. Estima-se que a biomassa não ultrapassa mais de que 4% de todo material orgânico do solo (Igue, 1934).

O húmus possui certas propriedades que o distinguem dos resíduos dos quais se originou. pode absorver quantidades consideráveis de água; no solo participa das reações de troca de bases; é virtualmente insolúvel em água, embora uma parte possa permanecer em suspensão coloidal neste líquido; dissolve-se em grande parte, em soluções alcalinas diluídas, especialmente à ebulição, dando um extrato escuro, do qual grande parte se precipita quando a solução é neutralizada por ácidos minerais; certos constituintes do húmus podem também se dissolver em soluções ácidas (Ielo et al, 1934).

Determinação da Matéria Orgânica (Ielo et al, 1934)

A matéria orgânica do solo pode ser determinada por processos diretos e indiretos.

Nos processos diretos a matéria orgânica é destruída por aquecimento a $450 - 550^{\circ}\text{C}$ ou por ataques sucessivos com água oxigenada. A diferença de massa entre a amostra de terra antes e após o tratamento fornece a massa orgânica contida na amostra inicial, e com estes dados calcula-se a porcentagem de matéria orgânica.

Os métodos indiretos têm por base a determinação do teor de carbono ou de nitrogênio, calculando-se o conteúdo de matéria orgânica a partir de um destes valores. O teor de carbono pode ser determinado por via seca ou por via úmida. Na determinação por via seca, uma pequena amostra de solo é aquecida em um forno especial, fazendo-se passar, ao mesmo tempo, uma corrente de oxigênio. Forma-se dióxido de carbono que é medido por volumetria de gás. A determinação por via úmida é feita pelo aquecimento de uma pequena amostra de solo com uma solução sulfoclônica padronizada que destrói a matéria orgânica. O excesso de bicromato de potássio é determinado por titulação com sulfato ferroso

(Walkley & Black) ou por iodometria (Catani et al., e Catani & Jacintho). Obtido o teor de carbono calcula-se a porcentagem de matéria orgânica multiplicando-se por 1,724 ou 1,923.

$$M.O.\% = C\% \times 1,724 \quad \text{ou} \quad M.O.\% = C\% \times 1,923$$

O fator 1,724 surgiu da consideração de que a matéria orgânica do solo possui 58% de C. Mais recentemente, tem-se observado que 52% de C se aproxima mais da realidade e daí o fator 1,923.

A determinação da matéria orgânica a partir do teor de nitrogênio se faz dosando este elemento pelo método de Kjeldahl (macro ou micro) e multiplicando por 20 o resultado obtido:

$$M.O.\% = N\% \times 20$$

O fator 20 se deve ao fato de se considerar que o teor médio de N no humus é igual a 5%.

Composição da Matéria Orgânica

A matéria orgânica do solo é composta pela adição de resíduos vegetais e animais que são constituídos, segundo Waksman & Starkey citados por Melo et al, 1984, pelas seguintes substâncias. a) carboidratos, b) ligninas, c) taninos, d) glucosídeos, e) ácidos, sais e ésteres orgânicos, f) gorduras, óleos, ceras e compostos correlatos, g) resinas, h) compostos nitrogenados, i) pigmentos e j) constituintes minerais. Os resíduos vegetais e animais adicionados ao solo são inicialmente decompostos em suas unidades estruturais básicas por enzimas extracelulares. Tais unidades são depois absorvidas e oxidadas por microorganismos a fim de obterem energia.

Efeito da Matéria Orgânica sobre as Propriedades do Solo (Melo et al 1984)

A matéria orgânica exerce influências benéficas sobre várias propriedades químicas e biológicas do solo, que têm importância na fertilidade.

