

## **ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS CONTIDAS EM COMPOSTO ORGÂNICO PROVENIENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

Alex Rodrigues Nogueira, Sandro Donnini Mancini, Dennis Akira Kagohara, Jonas Age Saide Schwartzman, Tânia de Mattos, André Henrique Rosa. –Resíduos Sólidos Domésticos e Industriais – Engenharia Ambiental – Campus Experimental de Sorocaba.

A alta demanda por produtos industrializados e agrícolas, somado ao desordenado crescimento populacional, tem levado a um dos principais problemas que a humanidade está enfrentando: o descarte dos resíduos. O consumo excessivo de produtos não renováveis, e o descaso com os renováveis, estão cada vez mais insustentáveis para o planeta.

Todos os dias nos deparamos com um bombardeio de novas propagandas, mostrando a quantidade de novos produtos que são colocados no mercado. Esse consumo, necessário ou não, está gerando uma quantidade muito grande de resíduos, que sem ter um destino adequado estão poluindo rios e solos ou sendo depositados em aterros sanitários ou mesmo lixões. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada em 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre o total de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados no país, 58,3% não recebiam uma destinação considerada ambientalmente adequada, sendo 21,2% relativos a lixões, 0,1% despejados em áreas alagadas (rios, riachos, mangue) e os 37% restantes destinados a aterros controlados[1].

No Brasil, a cada dia, estão sendo gerados em média cerca de 0,74 kg de lixo domiciliar por pessoa. Em países como os Estados Unidos, o descarte *per capita* diário de materiais pode chegar a 2,30. Se analisarmos o caso brasileiro, em municípios com mais de 1 milhão de habitantes a geração de resíduos chega a 1,16kg por dia por pessoa [1]. Desse montante, observa-se um valor médio de 55% para resíduos de matéria orgânica (restos de comida, lixo de jardim), compatível com a média brasileira, reportada como sendo de 52,5%, em outros números, cerca de 120 mil toneladas diárias[2]. Observando esse crescente mercado, muitas empresas de reciclagem começam a surgir. Porém, o ramo que ainda é pouco explorado comercialmente é o de compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos sólidos urbanos. Segundo o CEMPRE, apenas 1,5% desses resíduos foram reciclados no Brasil em 2004 visando à obtenção do composto, num processo conhecido como compostagem[3]. Compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, que resultará em dois componentes: matéria inorgânica (inclusive sais minerais, que carregam nutrientes para as plantas) e o húmus, responsável por melhorar as propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo [4,5].

A compostagem utilizada para a obtenção de condicionadores de solos é chamada aeróbia, por necessitar de oxigênio para que os microrganismos responsáveis pelo processo atuem por meio de reações de respiração. A compostagem começa pelo processo de adaptação que é a fase de estabilização para o início do processo, respeitando as condições ótimas como umidade, pH e relação Carbono/Nitrogênio – C/N, mantendo a temperatura e atividade biológica praticamente constantes. A próxima etapa é dividida em duas fases, após os organismos estarem mais adaptados ao novo ambiente, conhecidas como etapas de fitotoxicidade, devido à geração de subprodutos gerados. A etapa mesófila possui valores médios de temperaturas entre 20 e 40° C. É nessa fase que são decompostos os produtos de mais fácil degradação como açúcares, lipídios, hemicelulose e proteínas, havendo uma grande liberação de calor e gerando alguns ácidos carboxílicos como subprodutos. A etapa termófila (ou semi-cura), alcançada após o ápice da atividade microbiana, tem como consequência as temperaturas mais altas do processo, por volta de 55 a 75° C. É durante esta etapa que são eliminados organismos patogênicos presentes no material, bem como substâncias inibidoras da germinação de sementes e do crescimento de raízes. Por fim, chega-se à etapa de maturação (fase de cura), na qual se observa uma menor quantidade de microrganismos ainda ativos (as poucas espécies permanecem na forma de esporos). Estes microrganismos remanescentes são os responsáveis pela transformação de substâncias mais dificilmente degradáveis (a base de celulose, ligninas e queratinas), que são a base para a formação das substâncias húmicas[4,5].

Se o composto inicialmente obedecer a uma relação C/N de 30/1, a umidade da leira for mantida por volta de 55% e forem feitos revolvimentos de acordo com a necessidade de O<sub>2</sub> e visando

regular a temperatura da leira, o processo levará entre 30 e 60 dias para iniciar a fase de bioestabilização (semi-cura) e de 90 a 120 dias para entrar do estágio de humificação[4,5].

