

**TRATAMENTO DO RESÍDUO DA
INDÚSTRIA DE GELATINA ATRAVÉS DA
COMPOSTAGEM, COM EMPREGO DE
SERRAGEM E PALHA DE CAFÉ**

RODRIGO MARTINS RIBEIRO

2007

RODRIGO MARTINS RIBEIRO

**TRATAMENTO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE
GELATINA ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM, COM
EMPREGO DE SERRAGEM E PALHA DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Paulo César Hardoim

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de
Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ribeiro, Rodrigo Martins.

Tratamento do resíduo da indústria de gelatina através da compostagem,
com emprego de serragem e palha de café / Rodrigo Martins Ribeiro. --
Lavras : UFLA, 2007.

62 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Paulo César Hardoim.

Bibliografia.

1. Resíduo de gelatina. 2. Compostagem. 3. Fertilizante orgânico. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 628.4

RODRIGO MARTINS RIBEIRO

**TRATAMENTO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE
GELATINA ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM, COM
EMPREGO DE SERRAGEM E PALHA DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 2 de agosto de 2007

Prof. Dr. Carlos Alberto Silva

UFLA

Prof. Dr. Wellington P. A. de Carvalho

UFLA

Prof. Dr. Paulo César Hardoim

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

Minas Gerais - Brasil

2007

*“Jamais se desespere em meio às mais sombrias aflições
de sua vida, pois das nuvens mais negras cai água límpida
e fecunda”.*
(Provérbio chinês)

Aos meus pais, João e Aparecida, com amor,

DEDICO.

Aos meus irmãos e parentes, com amor,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me guiado neste caminho.

A meu pai e a minha mãe, por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus irmãos, pelo incentivo, apoio e pelas festas.

A Camila, pelo amor, paciência, conselhos e companheirismo.

Aos meus parentes próximos, pela torcida, pela palavra amiga, conselhos e pelas festas.

Ao professor Paulo César Hardoim, pela orientação, amizade, conselhos, sugestões, ensinamentos, apoio no trabalho e por contribuir para que este sonho pudesse ser realizado.

Ao professor Wellington P. A. de Carvalho, pela atenção e prontidão.

Ao professor Carlos Alberto Silva, pela atenção e ajuda no experimento.

À secretária e amiga Ana Daniela dos Santos, pela amizade, gentileza, atenção e paciência.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia, por terem me acolhido com tamanha compreensão.

Aos amigos e amigas do Departamento de Engenharia, Laboratório Águas, Laboratório de Estudo de Matéria Orgânica do Solo.

Aos doutorandos Bruno Dias, Kátia, Júlia, Verônica e aos mestrandos Ebersson, Flávio, Gilberto, Roberto e Pamela, pela atenção, carinho, conselhos, amizade e companheirismo.

À turma do mestrado e do doutorado, pela amizade, apoio, incentivo, pela troca de experiências e pelos momentos de descontração.

A todos os meus amigos de Campo Belo, Viçosa, Lavras e tantos outros lugares, que sempre me incentivaram e apoiaram-me, contribuindo com suas valiosas amizades para que eu pudesse continuar nessa caminhada.

À Capes, pela bolsa concedida durante o período do curso.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de realização do mestrado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Produção de gelatina.....	4
2.2 Importância da gelatina.....	7
2.3 Poluição ambiental.....	9
2.4 Tratamento de resíduos orgânicos.....	10
2.5 Compostagem.....	11
2.6 Composto orgânico.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Localização do experimento.....	16
3.2 Caracterização dos resíduos (in natura) e das misturas estudadas.....	16
3.3 Materiais, equipamentos e montagem do experimento.....	18
3.4 Funcionamento do sistema.....	21
3.5 Análise estatística.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS.....	38

RESUMO

RIBEIRO, Rodrigo Martins. **Tratamento do resíduo da indústria de gelatina através da compostagem, com emprego de serragem e palha de café.** 2007. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

Objetivou-se nesta pesquisa realizar o tratamento do resíduo sólido da indústria de gelatina (pasta), através da compostagem em sistema de leira revolvida. O experimento foi realizado na GELICO – Gelatinas Indústria & Comércio Ltda localizada no município de Campo Belo-MG. As análises de caracterização dos resíduos in natura, das misturas estudadas e a granulometria do composto, foram realizadas no LEMOS – Laboratório de Estudo da Matéria Orgânica do Solo, localizado no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. Para compostagem foram utilizadas três proporções diferentes de misturas, com três repetições cada uma. Sendo a mistura 1, composta de serragem e pasta; a mistura 2, palha de café e pasta e a mistura 3, serragem, palha de café e pasta. As temperaturas das misturas foram monitoradas por meio de um termômetro digital tipo K/J. A oxigenação das misturas foi feita por meio do revolvimento do material, pelo uso de uma betoneira de 320 L. Este revolvimento foi realizado todas as vezes que ocorreram redução da temperatura da mistura. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que: as proporções utilizadas nas três misturas estudadas permitiram o tratamento do resíduo sólido orgânico da indústria de gelatina através da compostagem; as três misturas demonstram um bom potencial para aproveitamento agrícola, como condicionadores de solo e corretivo de solos ácidos; as misturas 2 e 3 demonstraram ter um melhor desempenho na estabilização e um maior grau de humificação; devido à disponibilidade dos materiais utilizados na compostagem, a mistura 3 deve ser preferida, por não ter havido diferença significativa com a mistura 2.

Comitê Orientador: Paulo César Hardoim - UFLA (Orientador), Wellington P. A. de Carvalho - UFLA e Vitor Hugo Teixeira - UFLA

ABSTRACT

RIBEIRO, Rodrigo Martins. **Treatment of jelly industry residue by composting, using sawdust and coffee straw.** 2007. 62p. Dissertation (Master degree in Agricultural Engineering) Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.

The objective of this research was to treat solid residue of jelly industry (paste) by composting in revolved pile system. The experiment was accomplished in the company GELICO, located in municipal district of Campo Belo, Minas Gerais, Brazil. Residues characterization analyses, studied mixtures analyses and determination of compost particles size were accomplished in Laboratory of Organic Matter of Soil, located in Soil Science Department of Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil. Three different proportions of mixtures were used for composting, with three repetitions each one. Mixture 1 was composed of sawdust and paste; mixture 2, coffee straw and paste; and mixture 3, sawdust, coffee straw and paste. Mixtures temperatures were monitored through digital thermometer. Mixtures oxidation was made by revolving the material whenever it was observed reduction of mixture temperature. Results allowed to conclude that: proportions used in the three studied mixtures allowed to treat organic solid residue of jelly industry by composting; the three mixtures presented a good potential for agricultural use, as soil conditioning and acid soils corrective; the mixtures 2 and 3 showed better performance in the stabilization and a larger humus production; the mixtures 2 and 3 didn't present significant difference in the composting, being recommended to adopt the mixture 3 due to the availability of used materials.

Guidance Committee: Paulo César Hardoim - UFLA (Major Professor), Wellington P. A. de Carvalho - UFLA and Vitor Hugo Teixeira - UFLA

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação com a preservação meio ambiente tem sido crescente, devido aos efeitos antropomórficos e aos eventos naturais devastadores. A maior conscientização da sociedade e relação a esse tipo de problema vai ao encontro da preocupação também crescente por alimentos saudáveis, ou seja, isto faz com que haja um crescimento na demanda de alimentos orgânicos.

Concomitantemente ao aumento da preocupação com o meio ambiente, as empresas poluidoras têm sido levadas a realizar o tratamento de seus resíduos, prevenindo a contaminação do solo, do ar e das nascentes.

Por outro lado, a intensificação das atividades agroindustriais, devido ao aumento populacional e ao crescente nível tecnológico, está provocando o crescimento da produção de resíduos sólidos orgânicos, que se dispostos de maneira inadequada, podem vir a poluir o solo, água e o ar.

Os resíduos gerados nas atividades agroindustriais, sejam eles sólidos ou líquidos, geralmente possuem grande potencial agrícola, por serem ricos em matéria orgânica e nutrientes utilizados pelas plantas e microrganismos do solo. A preocupação com a destinação correta dos resíduos orgânicos ou a sua utilização como adubo deve ser grande, pois, quando dispostos ou incorporados de maneira inadequada, eles podem vir a causar impactos negativos ao meio ambiente.

De acordo com Glória (1992), citado por Melo (2007), o aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma alternativa atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de carbono e nutrientes. São muitos os resíduos orgânicos de origens urbana, industrial e agrícola que podem ser usados na agricultura, como, por exemplo, esterco de bovino, de galinha e de suíno,

torta de filtro, torta de mamona, adubos verdes, turfa, lodo de esgoto, resíduos oriundos da fabricação de álcool e açúcar, composto, subprodutos da agroindústria, etc. Esses resíduos apresentam composição química variada, uma vez que os teores de matéria orgânica, de nutrientes e a carga de poluentes neles presentes se mostram dependentes da origem, do processamento de matérias-primas, da espécie vegetal, do regime de arrastamento de animais, do tipo de processamento e ou do período de compostagem do resíduo em usinas, fazendas, indústrias, etc.

Na indústria de fabricação de gelatina, é gerada grande quantidade de resíduo sólido orgânico. Esse resíduo, por ser, basicamente, gordura e fibra animal, não pode ser disposto diretamente no solo, por vários impactos ambientais que podem causar.

A GELICO – Gelatinas Indústria & Comércio Ltda., fundada em 1991 na cidade de Campo Belo, estado de Minas Gerais, é uma empresa que vem então crescendo e ampliando sua influência junto ao mercado de gelatina técnica (ou cola de origem animal) em todo o mundo. A empresa possui uma área de 54.000 m² e com um quadro de 50 funcionários. Desde sua fundação, tem investido em equipamentos, construção e no elemento humano, para atingir um padrão elevado de qualidade. Trata-se de uma empresa que gera empregos diretos e indiretos na região e que realiza atividades que mostram sua preocupação com a parte social e com a parte ambiental.

Atualmente, sua produção de resíduo sólido orgânico é em torno de 2 toneladas/dia e mantém parcerias com produtores rurais da região, no intuito de realizar a mistura de seu resíduo com a palha de café e a serragem. Os materiais serragem e palha de café são obtidos de serrarias e de produtores rurais da região, porém a palha de café depende muito da produção e da época de colheita, o que significa que nem sempre ele está disponível.

Durante estágio realizado na nesta indústria constatou-se a necessidade de realizar um tratamento controlado desse resíduo, para que este possa vir a ser disposto no solo sem causar prejuízos ao meio ambiente.

Uma técnica muito antiga usada até hoje no tratamento de resíduos sólidos orgânicos é a compostagem. Esse processo é realizado por microrganismos, que promovem a estabilização da matéria orgânica, minimizando os impactos negativos ao meio ambiente e, conseqüentemente, produzindo um fertilizante orgânico.

O tratamento do resíduo da indústria de gelatina por meio da compostagem pode reduzir o seu potencial poluidor e permite a obtenção de um produto com uma boa composição mineral para atuar como adubo orgânico. Isso implica em triplo benefício, ou seja, redução da poluição ambiental, ciclagem de carbono e nutrientes e redução do uso de fertilizantes minerais.

Preservar o meio ambiente, tratar os resíduos que chegam aos rios, solos e atmosfera e, principalmente, criar alternativas importantes, como redução, reutilização e reciclagem, são tarefas necessárias e vitais para sobrevivência do homem no planeta.

Diante do exposto este trabalho foi realizado com o objetivo de proceder ao tratamento do resíduo sólido orgânico da GELICO – Gelatinas Indústria & Comércio Ltda., por meio da compostagem, utilizando serragem e palha de café.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de gelatina

Para a obtenção da gelatina, utiliza-se, como uma das matérias-primas, o resíduo da indústria de couro denominado de raspa de couro (Figura 1). Esse resíduo é classificado e cortado em pequenos pedaços, inteiramente lavado e tratado com solução alcalina de cal, durante algumas semanas. Passado esse tempo, recebe nova lavagem com água corrente, que remove outras substâncias indesejáveis, sendo, posteriormente, amaciado com solução fraca de ácido sulfúrico.

