



14 a 17 de Outubro 2002 - São Paulo - Brasil
October 14-17, 2002

A compostagem como processo catalisador para a reutilização dos resíduos de fábrica de celulose e papel

Composting as an alternative for pulp and paper mills residues reutilization through a catalizing process

Ana Gabriela M. Carvalho
Celina F. do Valle
(Votorantim Celulose e Papel Florestal)

Iraê Amaral Guerrini
(FCA/UNESP)

Lenine Corradini
(L. Corradini Consultoria Florestal SC Ltda.)

A COMPOSTAGEM COMO PROCESSO CATALISADOR PARA A REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE FÁBRICA DE CELULOSE E PAPEL

Ana Gabriela M. Carvalho*; **Iraê Amaral Guerrini****; **Celina F. do Valle***; **Lenine Corradini*****

*Votorantim Celulose e Papel Florestal, Luiz Antonio-SP; anagmc@vcp.com.br;

**Depto. Recursos Naturais, FCA/UNESP, Botucatu-SP; iguerrini@fca.unesp.br; Bolsista do CNPq;

***L. Corradini Consultoria Florestal SC Ltda, Ribeirão Preto-SP; l.corradini@uol.com.br;

RESUMO

Em função da necessidade da redução da relação Carbono/Nitrogênio (C/N) para que os resíduos orgânicos possam ser aplicados ao solo e para que as plantas possam absorver os nutrientes neles contidos, foi realizada a compostagem dos diversos resíduos industriais da empresa Votorantim Celulose e Papel Ltda, em Luiz Antonio-SP. Os materiais empregados foram: lodo ativado, dregs e grits, cinza de caldeira e biomassa (casca de eucalipto moída). Esses materiais foram misturados nas proporções 1:1, 3:1 e 5:1 (resíduos:biomassa), sendo testados também aplicação de fósforo, potássio e uréia. Durante o processo foram realizados revolvimentos e aplicações de água, com monitoramento da temperatura, pH e análises químicas. Após 120 dias, os tratamentos apresentaram uma relação C/N entre 9 e 25/1, com exceção do tratamento 4 que apresentou relação C/N final de 37/1, sendo que a melhor relação resíduo/biomassa foi de 3:1. Este experimento viabilizou o aproveitamento de todos os resíduos gerados pela indústria, da maneira que estes saem da fábrica. Para a área florestal, este trabalho teve um grande impacto positivo, pois uma quantidade considerável de nutrientes estará retornando ao solo agregado à matéria orgânica, melhorando a qualidade dos solos e a produtividade das florestas.

PALAVRAS – CHAVE : Compostagem; resíduos industriais; resíduos de fábrica de celulose e papel; lodo ativado; cinza de madeira; dregs e grits; casca de eucalipto.

ABSTRACT

Recognizing the great potential of this residue to increase the eucalyptus forests productivity – when used in its humidified form – the main objective of this project was to decompose the solid residues generated at Luiz Antônio mill, in a fast and artificial way, by means of piles or ridges of composted materials. The materials used in this composting process were: activated sludge, dregs and grits, wood ash and biomass. Applications of both phosphorus and potassium have been used during the planting phase. Nitrogen, in the form of urea, has been applied in two treatments with the main

purpose to decrease the C/N ratio and to speed up the decomposition process. The experiment was carried out in 120 days. The best results were obtained in residue piles with a 3:1 ratio, i.e., 75% residues + 25% biomass. This mixture provided an extremely good aeration, thus enabling an appropriate material mixing and homogenization. Under the technological viewpoint, the results obtained from the composting process were quite satisfactory for VCP industrial residues treatment. This composting process enabled a material accelerated stabilization (lower C/N ratio) and homogenization. After this experiment, it became possible to use all residues just as they were generated by Luiz Antônio pulp and paper mill. This project is of the utmost relevance to VCP's forestry department as far as a significant amount of nutrients is getting back to the soil in the form of mineral and organic materials.

