

COMPOSTAGEM:
*Vermicompostagem **

SELENE DE OLIVEIRA

Engenheira Agrícola

Doutora em Agronomia

E-mail: selene2002br@yahoo.com.br

* Apostila elaborada para o Curso de Zootecnia da UNESP/FCA – Departamento de Recursos Naturais – Campus de Botucatu/SP - Brasil
Abril/2001

SUMÁRIO

Página

| | |
|---------------------------------|----|
| Compostagem..... | 03 |
| Composto orgânico..... | 05 |
| Vermicompostagem..... | 06 |
| Referências Bibliográficas..... | 08 |
| ANEXO..... | 09 |

LISTA de QUADROS

| Quadro | Página |
|---|--------|
| 1. Comparação do composto com relação ao esterco, quanto aos teores de N,P,K..... | 06 |
| 2. Custos do composto orgânico..... | 06 |

Compostagem

Compostagem consiste num processo biológico de decomposição controlada da fração orgânica contida nos resíduos de modo a resultar um produto estável, similar ao húmus. Este produto final, o composto, é definido como sendo um adubo preparado com restos animais e/ou vegetais, domiciliários, separadamente ou combinados, sendo considerado como um material condicionador de solos, ou seja, melhora as propriedades físicas, químicas e físico-químicas do solo.

O período de compostagem depende, fundamentalmente, do processo utilizado e do tipo de material a ser compostado. Na compostagem de RSU, a matéria orgânica se constitui, basicamente, de restos de alimentos, papeis, pedaços de madeira, folhagens e excrementos. Este período, geralmente, varia de 30 a 60 dias para a *fase de digestão* e de 60 a 120 dias para a *maturação* (método natural) e no método acelerado o período de digestão depende do bioestabilizador, para o sistema Dano este período varia de 2 a 3 dias, onde o período de maturação permanece o mesmo (60 a 120 dias), Pereira Neto (1992).

Independente do método de compostagem utilizado (natural ou acelerado), a produção do composto dá-se somente após a fase de maturação, quando ocorrem as reações enzimáticas de humificação. O uso agrícola de um composto não-maturado é perigoso, onde o qual produz toxinas durante a maturação no solo, interferindo em sua biota.

A compostagem, como processo biológico, é afetada por qualquer fator que possa influenciar a sua atividade microbiológica. Dentre estes fatores, destacam-se:

a) Influência da aeração:

A compostagem deve ser, de preferência, desenvolvida aerobicamente. A eficiência dos processos aeróbios sobre os anaeróbios na estabilização de resíduos orgânicos vem cientificamente sendo comprovada; onde conclui-se que o consumo máximo de oxigênio ocorre quando a temperatura da pilha está em torno de 55°C, fase em que torna-se necessário encontrar um mecanismo de aeração capaz de satisfazer tal demanda (revolvimento das leiras e/ou leiras com injeção de ar). Os processos anaeróbios provocam problemas ambientais resultantes da liberação de produtos malcheirosos, tais como, mercaptanas, gás sulfídrico, aminas e ácidos voláteis.

O ar necessário ao tratamento aeróbio de resíduos sólidos domésticos é de 0,60 a 0,80 m³/dia/kg de sólidos voláteis, onde será obtida a quantidade suficiente de oxigênio disponível e contar com a remoção indispensável do gás carbônico formado nas leiras de compostagem (Lima,1995).

b) Temperatura:

A temperatura é o fator indicativo do equilíbrio biológico, o que reflete a eficiência do processo de compostagem. O processo de compostagem pode ser dividido em quatro estágios subsequentes: mesofílico, termofílico, esfriamento e maturação final:

Durante o início do processo de compostagem os resíduos se apresentam com temperatura próxima à do ambiente (psicrofílica) e com ligeira acidez (pH em torno de 5,5).

Os organismos *mesofílicos*, conforme vão-se multiplicando, promovem a elevação rápida da temperatura, em torno de 40^o a 45^oC, acompanhada pela formação de ácidos orgânicos a partir da matéria orgânica mais facilmente degradável.

Após esta fase, a temperatura se eleva, ultrapassando os 45^oC (50^o a 70^oC), passando a degradação da matéria orgânica a ser efetuada pelos organismos aerobiontes *termofílicos*, bactérias termofílicas, fungos e actinomicetos multiplicam-se tão logo a temperatura atinja a faixa de 55^o a 60^oC e iniciam o ataque aos polissacarídeos, como hemicelulose e proteínas, transformando-os em subprodutos (açúcares simples), que são utilizados por várias outras espécies de microrganismos; onde o pH da massa também se eleva (em torno de 7,5), podendo haver liberação de amônia, em forma gasosa, quando há disponibilidade de nitrogênio (Rameh,1981).