Após essa etapa, a matéria-prima é, então, colocada em grandes tanques de aço inoxidável, nos quais, por meio do tratamento com água quente, extrai-se o colágeno, num processo que origina uma solução diluída de gelatina. Essa solução é filtrada em um filtro de pressão e, depois, é concentrada em um vapor de triplo efeito que produz o caldo de gelatina concentrado. Este caldo é, então, resfriado e se transforma em geléia, que é triturada e transportada até grandes secadores, sendo seca e assim pronta para moagem, de acordo com a granulometria requerida (GELICO, 2007). O fluxograma da produção de gelatina está ilustrado na Figura 2.

Segundo o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2007), o Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com 195,5 milhões de cabeças, o que significa dizer que há, em tese, 1,1 boi para cada brasileiro. O país assumiu o primeiro lugar no ranking mundial das exportações de carne bovina, em 2003, embarcando US\$ 1,5 bilhão e abriu essa dianteira no ano passado, exportando o equivalente a US\$ 2,45 bilhões, o que representa uma fatia de 20% do mercado mundial. Como decorrência dos ganhos de escala de sua pecuária, o Brasil também assumiu a liderança das exportações de couros no ano de 2004, com o embarque de 27 milhões de peças, arrebatando a primeira

posição dos Estados Unidos, que exportaram 20 milhões de peças no mesmo período.

Outro produto da pecuária brasileira que brilha nos mercados internacionais é a gelatina, negócio que movimenta nada menos do que 300 mil toneladas por ano em todo o mundo, o que representa algo em torno de US\$ 3 bilhões no mercado mundial. O Brasil passou a ser o grande provedor mundial de gelatina, exportando 25 mil toneladas anuais, o que equivale a 80% de nossa produção. A gelatina é um produto de crescente demanda, em razão de suas propriedades funcionais e de suas potencialidades e aplicações na indústria.



FIGURA 1. Matéria-prima da gelatina

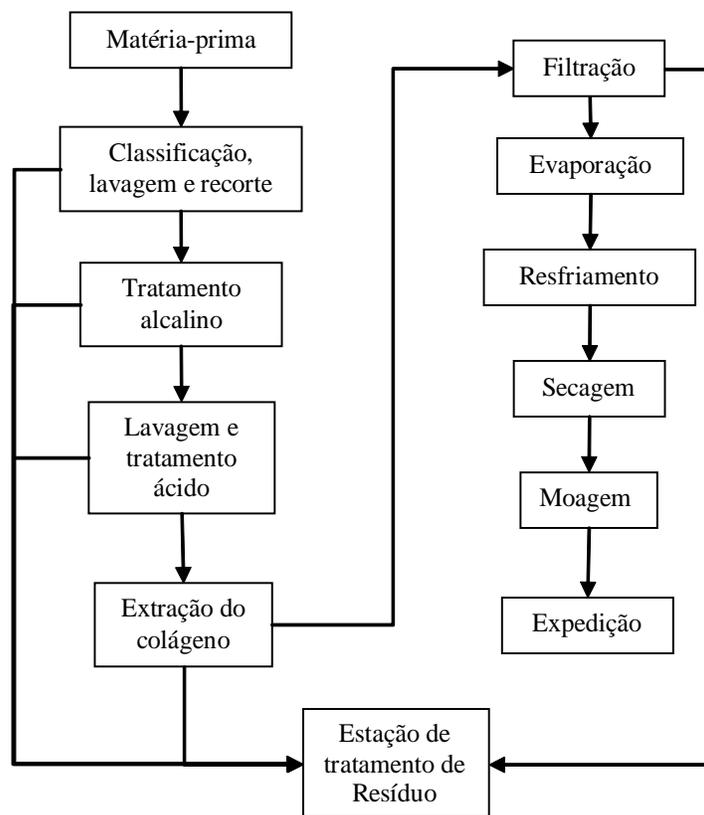


FIGURA 2. Fluxograma da produção da gelatina.

O Brasil é o maior produtor de gelatina do mundo. A empresa multinacional GELITA é a maior fabricante mundial de gelatina, com uma produção de 85 mil toneladas por ano, das quais 20 mil são produzidas NO Brasil (ANBA, 2007).

O espaço para o Brasil crescer no mercado de gelatinas é enorme, considerando-se as notórias vantagens competitivas que o país apresenta no terreno da produção animal, a começar pela fartura de recursos naturais, como água, sol e terras aptas para o cultivo de pastagens. Para concretizar tamanhas oportunidades, o país precisa estar preparado para responder às expectativas do

mercado consumidor, que exige produtos com apurado padrão de sanidade. Tais exigências são particularmente rigorosas no mercado internacional, regulado por rígidos processos de fiscalização sanitária e de certificação de qualidade. Para atuar nesse competitivo ambiente, as empresas do segmento estão sendo instadas a promover investimentos adicionais em treinamento de pessoal, na aquisição de equipamentos, na implantação de processos de rastreabilidade, dentre tantas outras exigências. A verdade é que o avanço das exigências sanitárias e de qualidade decorre das exigências de uma população cada vez mais consciente de seus direitos (BRASIL, 2007).

O futuro da cadeia produtiva depende da articulação de todos os seus elos, a começar pelo engajamento das autoridades com os compromissos da indústria nacional, passando pelo alinhamento de ações que se traduzam no incremento do status sanitário brasileiro, finalizando com a atuação focada em processos de qualidade e rastreabilidade por parte de fornecedores e processadores. Operando de forma articulada, com objetivos claramente definidos e estratégias bem delineadas, todos os elos que integram a cadeia produtiva da pecuária de corte, como o da gelatina, poderão expressar sua máxima potencialidade, criando riquezas, promovendo o ingresso de divisas para nossa economia e abrindo postos de trabalho de que tanto o Brasil necessita (BRASIL, 2007).

2.2 Importância da gelatina

O organismo humano necessita de dez dos chamados aminoácidos essenciais, que são consumidos por meio dos alimentos. A gelatina contém nove desses aminoácidos essenciais, sendo uma proteína alimentícia de fácil digestão e utilização. O aminoácido triptofano não está presente na gelatina; entretanto, isto não é muito significativo, uma vez que este aminoácido é encontrado em

quantidades adequadas em outros alimentos da dieta cotidiana (COPACANA RUNNERS, 2007).

As gelatinas “em pó” beneficiam cada vez mais a saúde humana. Segundo o professor Jaime Farfan, do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, uso da gelatina como ingrediente ou como sobremesa contribui para fortalecer unhas, cabelos e hidratar a pele, dando-lhes maior resistência, mais espessura, crescimento e brilho. Como a gelatina é uma fonte de nutrientes úteis para a manutenção da boa saúde e de ossos, cartilagens, tendões e, inclusive, da própria pele, é recomendado que manter uma ingestão constante dessas proteínas ‘colagenosas’ (COPACANA RUNNERS, 2007).

No setor farmacêutico, a gelatina é um dos ingredientes mais versáteis, por suas propriedades tecnológicas, como a ótima formação de filme e de gel termorreversível, e adesivas excepcionais. As principais áreas de aplicação da gelatina são a produção de cápsulas e a encapsulação de vitaminas. As cápsulas moles e duras de gelatina representam a forma mais conveniente de ingestão de medicamentos e complementos alimentares (como vitaminas e sais minerais) e, por isso, são também as mais aceitas pelos consumidores. Devido a sua excelente compatibilidade com o tecido humano, a gelatina também é usada em produtos para tratamento de ferimentos e em expansores plasmáticos (GELITA, 2007).

Outra grande aplicação da gelatina é na fabricação de cola, adesivos, tintas e filmes fotográficos. Essa característica multifuncional coloca a gelatina como um produto precioso, ou seja, existe um mercado em franco crescimento, o que acarreta na maior industrialização e, por conseguinte, no aumento da produção de resíduo.

2.3 Poluição ambiental

A poluição do meio ambiente tornou-se assunto de interesse público em todas as partes do mundo, devido ao rápido crescimento econômico, associado à necessidade de exploração racional dos recursos naturais (Braile e Cavalcanti, 1993). O saneamento merece um destaque importante nesse cenário, pois há consideráveis quantidades de resíduos que, se mal manejados, podem causar impactos ao meio ambiente (Queiroz, 2001).

O lançamento de resíduos no ambiente, feito de forma inadequada, pode levá-los ao curso d'água, o que pode gerar condições de desequilíbrio ecológico, com grande consumo de oxigênio e produção de altas concentrações de subprodutos que alteram a composição das águas. Tal fenômeno é chamado de eutrofização dos cursos d'água (Porto et al., 1991).

A poluição de um curso d'água por matéria orgânica, em termos ecológicos, reflete na queda dos níveis de oxigênio dissolvido, causada pela respiração dos microrganismos envolvidos na depuração dos resíduos. O impacto é estendido a toda a comunidade aquática e cada redução nos teores de oxigênio dissolvido é seletiva para determinadas espécies (Von Sperling, 1996).

Devido aos problemas ambientais e também a aspectos econômicos, torna-se crescente a necessidade de utilizar os diferentes resíduos orgânicos para fins agrícolas, a fim de promover uma maior reciclagem de carbono e de nutrientes presentes nessas matrizes, o que implica em duplo benefício, ou seja, redução da poluição ambiental e menor consumo de fertilizantes minerais, cujas matérias-primas são caras e não renováveis (Melo, 2007). Ayuso, citado pelo mesmo autor, afirma que a fração orgânica dos resíduos pode ser usada como condicionadora de solo, principalmente aquela com baixo teor de matéria orgânica.

A aplicação de composto imaturo ao solo, além de poder causar imobilização microbiológica de nitrogênio, pode, ainda, provocar decréscimo na

concentração de oxigênio no solo, criando um ambiente redutor capaz de aumentar a solubilidade de metais pesados. Composto imaturo gera mau cheiro, inibe a germinação de sementes e interfere negativamente no desenvolvimento de plantas (Johnson & Crawford, 1993).

De acordo com Melo (2007), nas lavouras em geral, os materiais orgânicos são descartados de modo inadequado ou utilizados sem muito critério técnico, como fonte de nutrientes para as culturas, principalmente para o cafeeiro. Desconhecem-se a composição química e a disponibilização dos nutrientes contidos nos resíduos aplicados nas lavouras, o que se explica pelo pouco entendimento dos assuntos e pelos critérios técnicos ligados ao emprego desses materiais como fonte de nutrientes.

2.4 Tratamento de resíduos orgânicos

Segundo Ayuso et al. (1996), dentre outras opções disponíveis para o destino dos resíduos orgânicos estão o aterro controlado, a incineração e a reciclagem.

Em termos gerais, os métodos disponíveis para o tratamento de resíduos orgânicos podem ser classificados em aeróbicos e anaeróbicos. No segundo caso, o processo de digestão da matéria orgânica produz um produto final de certa importância econômica, que constitui o gás metano, que é combustível. No primeiro caso, por sua vez, a compostagem é um relevante exemplo que produz o fertilizante humificado como um produto final (Taiganides, 1977).

Silva (2007) menciona que os sistemas anaeróbios de tratamento vêm sendo frequentemente utilizados com a finalidade de otimizar o processo de tratamento das águas residuárias. São usados os filtros anaeróbios, os tanques sépticos seguidos de filtro anaeróbio, os reatores anaeróbios de contato com mistura completa e os reatores anaeróbios de manta de lodo, entre outros.

O tratamento anaeróbio pode chegar a causar odores oriundos de gás sulfídrico e que também pode ocasionar deterioração dos materiais de construção do sistema (Gaudy e Gaudy, 1980).

Nos processos biológicos aeróbios, destacam-se bactérias aeróbias, as algas e os protozoários e, nos processos biológicos anaeróbios, destacam-se as bactérias acidogênicas e metanogênicas, de elevada importância (Busato, 2004).