KEY WORDS : Composting; industrial residues; pulp and paper mill residues; activated sludge; wood ash; dregs and grits; eucalyptus bark;

1. INTRODUÇÃO

Define-se a compostagem como sendo um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo, seguida da fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase, a cura, maturação ou mais tecnicamente, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, quando se pode dar por encerrada a compostagem. Durante todo o processo ocorre produção de calor e desprendimento, principalmente, de gás carbônico e vapor d'água (Kiehl, 1998).

Compostagem então, é o nome dado ao processo bioquímico, natural ou artificial, que transforma, através da ação dos microorganismos, os resíduos vegetais e/ou animais ricos em matéria orgânica e com alta relação C/N em produtos/fertilizantes orgânicos estáveis e humificados, com baixa relação C/N. A aplicação desses materiais orgânicos com alta relação C/N diretamente no solo pode prejudicar o desenvolvimento inicial das plantas, uma vez que os microorganismos utilizarão o N do solo para decompor o material orgânico, o qual é pobre nesse elemento, faltando para as plantas.

Esse fato ocorreu com o resíduo industrial Lodo Ativado da Votorantim Celulose e Papel S.A., o qual promoveu grandes melhorias nas propriedades físicas do solo, aumentando o tamanho dos agregados e a retenção de água em solos arenosos, mas prejudicando o crescimento do eucalipto devido à falta de nitrogênio no início do seu desenvolvimento (Guerrini et al., 2000a, Guerrini et al., 2000b).

Em função desses resultados, mas, ao mesmo tempo, reconhecendo o grande potencial desse resíduo no aumento da produtividade do eucalipto quando utilizado na forma humificada, conforme resultados comprovados na literatura, este projeto de pesquisa teve por objetivo decompor os resíduos sólidos gerados na VCP Luiz Antônio, de forma artificial e acelerada, através da construção de pilhas ou leiras de compostagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

. Materiais

Os materiais utilizados foram os seguintes: lodo ativado, dregs e grits, cinza de caldeira e biomassa, todos misturados na pilha a ser compostada na mesma proporção de que são produzidos. A casca de eucalipto (Biomassa) foi utilizada como inoculante, já que contém actinomicetos, além de fornecer aeração à pilha. Como este último material é de difícil decomposição, este foi triturado antes da sua utilização (biomassa). A Tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas dos materiais utilizados no experimento, ressaltando-se os altos teores de sódio presentes no dregs e no grits.

Tabela 1: Resultados das análises dos resíduos antes da confecção das pilhas dos compostos orgânicos (Base seca - 110°C).

CARACTERÍSTICAS	Lodo Ativado	Cinza	Dregs	Grits	Biomassa
pH (CaCl ₂ 0,01M)	8,3	12,5	11,7	12,4	6,2
Umidade (110°C,%)	82,0	39,0	55,0	17,0	44,0
Mat Orgânica (550°C,%)	82,0	25,0	16,0	2,0	94,0
C total (%)	45,56	13,89	8,89	1,12	52,23
N total (%)	0,80	0,20	0,08	0,08	0,36
Relação C/N	57/1	69/1	111/1	14/1	145/1
P ₂ O ₅ Total (%)	0,44	2,00	0,40	0,90	0,13
K ₂ O Total (%)	0,09	3,42	1,60	0,35	0,36
Cálcio Total (%)	1,80	18,5	19,7	36,0	0,77
Magnésio Total (%)	0,15	1,80	2,15	0,39	0,10
Enxofre Total (%)	0,22	1,00	1,38	0,56	0,02
Cobre Total (mg Kg ⁻¹)	22,0	54,0	140,0	20,0	6,0
Ferro Total (mg Kg ⁻¹)	7500	10450	2600	1600	700
Manganês Total (mg Kg ⁻¹)	98,0	4850	3850	244	252
Zinco Total (mg Kg ⁻¹)	46,0	78,0	252,0	22,0	10,0
Sódio Total (mg Kg ⁻¹)	2320	4800	76000	22400	520

. Tratamentos:

