

**RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA ENRIQUECIMENTO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO**

VINICIUS LEITE DE CAMPOS MENEGALE<sup>1</sup>; ALCIDES LOPES LEÃO<sup>2</sup>; HÉLIO GRASSI FILHO<sup>3</sup> & MARCELLA LEITE DE CAMPOS MENEGALE<sup>4</sup>

---

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade do composto orgânico produzido por compostagem de palhço de cana-de-açúcar com adição de uréia e extrato pirolenhoso (E.P.), que foi obtido após processo de condensação da fumaça formada pela queima da madeira para produção de carvão vegetal. A relação Carbono/Nitrogênio (C/N) inicial das leiras foi fixada em 35/1, sendo o palhço, o material base. As porcentagens de extrato pirolenhoso na massa final das leiras de compostagem foram 0%, 10%, 15% e 20%. Para completar a quantidade de Nitrogênio necessária utilizou-se uréia. O experimento foi instalado em células de compostagem com volume de 1 m<sup>3</sup> em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram avaliados pH, teor de umidade (65°C), relação C/N, teor de matéria orgânica e teor de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Na, Cu, Fe, Mn, Zn) dos compostos orgânicos produzidos. O composto com 20% de E.P. apresentou os maiores valores de pH, teor de matéria orgânica, porcentagem de C e teor de macronutrientes e micronutrientes. O tratamento com 0% de E.P. apresentou a maior concentração de Ca. O maior teor de umidade (65°C) foi encontrado no composto com 0% de extrato pirolenhoso. A relação C/N final do composto não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

**Palavras Chave:** Composto orgânico, decomposição aeróbia, palhço de cana-de-açúcar.

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso de P.G. Energia na Agricultura, FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil, [vldcmenegale@fca.unesp.br](mailto:vldcmenegale@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Orientador e docente do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais, FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil, [alcidesleao@fca.unesp.br](mailto:alcidesleao@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Co-orientador e docente do Departamento de Recursos Naturais - Ciências do Solo, [heliograssi@fca.unesp.br](mailto:heliograssi@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Aluna do Curso de P.G. Agricultura, FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil, [mlcmenegale@fca.unesp.br](mailto:mlcmenegale@fca.unesp.br)

## AGROINDUSTRIAL RESIDUES FOR ORGANIC FERTILIZER ENRICHMENT

**SUMMARY:** *Pyroligneous Extract (P.E.) was obtained after smoke condensation formed by wood burning for charcoal production. The aim of this study was to evaluate the quality of the organic compost produced by sugar cane straw composting added with urea and pyroligneous extract. The initial Carbon/Nitrogen (C/N) ratio was fixed at the proportion 35/1 with the straw as base material. The rates of P.E. in the final mass of windrow compost were 0%, 10%, 15%, and 20%. In order to reach the necessary quantity of nitrogen, urea was used. The experiment was installed in composting cells with 1m<sup>3</sup> capacity in a completely randomized design with 4 replications. The pH, moisture content (at 65°C), C/N ratio, organic matter content, macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S) and micronutrients (Na, Cu, Fe, Mn, Zn) contents from the organic compost produced were evaluated. The organic compost which contained 20% of pyroligneous extract presented higher values of pH, organic matter, percentage of C, macronutrients and micronutrients contents. Ca concentration was reduced proportionally to the amount of the applied P.E. Higher moisture content was observed in the compost with 0% of pyroligneous extract. Final C/N ratio did not present significant difference among treatments.*

**Keywords:** *Organic compost, aerobic decomposition, sugar cane straw.*

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de carvão vegetal originado de fontes renováveis, utilizado na geração de bioenergia para diferentes processos industriais, carece em pesquisas para diminuição dos passivos ambientais. A recuperação e a correta utilização dos subprodutos da carbonização da madeira minimizam o impacto ambiental causado pelo lançamento dos gases na atmosfera. Com a condensação e recuperação dos gases voláteis é obtido o extrato pirolenhoso (E.P.), um líquido de coloração amarela a marrom avermelhada, com potencial uso na agricultura, tais técnicas foram trazidas do Japão onde o E.P. é utilizado a séculos na adubação e proteção fitossanitária de culturas agrícolas (ZANETTI et al., 2003).