2.5 Compostagem

Segundo Pereira Neto (1996), a compostagem é definida como um processo biológico aeróbico e controlado, de tratamento de resíduos sólidos orgânicos para a estabilização da matéria orgânica e a produção do composto orgânico.

O vocábulo “compost”, da língua inglesa, deu origem à palavra “composto”, utilizada para indicar o fertilizante orgânico obtido a partir da decomposição aeróbia de restos vegetais e animais (Kiehl, 2002).

O processo de compostagem é uma opção eficiente para reduzir o teor de matéria orgânica do resíduo a um nível que não provoque prejuízo ao meio ambiente e permita maior disponibilização dos nutrientes nele contidos às plantas (Hardoim, 2003). Por outro lado, quando mal manejada, a compostagem pode provocar perda de nitrogênio. Isso ocorre porque a conversão do nitrogênio em amônia, durante a decomposição do material orgânico, permite a liberação deste para o ar, o que provoca diminuição do teor de nitrogênio do composto, além de contribuir para a poluição do ar (Galbally & Roy, 1983; Moller & Schieferdecker, 1985).

De acordo com Metcalf & Eddy (1991), a compostagem constitui alternativa econômica e ambientalmente correta para a estabilização de resíduos orgânicos industriais e de estações de tratamento, com possibilidade de aproveitamento agronômico de tais resíduos.

A compostagem é o processo de tratamento de resíduo sólido orgânico mais antigo de que se tem conhecimento. Ele é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos e envolve, necessariamente, duas fases distintas, sendo a primeira de degradação ativa e a segunda de maturação ou cura (Pereira Neto, 1996).

Fernandes (2000) afirma que, na fase de degradação ativa, também chamada de bioestabilização, há intensa atividade microbiológica, em que ocorre grande consumo de oxigênio, elevação da temperatura e mudanças na massa de compostagem, pois ela torna-se escura e não apresenta odor agressivo. Na fase de maturação, a atividade biológica é pequena, portanto, o consumo de oxigênio e a temperatura diminuem. Passam a predominar as transformações de ordem química, como a polimerização de moléculas orgânicas estáveis, conhecida como humificação.

Waskman, Wollny e Howard, citados por Kiehl (1985) apontam os seguintes fatores que influenciam na compostagem. São eles: umidade, aeração, temperatura, pH, nutrientes minerais, tamanho das partículas da matéria-prima e a relação carbono/nitrogênio.

Os métodos de compostagem podem ser classificados quanto à aeração, temperatura, ambiente e ao tempo de compostagem. O tempo de compostagem para a estabilização completa da matéria orgânica ou humificação depende da relação C/N, do tamanho das partículas e da aeração (Kiehl, 1985).

Tsuty (2000) menciona que as tecnologias de compostagem podem ser divididas em três tipos: sistema de leiras revolvidas (windrow) (Figura 3), sistemas de leiras estáticas aeradas (Figura 4) e sistemas fechados (reatores biológicos).



FIGURA 3. a) Leira revolvida por um trator tipo pá carregadeira. b) Leira revolvida por um compostador.



FIGURA 5. Leira estática aerada

2.6 Composto orgânico

Os compostos orgânicos oriundos de lodos de esgoto, também chamados de biossólidos, apresentam potencial para uso na agricultura (Melo, 1997). Webber & Bates (1997) ressaltam que, pela quantidade de nitrogênio e fósforo presente nos biossólidos, pode-se admitir que esse composto pode substituir os fertilizantes minerais como fonte destes nutrientes para as plantas.

Os biossólidos contêm, além da matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Além disso, a matéria orgânica contida nos biossólidos pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração de água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão (Tsutya, 2000).

O composto orgânico é, reconhecidamente, um excelente condicionador para o solo, podendo proporcionar melhorias em suas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas. Quanto às propriedades físicas, aumenta a capacidade de retenção de água e a macroporosidade do solo; nas químicas, aumenta a disponibilidade de macro e micronutrientes para as plantas; nas físico-químicas, aumenta a capacidade de troca catiônica e, por fim, nas biológicas, estimula a proliferação de microrganismos benéficos, agindo no controle de fitopatógenos (Miyasaka et al., 1997; Matos et al., 1998; Febrer, 2002).

A fonte de N adicionada na forma de adubos orgânicos ou minerais de forma inadequada, bem como os sistemas de manejo do solo, pode influenciar as perdas de N (Cahn et al., 1993; Skinner et al., 1997; Pacini et al., 2003; Sangoi et al., 2003).

Nos solos muito intemperizados, que predominam nas regiões tropicais, a matéria orgânica é a principal fonte de cargas negativas (Bayer & Mielniczuck, 1999; Mielniczuck et al., 2003).

Embora a matéria orgânica, na maioria dos solos minerais, represente menos de 5% dos componentes sólidos (Silva et al., 2000), ela é responsável por cerca de 70% a 80% da capacidade de troca catiônica (CTC) em solos tropicais (Raij, 1969). Lodos de esgoto são fontes de C orgânico para o solo e podem incrementar a CTC (Melo et al., 1994).

Segundo Yuri et al. (2004), diversos autores relatam que a aplicação de adubos orgânicos proporciona aumento na produtividade e na qualidade de vários produtos agrícolas. Segundo Ferreira et al. (2003), a utilização de resíduos orgânicos no solo pode ser recomendada pelo valor corretivo e fertilizante que apresentam.

A legislação brasileira exige que o composto a ser comercializado tenha duas características que condizem com as de um fertilizante orgânico bioestabilizado: índice pH superior a 6,0 e relação C/N inferior a 18/1 (Kiehl, 2002).

A instrução normativa 7/99, do MAPA, anexo II, lista os adubos e condicionadores de solos permitidos na produção orgânica de alimento. Já a instrução normativa 31/05, também do MAPA, apresenta as “Definições e 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” (BRASIL, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido nas dependências da GELICO – Gelatinas Indústria & Comércio Ltda., localizada no município de Campo Belo, MG e as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Estudo da Matéria Orgânica do Solo (LEMOS), no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, MG.

3.2 Caracterização dos resíduos (in natura) e das misturas estudadas

A determinação do C-orgânico total (COT) foi realizada utilizando-se o procedimento analítico proposto por Yeomans & Bremner (1988), com digestão via úmida em H_2SO_4 p.a., oxidação com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ a quente e titulação do dicromato remanescente com solução de sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) $0,4 \text{ mol L}^{-1}$.

Para a quantificação do N-total, as amostras foram digeridas, durante três horas, em bloco digestor, por meio da pesagem em tubo de vidro de 0,1 g de cada material, adicionando-se, em cada tubo, 3 mL de H_2SO_4 concentrado e uma mistura de $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$. O teor de N-total foi determinado por meio da destilação em aparelho semimicro *Kjedhal* das amostras digeridas, utilizando-se solução de ácido bórico como indicador e de HCl ($0,07143 \text{ mol L}^{-1}$) como solução titulante. Foram determinados também os teores de N inorgânico (amônio e nitrato), sendo essas formas de N extraídas com solução de KCl 2 mol L^{-1} , por meio da pesagem de 10 g da amostra e adição de 100 mL do extrator, agitando-se durante uma hora e deixando-se em repouso por meia hora. A seguir, foi retirada uma alíquota do sobrenadante (30 mL), que foi destilada primeiro com MgO, para a quantificação do N-NH_4^+ e, em seguida, com liga de devarda em pó, a fim de se avaliar o N-NO_3^- . Após essa etapa, os teores de

amônio e nitrato foram quantificados por titulometria, com o uso de HCl 0,07143 mol L⁻¹ como solução titulante (Bremner & Keeney, 1965).

Avaliou-se o pH em água (Tedesco et al., 1995). Foram transferidos 10 g do material para béquer de 100 mL, agitando-se com bastão de vidro durante 1 minuto, aguardando-se 30 minutos, na temperatura ambiente, medindo-se, em seguida, o pH. Conforme metodologia apresentada por Tedesco et al. (1995), a condutividade elétrica (CE) foi determinada utilizando-se 15 g de amostra (base seca) mais 30 mL de água deionizada, agitando-se por 30 minutos. Após 16 horas de repouso, as amostras foram filtradas e as determinações feitas no extrato aquoso, com o auxílio de condutivímetro calibrado com uma solução padrão de KCl 0,01 mol L⁻¹ (CE igual a 1,412 dS m⁻¹ a 25°C).

Para a caracterização e a quantificação dos teores de C-substâncias húmicas (CSH) presente nos resíduos, foi utilizado o método de extração e fracionamento quantitativo, descrito por Benites et al. (2003). Esse método se baseia na solubilidade diferenciada das substâncias húmicas em meios alcalino (\pm pH 13,0) e ácido (\pm pH 2,0), determinando-se os teores de carbono nas frações obtidas, no caso, a fração ácido húmico (CFAH) e a fração ácido fúlvico (C-FAF), respectivamente, de acordo com Yeomans & Bremner (1988).

Para a quantificação dos macro e micronutrientes, foi utilizado o método de digestão nítrico-perclórica (DNP), empregando-se a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), com algumas modificações. A leitura desses nutrientes foi realizada no colorímetro, no espectrofotômetro de chama e por absorção atômica.

O enquadramento do fertilizante orgânico composto final foi realizado de acordo com a estrutura física do mesmo, por meio do teste de textura (granulometria), conforme a legislação brasileira (BRASIL, 2007).

3.3 Materiais, equipamentos e montagem do experimento

A compostagem foi realizada em bancada. Os materiais utilizados na compostagem foram palha de café, serragem fina e o resíduo da GELICO (pasta). A palha de café é o resíduo do beneficiamento dos grãos obtidos de beneficiadoras existentes nas propriedades rurais do município, material esse dependente da sazonalidade do café. A serragem é o resíduo de serrarias e marcenarias também existentes no município, encontrado o ano todo. A pasta é resultado do tratamento da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da GELICO (Figura 5).



FIGURA 5. Vista parcial da estação de tratamento de efluentes da Gelatinas Indústria & Comércio Ltda.

No experimento foram avaliadas três formulações diferentes de mistura de compostagem com três repetições cada uma, sendo a mistura 1 composta de

serragem e pasta (M1); a mistura 2 composta de palha de café e pasta (M2) e a mistura 3, de serragem, palha de café e pasta (M3). A proporção dos materiais utilizados em cada mistura está apresentada na Tabela 1.

O experimento de compostagem foi realizado em bancada. As diferentes misturas estudadas foram acondicionadas em tambores de 240 litros (Figura 6), sendo estes monitorados diariamente. Utilizou-se uma betoneira (Figura 7) para as misturas, com o apoio de funcionários da empresa.

TABELA 1. Proporção dos materiais utilizados em cada mistura.

Misturas	Material (%)		
	Serragem	Palha de café	Pasta
M1	60,5	-	39,5
M2	-	63,2	36,8
M3	29,3	32,6	38,1

Na mistura constatou-se que tanto a serragem quanto a palha de café não se misturavam com a pasta, para formar uma massa homogênea, que é o ideal para a compostagem. Foram realizados testes preliminares até se conseguir obter uma mistura mais homogênea possível. Obteve-se essa mistura quando a pasta era colocada para bater na betoneira primeiro, junto com um pouco de água e, depois, foram acrescentadas, aos poucos, serragem, palha de café e os dois ao mesmo tempo, sempre com a betoneira de 320 litros em funcionamento, até se obter a mistura pretendida. Em média, o tempo de preparo de cada mistura dentro da betoneira foi de 10 a 15 minutos.



FIGURA 6. Tambores utilizados no experimento (bancada).



FIGURA 7. Betoneira usada para mistura de compostagem.

A temperatura na mistura de compostagem foi monitorada por meio de um termômetro digital tipo K/J, com sensor tipo haste, precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e tempo de resposta de 10 segundos (modelo TH-090, INSTRUTEMP) (Figura 8).