Foram instalados 11 tratamentos (11 pilhas de composto), visando testar diferentes misturas dos resíduos, assim como diferentes relações dessas misturas com a casca de eucalipto. Também foram testadas aplicações de fósforo, na forma de superfosfato simples, e potássio, na forma de cloreto de potássio, nas quantidades utilizadas na fase de plantio do eucalipto na empresa, com o objetivo de se produzir um fertilizante organo-mineral completo, economizando-se a aplicação desses fertilizantes químicos na fase de implantação. O nitrogênio, na forma de uréia, foi aplicado em dois tratamentos para reduzir a relação C/N e acelerar o processo de decomposição. Entretanto, vale ressaltar que o lodo ativado já recebeu uma boa quantidade desse elemento na sua “ativação”.

Os tratamentos foram os seguintes:

- 1) Resíduo 1 (lodo ativado + dregs + grits + cinza, misturados no início da compostagem);
- 2) Resíduo 2 (lodo ativado + cinza decompostos, misturados com dregs e grits após a decomposição);

- 3) Mistura Resíduo 1/Biomassa (Relação 1:1);
- 4) Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 3:1);
- 5) Mistura Resíduo 2/ Biomassa (Relação 3:1);
- 6) Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 5:1);
- 7) 7)Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 3:1) + 22 Kg KCl;
- 8)Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 3:1) + 67 Kg de P (SS);
- 9)Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 3:1) + 67 Kg de P (SS) + 5 Kg KCl;
- 10) Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 5:1) + 50 Kg de Uréia;
- 11)Mistura Resíduo 1/ Biomassa (Relação 3:1) + 50 Kg de Uréia;

. Tamanho e construção das pilhas

As pilhas foram construídas de forma triangular e com tamanho aproximado de 3 m de largura por 1,8 m de altura e por cerca de 10 m de comprimento, sendo os materiais colocados nas devidas proporções uns sobre os outros e misturados com pá carregadeira.

. Revolvimentos

Durante o período de compostagem, foram realizados 10 revolvimentos em cada pilha com o objetivo de fornecer aeração e reduzir a temperatura das mesmas, já que com a decomposição dos resíduos a temperatura pode atingir até 70°C.

. Monitoramento

A temperatura foi medida diariamente em quatro pontos das pilhas de composto, com o objetivo de avaliar a necessidade de revolvimento.

Semanalmente foram coletadas amostras compostas em cada pilha de composto para monitoramento de umidade e pH. Através desse acompanhamento foi possível determinar a necessidade ou não de umedecimento dos tratamentos durante o revolvimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura

A temperatura durante o processo variou de 35^oC a 58^oC conforme os tratamentos. Os tratamentos com menor proporção (5:1, com 83% resíduo + 17% biomassa) ou sem biomassa apresentaram menores variações de temperatura, atingindo um máximo de 35^oC (Figura 1), enquanto tratamentos na proporção 3:1 (50% resíduos + 25% biomassa) apresentaram temperaturas de até 58^oC (Figura 2). O tratamento 3, com 50% de resíduos e 50% de biomassa (proporção 1:1), apresentou a temperatura máxima de 54^oC (Figura 3).

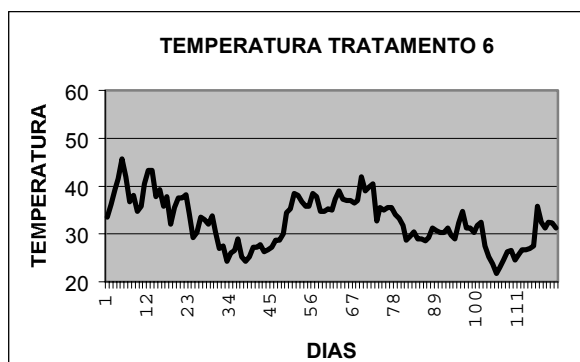


Figura 1. Monitoramento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do tratamento 6 (83% de resíduos e 17% de biomassa).