Existem artifícios de engenharia (um deles pode ser leiras com injeção de ar), para manter temperaturas de compostagem (ótima de 60°C), pelo período mais longo possível (de 10 a 15 dias), a fim de obter vantagens sobre esta fase, como: desenvolvimento de uma população de microrganismos diversificada, aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica, ação para a eliminação de microrganismos patogênicos, e eliminação de sementes de ervas daninhas, ovos de parasitas, larvas de insetos, etc. Para as temperaturas superiores a 60°C, os fungos termofílicos morrem e a degradação biológica é mantida pelas bactérias, que formam esporos, e pelos actinomicetos; estas temperaturas elevadas retardam o período de compostagem, pois é pernicioso à atividade microbiológica de degradação, além de interferir na qualidade do composto (Pereira Neto, 1992).

Com a degradação da matéria orgânica existente (fonte de carbono mais disponível exaurida), a atividade biológica vai se reduzindo com a conseqüente ocorrência de menor geração de calor (a temperatura cai para valores baixos de 35° a 38°C) havendo, portanto, um *esfriamento* da massa, onde começa a estabilidade. Nessa fase, os microrganismos, principalmente fungos e actinomicetos, situados nas zonas periféricas da leira reinvadem a massa de compostagem, recomeçando um ataque aos compostos mais resistentes. Os microrganismos mesofílicos tornam-se predominantes, embora a temperatura continue decrescente, até igualar-se ao ambiente.

Quando a temperatura atingir a faixa de 35° C, o material deve ser posto para *maturação*, em pátio de cura, a fim de que continue seu processo de estabilização. Durante a maturação, os fungos e, principalmente, os actinomicetos tornam-se o grupo mais dominante, dando continuidade à degradação de substâncias mais resistentes, como a celulose e lignina. Nessa fase, ocorrerão complexas reações enzimáticas, levando à produção de húmus, por meio, principalmente, da condensação entre lignina e proteínas (Pereira Neto, 1992).

c) Umidade:

O teor de umidade ideal dos resíduos a serem tratados, durante o *início* do processo de compostagem, é da ordem de 50 a 60% (*ótima 50%*), e no *final* do processo o teor ótimo é de 30%. *Altos* teores fazem com que a água ocupe os espaços vazios da massa, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá causar anaerobiose no meio. *Baixos* teores de umidade inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização. O teor de umidade é controlado, na prática, com base na capacidade de aeração da massa de compostagem (manual ou mecânica), nas características físicas do material (estrutura, porosidade, etc.), e na necessidade de satisfazer à demanda microbiológica (Pereira Neto, 1992).

d) Concentração de nutrientes (relação C/N):

A fração orgânica dos RSU é fonte satisfatória de aminoácidos, vitaminas, proteínas, sais minerais e, macro e micronutrientes essenciais à boa atividade de oxidação no processo de compostagem.

Os microrganismos, para manterem ativo o processo de compostagem, exigem, além do substrato orgânico, uma quantidade mínima de outros elementos necessários à sua constituição celular. Suas maiores necessidades são o *Carbono*, como fonte de energia para suas atividades vitais, e o *Nitrogênio*, como fonte para sua reprodução protoplasmática. O carbono é exigido em maior quantidade, porém, quando em excesso, o processo da compostagem se retrai, uma vez que o nitrogênio passa a constituir fator limitante ao crescimento dos microrganismos; o excesso de carbono pode também propiciar condições ácidas na massa de compostagem, visto que o CO₂ liberado é altamente solúvel. Por outro lado, a compostagem de resíduos com baixo teor de carbono, ou seja, resíduos ricos em nitrogênio eliminam o excesso de nitrogênio pela volatilização da amônia, com uma tendência natural de restabelecer o balanço entre os dois elementos.