FIGURA 8. Termômetro digital (modelo TH-090).

3.4 Funcionamento do sistema

O experimento foi conduzido entre os meses de abril a junho. A partir de sua montagem, foi monitorado diariamente. A temperatura foi coletada ao longo do perfil da massa de compostagem, em dois horários distintos, às 9 horas e às 16 horas.

Para a oxigenação da mistura de compostagem, foi feito o revolvimento do material, em função da redução da temperatura, com emprego da betoneira.

3.4 Análise estatística

Foi utilizado o programa R 2.3.1, da Empresa Language and Environment Copyright (2006), para a realização dos testes de pressuposições. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de significância, por meio do programa Sisvar 4.6 (Ferreira, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos na caracterização dos resíduos utilizados e das misturas são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Os resultados da Tabela 3 deram normalidade dos dados pelos testes de pressuposições.

TABELA 2. Valores médios dos resultados da caracterização dos resíduos

Parâmetros	Materiais		
	Pasta	Serragem	Palha de café
pH em água	9,5	6,1	6,4
C-org total (%)	25,0	48,0	38,8
N-total (%)	9,5	0,4	2,4
NH ₄ ⁺ (mg/kg)	377,4	33,0	33,0
NO ₃ ⁻ (mg/kg)	66,66	33,0	133,0
C/N	2,63	120,0	16,2
P (g/kg)	0,44	1,2	1,9
K (g/kg)	0,2	0,1	0,2
S (g/kg)	1,81	0,2	0,8
Ca (g/kg)	22,72	1,9	6,4
Mg (g/kg)	7,46	-	-
Mn (mg/kg)	54,65	28,0	73,0
Fe (mg/kg)	1139,92	1147,0	3651,0
Zn (mg/kg)	60,06	21,0	1,0
Cu (mg/kg)	9,47	7,0	27,0
B (mg/kg)	19,0	11,0	17,0
Na (mg/kg)	0,5	0,4	0,4

TABELA 3. Valores médios da caracterização das misturas após compostagem.

Parâmetros	Misturas		
	M1	M2	M3
pH em água	8,73 a	9,20 b	9,10 b
Condutividade elétrica (dS/m)	4,53 a	7,23 b	5,80ab
Matéria orgânica (g/kg)	819,53 a	791,90 a	814,03 a
N-total (%)	1,10 a	1,87 b	1,86 b
C-org total (%)	42,36 a	37,94 a	40,97 a
NH ₄ ⁺ (mg/kg)	33,00 a	33,00 a	33,00 a
NO ₃ ⁻ (mg/kg)	411,00 b	133,33 a	66,67 a
C/N	38,88 b	20,51 a	22,43 a
Carbono – ácido fúlvico (g/kg)	3,00 a	4,17 a	4,20 a
Carbono – ácido húmico (g/kg)	3,27 a	7,80 b	7,80 b
P (g/kg)	1,47 a	2,10 a	2,10 a
K (g/kg)	0,10 a	0,27 b	0,20 b
S (g/kg)	1,30 a	1,13 a	1,27 a
Ca (g/kg)	15,87 b	12,97 a	12,10 a
Mg (g/kg)	0,13 a	0,13 a	0,17 a
Mn (mg/kg)	58,33 a	76,67 a	77,00 a
Fe (mg/kg)	3807,47 a	3795,67 a	3284,00 a
Zn (mg/kg)	27,33 a	31,00 a	8,33 a
Cu (mg/kg)	12,00 a	21,33 b	21,00 b
B (mg/kg)	20,67 a	20,33 a	20,00 a
Na (mg/kg)	0,90 a	0,80 a	0,87 a

Obs: As médias com letras iguais na mesma linha não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

De acordo com Sharma et al. (1997), são admitidos para uso nas lavouras, materiais com pH em água na faixa de 6 a 8,5. Sendo assim, tanto a pasta quanto as misturas estudadas podem ser utilizadas também como um corretivo de solos ácidos. Observa-se também que a pasta possui alto poder tampão, pois o pH, tanto da serragem quanto da palha de café, ficou próximo da faixa neutra e, mesmo assim, o pH das misturas foi mantido na faixa da pasta.

Pode-se observar, pelos dados da Tabela 2, que a pasta possui alto teor de nitrogênio, bem como alto teor de cálcio, o que mostra que o aproveitamento agrícola desse resíduo se torna muito interessante, pois a maioria dos resíduos utilizados na adubação orgânica não possui tais valores. Porém, sua aplicação direta se torna inviável, pois, além de ser um resíduo rico em gordura e com elevado pH, seu nitrogênio está mais disponível na forma de amônio, o que pode provocar perdas significativas pela volatilização.

Outro ponto que se pode observar na Tabela 2 é que a palha de café utilizada se encontra em processo de compostagem. Isso se deve à grande quantidade desse material que a empresa recebe e ao fato de seu armazenamento se dar em leiras dispostas a céu aberto, o que faz com que entre em processo de compostagem (degradação).

São considerados normais os valores de condutividade elétrica dos resíduos utilizados em áreas agrícolas na faixa de 0,64 a 6,85 dS m⁻¹ (Sharma et al., 1997). A condutividade elétrica variou dentro de uma pequena faixa (4,53 a 7,23 dS m⁻¹), tendo a M2 se mostrado com valor acima da faixa mencionada por Sharma et al. (1997).

Segundo Melo (2007), a aplicação de resíduos com relação C/N alta pode resultar em imobilização temporária de N pelos microrganismos presentes no solo. Contudo, é preciso considerar, também, o teor de N total no material, para que a inferência de predomínio do processo de imobilização sobre a mineralização seja correta.

Estatisticamente, as relações C/N das misturas M2 e M3 não diferiram entre si e apresentaram menores relações C/N, provavelmente devido à ausência ou à pequena quantidade de serragem utilizada. O maior valor foi observado na mistura M1, o que pode ser explicado pela maior presença de serragem, por ser um material de difícil compostagem.

Os elevados teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- observados nas misturas indicam que elas poderiam atuar como fonte imediata de N, uma vez que o nitrato e o amônio são formas prontamente disponíveis para as plantas. Porém, deve-se ter cuidado, pois poderá ocorrer a lixiviação do nitrato no solo ou a volatilização de nitrogênio.

Comparando-se o teor de nitrogênio dos materiais utilizados na compostagem com o teor de nitrogênio final das misturas, observa-se que houve uma redução muito grande deste. Isso, provavelmente, ocorreu pela volatilização do nitrogênio na forma de amônia, pois, quando se tem alta concentração de íons amônio em pH básico, este perde hidrogênio para o meio e, assim, ocorre a formação da amônia, que é volátil.

Analisando-se os macronutrientes, constata-se que, estatisticamente, apenas houve diferença para o potássio (K) e para o cálcio (Ca), tendo a M1 apresentado maior teor de cálcio e M2 e M3, maiores teores potássio, provavelmente devido à influência da palha de café.

Para os micronutrientes, estatisticamente apenas o cobre (Cu) mostrou diferença, tendo M2 e M3 apresentado maiores valores, provavelmente pela influência da palha de café.

Na Tabela 4 encontram-se os valores para a caracterização das misturas quanto à natureza física do produto (Instrução Normativa nº 7/99). De acordo com os resultados encontrados no teste de granulometria e a legislação vigente, deverá constar no rótulo ou na etiqueta da embalagem a seguinte indicação: “PRODUTO SEM ESPECIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA”. Também

conforme a legislação vigente, as misturas obtidas são consideradas fertilizantes orgânicos compostos.

TABELA 4. Valores médios percentuais das análises granulométricas das misturas M1 (pasta e serragem), M2 (pasta e palha de café) e M3 (pasta, serragem e palha de café).

Peneiras (mm)	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)
4,80	28,2	16,3	24,4
3,36	12,6	33,0	31,4
2,00	9,2	28,0	22,7
1,00	10,6	14,0	11,4
0,84	8,1	2,9	3,0
0,50	27,5	5,1	6,1
< 0,50	3,7	0,5	0,8

Os valores de temperatura das misturas durante o processo de compostagem estão apresentados no gráfico da Figura 9. Os valores da temperatura média diária do ambiente durante o período do experimento constam dos anexos.

A temperatura é um dos fatores mais indicativos da eficiência do processo de compostagem. O valor médio ideal da temperatura nesses processos é de 55°C. Temperaturas acima de 65°C devem ser evitadas por causarem a eliminação dos microrganismos mineralizadores, responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos.

Como a temperatura é um indicador do estado energético de uma substância, espera-se que as variações térmicas, tanto da atmosfera quanto do

solo, reflitam muito fielmente as variações da chegada de energia solar no sistema terra-atmosfera. Isso de fato ocorre, mesmo na presença de complexas combinações de fatores que atuam na temperatura do sistema (Vianello e Alves, 1991).

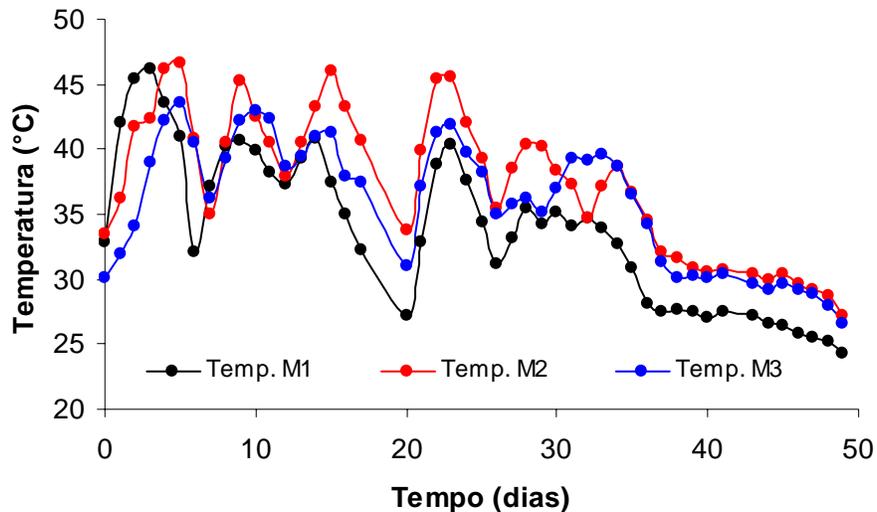


FIGURA 9. Valores médios das temperaturas das três misturas durante o processo de compostagem em função do tempo. M1: pasta e serragem; M2: pasta e palha de café e M3: pasta, serragem e palha de café.

Pode se observar, pelo gráfico da Figura 9, a oscilação da temperatura indicando os dias de reviramento de cada mistura. Outro ponto é que as misturas foram confeccionadas no mesmo dia, porém, suas temperaturas não seguiram o mesmo padrão, o que mostra a particularidade de cada material na compostagem.

A compostagem possui duas fases distintas. A fase de degradação ativa, primeira fase do processo, com temperaturas na faixa termofílicas (45°-65°C) e a fase de maturação, segunda fase do processo, que se caracteriza pelo

desenvolvimento de temperaturas mesofílicas (30°-45°C). Observando-se o gráfico da Figura 9, pode-se inferir que a mudança do final da fase de degradação ativa pode ter ocorrido a partir, aproximadamente, do trigésimo segundo dia de compostagem.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- as proporções utilizadas nas três misturas estudadas permitiram o tratamento do resíduo sólido orgânico da indústria de gelatina por meio da compostagem;
- as três misturas demonstraram bom potencial para aproveitamento agrícola, como condicionadores de solo e corretivos de solos ácidos;
- as misturas 2 e 3 demonstraram um melhor desempenho na estabilização e maior grau de humificação, e, assim, tendem a ter um menor tempo de compostagem;
- devido à disponibilidade dos materiais utilizados na compostagem, deve-se preferir a mistura 3, por não ter havido diferença significativa em relação à mistura 2.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar, no gráfico da Figura 9, que a temperatura não se manteve por muito tempo na faixa termofílica (45°-65°C). Isso pode ter ocorrido devido ao conjunto de três possíveis fatores que influenciaram a temperatura. Primeiro, o pequeno volume do recipiente usado para conter a mistura da compostagem facilitou a perda de temperatura para o ambiente. Segundo, pelo fato de a pasta ser de fácil decomposição, a fonte de nitrogênio contida nas misturas exauriu-se rapidamente. Terceiro, a época de realização do experimento (outono/inverno), com temperaturas médias do ar baixas.