Propriedades Físicas. a) Estrutura e aeração - a matéria orgânica torna os solos pesados mais friáveis, mais fáceis de serem trabalhados por promover a formação de grânulos e estabilizá-los. A estrutura granular aumenta a porosidade do solo facilitando a movimentação de ar e

de água na zona radicular proporcionando melhores condições para a emerção das plântulas e o desenvolvimento das raízes. b) Densidade aparente - por ser pouco densa, em relação aos minerais dos solos e por favorecer a formação de grânulos, a matéria orgânica reduz a densida xde aparente do solo. c) Retensão de umidade - o húmus eleva a capacida de de retenção de umidade absorvendo grande quantidade de água (4 a 6 vezes seu próprio peso) e promovendo a granulação das partículas minerais. d) cor do sol - a cor do solo depende, em grande parte de nature za e quantidade de matéria orgânica que possui, tendendo esta a empres tar uma tonalidade mais escura. e) plasticidade, coesão e aderência - a reduzida plasticidade e coesão do húmus tem aspectos agrícolas impor tantes e favoráveis, sobretudo em solos muito argilosos, diminuindo as características estruturais desfavoráveis, por promover a formação de grânulos. reduz, também, a aderência.

Propriedades químicas: a) Capacidade de troca de cations - o húmus possui elevada CTC. b) Acidez - a matéria orgânica fornece protons H^+ e estes tendem a acidificar os solos, contudo, tal acidificação aparece de modo acentuado na acidez potencial, principalmente quando há grande variações no teor de carbono. c) poder tampão - a elevada CTC do húmus e a baixa dissociação de ions H^+ de ácidos orgânicos e fenóis conferem à matéria orgânica do solo uma alta capacidade de tamponamento. Portanto, quanto maior o teor de matéria orgânica humificada de um solo, maior será a sua resistência à mudança de pH. d) Solubidade e disponibilidade de nutrientes - da decomposição da matéria orgânica resultam vários ácidos, minerais e orgânicos, que são agentes de solúcilização de minerais do solo, pondo à disposição das plantas nutrientes antes em formas insolúveis.

Propriedades Biológicas: a importância biológica e bioquímica da matéria orgânica do solo é evidenciada pelo fato de que ela influi no crescimento e no desenvolvimento de microorganismos, agentes que conservam em circulação os nutrientes de plantas, dando-lhes um meio físico e químico mais favorável e promovendo-os com fonte de energia e de nutrientes.

O cultivo intensivo dos solos provoca um decréscimo no teor de matéria orgânica mais rápido do que sua restituição simultânea. A redução da matéria orgânica resulta em um solo compacto, duro, desenvolvimento de raízes superficial e diminuição no armazenamento de água.

A adubação orgânica proporciona grandes benefícios para a fertilidade e produtividade dos solos. Existem vários materiais orgânicos que servem como fontes de adubo orgânico para as plantas cultivadas: adubação verde, esterco animal, compostos e subprodutos industriais.

Adubação Verde

Denomina-se de adubo verde a planta cultivada, ou não, com a finalidade precípua de elevar a produtividade do solo com sua massa vegetal, quer produzida no local ou fora dele (Niyasaka, 1984). Embora se considere também como adubação verde a incorporação ao solo de espécies vegetais, tanto gramíneas como outras, naturais ou cultivadas, o uso de leguminosas constitui a prática mais racional e difundida para esta finalidade. Esta preferência se deve ao fato que as raízes destas plantas fixam nitrogênio do ar, através de bactérias do gênero Rhizobium, formando nódulo e enriquecendo o solo com este nutriente. Outra característica importante das leguminosas é a presença de um sistema radicular geralmente bem ramificado e profundo que permite a absorção de nutrientes disponíveis nas camadas mais profundas do solo, tornando-os disponíveis, após a incorporação das plantas leguminosas, às culturas a serem plantadas.

A família das leguminosas compõe-se de numerosas espécies que apresentam variações quanto ao ciclo vegetativo, produção de massa, porte e ainda uma ampla diversidade de exigências em relação a clima e solo. Na escolha de leguminosas para ser usada como adubo orgânico deve-se dar preferência àquelas que produzem maior volume de massa seca, menos sujeitas à pragas e doenças, e que tenham um crescimento vigoroso sob as condições climáticas e de solo da região que serão plantadas. As principais leguminosas usadas como adubo verde são: mucuna preta, mucuna anã, crotolaria juncea, crotolaria paulina, guandú, caupi, feijão de porco.

A época ideal para o corte das leguminosas a serem incorporadas ao solo como adubo verde é o período de floração, quando as plantas estão com quase que a totalidade de sua capacidade de absorção de nutrientes.