O equilíbrio da relação C/N é um fator de fundamental importância na compostagem, cujo principal objetivo é criar condições para fixar os nutrientes, de forma que possam ser posteriormente liberados por meio do composto. Dessa forma, para o *início* do processo aceita-se como ótima uma relação C/N de 30:1, o que influenciará a boa atividade biológica, diminuindo o período de compostagem; atingindo uma *relação C/N de 18:1 no final* do processo. Relações C/N baixas, pH acima de 8 e elevadas temperaturas, implicam na perda de

nitrogênio sob a forma de amônia; recomenda-se neste caso, a adição de serragem, palha, papel, entre outros, à massa a ser compostada; e se a relação C/N for alta, pode-se adicionar, por exemplo, lodo de esgoto seco (Rameh,1981).

e) Tamanho da partícula:

O tamanho da partícula do material a ser compostado é também importante, visto que, quanto mais fragmentado for o material, maior será a área superficial sujeita ao ataque microbiológico, diminuindo o período de compostagem. O tamanho ideal das partículas, em se tratando da compostagem dos RSU, deve situar-se na faixa de 20 a 50 mm (Pereira Neto,1992).

f) pH:

O pH da massa de compostagem não é, usualmente, um fator crítico no processo, e onde verifica-se a existência de um fenômeno de "auto-regulação" do pH, efetuado pelos microrganismos no decorrer do processo (Pereira Neto,1992)

Entretanto, conforme Rameh (1981), na fase inicial da compostagem, a acidez do material tende a aumentar em virtude da formação de ácidos orgânicos, atingindo pH próximo de 4,5. Durante a compostagem, o pH tende a ficar na faixa alcalina, variando de 7,5 a 9,0; sendo na fase final em torno de 7,0.

Composto orgânico:

O composto é, acima de tudo, um condicionador do solo, assim classificado pelo fato de sua matéria orgânica humificada estar em maior proporção, e que corresponde a cerca de 40 a 70% (Lindenberg, 1990a).

A utilização do composto como adubo deve ser precedida de um estudo das características físico-químicas do solo, pois, o destino e a especificação de cada metal dependem da quantidade de matéria orgânica presente nesse solo e do tipo de planta e/ou sistema biológicos que aí existam. Os metais podem, por exemplo, ficar retidos no solo, serem absorvidos pelas plantas e outro organismo ou, se solúveis, serem lixiviados, contaminando os cursos d'água e infiltrando-se no solo, contaminando, por sua vez, as águas subterrâneas (Schalch e Rezende, 1991).

O *composto orgânico* tem várias características (Pereira Neto, 1992) como:

- melhora as características físicas estruturais do solo;
- pode ser utilizado como excelente matéria-prima no processamento de fertilizantes industriais, e melhora o aproveitamento dos fertilizantes minerais;
- aumento da capacidade de retenção de água e de ar no solo;
- ativação substancial da vida microbiana, e estabelecimento de colônias de minhocas, besouros e outros que revolvem e adubam o solo;
- incremento do teor de micro e macronutrientes;
- efeitos favoráveis pela presença de micronutrientes e de certas substâncias antibióticas;
- ação agregadora em solos com baixo teor de argila;
- aumento da estabilidade do pH;
- promove o desenvolvimento do sistema radicular;
- auxilia na recuperação de solos degradados;
- utilizado, também, em parque e jardins, na proteção de encostas, na produção de ração animal, na produção de artefatos para a construção civil.

O composto não é um adubo mineral, mas sim um adubo biológico, onde sua aplicação permite aumentar o rendimento da adubação mineral de 30 a 70% (Lindenberg,1990a).

Quadro 1. Comparação do composto com relação ao esterco, quanto aos teores de N,P,K.

| Adbos | N % | P₂O₅ % | K₂O % |
|--------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Esterco de curral | 2,60 | 2,40 | 2,25 |
| Esterco de galinha | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| Composto curado | 1,59 | 0,27 | 0,98 |

Fonte: Lindenberg (1990a)

A aplicação do composto deve ser feito incorporado à terra, pelo menos 15 dias antes do plantio, e deve estar a uma profundidade suficiente para que fique ao alcance do sistema radicular de maior atividade e sem a possibilidade de receber diretamente os raios solares. E deve ser precedida pela correção da acidez do solo; a aplicação dos adubos minerais, quando necessária, deve ser posterior à incorporação de composto e pouco antes do plantio, para obtenção do melhor rendimento possível.

A quantidade de composto a ser aplicado varia de acordo com as condições do solo, da cultura e do clima, podendo-se considerar como referência uma aplicação anual entre 8 a 20 toneladas por hectare (Rameh, 1981).