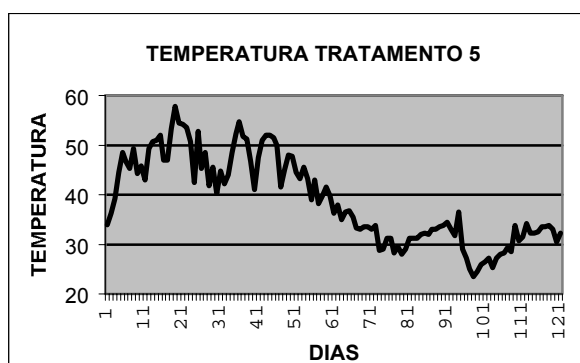


Figura 2. Monitoramento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do tratamento 5 (75% de resíduos e 25% de biomassa).

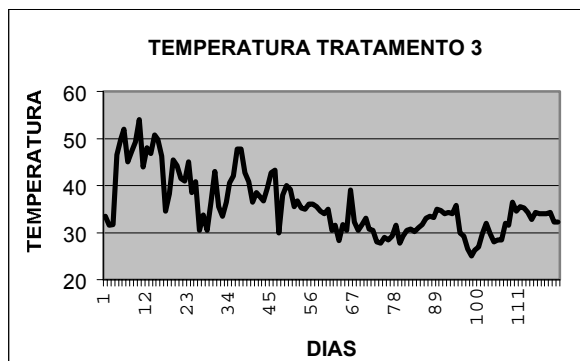


Figura 3. Monitoramento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do tratamento 3 (50% de resíduos e 50% de biomassa).

Conforme essas figuras, pode-se notar que o comportamento das curvas de temperatura difere conforme a mistura dos resíduos. Para os três tratamentos apresentados, a temperatura aumentou no 4^o dia após a instalação do experimento. Porém, enquanto a temperatura permaneceu alta nos tratamentos 3 e 5 até por volta do 70^o dia, no tratamento 6 houve uma maior flutuação desta, fato que pode ser atribuído ao maior teor de resíduos na mistura, com conseqüente menor teor de casca (a casca contribui para a aeração da mistura, favorecendo a compostagem).

Segundo Kiehl (1998), o primeiro sintoma que se nota, indicando que a compostagem iniciou, é a elevação da temperatura do substrato. Logo após a montagem da leira a temperatura pode ser menor do que a do ambiente, devido ao resfriamento provocado pela evaporação da água presente

na decomposição da massa; essa fase é denominada criófila (crio=frio). Nos dias subseqüentes, a decomposição do composto começa a gerar calor e a temperatura começa a subir: nessa ascensão tem-se inicialmente a fase mesófila, seguida de outra mais quente denominada termófila. Prosseguindo a decomposição, a temperatura vai baixar e o composto entrar na fase mesófila novamente. Quando a leira perder calor e ficar com temperatura igual a do ambiente, desde que não tenha faltado água e oxigênio fornecido por revolvimentos, o composto está completamente curado ou humificado. Se durante a compostagem faltar água, o processo é interrompido, o composto perde calor e sua temperatura fica igual a do ambiente, o que não significa que ele tenha alcançado a humificação.

Umidade

Em termos de umidade, esta se manteve em torno de 30 a 40 % durante a compostagem (Figuras 4, 5 e 6), embora Kiehl (1998) recomende que ela seja mantida na faixa de 55%. Esse fato pode ter influenciado no processo de decomposição dos tratamentos, podendo ter afetado a temperatura máxima atingida e também o tempo de decomposição.

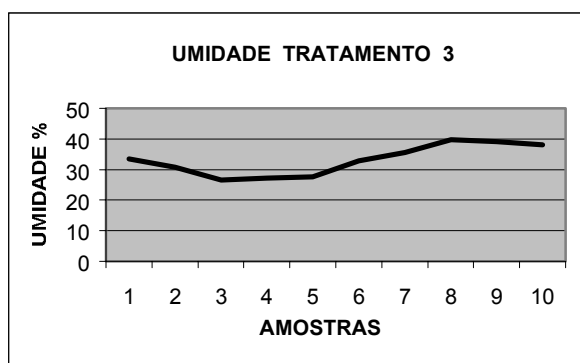


Figura 4. Monitoramento de umidade do tratamento 3 (50% de resíduos e 50% de biomassa).