A união de uma nova geração de ambientalistas com proposições racionais para a agricultura trouxe técnicas para o aproveitamento de resíduos, fechando o ciclo produtivo de certa cadeia agroindustrial com o mínimo de rejeitos dispostos em aterros ou lançados diretamente no solo, atmosfera ou corpos de água.

A crescente preocupação com as implicações ambientais dos processos tradicionais de tratamento e disposição de resíduos, somada à demanda pela Produção Mais Limpa (P + L) no setor agrícola são os

principais catalisadores para o interesse na compostagem de resíduos e subprodutos para a produção de composto orgânico, assim os nutrientes presentes no resíduo retornam ao ciclo produtivo, proporcionando racionamento na utilização de insumos minerais, trazendo benefícios para o solo onde é produzida a matéria-prima industrial, além da manutenção do equilíbrio dos ciclos biológicos no ecossistema com a inexistência da disposição em aterros.

De acordo com Kiehl (1998), define-se compostagem como 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, caracterizada pela formação de ácidos orgânicos e toxinas de curta duração, geradas pelo metabolismo dos organismos existentes no substrato orgânico. Na fase de semicura ou bioestabilização, o composto deixa de ser danoso às raízes e às sementes. Finalmente na fase de cura, maturação ou humificação, o composto atinge o auge de suas propriedades benéficas ao solo e às plantas. A matéria orgânica quando atacada por microorganismos (bactérias, fungos, actinomicetes) sofre o processo de mineralização, transformação bioquímica, havendo liberação de elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os quais deixam a forma orgânica (imobilizada) para passarem à forma de nutrientes minerais chamada mineralizada, que servem para subsistência das plantas.

O material húmico formado pela compostagem, em razão de suas propriedades coloidais, possui grande importância na constituição do solo, onde é fonte de nutrientes para a vegetação, favorecendo a estrutura do solo e a retenção de água, estabilizando os nutrientes ao longo do tempo (DICK; McCOY, 1993).

Durante a queima da madeira compostos orgânicos voláteis (COV's) são produzidos independentemente do processo utilizado (OLSSON et al., 2003, 2004; CHOUCHENE et al., 2010; MUN; KU, 2010; SONG; PENG, 2010). Estes COV's são formados durante a pirólise pela quebra ou re-arranjo das estruturas químicas da biomassa original (DEMIRBAS, 2000). Todos estes componentes podem ser consumidos por cepas de bactérias fototróficas que ocorrem no solo (FOCHT, 1999; FISCHER; BIENKOWSKI, 1999).

Já na condensação da fumaça os COV's são recuperados e carregados no processo de obtenção do extrato pirolenhoso, bio-óleo e alcatrão vegetal (BOATENG et al., 2007; YU et al., 2007). O extrato pirolenhoso condensado é rico em ácidos de baixo peso molecular (fórmico e acético), alcoóis (metanol) e aldeídos (formaldeído e acetaldeído). Alguns dos constituintes mais representativos são: ácido acético (0,5 - 12% do peso total dos gases condensados), ácido fórmico (0,3 - 9,1%), metanol (0,4 - 2,4%), formaldeído (0,1 - 3,3%), acetaldeído (0,1 - 8,5%) e hidroxiacetaldeído (0,9 - 13%) (MULLEN et al., 2010; TIILIKKALA et al., 2010). Em baixas concentrações tais ácidos, alcoóis e aldeídos são fonte de

substrato carbônico e energético para microorganismos decompositores, potencializando a mineralização dos elementos orgânicos presentes no composto (STEINER et al. 2008).

De acordo com a Instrução Normativa Nº 25, de 23 de Julho de 2009 (BRASIL, 2009) o extrato pirolenhoso é classificado como agente quelante e complexante orgânico autorizado para fertilizantes orgânicos e organominerais.