O valor do composto curado a partir dos macronutrientes (N, P e K) e acrescentando mais 50% no valor como sendo o valor da matéria orgânica; o preço do composto baseando na composição percentual em peso, de 1,2% de N; 0,6% de P₂O₅ e 0,6% de K₂O, será, no mínimo, de R\$ 22,82/t (aproximadamente US\$ 12/t), segundo Kiehl (1998).

Quadro 2. Custos do composto orgânico

| Nutrientes | Composição (% em peso) | Valor (R\$/t.) |
|--|-----------------------------------|---------------------------|
| Nitrogênio (N) | 1,2 | 7,32 |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 0,6 | 5,52 |
| Potássio (K ₂ O) | 0,6 | 2,40 |
| SOMA | | 15,24 |
| Mat. orgânica | 50 | 7,62 |
| TOTAL por tonelada | | 22,82 |

Fonte: Kiehl (1998)

Os custos de instalação completa, de uma usina pelo método acelerado são de aproximadamente US\$ 12.000 por tonelada de RSU por dia, de capacidade nominal de tratamento até 150 t./dia de RSU doméstico. E os custos de operação são de aproximadamente US\$ 8 por tonelada de RSU tratado por dia (Lindenberg, 1990a).

Vermicompostagem

É a denominação da tecnologia na qual se utilizam as minhocas para produção de composto orgânico. Denominado também, de “vermicomposting” ou composto de vermes.

Como matéria-prima para produção de vermicomposto pode-se usar uma grande variedade de rejeitos, desde que ricos em matéria orgânica, tais como: resíduos sólidos urbanos (domésticos, restos de podas, industriais orgânicos), esterco de animais, restos de culturas, etc.

A ação das minhocas sobre a matéria orgânica é mais mecânica que biológica; o revolvimento e a aeração do composto, bem como a trituração das partículas orgânicas que passam pelo trato digestivo desses animais é um processo puramente mecânico. O efeito bioquímico está na decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos existentes no intestino das minhocas, de onde os resíduos saem mais ricos em nutrientes e mais assimiláveis pelas plantas (Mottet et al., 1987).

Quando a minhoca abre suas galerias no solo, ela não só abre a passagem como engole a terra com todo o seu conteúdo (raízes mortas, restos de animais e vegetais, bactérias

e outros microrganismos do solo e grãos de areia). Essa massa orgânica, ao passar pela faringe, é umedecida por secreções salivares e, a seguir, neutralizada pelas secreções das glândulas calcíferas do esôfago, antes de serem armazenadas no estômago, que precede a moela. Na moela os alimentos são esmagados para posterior digestão no intestino; a areia e outras partículas minerais atuam como um moinho de pedra na moela, transformando o alimento em uma massa homogênea e semi-líquida.

O processo de digestão dos alimentos no tubo digestivo, cujas secreções contêm enzimas que desdobram os carboidratos, as proteínas, as gorduras e até mesmo a celulose, tem seqüência no longo e reto canal do intestino. É no intestino, na sua posição terminal, que se dá a adsorção dos princípios nutritivos necessários a alimentação das minhocas.

No final do intestino, os restos orgânicos que não foram digeridos, bem como os que não foram assimilados, são expelidos, junto com as partículas de terra, na forma de um composto orgânico rico em nutrientes, de fácil assimilação pelas plantas (Rossi e Shimoda, 1996).

As minhocas só podem ser introduzidas no material a ser compostado quando a temperatura desde estiver entre 20^o a 28^oC (na fase de maturação da compostagem), e após introduzir as minhocas o composto não pode ser revolvido, pois, do contrário, elas fugirão ou morrerão (Motter et al., 1987).

O composto (não maturado) é colocado em canteiros, e colocam-se, inicialmente, algumas minhocas em sua superfície; caso penetrem no meio e nele permaneçam por mais de 5 horas transfere-se as demais minhocas matrizes para este canteiro. Recomenda-se introduzir cerca de 500 minhocas por m². Para isso devem-se abrir pequenas covas em diversos pontos colocando-se algumas minhocas em cada uma delas, cobrindo-as em seguir. Manter o material do canteiro úmido, porém evitando seu encharcamento (Motter et al., 1987).

A montagem dos canteiros de produção se faz usando material não maturado e triturado, para permitir sua ingestão pelas minhocas, e bem misturado, pois a vermicompostagem não emprega revolvimento, ficando este por conta desses oligoquetos.