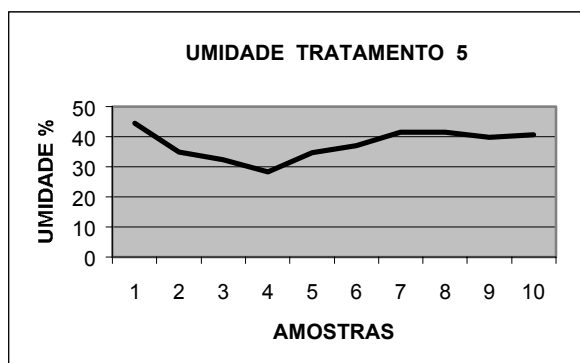


Figura 5. Monitoramento de umidade do tratamento 5 (75% de resíduos e 25% de biomassa).

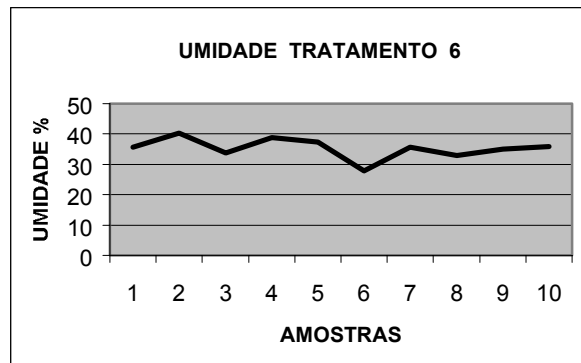


Figura 6. Monitoramento de umidade do tratamento 6 (83% de resíduos e 17% de biomassa).

Pode-se notar também que a umidade inicial do tratamento 3 foi menor do que a dos outros tratamentos devido à maior proporção de casca (biomassa) na mistura. No tratamento 6, a umidade foi maior durante o processo, também devido à mistura (maior teor de resíduos), o que pode ter prejudicado a aeração da pilha, faltando oxigênio para os microrganismos.

pH

Com relação ao pH dos tratamentos, estes apresentaram características básicas em função dos materiais utilizados nas misturas. Houve uma pequena variação desse parâmetro durante o processo, mantendo-se em uma faixa entre 8,0 e 9,5, conforme pode ser verificado nas Figuras 7, 8 e 9.

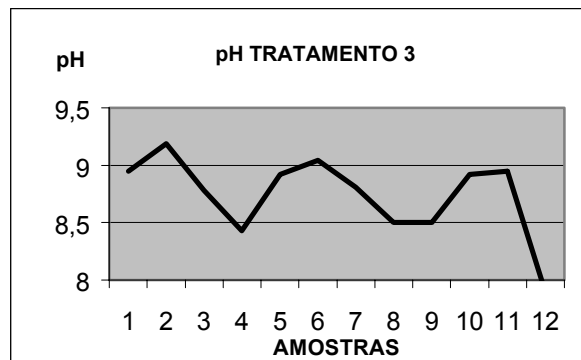


Figura 7. Monitoramento de pH do tratamento 3 (50% de resíduos e 50% de biomassa).

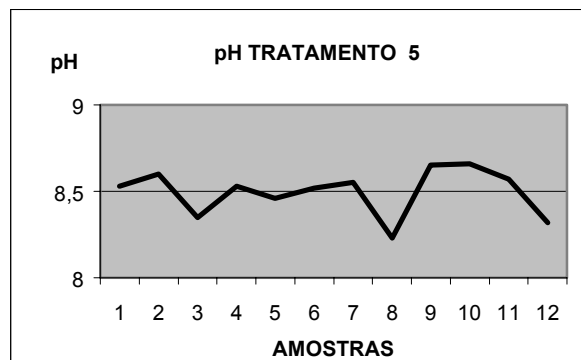


Figura 8. Monitoramento de pH do tratamento 5 (75% de resíduos e 25% de biomassa).