Um agente quelatizante é um composto que contém átomos doadores ou grupos (ligantes) que podem combinar com um íon metálico simples para formar uma estrutura cíclica chamada de complexo quelatizado, ou quelato. (MORTVEDT, 1999 apud ABREU et al., 2007). Os ligantes devem possuir par ou pares de elétrons não compartilhados, para que estabeleçam as ligações.

Torna-se evidente a necessidade de se encontrar medidas economicamente viáveis e ambientalmente corretas na destinação de resíduos. Não há dúvidas de que o aproveitamento nobre dos resíduos pode trazer resultados ambientais satisfatórios, de forma contínua e perene, ao invés de ações pontuais e unitárias.

O programa de gerenciamento de resíduos agroindustriais tem base na utilização racional dos recursos naturais, redução da carga de resíduos gerados e a diminuição do passivo ambiental. Os resultados positivos destas técnicas implicam diretamente na redução de riscos à saúde ambiental e humana, bem como contribuem sobremaneira para os benefícios econômicos do empreendedor, para a sua competitividade e imagem empresarial, tendo em vista os novos enfoques certificatórios que regem a gestão empresarial.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade do composto orgânico produzido a partir da compostagem de palhiço residual da colheita mecanizada de cana-de-açúcar com adição de uréia e extrato pirolenhoso, este obtido por condensação da fumaça proveniente de fornos carvoeiros.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Março de 2010 no Setor de Compostagem do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu - SP. O processo de compostagem foi conduzido em células de alvenaria com volume de 1 m<sup>3</sup>, sob estrutura com 3,5 metros de pé direito, laterais vazadas e cobertura de telhas de barro.

O palhiço de cana-de-açúcar, proveniente da empresa Rio Claro Agrícola, Lençóis Paulista - São Paulo é composto por folhas, bainhas, ponteiros e quantidade variável de pedaços de colmo, dispostos no solo e enfardados após colheita mecanizada.

O extrato pirolenhoso (E.P.), cedido pela empresa Maringá S/A, Itapeva – São Paulo, foi obtido a partir da condensação da fumaça formada pela queima da madeira de *Eucalyptus sp.* na produção de carvão vegetal. O material condensado foi submetido ao processo de decantação e repouso por 100 dias, o que promoveu a distinção de três fases: uma fase superior, contendo óleos leves; uma fase mediana, contendo o extrato pirolenhoso puro e, uma fase inferior, contendo o alcatrão precipitado. Por separação de fases obteve-se o extrato pirolenhoso puro, livre de alcatrão.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados das análises químicas dos materiais utilizados na confecção das leiras de compostagem. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da FCA/UNESP de Botucatu – São Paulo, conforme metodologia descrita por BRASIL (2007), abrangendo o teor de umidade (65°C), relação C/N, pH, teor dos elementos C, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn e teor de matéria orgânica.

**Tabela 1** - Porcentagem de macronutrientes, umidade (65 °C), matéria orgânica (M.O.) e carbono dos materiais utilizados.

Amostra	Porcentagem no Material Orgânico (Base Seca)								
							Umidade		
	N	P	K	Ca	Mg	S	(65 °C)	M.O.	C
	(porcentagem na matéria seca)								
<b>Palhiço</b>	0,64	0,16	0,35	0,39	0,1	0,06	54,7	87	44,4
<b>Ext. Pirolenhoso</b>	0,21	0,03	0,02	0,04	0,01	0,27	-	6	3,4

**Tabela 2** - Porcentagem de micronutrientes, relação C/N e pH dos materiais utilizados.

Amostra	Porcentagem no Material Orgânico (Base Seca)						
	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
	(mg.kg <sup>-1</sup> matéria seca)						
<b>Palhiço</b>	140	0	428	24	6	75/1	5,35
<b>Ext. Pirolenhoso</b>	1700	0	34100	158	126	16/1	4,20

A relação C/N inicial das leiras foi fixada em 35/1, sendo o palhico de cana-de-açúcar o material base, com porcentagens de 0%, 10%, 15% e 20% de extrato pirolenhoso na massa final da leira. A uréia (45% N) foi utilizada para completar a quantidade de N necessária.

