

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÕES PRODUTIVA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE
SISTEMAS CONVENCIONAL, ORGÂNICO E BIODINÂMICO DE
CULTIVO DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*)**

RAQUEL FABBRI RAMOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Março - 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÕES PRODUTIVA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE
SISTEMAS CONVENCIONAL, ORGÂNICO E BIODINÂMICO DE
CULTIVO DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*)**

RAQUEL FABBRI RAMOS

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. MARISTELA SIMÕES DO CARMO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. FRANCISCO LUIZ ARAÚJO CÂMARA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Março - 2004

Não te deixes destruir...

Ajuntando novas pedras

Recria tua vida, sempre, sempre.

Remove pedras e planta roseiras e faz doce.

Recomeça.

Cora Coralina

**Dedico aos meus filhos
Eduardo e Guilherme**

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Maristela Simões do Carmo pela orientação segura e encorajadora nos momentos cruciais desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Francisco Luiz Araújo Câmara pela co-orientação.

À Administração Central do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, em especial ao professor Almério Melquíades de Araújo, pela oportunidade sem a qual não seria possível esta dissertação.

Aos professores Mauro Vianello Pinto, Ângelo Cataneo, Osmar Carvalho Bueno, Roberto Lyra Vilas Boas, Marco Biagioni e Waldemar Venturini pelas sugestões e valiosas contribuições.

À Deborah Castro Hermínio pelo grande auxílio na condução do experimento, orientação nas questões biodinâmicas e pela amizade.

Ao Eduardo, Maria, Pedro, Edmilson, S. José e funcionários da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, os quais tornaram possível a instalação e condução da área experimental.

Ao Ciro e à Carolina Croce pela grande amizade e apoio.

À Centroflora que disponibilizou os materiais para a compostagem.

Ao aluno de graduação Reinaldo pelo auxílio na condução do experimento.

Aos colegas do Curso de Pós-graduação pelo convívio e aprendizado, especialmente à Ana Maria Gomes do IPMET – Bauru.

Aos funcionários do Departamento de Horticultura, Edivaldo Matos Almeida e Fernando, pela colaboração no preparo das amostras, análises e tabelas de resultados.

Ao CERAT, nas pessoas do Dr. Cláudio Cabello, Marcelo e Fábio Iachel da Silva pelo empenho na realização das análises.

Ao Laboratório de Solos, nas pessoas do Prof. Dr. Leonardo T. Büll, De Pieri, Eder e Maurício, pela realização das análises.

Ao Roberto do Centro de Informática na Agricultura (CINAG).

À secretária do Curso de Energia, Rosângela, que sempre prontamente auxiliou nos encaminhamentos necessários.

Aos funcionários da Biblioteca Paulo Carvalho de Mattos da FCA.

Ao Mussarela da Horta & Arte e à Paula, Renato e Zuco da Santo Onofre, pelas informações prestadas.

À Yara Carvalho e ao Waldemar Pires de Camargo do IEA, ao Moacir Doretto do IAPAR, ao João Bosco da EMATER-DF, pelas informações prestadas.

Às funcionárias Marilena, Jaqueline e Marlene da seção de Pós-graduação, pela competência, gentileza e atenção que sempre demonstraram.

Aos funcionários do Centro Paula Souza e à equipe da CETEC, especialmente à Kazumi, Maria Lúcia, Silvana, Doroti, Neyde, Reginas, Dalva, Vera, Júlia, Solange, Eva, Ivone, Sheyla, Laura, Heméritas, Risso, Soely, Sebastião, Daniel, Magali, Beth, Valéria, Fernanda, Kátia, Márcia, Renata, Eliane, Elenice e Raquel que me ouviram e auxiliaram muito. Aos estagiários Thyago, Luiz, Neffertite, Arlindo e Fábio, pela colaboração.

À minha querida avó, que tem um jeitinho e uma bondade invejável nos seus noventa anos e que formou nossa grande e ótima família, sempre a me apoiar.

À minha mãe e às minhas irmãs Marta, Selma e Rutinha pelo amor incondicional. Aos meus sobrinhos e cunhados que me alegram com sua convivência.

Ao meu pai, com saudade, pelo exemplo e por me ensinar a acreditar em mim e a lutar sempre por um mundo melhor.

Aos meus filhos, que, de repente, vejo terem se tornado bons homens.