Muitos fatores influenciam no processo de compostagem tais como a Relação C/N (sendo mais favorável entre 25/1 e 35/1), umidade (sendo por volta de 50% no início e 30% no momento da comercialização), aeração, temperatura (podendo variar de acordo com a fase do processo), pH, granulometria, tamanho das leiras. É importante salientar que o composto necessita de uma associação de todos esses fatores para melhorar a sua qualidade[4,5].

Este presente trabalho, estudou um processo de compostagem que durou 132 dias feitas em leiras de cimento construídas especialmente para o projeto. Após dado por encerrado o processo de compostagem, os compostos foram trazidos para o laboratório para serem analisados. As extrações das substâncias húmicas presentes nos compostos obtidos foram feitas no Laboratório de Química do Campus Experimental de Sorocaba. Para a realização destes estudos preliminares, procurou-se variar a concentração e também o tipo de extrator, mantendo-se fixos o tempo de extração, a relação composto/extrator, a temperatura e a granulometria das amostras.

Procedeu-se então a sua secagem, trituração e peneiramento. Em seguida, as amostras devidamente homogeneizadas foram adicionadas às soluções extratoras estabelecidas. Neste estudo, optou-se por empregar o hidróxido de sódio (NaOH) e o pirofosfato de sódio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) como agentes extratores, os quais têm grande aplicação e ainda atuam através de mecanismos diferentes (sendo o primeiro alcalino e o outro considerado moderado), de modo que fosse possível a comparação entre seus rendimentos. Foram feitas as soluções conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Soluções extratoras a que cada um dos compostos foi submetido, e numeração associada aos extratos obtidos.

EXTRATOS	SOLUÇÃO EXTRATORA
1	NaOH 0,1 M
2	NaOH 0,5 M
3	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 M
4	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,05 M
5	Mistura entre NaOH 0,1 M e $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1M

No total, foram realizados 30 ensaios de extração de substâncias húmicas, referentes à aplicação dos cinco tipos de soluções extratoras a alíquotas dos compostos de cada uma das seis leiras, sendo que cada medida foi feita em temperatura ambiente, a partir da adição de 30 gramas de composto às soluções, mantendo-se a relação composto extrator em 1/10 (m/v) e tempo de agitação de 240 minutos.

Após cada procedimento, os extratos obtidos foram então purificados através da aplicação de um sistema de filtração a vácuo (utilizando-se filtros com porosidade média de 3,0  $\mu\text{m}$ ) e conduzidos à estufa com circulação de ar a temperaturas de no máximo 60 °C, até a sua secagem completa.

Por fim, com base nas quantidades de substâncias húmicas obtidas, calculou-se o rendimento de cada uma das extrações, comparativamente à massa de composto adicionada inicialmente, bem como a eficiência das mesmas através da calcinação dos materiais orgânicos a 650°C (em forno mufla Quimis, modelo Q-318M24) durante um período de 4 horas, após nova trituração e peneiramento com diâmetro máximo de 0,3 mm.

Outro conjunto de ensaios realizado visando à caracterização dos compostos produzidos foi a extração das substâncias húmicas presentes nos mesmos e posterior verificação da eficiência do processo de extração através da calcinação do material obtido a 650 °C. As amostras de cada um dos seis tipos de compostos (devidamente homogeneizadas e trituradas) foram coletadas e submetidas à calcinação, com o intuito de se estimar o teor de materiais orgânicos presentes nos mesmos. Os resultados são apresentados na Figura 1.

As maiores concentrações de matéria orgânica dizem respeito aos compostos constituídos exclusivamente por restos de comida (com valor de 61,6% referente à leira 3 e 57,9% para a leira 6), seguidas pelos compostos formados pela mistura dos tipos de resíduos (com concentrações de material orgânico de 24,4% associado à leira 1, e 21,9% à leira 4). Já os compostos constituídos por lixo de jardim apresentaram, comparativamente aos demais, valores muito baixos (11,8% para a leira 2, e

apenas 10,7% para a leira 5), ressaltando a influência de compostos a base de celulose e lignocelulose, bem como eventuais impurezas de difícil degradação térmica. Entretanto, os valores obtidos ainda podem ser considerados satisfatórios, uma vez que sedimentos com concentração de material orgânico da ordem de 5 a 10% já são considerados ricos, do ponto de vista orgânico.