Sugere-se a realização de estudos subseqüentes que procurem regular a perda de nitrogênio durante o processo de compostagem, pela volatilização da amônia. Indica-se, então, o uso de aditivos como, por exemplo, gesso agrícola e superfosfato simples, dentre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBA. **Agencia de Notícias Brasil-Arabe**. Disponível em <http://www.anba.com.br/noticia.php?id=8178>. Acesso em 28 de junho de 2007.

AYUSO, M.; PASCUAL, J. A.; GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T. Evaluation of urban wastes for agricultural use. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.42, n. 1, p.105-111, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-23.

BENITES, V. M.; MÁDARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo p. um procedimento simplificado e de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 7 p. (Comunicado Técnico, 16).

BRAILE, P. M. e CAVALCANTI, E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1993. 764 p.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta>. Acesso em 22 de junho de 2007.

BRASIL. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. Disponível em <http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?NOTCod=191152>. Acesso em 28 de maio de 2007.

BREMNER, J. M.; KEENEY, D. R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 32, n. 5, p. 482-485, 1965.

BUSATO, R. **Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como tratamento de efluente de reator UASB: Estudo de caso da ETE de Imbituva**. 2004. 214p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. PR.

CAHN, M. D.; BOULDIN, D. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W. T. Cition and nitrate leaching in na Oxisol of the Brazilian Amazon. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n. 2, p. 334-340, Mar./Apr. 1993.

COPACANA RUNNERS. **Copacabana runners** Disponível em <http://www.copacabalarunners.net/gelatinas-e-colageno.html>. Acesso em 28 de maio de 2007.

FEBRER, M. C. A. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.10, n.1-4, p.18-30, 2002.

FERNANDES, F. **Estabilização e Higienização de Biossólidos**. In: BETTIOL, W & CAMARGO, O. A. (eds). *Impacto ambiental do lodo de esgoto*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** software: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solos e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curture e carboníferos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:755-763, 2003.

GALBALLY, I.E.; ROY, C.R. The fate of nitrogen compounds in the atmosphere. In: FRENEY, J.R.; SIMPSON, J.R. (Ed.) **Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems**. Hague: Martinus Nijhoff, 1983. p. 265-284.

GAUDY, A. F. e GAUDY, E. T. **Microbiology for environmental scientists and engineers**. McGraw-Hill, Inc. Library of Congress Cataloging in Publication Data. United States of America. 1980. 736 p.

GELICO. **Gelatinas Indústria & Comércio Ltda.** Disponível em <http://www.gelico.com.br/port/index.htm>. Acesso em 28 de maio de 2007.

GELITA. **The Gelatine Group**. Disponível em http://www.gelita.com/dgf-deutsch/broschuere/pdf/um_componente_estrategico_para_a_industria_farmaceutica.pdf. Acesso em 16 de julho de 2007.

HARDOIM, P. C. Tratamento de Resíduos Agroindustriais. Lavras: **UFLA/FAEPE**, 2003. 71p.

JOHNSON, G. E.; CRAWFORD, S. L. Evaluating compost quality. **Resource Recycling**, p.50-54, 1993.

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: **E. J. Kiehl**, 3ª edição do autor, 2002. 171p.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1985. 492p.

LANGUAGE AND ENVIRONMENT COPYRIGHT. **The R Foundation for Statistical Computing** software: version Version 2.3.1. ISBN 3-900051-07-0. 2006. Software.

MATOS, A. T.; VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A.; GARCIA, N.C.P.C.; RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.

MELO, L. C. A. **Caracterização físico-química de métodos de digestão de resíduos orgânicos**. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras. Lavras. MG.

MELO, W. J. **O lodo de Esgoto como Fertilizante para Culturas de Milho e Café: proposta técnica**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. 15p.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 449-455, 1994.

METCALF e EDDY. **Design of Facilities for the Treatment and disposal of Sludge**. In: WASTEWATER ENGINEERING- TREATMENT, DISPOSAL AND REUSE. 3rd ed. U.S.A. McGraw-Hill International Editions, p.765-926. 1991.

MIELNICZUCK, J.; BAYER, C.; VEZANNI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio no solo. In: **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p. 209-248.

MIYASAKA, S.; NAKAMURA, Y.; OKAMOTO, H. **Agricultura natural**. 2^a ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1997. 73 p. (Coleção agroindústria).

MOLLER, D.; SCHIEFERDECKER, H. A relationship between agricultural NH₃ emissions and the atmospheric SO₂ content over industrial areas. **Atmospheric Environment**, v.19, p.695-700, 1985.

PACINI, C.; GIESEN, G.; WOSSINK, A.; OMEDEI-ZORINI, L.; HUIRNE, R. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming

systems: a farm and field-scale analysis. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 95, n. 1, p. 273-288, Apr. 2003.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem Processo de Baixo Custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.

PORTO, L. L.; BRANCO, S. M.; CLEARY R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V. P. Q. e PORTO, M. F. A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3). 1991. 414p.

QUEIROZ, S.C. **Função Gompertz Aplicada à Modelagem de Produção do Biogás em Biodigestor Tipo Batelada**. 2001. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu. SP

RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 28, p. 85-112, 1969.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 65-70, jan./fev. 2003.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. **Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: review**. *Energy Conversion and Management*, Oxford, v. 38, n. 5, p. 453-478, Mar. 1997.

SILVA, J. F.; **Monitoramento de um sistema piloto no tratamento de água residuária do café produzido por via úmida**. 2007. 133p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras. MG.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 45-62.

SKINNER, J. A.; LEWIS, K. A.; BARDON, K. S.; TUCKER, P.; CATT, J. A.; CHAMBERS, B. J. Review: An overview of the environmental impact of agriculture in the U. K. **Journal Environment Management**, London, v. 50, n. 2, p. 11-128, June. 1997.

TAIGANIDES, E. P. Animal Wastes. **Applied Science Publishers**, London, 1977.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim técnico, n. 5).

TSUTYA, M. T. **Alternativas de Disposição Final de Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgotos**. In: BETTIOL, W & CAMARGO, O. A. (eds). Impacto ambiental do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1991. 449p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos..** Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; V.3 – Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 246 p.

WEBBER, M. D.; BATES, T. E. **Municipal sludge (biosolids) use on agricultural land**. Ottawa: Water Tecnology Corporation, 1997. 15p.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, jan-mar 2004.

ANEXOS

ANEXO A	Página
1A Tabela de análise de variância da variável C-orgânico total.....	40
2A Tabela de análise de variância da variável matéria orgânica....	40
3A Tabela de análise de variância da variável nitrogênio total.....	40
4A. Tabela de análise de variância da variável NH ₄ ⁺ (amônio).....	41
5A. Tabela de análise de variância da variável NO ₃ ⁻ (nitrato).....	41
6A. Tabela de análise de variância da variável pH.....	41
7A. Tabela de análise de variância da variável condutividade elétrica.....	42
8A. Tabela de análise de variância da variável fósforo (P).....	42
9A. Tabela de análise de variância da variável potássio (K).....	42
10A. Tabela de análise de variância da variável cálcio (Ca).....	43
11A. Tabela de análise de variância da variável magnésio (Mg)....	43
12A. Tabela de análise de variância da variável enxofre (S).....	43
13A. Tabela de análise de variância da variável Boro (B).....	44
14A. Tabela de análise de variância da variável cobre (Cu).....	44
15A. Tabela de análise de variância da variável ferro (Fe).....	44
16A. Tabela de análise de variância da variável manganês (Mn)....	45
17A. Tabela de análise de variância da variável zinco (Zn).....	45
18A. Tabela de análise de variância da variável sódio (Na).....	45
19A. Tabela de análise de variância da variável ácido húmico.....	46
20A. Tabela de análise de variância da variável ácido fúlvico.....	46
21A. Tabela de análise de variância da variável relação C/N.....	46

ANEXOS

ANEXO B	Página
1B Resultado dos testes de pressuposições do software R, para a Tabela 3.....	47
2B Gráfico da temperatura média diária para os dias 25 a 28/04/07.....	54
3B Gráfico da temperatura média diária para os dias 28/04 a 01/05/07.....	55
4B Gráfico da temperatura média diária para os dias 01 a 04/05/07.....	55
5B Gráfico da temperatura média diária para os dias 04 a 07/05/07.....	56
6B Gráfico da temperatura média diária para os dias 07 a 10/05/07.....	56
7B Gráfico da temperatura média diária para os dias 10 a 13/05/07.....	57
8B Gráfico da temperatura média diária para os dias 13 a 16/05/07.....	57
9B Gráfico da temperatura média diária para os dias 16 a 19/05/07.....	58
10B Gráfico da temperatura média diária para os dias 19 a 22/05/07.....	58
11B Gráfico da temperatura média diária para os dias 22 a 25/05/07.....	59
12B Gráfico da temperatura média diária para os dias 25 a 28/05/07.....	59
13B Gráfico da temperatura média diária para os dias 28 a 31/05/07.....	60
14B Gráfico da temperatura média diária para os dias 31/05 a 03/06/07.....	60
15B Gráfico da temperatura média diária para os dias 03 a 06/06/07.....	61
16B Gráfico da temperatura média diária para os dias 06 a 09/06/07.....	61
17B Gráfico da temperatura média diária para os dias 09 a 12/06/07.....	62
18B Gráfico da temperatura média diária para os dias 12 a 15/06/07.....	62

TABELA 1A. Tabela de análise de variância da variável C-orgânico total

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	30,671356	15,335678	2,153	0,2320
Var.2	2	3,853756	1,926878	0,270	0,7759
erro	4	28,496111	7,124028		
Total corrigido	8	63,021222			
CV (%) =	6.60	Desvio padrão = ± 2,81			
Média geral	40,4255556	Número de observações:		9	

TABELA 2A. Tabela de análise de variância da variável matéria orgânica

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	1283,735556	641,867778	0,129	0,8827
Var.2	2	3983,528889	1991,764444	0,400	0,6947
erro	4	19936,044444	4984,011111		
Total corrigido	8	25203,308889			
CV (%) =	8.73	Desvio padrão = ± 56,1			
Média geral	808,4888889	Número de observações:		9	

TABELA 3A. Tabela de análise de variância da variável nitrogênio total

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	1,175556	0,587778	11,888	0,0207
Var.2	2	0,135556	0,067778	1,371	0,3520
erro	4	0,197778	0,049444		
Total corrigido	8	1,508889			
CV (%) =	13,80	Desvio padrão = ± 0,43			
Média geral	1,6111111	Número de observações:		9	

**TABELA 4A. Tabela de análise de variância da variável NH₄⁺
(amônio)**

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,000000000E+000	0,00000000E+000	1,0E+0009	0,000
Var.2	2	0,000000000E+000	0,00000000E+000	1,0E+0009	0,000
erro	4	0,000000000E+000	0,00000000E+000		
Total corrigido	8	0,000000			
CV (%) =	0,00	Desvio padrão = ± 0,0			
Média geral	33,0000000	Número de observações:		9	

**TABELA 5A. Tabela de análise de variância da variável NO₃⁻
(nitrato)**

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	200108,666667	100054,333333	36,521	0,0027
Var.2	2	3234,666667	1617,333333	0,590	0,5961
erro	4	10958,666667	2739,666667		
Total corrigido	8	214302,000000			
CV (%) =	25,70	Desvio padrão = ± 163,7			
Média geral	203,6666667	Número de observações:		9	