À Zefinha com quem venho contando há muitos anos, dividindo as tarefas domésticas, sobrando mais tempo para meu trabalho profissional.

Às grandes amigas Laura e Márcia, que estão desde sempre comigo.

À D. Mira, que consegue ser uma ótima sogra e, assim, uma amiga.

Ao Dr. Miller e aos amigos Fernando, Vera, Marcelo, Paulo, Vânia e Mara, pelos ensinamentos, descobertas, vivências e trocas muito valiosas para a minha vida toda.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| LISTA DE TABELAS..... | VIII |
| LISTA DE FIGURAS..... | X |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | XI |
| 1. RESUMO..... | 1 |
| SUMMARY..... | 3 |
| 2. INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 3. OBJETIVOS..... | 7 |
| 3.1. Geral..... | 7 |
| 3.2. Específicos..... | 7 |
| 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 8 |
| 4.1. A espécie <i>Ipomoea batatas</i> | 8 |
| 4.1.1. Introdução..... | 8 |
| 4.1.2. Origem e botânica..... | 10 |
| 4.1.3. Composição..... | 10 |
| 4.1.4. Sistema de produção..... | 12 |
| 4.1.5. Qualidade..... | 14 |
| 4.2. Cultivo orgânico..... | 15 |
| 4.2.1. Introdução..... | 15 |
| 4.2.2. Elaboração de composto..... | 18 |
| 4.2.3. Características e benefícios do composto orgânico..... | 19 |
| 4.2.4. Resultados de pesquisa com compostos..... | 20 |
| 4.3. Considerações sobre cultivo biodinâmico..... | 24 |
| 4.3.1. Princípios..... | 24 |
| 4.3.2. Caracterização dos preparados biodinâmicos..... | 25 |
| 4.3.3. Resultados de pesquisas..... | 27 |
| 4.4. Análise econômica comparativa dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção..... | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5. Análise energética..... | 28 |
| 4.5.1. Fundamentos da análise eco-energética..... | 28 |
| 4.5.2. Elementos de avaliação energética..... | 31 |
| 4. 5.3. Metodologia de Análise energética..... | 33 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS..... | 34 |
| 5.1. Local..... | 34 |
| 5.2. Propágulos..... | 34 |
| 5.3. Amostras de solo..... | 35 |
| 5.4. Tratamentos..... | 35 |
| 5.5. Preparo dos compostos..... | 36 |
| 5.6. Preparo do solo e plantio..... | 37 |
| 5.7. Tratos culturais..... | 38 |
| 5.8. Colheita..... | 38 |
| 5.9. Armazenamento..... | 40 |
| 5.10. Características avaliadas..... | 40 |
| 5.10.1. Relativas aos compostos orgânicos..... | 40 |
| 5.10.2. Relativas às plantas..... | 41 |
| 5.10.3. Relativas ao solo..... | 41 |
| 5.10.4. Relativas à qualidade, na colheita e após 30 dias de armazenamento. | 41 |
| 5.10.5. Análise econômica comparativa dos sistemas orgânico, convencio- | |
| nal e biodinâmico de produção..... | 41 |
| 5.10.6. Relativas à avaliação energética..... | 42 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 44 |
| 6.1. Análises físico-químicas do solo..... | 44 |
| 6.2. Compostos utilizados..... | 46 |
| 6.3. Análise da parte aérea (folhas) e raízes da batata-doce..... | 47 |
| 6.3.1. Peso da parte aérea e das raízes..... | 47 |
| 6.3.2. Teores de macro e micronutrientes nas folhas..... | 49 |
| 6.3.3. Teores de macro e micronutrientes nas raízes na colheita e após 30 | |
| dias de armazenamento..... | 51 |
| 6.3.4. Teores de umidade, amido, açúcares solúveis totais e açúcares redu- | |
| tores em raízes na colheita e 30 dias após..... | 53 |
| 6.3.5. Comparações entre a composição das raízes obtidas no experimen- | |
| to e a literatura..... | 55 |
| 6.4. Análise econômica..... | 57 |
| 6.5. Análise energética..... | 64 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 70 |
| 8. CONCLUSÃO..... | 72 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |
| 10. ANEXOS..... | 80 |
| Anexo I..... | 81 |
| Anexo II..... | 84 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela | Página |
|---|--------|
| 1. Composição média de 100g de matéria fresca de batata-doce..... | 10 |
| 2. Composição química de 100g de raiz de batata-doce crua..... | 11 |
| 3. Composição e valor energético de batata-doce..... | 11 |
| 4. Caracterização físico-química de batata-doce em gramas por 100 gramas de matéria seca..... | 11 |
| 5. Principais minerais encontrados em raízes de batata-doce..... | 11 |
| 6. Composição de batata-doce por 100 gramas..... | 12 |
| 7. Área de produção orgânica certificada no mundo..... | 17 |
| 8. Desenvolvimento da batata-doce em função de 4 tipos de compostos, 1993/94..... | 21 |
| 9. Teores de macro e micronutrientes em folhas de batata-doce aos 150 dias após plantio, 1993/94, INCAPER..... | 22 |