As pilhas terão de ser baixas (0,30 m) para não se aquecerem demasiadamente e para não se compactarem uma vez que os materiais de granulometria fina têm essa tendência. Recomenda-se a instalação das leiras em terrenos levemente inclinados (2%), base bem compactada; a proteção contra o excesso de água de chuva, insolação e evaporação, pode ser obtida através da cobertura do material com capim, palhas, etc. (Motter et al., 1987).

As espécies de minhocas criadas comercialmente, por se adaptarem melhor ao cativeiro e apresentarem produção mais rápida de composto são a *Eisenia foetida* (minhoca de esterco) e a *Lumbricus rubellus* (minhoca dos resíduos orgânicos), são conhecidas como "Vermelha da Califórnia", embora a *E. foetida* seja de origem européia, que é uma variedade híbrida introduzida no Brasil há alguns anos e que só é encontrada em cativeiro (Rossi e Shimoda, 1996).

Resíduos provenientes de meio aeróbio têm sua taxa de decomposição aumentada de duas a cinco vezes por ação das minhocas do tipo *Eisenia foetida* e este incremento está relacionado a diversos fatores:

- a ingestão das minhocas provoca um aumento na superfície de ataque das partículas de matéria orgânica finamente moída;
- a ingestão elimina colônias de bactérias remanescentes e estimula o desenvolvimento de novas e vigorosas colônias;
- nitrogênio excretado pelas minhocas enriquece o solo melhorando as condições de decomposição;
- devido às escavações executadas pelas minhocas, o oxigênio penetra com mais facilidade, ativando os mecanismos de aeração e a troca de calor e de gases saturados;
- as atividades das minhocas favorecem a liberação de nutrientes minerais;
- processo contínuo de alimentação das minhocas aumenta a interação entre a microflora (bactérias, fungos, actinomicetos, etc.), melhorando o fluxo e a troca de nutrientes.

A taxa de assimilação de matéria orgânica pelas minhocas é uma função da umidade e da temperatura. Para o tipo *Lumbricus sp* e *Eisenia foetida* a taxa é máxima em 15^oC e 20^oC, respectivamente; e a umidade, para todos os casos, vem a ser ótima próxima de 85% (Lima, 1995).

Cerca de 45 dias após a inoculação das minhocas nos canteiros de produção deve-se iniciar a coleta do vermicomposto ou húmus das minhocas (Motter et al., 1987).

A coleta pode ser feita utilizando peneiramento manual para a separação das minhocas do composto. As minhocas retiradas são introduzidas em novos canteiros.

As conseqüências da adubação com vermicomposto (Rossi e Shimoda, 1996):

- aumenta o teor de matéria orgânica no solo;
- melhora a estrutura do solo;
- aumenta a capacidade de retenção de água da chuva e diminui a enxurrada;
- diminui a compactação, promove maior aeração e enraizamento;
- aumenta a CTC (capacidade de troca catiônica);
- fornece elementos essenciais como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e alguns micronutrientes;
- complexa e/ou solubiliza alguns metais (Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo, Pt, Pb, etc.) essenciais ou tóxicos às plantas;
- diminui efeitos tóxicos do Al;
- aumenta a atividade microbiana do solo, pelo aumento de sua população (flora e fauna);
- elimina ou diminui doenças do solo através da ativação de microrganismos benéficos às plantas específicas;
- modifica a composição de ervas daninhas.

As minhocas possuem vários inimigos naturais. Os mais perigosos são as centopéias, sanguessugas terrestres e formigas. A sanguessuga constitui, provavelmente, o pior predador das minhocas, já que vive e se reproduz no interior dos canteiros. Além disso, apresenta muita semelhança com as minhocas, tanto na forma quanto na maneira de se reproduzir; devem ser catadas e mortas tanto nos canteiros como nas suas proximidades.

Referências Bibliográficas

- KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: Kiehl, 1998. 171p.
- LIMA, L. M. Q. *Lixo: tratamento e biorremediação*. 3. ed. São Paulo: Hemus, 1995. 261p.
- LINDENBERG, R. de C. Compostagem. In: RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL, 1990a, São Paulo. *Curso...* São Paulo: CETESB, 1990, Cap. II, p.13-72.
- MOTTER, O. F. et al. Utilização de minhocas na produção de composto orgânico. São Paulo: CETESB, 1987. 8p.
- PEREIRA NETO, J.T. Conceitos modernos de compostagem. In: TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE RSU DOMICILIAR URBANO, 1, 1992, Belo Horizonte. *Curso...* Belo Horizonte: ABES, 1992. p.77-92.
- RAMEH, C.A.S. Projeto de uma usina de compostagem. *Engenharia Sanitária*, v.2, p.201-203, 1981.
- ROSSI, F., SHIMODA, E. Criação de minhocas: manual. Viçosa: CPT, 1996. 28p.
- SCHALCH, V., REZENDE, M. O. de O. O processo de compostagem do lixo e sua relação com a qualidade de adubo formado: *BIO*, p.44-47, 1991.