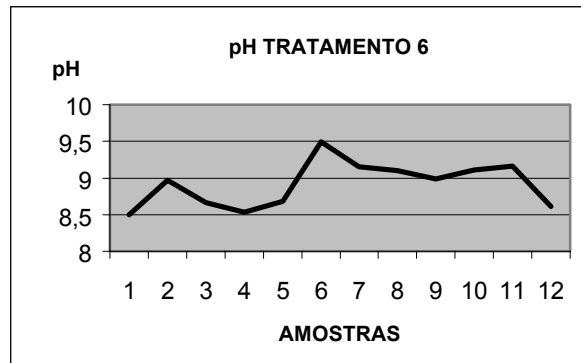


Figura 9. Monitoramento de pH do tratamento 6 (83% de resíduos e 17% de biomassa).

Os resíduos gerados em fábrica de celulose e papel são de natureza básica, com exceção da casca de eucalipto e dos resíduos de madeira gerados no pátio de madeira (biomassa), que são de natureza ácida, conforme pode ser observado na Tabela 1. Esse fato justifica o elevado valor de pH dos tratamentos.

Relação C/N

O experimento teve duração de 120 dias. Todos os tratamentos, de acordo com os resultados finais das análises químicas, atingiram o objetivo, isto é, apresentaram uma relação C/N entre 12 e 25/1, com exceção do tratamento 4 que apresentou relação C/N final de 37/1. A relação C/N final, de qualquer material compostado e humificado, deve ser de 8/1 a 12/1, porém, materiais com relação C/N 18/1 ou um pouco maior já estão semicurados ou bioestabilizados (Kiehl, 1998), podendo ser utilizados como fertilizante orgânico sem risco de causar dano às plantas.

Tabela 2. Relação C/N final dos tratamentos testados.

TRATAMENTO	RELAÇÃO C/N FINAL
1	12/1
2	17/1
3	25/1
4	37/1
5	21/1
6	15/1
7	17/1
8	16/1
9	13/1
10	14/1
11	17/1

O tratamento 1 (todos os resíduos, exceto a biomassa) não apresentou boa porosidade, dificultando o manuseio, e também conservou o mal cheiro característico da decomposição anaeróbica.

O uso do nitrogênio com o objetivo de acelerar a decomposição teve efeito positivo, porém, como foram obtidos resultados satisfatórios também para tratamentos sem aplicação desse elemento, a sua utilização não se justifica economicamente.

A aplicação dos nutrientes fósforo e potássio no início do processo de compostagem não teve efeito na composição química final do composto, provavelmente devido às perdas ocorridas durante o processo e às pequenas quantidades aplicadas desses nutrientes.

Os melhores resultados foram obtidos nas pilhas com proporção 3:1, ou seja, 75% resíduos + 25% biomassa. Esta mistura proporcionou uma boa aeração, o que facilitou a mistura, a homogeneização e a decomposição do material.

4. CONCLUSÕES

A Compostagem foi um processo satisfatório do ponto de vista tecnológico para tratamento dos resíduos industriais VCP. Através dele, obteve-se uma estabilização acelerada do material (Relação C/N mais baixa) e homogeneização.

Este experimento viabilizou o aproveitamento de todos os resíduos gerados pela indústria, da maneira que estes saem da fábrica. Para a área florestal da empresa, este trabalho tem uma grande importância, pois uma quantidade considerável de nutrientes estará retornando para o solo na forma mineral e orgânica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUERRINI, I.A., CORRADINI, L., VALLE, C., VILLAS BÔAS, R.L., BÜLL, L.T. Use of activated sludge in eucalyptus plantations in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST SOILS, 4, Vila Real, 2000. *Abstracts...* Vila Real, International Soil Science Society, 2000. p.217-218.

GUERRINI, I.A., CORRADINI, L., VALE, C.do. Efeito do lodo ativado sobre algumas características físicas de uma areia quartzosa cultivada com eucalipto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13, Ilhéus, 2000. *Resumos Expandidos...* Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 2p.(CD-ROM).

KIEHL, E.J. *Manual de compostagem – Maturação e qualidade do composto*. Piracicaba, Editado pelo autor, 1998. 171p.