| 10. Formas de aplicação de composto orgânico na batata-doce – Talhão 09, 1994, INCAPER..... | 22 |
| 11. Média de rendimentos comerciais de espécies em sistema orgânico ao longo de 10 anos, INCAPER, 2000..... | 22 |
| 12. Custos de produção comparativos para 1 ha de diversos cultivos em sistema orgânico e convencional, INCAPER, 1995..... | 23 |
| 13. Participação relativa dos diversos fatores nos custos de produção em dois sistemas de cultivo, INCAPER, 1995..... | 23 |
| 14. Consumo de fertilizantes e de energia em 1972..... | 31 |
| 15. Aumento de produção de espécies em função do nitrogênio aplicado e suas relações..... | 32 |
| 16. Plantas medicinais que deram origem aos resíduos utilizados na pilha de compostagem, Botucatu, 2003..... | 37 |
| 17. Análise química do solo do local do experimento, Botucatu, 2003..... | 44 |
| 18a. Análise química de solo por ocasião da colheita, Botucatu, 2003..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 18b. Análise de micronutrientes no solo por ocasião da colheita, Botucatu, 2003..... | 46 |
| 19. Análise física de solo por ocasião da colheita, Botucatu, 2003..... | 46 |
| 20. Composição de macronutrientes (N em %, demais em g/kg) e micronutrientes (ppm) nos compostos orgânico e biodinâmico, por ocasião de sua utilização como fertilizantes nos respectivos tratamentos..... | 47 |
| 21. Peso de parte aérea (peso verde) e de raízes (peso fresco) de batata-doce sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 48 |
| 22. Produção (kg/parcela), teores de N (g/100g massa fresca) e teores de N (kg/parcela) extraído pelas plantas e fornecido pelos adubos em folhas e raízes de batata-doce, Botucatu, 2003..... | 49 |
| 23. Teores de macronutrientes (g/100g de massa seca) em folhas de batata-doce, sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 50 |
| 24. Teores de micronutrientes (mg/100g de massa seca) em folhas de batata-doce, sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 50 |
| 25. Teores de N, P e K (g/100g de massa seca) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 52 |
| 26. Teores de Ca, Mg e S (g/100g de massa seca) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 52 |
| 27. Teores de B, Mn e Fe (ppm de massa seca) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 53 |
| 28. Teores de Umidade e Amido (%) na massa seca de raízes de batata-doce na colheita, e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 54 |
| 29. Teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores (%) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção, Botucatu, 2003..... | 55 |
| 30. Coeficientes técnicos e custo de produção de um hectare de batata-doce em cultivo convencional, Botucatu, 2003..... | 58 |
| 31. Coeficientes técnicos e custo de produção de um hectare de batata-doce em cultivo biodinâmico, Botucatu, 2003..... | 59 |
| 32. Coeficientes técnicos e custo de produção de um hectare de batata-doce em cultivo orgânico, Botucatu, 2003..... | 60 |
| 33. Resumo da Análise de Rentabilidade Econômica para 1 hectare para os sistemas convencional, biodinâmico e orgânico, Botucatu, 2003..... | 62 |
| 34. Coeficientes energéticos utilizados no cálculo da Energia Injetada e Final no cultivo de batata-doce em sistemas convencional, biodinâmico e orgânico, Botucatu, 2003..... | 64 |
| 35. Quantificação e classificação energética dos sistemas de cultivo convencional, biodinâmico e orgânico de um hectare de batata-doce, Botucatu, 2003..... | 65 |
| 36. Composição percentual por tipos de Energia Injetada nos sistemas de cultivo convencional, biodinâmico e orgânico de batata-doce em um hectare, Botucatu, 2003..... | 67 |
| 37. Indicadores de eficiência energética dos três sistemas de cultivo convencional, biodinâmico e orgânico de batata-doce em um hectare, Botucatu, 2003..... | 69 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|--------|
| 1. Produção de energia a partir de algumas espécies em Mega Joules por ha por dia..... | 9 |
| 2. Adubos orgânicos e seus efeitos químicos e biológicos. | 20 |
| 3. Evolução dos teores de fósforo em solos submetidos a manejo orgânico durante dez anos, obtidos pela INCAPER..... | 21 |
| 4. Posicionamento dos preparados biodinâmicos na pilha de compostagem..... | 26 |
| 5. Fluxo de energia no cultivo de milho em sistema convencional..... | 32 |
| 6. Penteamento das ramas de batata-doce, 2003..... | 39 |
| 7. Colheita das parcelas, 2003..... | 39 |
| 8. Raízes armazenadas após a colheita,2003..... | 40 |