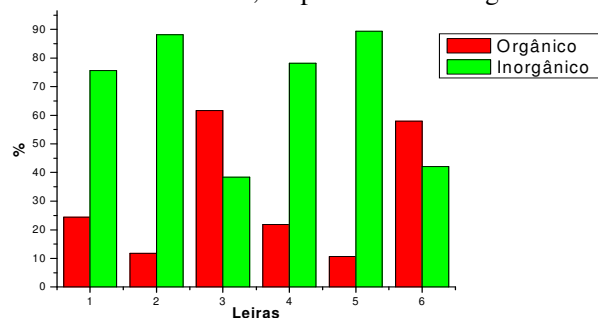


Figura 1: Quantidades percentuais (em termos de massa) de materiais orgânicos e inorgânicos presentes nos compostos de cada uma das leiras.

No que se refere aos resultados obtidos, pode-se observar que seu comportamento em todos os casos é bastante semelhante, variando-se na maioria das vezes somente os valores inerentes a cada uma das leiras. A Figura 2 apresenta os gráficos relativos ao rendimento de cada uma das extrações, bem como os resultados da calcinação dos extratos (para a verificação do verdadeiro teor de materiais orgânicos extraídos em cada etapa).

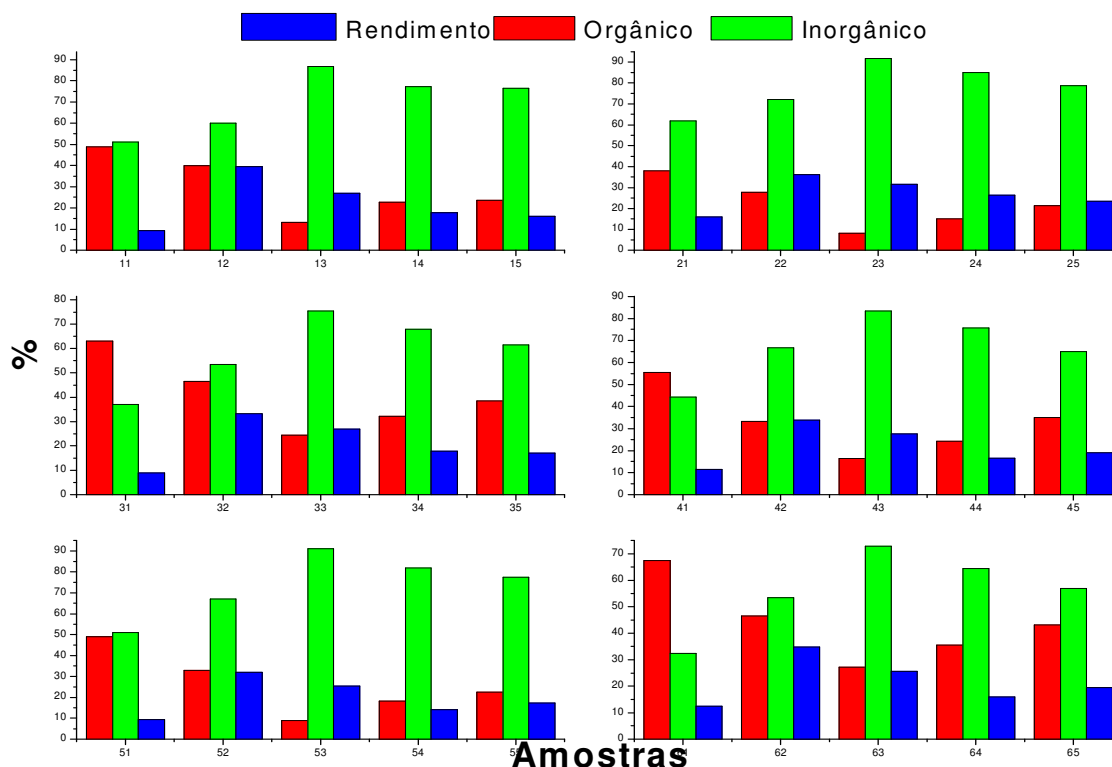


Figura 2: Resultados referentes ao rendimento de cada extração e verificação da quantidade de materiais orgânicos presentes nos extratos obtidos.