TABELA 6A. Tabela de análise de variância da variável pH

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,362222	0,181111	23,286	0,0063
Var.2	2	0,015556	0,007778	1,000	0,4444
erro	4	0,031111	0,007778		
Total corrigido	8	0,408889			
CV (%) =	0,98	Desvio padrão = ± 0,23			
Média geral	9,0111111	Número de observações:		9	

TABELA 7A. Tabela de análise de variância da variável condutividade elétrica

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	10,948889	5,474444	7,387	0,0454
Var.2	2	0,648889	0,324444	0,438	
erro	4	2,964444	0,741111		
Total corrigido	8	14,562222			
CV (%) =	14,70	Desvio padrão = ± 1,35			
Média geral	5,855556	Número de observações		9	

TABELA 8A. Tabela de análise de variância da variável fósforo (P)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,802222	0,401111	8,395	0,0370
Var.2	2	0,115556	0,057778	1,209	0,3884
erro	4	0,191111	0,047778		
Total corrigido	8	1,108889			
CV (%) =	11,57	Desvio padrão = ± 0,37			
Média geral	1,888889	Número de observações		9	

TABELA 9A. Tabela de análise de variância da variável potássio (K)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,042222	0,021111	19,000	0,0091
Var.2	2	0,002222	0,001111	1,000	0,4444
erro	4	0,004444	0,001111		
Total corrigido	8	0,048889			
CV (%) =	17,65	Desvio padrão = ± 0,08			
Média geral	0,188889	Número de observações		9	

TABELA 10A. Tabela de análise de variância da variável cálcio (Ca)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	23,348889	11,674444	21,056	0,0075
Var.2	2	25,075556	12,537778	22,613	0,0066
erro	4	2,217778	0,554444		
Total corrigido	8	50,642222			
CV (%) =	5,46	Desvio padrão = ± 2,52			
Média geral	13,6444444	Número de observações		9	

TABELA 11A. Tabela de análise de variância da variável magnésio (Mg)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,002222	0,001111	0,400	0,6944
Var.2	2	0,008889	0,004444	1,600	0,3086
erro	4	0,011111	0,002778		
Total corrigido	8	0,022222			
CV (%) =	36,49	Desvio padrão = ± 0,05			
Média geral	0,1444444	Número de observações		9	

TABELA 12A. Tabela de análise de variância da variável enxofre (S)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,046667	0,023333	0,184	0,8384
Var.2	2	0,026667	0,013333	0,105	0,9025
erro	4	0,506667	0,126667		
Total corrigido	8	0,580000			
CV (%) =	28,86	Desvio padrão = ± 0,27			
Média geral	1,2333333	Número de observações		9	

TABELA 13A. Tabela de análise de variância da variável boro (B)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,666667	0,333333	0,004	0,9960
Var.2	2	126,000000	63,000000	0,756	0,5266
erro	4	333,333333	83,333333		
Total corrigido	8	460,000000			
CV (%) =	44,90	Desvio padrão = ± 7,58			
Média geral	20,3333333	Número de observações		9	

TABELA 14A. Tabela de análise de variância da variável cobre (Cu)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	168,222222	84,111111	30,280	0,0038
Var.2	2	3,555556	1,777778	0,640	0,5739
erro	4	11,111111	2,777778		
Total corrigido	8	182,888889			
CV (%) =	9,20	Desvio padrão = ± 4,78			
Média geral	18,1111111	Número de observações		9	

15A. Tabela de análise de variância da variável ferro (Fe)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	535959,368889	267979,684444	0,872	0,4850
Var.2	2	717852,835556	358926,417778	1,168	0,3986
erro	4	1229422,337778	307355,584444		
Total corrigido	8	2483234,542222			
CV (%) =	15,28	Desvio padrão = ± 557,1			
Média geral	3629,0444444	Número de observações:		9	

TABELA 16A. Tabela de análise de variância da variável manganês (Mn)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	684,666667	342,333333	4,352	0,0991
Var.2	2	216,666667	108,333333	1,377	0,3507
erro	4	314,666667	78,666667		
Total corrigido	8	1216,000000			
CV (%) =	12,55	Desvio padrão = ± 12,3			
Média geral	70,6666667	Número de observações:		9	

TABELA 17A. Tabela de análise de variância da variável zinco (Zn)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	888,222222	444,111111	1,779	0,2801
Var.2	2	34,888889	17,444444	0,070	0,9336
erro	4	998,444444	249,611111		
Total corrigido	8	1921,555556			
CV (%) =	71,10	Desvio padrão = ± 15,5			
Média geral:	22.2222222	Número de observações:		9	

TABELA 18A. Tabela de análise de variância da variável sódio (Na)

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	0,015556	0,007778	0,700	0,487
Var.2	2	0,062222	0,031111	2,00	0,736
erro	4	0,044444	0,011111		
Total corrigido	8	0,122222			
CV (%) =	12,32	Desvio padrão = ± 0,12			
Média geral	0,8555556	Número de observações:		9	

TABELA 19A. Tabela de análise de variância da variável ácido húmico

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	41,102222	20,551111	973,474	0,0000
Var.2	2	0,042222	0,021111	1,000	0,4444
erro	4	0,084444	0,021111		
Total corrigido	8	41,228889			
CV (%) =	2,31	Desvio padrão = ± 2,27			
Média geral	6,2888889	Número de observações		9	

TABELA 20A. Tabela de análise de variância da variável ácido fúlvico

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	2,802222	1,401111	4,786	0,0869
Var.2	2	0,135556	0,067778	0,231	0,8033
erro	4	1,171111	0,292778		
Total corrigido	8	4,108889			
CV (%) =	14,28	Desvio padrão = ± 0,72			
Média geral	3,7888889	Número de observações		9	

TABELA 21A. Tabela de análise de variância da variável relação C/N

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Var.1	2	611,977956	305,988978	17,401	0,0106
Var.2	2	60,416356	30,208178	1,718	0,2894
erro	4	70,340111	17,585028		
Total corrigido	8	742,734422			
CV (%) =	15,38	Desvio padrão = ± 9,64			
Média geral	27,2744444	Número de observações		9	

**1B. Resultado dos testes de pressuposições do software R, para a
Tabela 3**

```
> a=read.table("exp1.txt",h=T)
> attach(a)
> a
  Trat P  K  Ca Mg  S  B Cu  Fe Mn Zn Na
1  t1 1.4 0.1 14.1 0.1 1.4 10 10 3296.0 48 26 0.9
2  t1 1.6 0.1 18.8 0.2 1.4 23 13 3939.0 65 11 0.9
3  t1 1.4 0.1 14.7 0.1 1.1 29 13 4187.4 62 45 0.9
4  t2 1.9 0.3 12.3 0.2 1.2 22 22 3980.0 81 37 0.8
5  t2 2.4 0.3 15.5 0.1 1.2 17 21 4488.0 87 41 0.7
6  t2 2.0 0.2 11.1 0.1 1.0 22 21 2919.0 62 15 0.9
7  t3 1.9 0.2 11.4 0.2 1.1 14 21 3321.0 78 12 0.8
8  t3 2.0 0.2 13.7 0.2 0.9 33 23 3612.0 80 11 0.7
9  t3 2.4 0.2 11.2 0.1 1.8 13 19 2919.0 73 2 1.1

> VR=P
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2    0.3 0.7513
      6

> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
Shapiro-Wilk normality test
data: res
W = 0.8345, p-value = 0.05016

> VR=K
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2    1 0.4219
      6

> b=aov(VR~Trat)
```

```

> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.7282, p-value = 0.003027

> VR=Ca
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.1557 0.8591
      6

> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.8408, p-value = 0.05896

> VR=Mg
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df  F value Pr(>F)
group 2 7.394e-32    1
      6

> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.8511, p-value = 0.07663

> VR=S
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)

```

```

group 2 0.8269 0.4817
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.916, p-value = 0.3601

> VR=B
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
      Df F value Pr(>F)
group 2 0.4263 0.6713
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9629, p-value = 0.8284

> VR=Cu
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
      Df F value Pr(>F)
group 2 0.5 0.6297
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9268, p-value = 0.4513

> VR=Fe
> library(car)

```

```

> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.4908 0.6347
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
  Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9555, p-value = 0.7498

> VR=Mn
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.5247 0.6166
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
  Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9221, p-value = 0.4098

> VR=Zn
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.57 0.5934
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
  Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9521, p-value = 0.7127

```

```

> VR=Na
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2    1.5 0.2963
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
  Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9216, p-value = 0.4056

> a=read.table("exp2.txt",h=T)
> attach(a)
> a
  trat NH4+ NO3-
1  1  33 333
2  1  33 433
3  1  33 467
4  2  33 133
5  2  33 167
6  2  33 100
7  3  33  67
8  3  33  33
9  3  33 100

> VR=NH4+
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
  Shapiro-Wilk normality test

```

```

data: res
W = 0.7282, p-value = 0.003027

> VR=NO3-
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.4488 0.6582
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
  Shapiro-Wilk normality test
data: res
W = 0.9489, p-value = 0.6778

> a=read.table("exp3.txt",h=T)
> attach(a)
> a
  trat   C  M.O
1   1 460.41 920.8
2   1 405.17 810.3
3   1 363.74 727.5
4   2 405.17 810.3
5   2 383.07 766.1
6   2 399.65 799.3
7   3 391.36 782.7
8   3 396.88 793.8
9   3 432.79 865.6

> VR=C
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  1.1777 0.3703
      6
> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals

```

```

> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9666, p-value = 0.8642

> VR=M.O
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  1.1771 0.3705
      6

> b=aov(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9667, p-value = 0.8647

> a=read.table("exp4.txt",h=T)
> attach(a)
> a
  trat C.AH C.AF
1  1  3.5  3.6
2  1  3.3  3.2
3  1  3.0  2.2
4  2  7.8  3.9
5  2  7.8  4.2
6  2  7.8  4.4
7  3  7.8  3.9
8  3  7.8  4.4
9  3  7.8  4.3

> VR=C.AH
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  3.5714 0.09514 .
      6

> b=aov(VR~Trat)

```

```

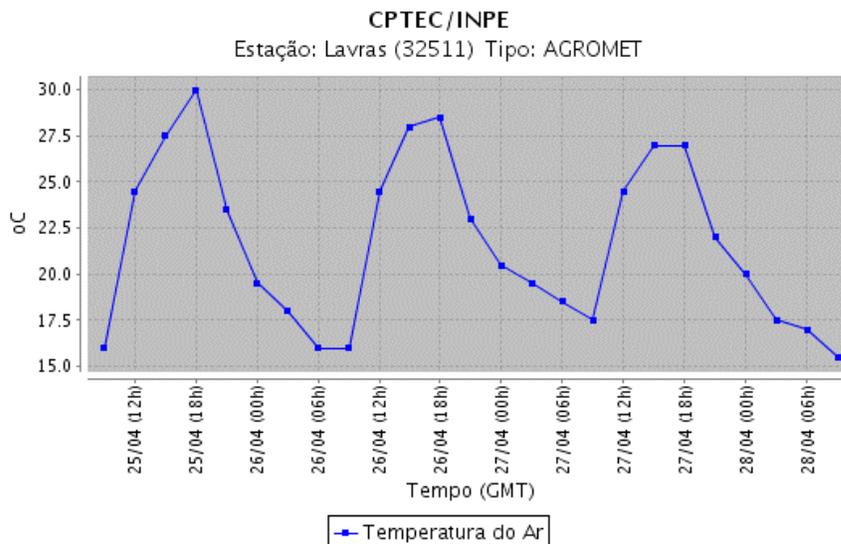
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
    Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.7351, p-value = 0.003639

> VR=C.AF
> library(car)
> levene.test(VR,Trat)
Levene's Test for Homogeneity of Variance
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.8437 0.4754
      6

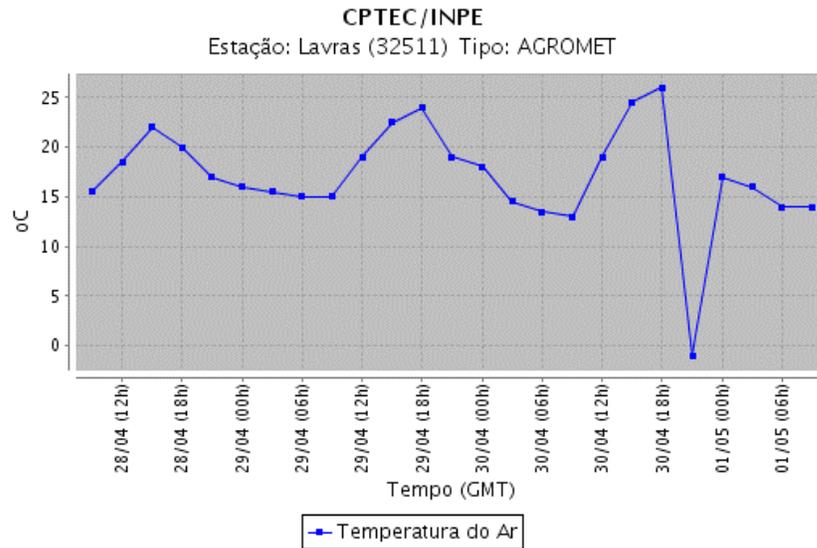
> b=aoV(VR~Trat)
> attach(b)
> res=residuals
> shapiro.test(res)
    Shapiro-Wilk normality test
data:  res
W = 0.9351, p-value = 0.5318