LISTA DE GRÁFICOS

| Gráfico | Página |
|--|--------|
| 1. Peso da parte aérea e de raízes de batata-doce sob sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção, Botucatu 2003..... | 48 |
| 2. Teores de umidade e amido (%) em raízes de batata-doce na colheita e 30 dias após a colheita (dac), em função do trat. 40 kg/ha de N nos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção, Botucatu, 2003..... | 56 |
| 3. Teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores (%) em raízes de batata-doce na colheita e 30 dias após a colheita (dac), em função do trat. 40 kg/ha de N nos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção, Botucatu, 2003..... | 56 |
| 4. Receitas líquidas (R\$) dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção de batata-doce, Botucatu, 2003..... | 63 |
| 5. Quantificação energética dos sistemas de cultivo orgânico, biodinâmico e convencional de produção da batata-doce, Botucatu, 2003..... | 66 |
| 6. Composição percentual por tipos de Energia Injetada nos sistemas de cultivo orgânico, biodinâmico e convencional da produção da batata-doce, Botucatu, 2003..... | 66 |
| 7. Eficiência energética – (Energia Final/Energia Injetada) dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção da batata-doce, Botucatu, 2003..... | 68 |
| 8. Eficiência Energética – Saldo de Energia (Mcal/ha) dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção da batata-doce, Botucatu, 2003..... | 68 |

1. RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é a sexta hortaliça mais plantada no Brasil, e sua importância econômica e social é resultante da sua rusticidade, ampla adaptação climática e elevada capacidade de produção de energia em curto espaço de tempo. Para se avaliar distintas alternativas de sua produção a partir do uso de insumos de baixo custo, que não causem dependência econômica dos agricultores e que não agridam o meio ambiente, foi conduzido experimento cujos resultados possibilitaram informações quanto aos aspectos agrônômicos, de pós-colheita, econômicos e energéticos.

Neste contexto, a espécie foi submetida a tratamentos de adubação com nitrogênio(N), fósforo (P) e potássio(K) (1000 kg por ha de 4-14-8 - tratamento convencional) e compostos orgânico e biodinâmico, em doses que supriram 20, 30, 40, 50 e 60 kg/ha de N (tratamentos orgânicos e biodinâmicos). Foram avaliadas as características de produção (peso da parte aérea e de raízes), composição, análises econômica e energética comparativas entre os três sistemas de produção.

O composto biodinâmico apresentou maiores teores de nutrientes em relação ao orgânico, mesmo tendo sido feito com os mesmos materiais. Não houve diferenças entre os três sistemas de cultivo para produção de parte aérea (folhas) e para produção de raízes, o tratamento que apresentou maior peso foi o biodinâmico 2 (30 kg de N por hectare) e os piores tratamentos foram os orgânicos 1, 2 e 5. O melhor valor nutricional, considerando-se o teor de amido foi proporcionado pelos tratamentos biodinâmicos. Após 30 dias de armazenamento, os melhores foram os orgânicos e biodinâmicos. Nos aspectos econômico e

energético, os sistemas orgânico e biodinâmico apresentaram maiores rentabilidades, melhores eficiências energéticas e maiores saldos de energia por área, e dependeram menos da energia industrial e mais da biológica.