Analisando-se a Figura 2, pode-se notar que o rendimento das extrações é, em geral bastante parecido, independentemente da matéria-prima utilizada, sendo que os maiores valores são sempre associados aos casos em que se empregou o hidróxido de sódio 0,5 M como extrator (fato já esperado, de acordo com as informações obtidas na literatura), seguido pelas extrações com pirofosfato de sódio

0,1M e 0,05M, respectivamente, pela mistura dos dois extratores na concentração de 0,1M, e finalmente pela solução 0,1M de NaOH.

Pode-se notar ainda que há uma relação (de certa forma previsível, com base nos demais parâmetros analisados) entre a matéria-prima empregada inicialmente e a quantidade de substâncias orgânicas extraídas, na qual destaca-se a grande concentração de materiais orgânicos nos extratos obtidos de compostos constituídos exclusivamente por restos de comida (leiras 3 e 6), em contraste com os teores apresentados pelos extratos obtidos a partir dos compostos formados por lixo de jardim (leiras 2 e 5).

Entretanto, para se determinar a verdadeira quantidade de substâncias húmicas extraídas é necessário que os valores relativos ao rendimento das extrações sejam analisados juntamente com o percentual de materiais orgânicos em cada extrato, visto que durante as extrações, compostos minerais ou mesmo outros interferentes também podem ser solubilizados, mascarando os resultados obtidos. Um exemplo é o das extrações utilizando-se o pirofosfato de sódio para as quais os valores de rendimento são muitas vezes superiores a 20%. Nestes casos, porém, o percentual de substâncias inorgânicas presentes no extrato final é muito elevado, fato que deve ser devido à própria quantidade de pirofosfato utilizada para a preparação da solução, resultando ao final em baixas quantidades de substâncias húmicas efetivamente extraídas.

Por fim, os valores apresentados no comportamento das extrações utilizando-se o hidróxido de sódio 0,1M como extrator mostraram os menores rendimentos percentuais (que variam entre 8,99% para o caso da leira 3, e 15,84% para a leira 2), embora a porção orgânica dos extratos obtidos tenha sido maior em todos os casos. Ainda, a melhor combinação encontrada, do ponto de vista quantitativo, é aquela na qual utiliza-se a solução com concentração de 0,5 M, para a qual, apesar da grande quantidade de impurezas extraídas, os rendimentos são maiores que 30% em todos os casos. Porém, são necessários estudos mais apurados no que diz respeito à integridade estrutural das substâncias orgânicas extraídas, a fim de que se investigue a viabilidade ou não da aplicação desta metodologia.

Quanto aos estudos preliminares de extração de substância húmicas dos compostos produzidos, foi possível observar que o rendimento das extrações mostrou-se com um comportamento bastante semelhante para todas as leiras, independentemente da matéria-prima utilizada no início da compostagem. No geral, os maiores valores para este parâmetro foram sempre associados aos casos em que se empregou o hidróxido de sódio 0,5 M como extrator, seguido pelas extrações com pirofosfato de sódio 0,1M e 0,05M, respectivamente, pela mistura dos dois extratores na concentração de 0,1M, e finalmente pela solução 0,1M de NaOH.

Entretanto, estes resultados devem ser analisados paralelamente aos valores do teor de materiais orgânicos de cada extrato, obtido a partir dos ensaios de calcinação, uma vez que juntamente com as substância húmicas, também podem ser solubilizadas impurezas com elevado teor de materiais inorgânicos, inviabilizando a aplicação de determinada técnica. Um exemplo é o caso das extrações em que se empregou o pirofosfato de sódio como agente extrator, as quais apresentaram um alto rendimento percentual, e por outro lado, os maiores teores de materiais inorgânicos, mascarando a pequena quantidade de substâncias húmicas efetivamente extraídas.

### **Referências Bibliográficas**

- [1] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2000**. IBGE, Rio de Janeiro-RJ, 2002.
- [2] MANCINI, S.D.; NOGUEIRA, A.R.; KAGOHARA, D.A.; SCHWARTZMAN, J.A.S. e MATTOS, T. Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos de Indaiatuba-SP. 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande-MS, 2005. Anais em CD-ROM, Campo Grande-MS, 2005.
- [3] CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Página da entidade. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>> Acesso em 3 abril 2006.
- [4] KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: E.J. Kiehl, 1998.
- [5] SZTERN, D. e PRAVIA, M.A. **Manual para la Elaboracion de Compost: Bases Conceptuales y Procedimientos**. Montividéu: Organización Panamericana de Saúde, 1999.

**Bolsa:** CNPq/PIBIC.