O experimento foi instalado em células de alvenaria com volume de 1 m<sup>3</sup> em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Na tabela 3 são apresentadas as proporções dos materiais utilizados em cada tratamento, obedecendo-se a massa final de 100 kg em cada leira. O chorume percolado das leiras foi escoado por meio de orifícios presentes no fundo das células, sendo então canalizado para caixa coletora.

**Tabela 3** - Proporção dos materiais na composição das leiras de compostagem.

<b>Extrato Pirolenhoso (%) na massa final da leira</b>	<b>Palhico (kg)</b>	<b>Extrato Pirolenhoso (kg)</b>	<b>Uréia (kg)</b>
<b>0</b>	100	0	0,7
<b>10</b>	90	10	0,65
<b>15</b>	85	15	0,6
<b>20</b>	80	20	0,55

As reviradas para aeração do material em compostagem foram realizadas duas vezes por semana e a umidade mantida na faixa de 55 % através de rega controlada.

Decorridos 180 dias do início do processo de compostagem foi realizada amostragem em cada leira para análise de umidade (65°C), relação C/N, pH, teor dos elementos C, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn e teor de matéria orgânica dos compostos orgânicos produzidos.

Na análise estatística os resultados das análises químicas foram submetidos ao teste T com significância a 5%.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com a Instrução Normativa Nº 25, de 23 de Julho de 2009 (BRASIL, 2009), o composto orgânico produzido se enquadra na Classe A: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Steiner et al. (2008), relataram que a aplicação de extrato pirolenhoso (E.P.) acarretou considerável aumento nos parâmetros de qualidade do composto orgânico, propondo que os gases condensáveis presentes na fumaça contém substâncias facilmente degradáveis e baixos teores de agentes

inibitórios, as quais são aproveitadas no metabolismo dos microorganismos presentes no processo de decomposição aeróbia.

Com relação aos macronutrientes, a adição de E.P. elevou a concentração de N, K e Mg no composto orgânico em proporção à quantidade aplicada. Os teores de P e S também apresentaram incremento proporcional à quantidade aplicada, porém não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Devido à baixa concentração de Ca no E.P. em relação ao palhicho condicionou-se a redução deste nutriente no composto orgânico dos tratamentos com aplicação de E.P., mas sem diferença significativa entre os tratamentos. Nas tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados da análise química dos compostos orgânicos produzidos.

**Tabela 4** - Porcentagem de macronutrientes, umidade (65 °C), matéria orgânica (M.O.) e carbono do composto orgânico.

Concentração de E. P. (%)	Porcentagem no Composto Orgânico (Base Seca)								
	N	P	K	Ca	Mg	S	Umidade (65°C)	M.O.	C
	(porcentagem na matéria seca)								
0	0,40b	0,263	0,086b	0,246	0,063b	0,036	70,94a	19,21b	10,67a
10	0,506ab	0,44	0,163ab	0,176	0,073ab	0,056	60,30b	22,86ab	12,70ab
15	0,49ab	0,526	0,156ab	0,173	0,076ab	0,063	63,45ab	21,14ab	11,74ab
20	0,607a	0,543	0,23a	0,213	0,09a	0,060	60,13b	28,02a	15,23a
* CV (%)	17,20	32,83	27,49	43,29	16	36,01	7,06	18,15	17,38

\* CV (%): Coeficiente de Variação.

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de T (p<0,05).

**Tabela 5** - Porcentagem de micronutrientes, relação C/N e pH do composto orgânico.

Concentração de E. P. (%)	Porcentagem no Composto Orgânico (Base Seca)						
	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
	(mg.kg <sup>-1</sup> matéria seca)						
0	67,66a	7,00	687,6b	17,66b	8,33b	26,66/1	6,63a
10	108,66ab	9,00	1382,3ab	26,33ab	11,3ab	25/1	5,58b
15	109,66ab	9,00	1598,0a	28,00ab	11,00b	24/1	6,31ab
20	152,33a	9,66	1534,3ab	30,33a	17,00a	24,66/1	6,77a
* CV (%)	26,65	21,84	32,66	20,52	23,9	9,01	8,17

\* CV (%): Coeficiente de Variação.