```

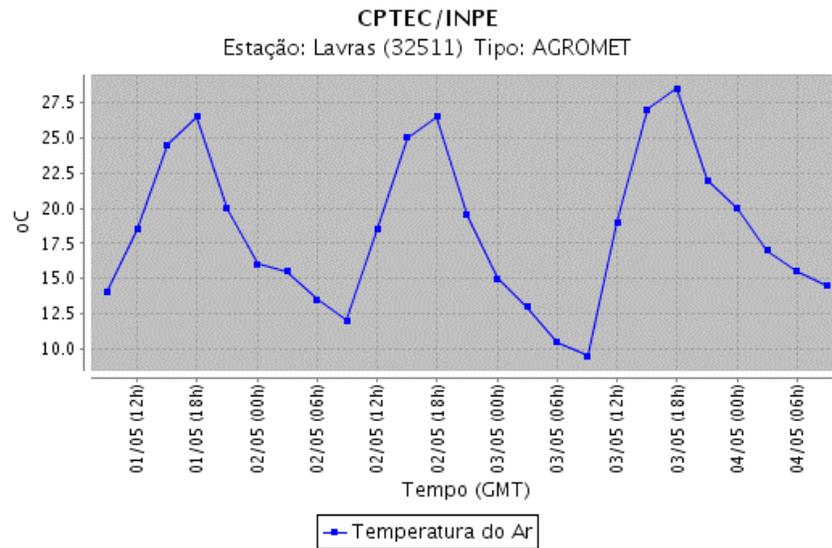
2B. Gráfico da temperatura média diária, de 25 a 28 de abril de 2007



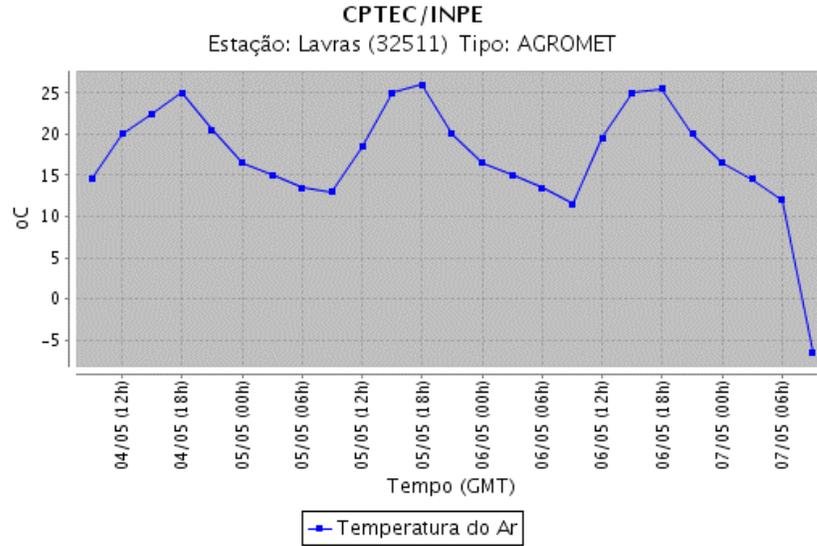
3B. Gráfico da temperatura média diária, de 28 de abril a 1º de maio de 2007



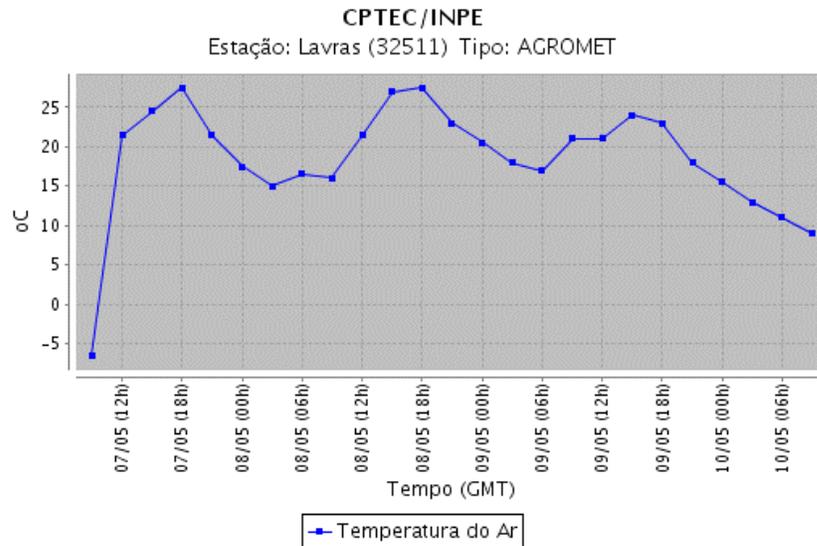
4B. Gráfico da temperatura média diária, de 1º a 4 de maio de 2007



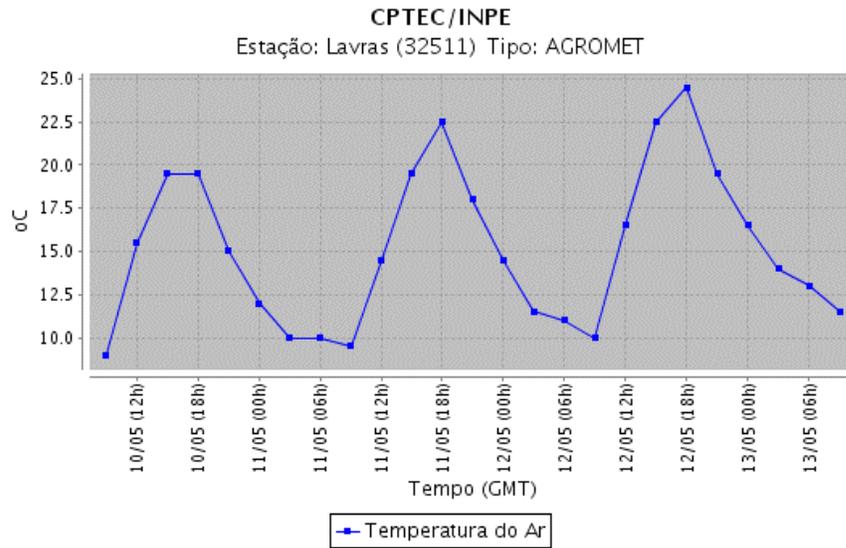
5B. Gráfico da temperatura média diária, de 4 a 7 de maio de 2007



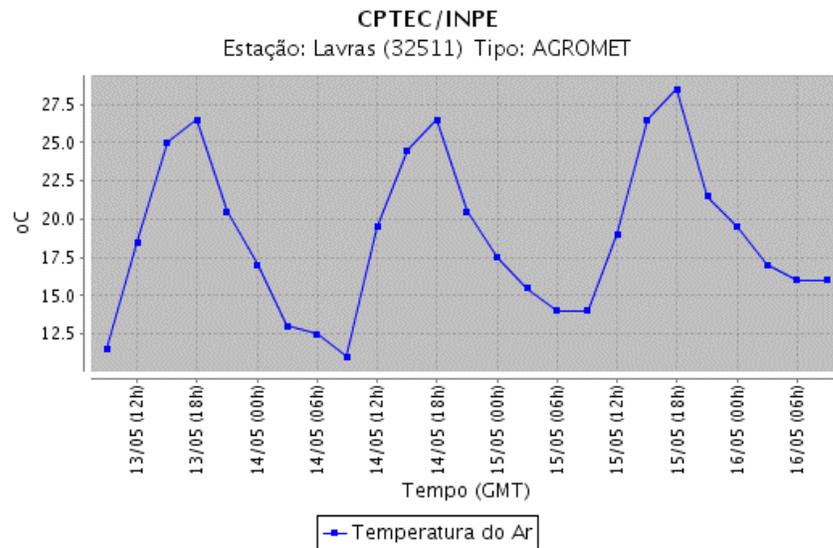
6B. Gráfico da temperatura média diária, de 7 a 10 de maio de 2007



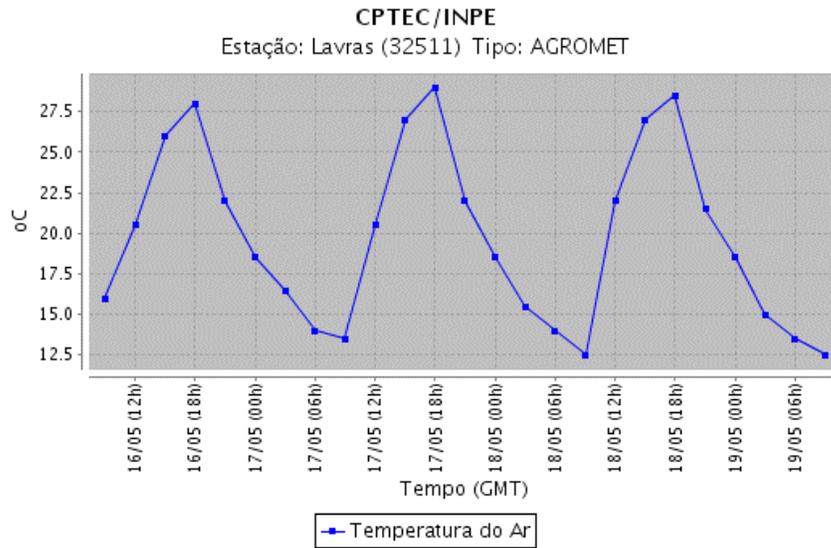
7B. Gráfico da temperatura média diária, de 10 a 13 de maio de 2007



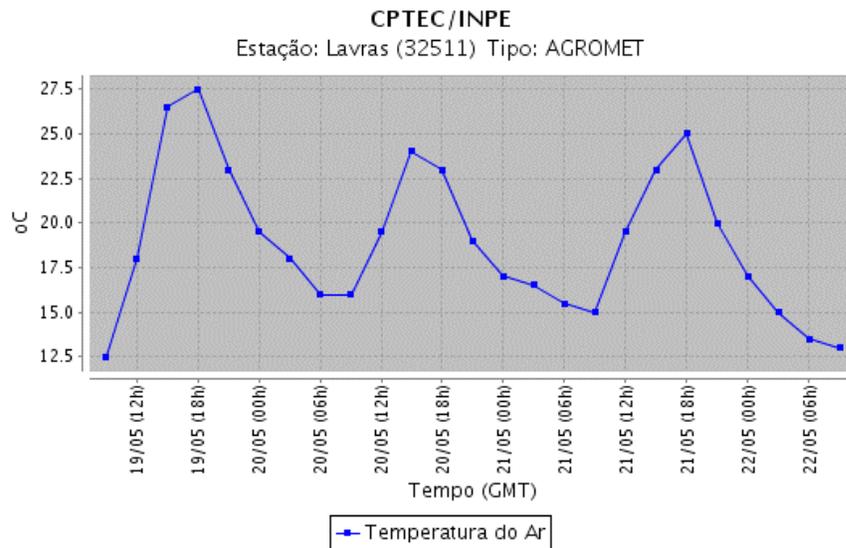
8B. Gráfico da temperatura média diária, de 13 a 16 de maio de 2007