FIGURAS:

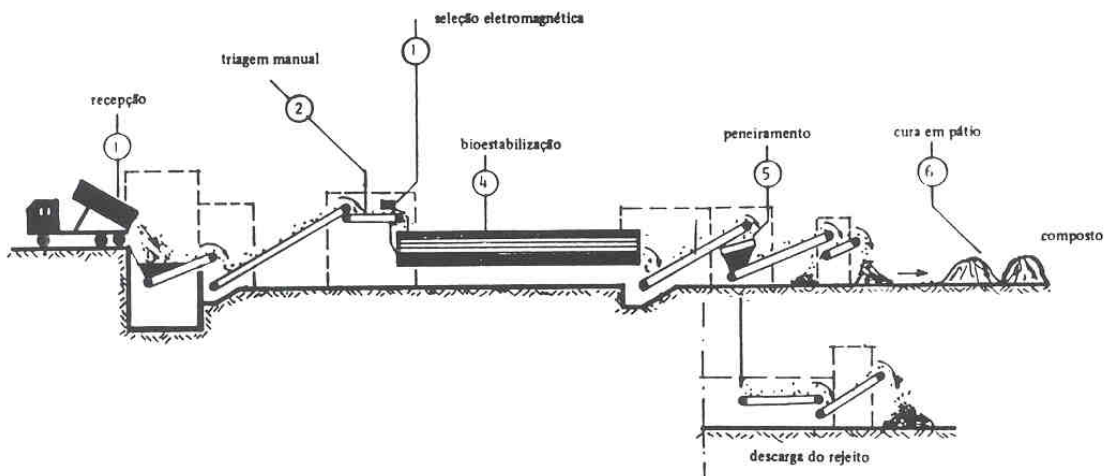
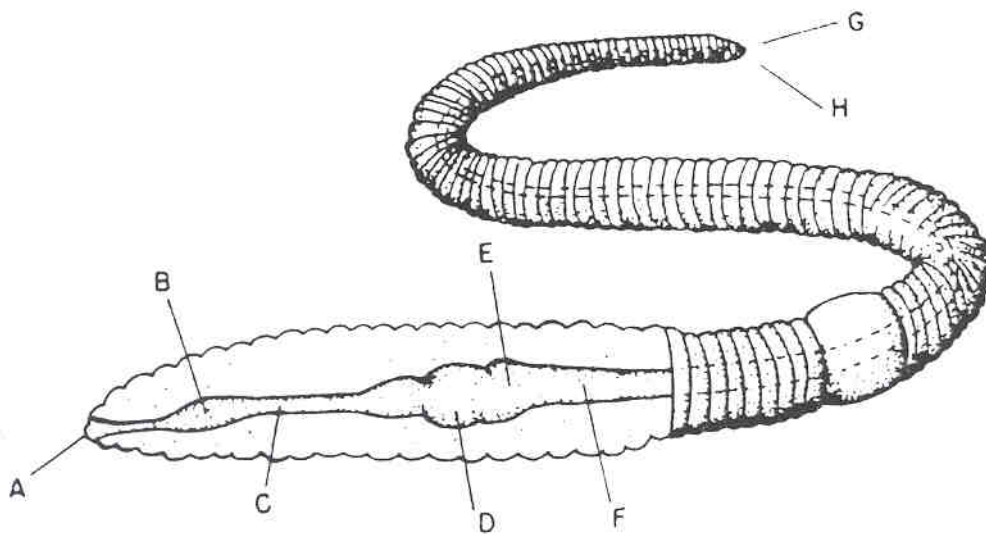


Figura 1. Usina de triagem/compostagem (método acelerado).



Aparelho digestivo. A - boca; B- faringe; C- esôfago; D- estômago; E- moela; F- intestino; G- ânus e H-deiecções

Figura 2. Aparelho digestivo da minhoca