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de T (p<0,05).

Segundo Furlani (2004), os elementos minerais que estimulam o crescimento das plantas e provêm melhorias no desempenho, mas não são essenciais, ou então são essenciais somente para algumas espécies vegetais, ou sob condições específicas, são comumente denominados de elementos benéficos. Para estas condições, o Na pode ser classificado como elemento benéfico. A aplicação do E.P. proporcionou aos compostos orgânicos produzidos incrementos no teor de Na, proporcionais à quantidade aplicada (Tabela 5).

Por meio de reações de troca ou de mecanismos de complexação e quelação, o extrato pirolenhoso pode reter em formas disponíveis os íons metálicos Fe, Zn e Mn. Os quelados além de aprisionarem o metal em forma solúvel podem ser absorvidos pelas raízes. O extrato pirolenhoso atuando como um agente quelante de cátions melhora a absorção e mobilidade dos nutrientes nas plantas. A concentração de Zn e Mn no composto orgânico foi substancialmente elevada na medida em que se elevou a concentração de E.P. na massa inicial das leiras de compostagem (Tabela 5).

A matéria orgânica pode contribuir para o fornecimento de Fe pela adição do elemento contido em sua composição; pela ação dos microorganismos heterotróficos e autotróficos, que torna o micronutriente mais disponível, reduzindo-o da forma férrica  $Fe^{3+}$  para a forma ferrosa  $Fe^{2+}$ ; pela formação de quelado de Fe ou pela adsorção do cátion Fe. Nestas duas últimas formas, o micronutriente encontra-se prontamente assimilável pelas raízes. Os tratamentos com 10, 15 e 20 % de E.P. na massa total da leira apresentaram concentração de Fe superior ao tratamento testemunha (Tabela 5).

Segundo Dechen; Nachtigall (2007) o Cu é absorvido como  $Cu^{2+}$  e Cu-quelato, sendo importante a ação da matéria orgânica e de agentes quelantes como o E.P. nos processos de complexação e quelação deste elemento. A aplicação de E.P. elevou a concentração de Cu no composto orgânico em relação ao tratamento testemunha, porém o incremento não apresentou proporcionalidade à elevação da dose aplicada, demonstrando saturação dos mecanismos de adsorção e quelação para este cátion, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5).

O tratamento com 0% de E.P. apresentou maior teor de umidade (65 °C). O teor de Matéria Orgânica (M.O.) apresentou relação direta com os valores de Carbono (C) e ambos apresentaram incremento com a elevação da concentração de E.P. no composto orgânico, assim como reportado por Xiao-Chun et al. (2009), devido a presença de hidrocarbonetos e compostos químicos de natureza carbônica no E.P. (SHAFIZADEH, 1984; GUILLE´N; MANZANOS, 2002). Kiehl (1998) relata que a matéria orgânica quando atacada por microorganismos (bactérias, fungos, actinomicetes) sofre o processo de mineralização, potencializado pela adição do E.P (STEINER et al., 2008). A dinâmica de degradação da matéria orgânica, resultando a liberação de ácidos orgânicos, acarretou variação dos valores de pH no composto orgânico (Tabela 5).



Não ocorreu diferença significativa da relação C/N entre os tratamentos, apresentando-se esta relativamente elevada após o processo de compostagem, por razão da recalcitrância da decomposição do palhico de cana-de-açúcar e ausência de inóculo de microorganismos na confecção das leiras.

#### 4 CONCLUSÕES

O extrato pirolenhoso (E.P.) é um composto natural indicado como agente quelante e complexante na composição de fertilizantes orgânicos e organominerais, com a incorporação de E.P. na composição inicial das leiras de compostagem acarreta incremento no teor dos macronutrientes (N, P, K, Mg e S) e dos micronutrientes (Na, Fe, Mn e Zn) do composto orgânico, proporcional à concentração aplicada. Para o teor de Cu tal proporcionalidade não ocorre. A concentração de Ca foi reduzida nos tratamentos com aplicação de E.P. A qualidade do composto orgânico enriquecido com extrato pirolenhoso é intrínseca à concentração aplicada.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

#### 6 REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPEZ, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 645-736.