PRODUCTIVE, ECONOMICAL AND ENERGETIC COMPARISONS AMONG CONVENTIONAL, ORGANIC AND BIODYNAMIC CROPPING SYSTEMS OF SWEET POTATO (*Ipomoea batatas*).

Botucatu, 2003. 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Author: RAQUEL FABBRI RAMOS

Adviser: MARISTELA SIMÕES DO CARMO

Co-Adviser: FRANCISCO LUIZ ARAÚJO CÂMARA

SUMMARY

The sweet potato (*Ipomoea batatas*) is the sixtieth vegetable cultivated in Brazil and its social and economic importance is the result of its rusticity, further climatic adaptation and high capacity of producing energy in a short space of time.

A field trial was carried out to evaluate alternative cropping systems using low inputs, with no economic dependence and not environment damage. This way, the specie was submitted to three fertilizations systems: conventional with nitrogen, phosphorus and potassium (1000kg/ha 4-14-8), organic and biodynamic utilizing organic and biodynamic composts with nitrogen levels of 20, 30, 40, 50 and 60 kg/ha.

There were evaluated leaves and roots production, composition, economic and energy analyses among the three cropping systems. The biodynamic compost presented the better nutrients levels, although the original material was the same of the organic one. There weren't differences among the treatments about the leaves weight production. The higher weight roots production was obtained with the biodynamic 2 (30 kg of N/ ha) and the worst ones were organic 1, 2 and 5. The better nutritional value of starch was obtained under the biodynamic treatments and the organics and biodynamics after 30 days of storage.

The organic and biodynamic systems should be preferred because of their social and environmental benefits.

The organic and biodynamic systems presented higher economical rentabilities, better energetic efficiencies and higher energy rates, with less dependence on industrial energy and more on biological energy.

Keywords: Sustainable agriculture; organic and biodynamic systems; economical and energetic analyses; sweet potato.

2. INTRODUÇÃO

O planeta terra passa, hoje, por profundas mudanças quanto às suas características climáticas e, sem dúvida, muitas destas alterações têm sua origem no mau uso dos recursos naturais, principalmente decorrentes das atividades agropecuárias.

Uma das atuais vertentes filosóficas, mas também pragmáticas, de agricultura chamada sustentável, orgânica, agroecológica ou natural, preconiza a moderação no uso dos recursos naturais, e não o faz apenas em relação aos insumos, mas também recomenda adequação da produção de alimentos às condições locais de clima. Assim, trabalhar a eficiência energética em todos os passos da atividade agrícola torna-se um imperativo ao se almejar a sustentabilidade do labor agrário, do meio ambiente e do planeta, ao final.

Ao se considerar as espécies alimentícias é fácil perceber o grande potencial daquelas de origem tropical, que produzem raízes e tubérculos. São rústicas, agronomicamente precoces e constituem importante fonte de energia e proteínas. Dentre as várias opções com estas características destaca-se a batata-doce (*Ipomoea batatas*) que é a Sexta hortaliça mais plantada no Brasil (Silva et al, 2002). Seu cultivo orgânico reveste-se de importância prática, principalmente pela quase inexistência de problemas fitossanitários.

Elaborando-se uma ponte entre a espécie e o sistema de produção, com vistas à economia de recursos e, ao mesmo tempo, ao melhor aproveitamento energético do processo produtivo, deve-se considerar o uso de insumos naturais, passíveis de obtenção dentro do próprio organismo agrícola, como é o caso do composto orgânico. E ainda, com o

objetivo de se maximizar a eficiência deste complexo planta-insumo-ambiente, pode-se utilizar as propriedades inerentes aos preparados biodinâmicos, substâncias elaboradas a partir de produtos naturais, sob os mesmos procedimentos utilizados para a elaboração dos medicamentos homeopáticos, ou seja, diluição e dinamização.

Desta forma, cultivando uma espécie rústica e com grande produção de energia por área (batata-doce), com o uso de insumos de baixo impacto ambiental (composto orgânico) e aproveitando o efeito dos preparados biodinâmicos, buscou-se avaliar o potencial de um sistema de produção de alimentos ecologicamente apropriado, economicamente viável e agronomicamente adaptável.

Ao comparar os sistemas orgânicos e biodinâmicos com o sistema convencional teve-se como hipótese que, aqueles são energeticamente mais eficientes, economicamente mais rentáveis e, na composição nutricional, mais ricos.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Comparar os sistemas convencional (1000 kg de N/ha de NPK 4-14-8), orgânico e biodinâmico (compostos orgânico e biodinâmico com 20, 30, 40 50 e 60 kg de N/ha) de produção de batata-doce quanto à produtividade e à qualidade do produto colhido, analisar as raízes em pós-colheita e analisar econômica e energeticamente esses processos de produção.