Segundo Igue (1984), o uso da adubação verde como alternativa para melho

Por as propriedades do solo tem levado às seguintes afirmações:

- A adubação verde geralmente aumenta a matéria orgânica do solo;
- O aumento não poderá ser significativo somente com uma única incorporação;
- Em solos arenosos de clima quente, a perda é tão grande que não se incorpora matéria orgânica de modo permanente, mesmo com pesada aplicação;
- As práticas culturais (rotações de culturas, culturas sucessivas) e manejo do solo influem na acumulação e efeito da matéria orgânica no solo.

Esterco Animal (Coelho & Verlengia)

O uso de quantidades abundantes de esterco animal tem sido reconhecido desde muito tempo atrás como um dos melhores métodos de adubação de culturas e de manutenção da produtividade e matéria orgânica do solo (Prince et al. e Pratt et al. citados por Allinson, 1973). O valor desse adubo era tão conhecido que os agricultores criavam gado exclusivamente destinado à produção de esterco.

Os esterco são constituídos por fezes e urina dos animais, em mistura com palhas, restos de culturas ou outro material usado como cama.

Composição Química dos Estercos

A composição química dos esterco, que é bastante variável, recebe influência dos seguintes fatores: a) Espécie animal- os excrementos dos equídeos e ovinos contêm menos água do que os dos bovinos e suínos; por isso são bastante consistentes e permeáveis ao ar; b) Regime- animais que se encontram em regime de engorda, estabulados ou semi-estabulados, produzem esterco mais ricos em nutrientes do que aqueles em regime de trabalho; c) Natureza da cama- os materiais usados nas camas dos animais são, em geral, constituídos por folhas, capins, restos de culturas, serragem de madeira, terra vegetal. A propriedade absorvente desses materiais e sua facilidade para se decompor influen bastante na riqueza dos esterco produzidos. Quando maior o poder absorvente do material da cama e mais fácil sua decomposição, maior será o valor fertilizante do esterco, porque gastará menos energia neste processo; d) Idade dos animais- o animal em suas diferentes idades não fornece excrementos de composição constante; o animal novo retira dos alimentos maior quantidade de nutrientes, principalmente fósforo, utilizado na formação do esqueleto, e nitrogênio, para formação dos músculos; a composição média de esterco de bovinos em crescimento e em fase adulta é:

Percentagem de nutrientes

	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Animal novo	0,41%	0,13	0,54
Animal adulto.	0,80	0,44	0,65

e) Alimentação- quanto mais abundante e rica for a alimentação dos animais, maior será o valor fertilizante do esterco produzido; as leguminosas e tor-
tas oleaginosas fornecem um esterco mais rico em nitrogênio e fósforo do que
as gramíneas; as plantas tuberosas (batata, mandioca) fornecem estercos mais
ricos em potássio.

A aplicação de 10 toneladas de esterco, por hectare, ao solo adiciona as
seguintes quantidades médias de nutrientes: 60 kg de N, 50 kg de P_2O_5 , 70
kg de K_2O , 60 kg de CaO , 15 kg de MgO .

O esterco de galinha é o mais rico dos estercos animais; sua composição
média é 2% de N, 2% de P_2O_5 e 1% de K_2O .

Uma revisão de literatura feita por Sweetser & Mathews (1935) mostra que
a aplicação de esterco de curral ao solo melhora a estrutura física, aumenta
a porosidade, reduz a densidade aparente, aumenta o teor de matéria orgânica,
melhora a taxa de infiltração, aumenta a permeabilidade e diminui a evapora-
ção.

Compostos (Coelho & Verlengia)

Composto é uma mistura de restos ou resíduos orgânicos de qualquer espé-
cie com materiais como cinzas, que se emprega como adubo orgânico. São consi-
derados cinzas de toda natureza, folhas caídas, rato capinado, lama de tan-
que, lixo, resto de cozinha, restos de culturas, ossos, sangue, serragem,
vísceras de animais.

O valor do composto, na melhoria da produtividade do solo, tem sido reco-
nhecido por várias gerações. A aplicação do composto ao solo melhora suas
condições físicas, incluindo a capacidade de armazenamento de água, e o su-
primento de grandes quantidades de nutrientes para as plantas.

Na produção do composto, há necessidade de adicionar um fornecedor de mi-
croorganismos responsáveis pela decomposição do material, por exemplo: mis-
tura inoculante, excremento fresco, inoculante artificial.