BOATENG, A. A. et al. Bench-scale fluidized-bedpyrolysis of switch grass for bio-oil production. **Ind. Eng. Chem. Res.** v. 46, 2007. p. 1891-1897.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 1, 31 jul. 2007. Seção 1.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 25, de 23 de Julho de 2009. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 20, 23 jul. 2009. Seção 1.

CHOUCHENE, A. et al. Study on the emission mechanism during devolatilization/char oxidation and direct oxidation of olive solid waste in a fixed bed reactor. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**. v. 87, 2010. p. 168-174.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos Requeridos à Nutrição de Plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 92-132.

DEMIRBAS, A. Mechanisms of liquefaction and pyrolysis reactions of biomass. **Energy Convers. Manage**. v. 41, 2000. p. 633-646.

DICK, W. A.; McCOY, E. L. Enhancing soil fertility by addition of compost. In: HOITINK, H. A. J.; KEENER, H. M. (ed.). **Science and engineering of composting: design, environmental, microbial and utilization aspects**. Wooster, Ohio: The Ohio State University, 1993. p. 622-44.

FISCHER, Z.; BIENKOWSKI, P. Some remarks about the effect of smoke from charcoal kilns on soil degradation. **Environ. Monitor. Assess**. v. 58, 1999. p. 349-358.

FOCHT, U. The effect of smoke from charcoal kilns on soil respiration. **Environ. Monitor Assess**. v. 59, 1999. p. 73-80.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. (org.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

GUILLE'N, M. D.; MANZANOS, M. J. Study of the volatile composition of an aqueous oak smoke preparation. **Food Chemistry**. v. 79, 2002. p. 283-292.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: O Autor, 1998. 171 p.

MULLEN, C. A. et al. Bio-oil and bio-char production from corn cobs and stover by fast pyrolysis.

**Biomass Bioenergy**. v. 34, 2010. p. 67-74.

MUN, S.; KU, C. Pyrolysis GC–MS analysis of tars formed during the aging of wood and bamboo crude vinegars. **J. Wood Sci.** v. 56, 2010. p. 47-52.

OLSSON, M.; KJÄLLSTRAND, J.; PETERSSON, G. Oxidative pyrolysis of integral softwood pellets. **J. Anal. Appl. Pyrol.** v. 67, 2003. p. 135-141.

OLSSON, M.; RAMNÄS, O.; PETERSSON, G. Specific volatile hydrocarbons in smoke from oxidative pyrolysis of softwood pellets. **J. Anal. Appl. Pyrol.** v. 71, 2004. p. 847-854.

SHAFIZADEH, F. **The chemistry of solid wood**. Washington, DC: American Chemical Society, 1984.

SONG, J. Z.; PENG, P. A. Characterization of black carbon materials by pyrolysis-gas chromatography–mass spectrometry. **J. Anal. Appl. Pyrol.** v. 87, 2010. p. 129-137.

STEINER, C., et al. Charcoal and Smoke Extract Stimulate the Soil Microbial Community in a Highly Weathered Xanthic Ferralsol. **Pedobiologia**. vol. 51, nº 5-6, 2008. p. 359-366.

TIIKKALA, K.; FAGERNÄS, L.; TIIKKALA, J. History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. **Open Agric. J.** v. 4, 2010 p. 111-118.

XIAO-CHUN, W. et al. Effects of Wood Vinegars Addition on Fermentation and Maturity of Sawdust. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**. 2009. ISSN: 0517-6611. DOI CNKI:SUN:AHNY.0.2009-02-009.

YU, F. et al. Physical and chemical properties of bio-oils from microwave pyrolysis of corn stover. In: MIELENZ, J. R. et al. (ed.). **Applied Biochemistry and Biotechnology**. Humana Press, New York, 2007, p. 957-970.

ZANETTI, M. et al. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro “Cravo” em ambiente protegido. **Rev. Brasileira de Fruticultura**. vol. 25, 2003. p. 508-512.