3.2. Específicos

- a) Avaliar produtividade e qualidade de raízes de batata-doce em função dos sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção.
- b) Avaliar as características físicas e químicas do solo em função dos sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção.
- c) Realizar análises de macronutrientes e micronutrientes nas raízes e folhas de batata-doce e de amido, proteínas, umidade, açúcares solúveis totais e açúcares redutores nas raízes por ocasião da colheita e após 30 dias de armazenamento.
- d) Elaborar análise econômica comparativa entre os sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção.
- e) Elaborar análise energética calculando a relação entre energia injetada e produzida e o saldo de energia entre os sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. A espécie *Ipomoea batatas*

4.1.1. Introdução

A batata doce (*Ipomoea batatas*) é uma planta de grande rusticidade de cultivo, de fácil manutenção, boa adaptação, alta tolerância à seca e baixo custo de produção. Também é uma das maiores produtoras de calorías por área por tempo (kcal/ha/dia) e de fácil transporte e armazenamento. (Miranda et al, 1987).

Algumas variedades (como a IAPAR 69) são mais ricas em carotenóides, comparando-se às melhores cenouras e são transformados no organismo humano em vitamina A, que é a vitamina de maior carência no Brasil (IAPAR, 1993).

Embora com todas estas qualidades, o cultivo de batata doce está em declínio nas últimas décadas no Brasil, passando de 160 mil para cerca de 80 mil hectares por ano de área cultivada nas décadas de 70 a 80 e, estava por volta de 500 mil toneladas anuais em uma área de 48 mil ha no ano 2000 (Silva et al 2002).

O principal país produtor é a China, com 100 milhões de toneladas (Woolfe, 1992 e FAO, 2001 apud Silva et al 2002).

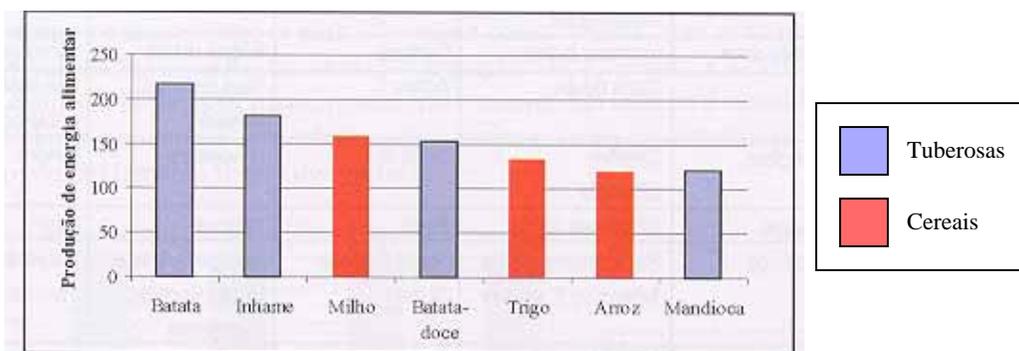
É uma cultura tropical, onde vive a maior proporção da população pobre, constituindo-se em alimento humano, animal, além de matéria prima para a indústria (farinha, amido e até álcool). Tem sido cultivada, predominantemente, pelos agricultores familiares, visando o consumo principalmente na primeira refeição, na forma de raízes

cozidas, assadas ou fritas. Nos últimos tempos foi substituída pelo pão e por hortaliças de mais fácil preparo e atratividade, como batata, cenoura e tomate (Silva et al 2002).

O rendimento médio nacional é menor que 10 toneladas (t) por hectare(ha), (500 caixas por ha), enquanto que se pode obter produtividades superiores a 22 t/ha quando se utiliza tecnologias como cultivar adequada, época de plantio e, principalmente, irrigação. O declínio da produção e o baixo rendimento da espécie são conseqüências de ser um cultivo de atividade familiar, não apresentando estruturas adequadas de produção e de comercialização, cultivada como cultura marginal (Silva et al 2002).