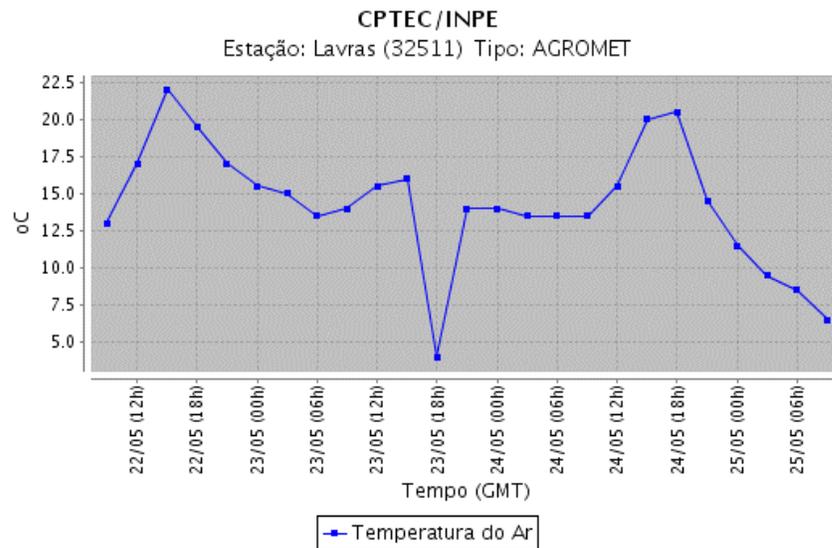
9B. Gráfico da temperatura média diária, de 16 a 19 de maio de 2007



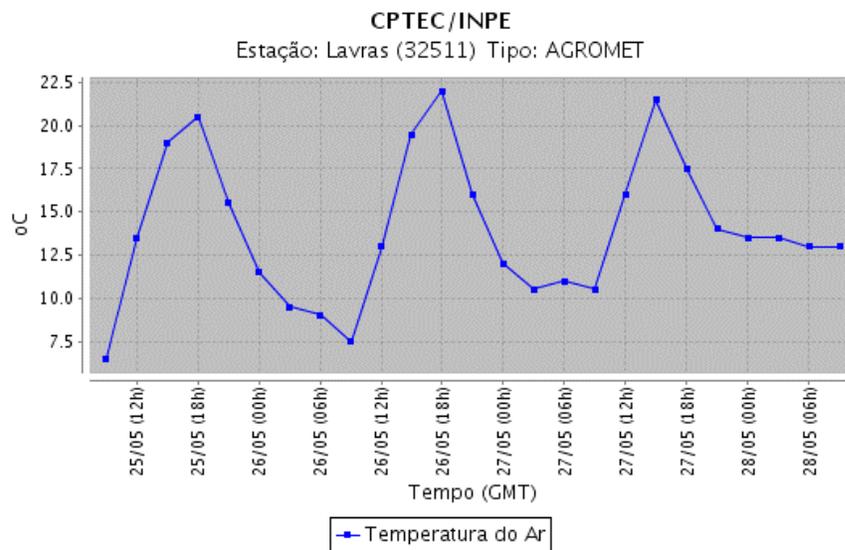
10B. Gráfico da temperatura média diária, de 19 a 22 de maio de 2007



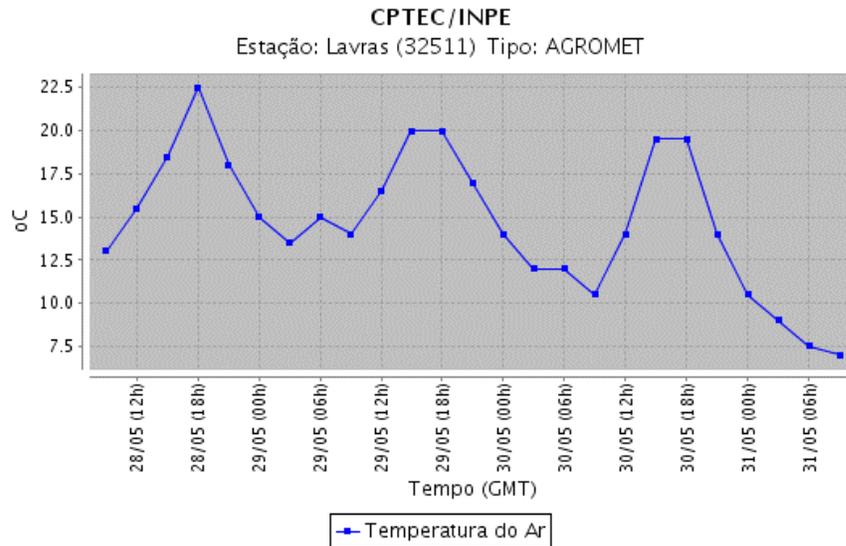
11B. Gráfico da temperatura média diária, de 22 a 25 de maio de 2007



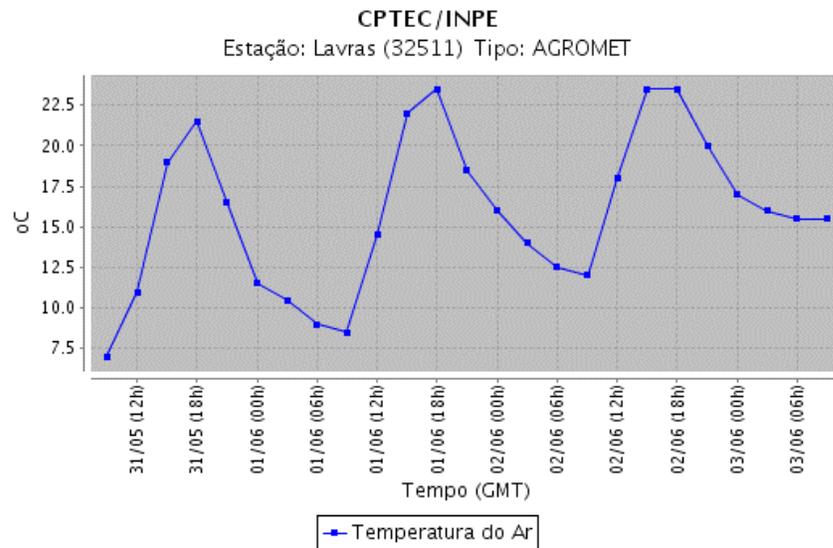
12B. Gráfico da temperatura média diária, de 25 a 28 de maio de 2007



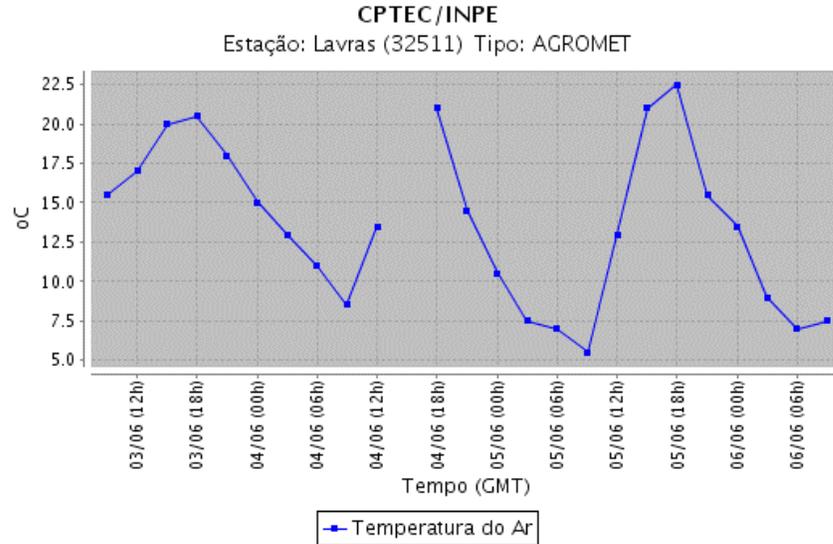
13B. Gráfico da temperatura média diária, de 28 a 31 de maio de 2007



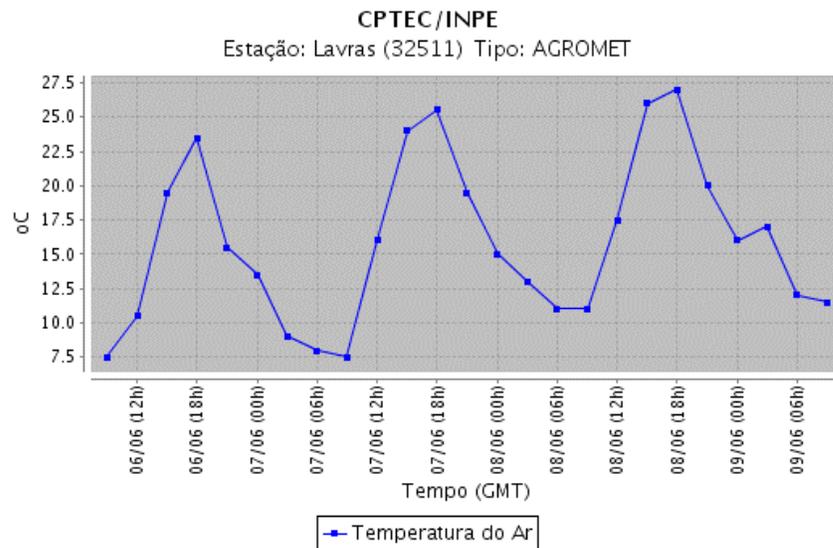
14B. Gráfico da temperatura média diária, de 31 de maio a 3 de junho de 2007



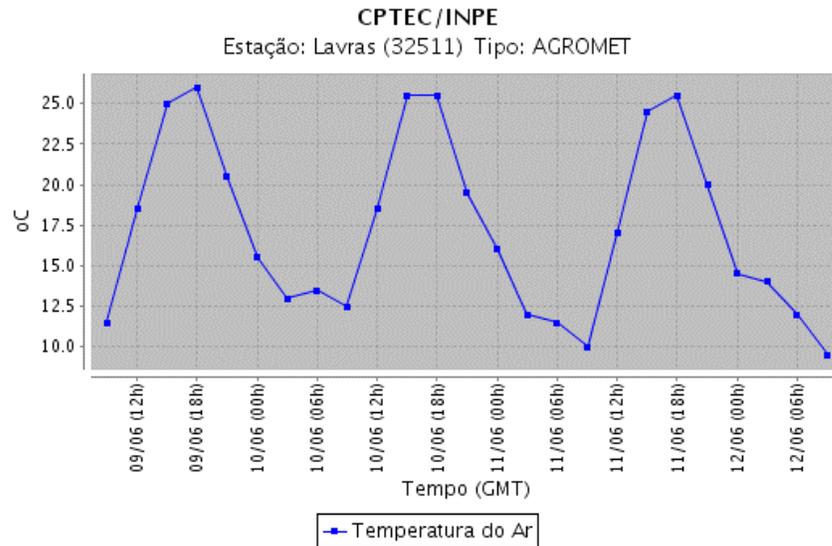
15B. Gráfico da temperatura média diária, de 3 a 6 de junho de 2007



16B. Gráfico da temperatura média diária, de 6 a 9 de junho de 2007



17B. Gráfico da temperatura média diária, de 9 a 12 de junho de 2007



18B. Gráfico da temperatura média diária, de 12 a 15 de maio de 2007