Em vista da diversidade do material usado na preparação, a composição do
composto é muito variável. A análise de um composto dado por ICTA é a seguin-
te: 0,82% de nitrogênio (N), 2,20% de fósforo (P_2O_5), 0,13% de potássio (K_2O).

Subprodutos de Indústrias (Coelho & Verlengia)

Torta de filtro Oliver - é um resíduo da fabricação de açúcar, obtido na recuperação do açúcar residual das borras resultantes da clarificação, no filtro Oliver.

Vinhaga - é um subproduto da fabricação do álcool ou da aguardente. Tem pH em torno de 4,5 e ação corrosiva. É muito rico em nitrogênio e potássio, com concentrações de 3,70 g/litro de N, 3,10 g/litro de K_2O , e apenas 0,05 g/litro de P_2O_5 . A vinhaga é usada em doses que variam de 100.000 a 1.000.000 de litros por hectare. Sua aplicação é realizada, pelo menos, com dois meses de antecedência ao plantio, para completar a fermentação. Embora tenha um pH baixo, quando aplicada, a vinhaga eleva o pH do solo, após certo tempo da aplicação, aumentando também a capacidade de retenção de nutrientes, no solo. Recomenda-se a suplementação da vinhaga com adubação fosfatada, devido ao seu baixo teor de fósforo.

Tortas oleaginosas - são subprodutos da indústria de óleo comestível. Dentre as tortas, as mais importantes são as de algodão, mamona e amendoim. São obtidas após a prensagem e/ou extração com solventes das sementes oleaginosas para obtenção do óleo. As tortas, são aplicadas nos sulcos do plantio, com um mês de antecedência, para que se complete a sua fermentação no solo, sem prejudicar a germinação e as plantas novas. A dosagem empregada varia de 500 a 2.000 kg/ha.

Percentagem de nutrientes em tortas

Nutriente	Algodão	Mamona	Amendoim
Nitrogênio (N)	5 a 8%	5 a 6%	7%
Fósforo (P_2O_5)	2 a 3%	2%	1,5%
Potássio (K_2O)	1,5 a 2%	1%	1,5%

- ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1973. 637p. (Developments in Soil Science, 3).
- COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. Adubação orgânica: adubo verde, esterco, composto e subprodutos de indústrias. In: _____. Fertilidade do solo. Campinas, SP., Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, s.d. p. 331-55.
- COLOQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba, SP., 1982. Anais... São Paulo, SP., CENA/PRODOCET, 1982. 254p.
- FUNDAÇÃO CARGILL, Campinas, SP. Adubação Verde no Brasil. Campinas, 1984. 363p. Trabalhos apresentados no I Encontro Nacional sobre Adubação Verde, Rio de Janeiro, 1983.
- HODGES, R.D. Quem precisa, afinal, de fertilizantes inorgânicos? Rev. bras. tecnol., Brasília, 14(4): 24-34, jul./ago. 1983.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Campinas, SP. Adubação Verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 232-67.
- KONONOVA, H.M. Soil organic matter: its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Oxford, Pergamon, 1961. 450p.
- KONONOVA, H.M. Organic matter and soil fertility. Soviet Soil Sci., 16(4): 71-86, 1984.
- MELO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, H. de O.C. do; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETO, A. & KIEHL, J. de C. Fertilidade do solo. 2.ed. São Paulo, Nobel, 1984. 400p.
- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Campinas, SP. Adubação Verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 64-123.
- PRIMAVESI, A. A matéria orgânica. In: _____. Manejo ecológico do solo; a agricultura em regiões tropicais. 7.ed. São Paulo, Nobel, 1984. cap. 4,

SCHNITZER, T. & KHAN, S.U. eds. Soil organic matter. Amsterdam, Elsevier, 1973. 319p. (Developments in Soil Science, 8).

STEVENSON, F.J. Humus chemistry. New York, Wiley, 1982. 637p.

SWEETEN, J.H. & MATHERS, A.C. Improving soils with livestock manure. J. Soil and Water Cons., 40(2): 206-10, abr.mar. 1985.

TANAKA, R.T. A adubação verde. Inf. agropec.; Belo Horizonte, 7(81): 62-7, set. 1981.

WAKSMAN, S.A. Soil microbiology. New York, J. Wiley, 1952. 356p.