Sabe-se que as tuberosas são eminentemente calóricas e rústicas, e, portanto, capazes de fornecer energia para populações carentes, sendo considerados alimentos de subsistência. Na Figura 1 é apresentado gráfico com a produção de caloria alimentar por cultivo de cereais e de tuberosas em Mega Joules⁽¹⁾ por hectare por dia (Mj joules/ha/dia), sendo que se deve considerar que os cereais apresentam alto rendimento por área devido ao seu baixo teor de umidade na colheita.

Figura 1. Produção de energia a partir de algumas espécies em Mega Joules por ha por dia.



Fonte: Scott et al. apud CEREDA (coord), v. 2, 2002.

Por ser facilmente cultivada, pelo seu grande valor energético e nutricional e pela tradição cultural das populações, deve haver incentivo para pesquisas e plantio da espécie. Trata-se de uma espécie adequada para a produção de alimento de baixo custo, para pequenos agricultores e de produção sustentável, pois quase não necessita de defensivos ou outros insumos para uma boa produtividade.

(1) 1 Mega Joule é igual a 10^6 Joule, e 1 caloria igual a 4,18 Joule

4.1.2. Origem e botânica

A batata-doce é originária das Américas Central e do Sul, desde o Peru até o México. Sua introdução na Europa foi feita por Cristóvão Colombo e depois migrou para a Índia, China, Japão, e demais regiões do globo. A espécie *Ipomoea batatas* pertence à família *Convolvulaceae*. Trata-se de planta de caule herbáceo, ramificado, com crescimento indeterminado. Possui flores bissexuadas e frutos do tipo cápsula que contêm de uma a quatro sementes, mas estas somente têm interesse para melhoramento genético e produção de novos cultivares. As folhas são grandes, geralmente recortadas e com pecíolo. Nas suas axilas existem gemas que podem dar origem a raízes adventícias e tuberosas. Os caules, com 6 a 10 gemas axilares, são usados para a reprodução da planta, em cultivos comerciais. As raízes são divididas entre absorventes (adventícias) e acumuladoras de reserva (tuberosas). As absorventes são bem ramificadas e finas, e as de reserva ou tuberosas, possuem epiderme e polpa que se constituem na parte comercializada.

4.1.3. Composição

A batata-doce é um alimento energético, que ao ser colhida possui como componente principal o amido, com um total de 85 % de carboidratos em 30% de matéria seca. As raízes possuem cerca de 30% de massa seca, ricas em carboidratos, vitaminas C e B (algumas cultivares em vitamina A) e fibras conforme indicam as Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. (Silva et al, 2002; Cereda, 2002, Franco, 1996).

Segundo Miranda (1995) citado por Silva et al (2002), durante o armazenamento parte do amido se converte em açúcares solúveis, atingindo de 13,4 a 29,2% de amido e de 4,8 a 7,8% de açúcares reductores totais.

Tabela 1. Composição média de 100g de matéria fresca de batata-doce.

| | |
|---------------------|---------|
| Umidade | 70% |
| Carboidratos totais | 26,1g |
| Proteína | 1,5g |
| Lipídeos | 0,3g |
| Cálcio | 32mg |
| Fósforo | 39mg |
| Ferro | 0,7mg |
| Fibras digeríveis | 3,9g |
| Energia | 111Kcal |

Fonte: Woolfe, 1992 apud Silva, 2002: 499.

Tabela 2. Composição química de 100g de raiz de batata-doce crua.

| <i>Componente</i> | <i>Quantidade</i> |
|------------------------------|-------------------|
| Água | 72,8g |
| Caloria | 102 |
| Fibras digeríveis | 1,1g |
| Potássio | 295mg |
| Fósforo | 53mg |
| Sódio | 43mg |
| Cálcio | 39mg |
| Magnésio | 10mg |
| Ferro | 0,9mg |
| Manganês | 0,35mg |
| Zinco | 0,28mg |
| Cobre | 0,2mg |
| Vitamina A-retinol | 300mg |
| Vitamina B –tiamina | 96mg |
| Vitamina B2 – riboflavina | 55mg |
| Vitamina C – ácido ascórbico | 30mg |
| Vitamina B5 –niacina | 0,5 mg |

Fonte: Luengo et al, 2000 apud Silva, 2002:500.

Tabela 3. Composição e valor energético de batata-doce.

| <i>Composição</i> | <i>Calorias</i> | <i>Glicídios</i> | <i>Protídios</i> | <i>Lipídios</i> |
|-------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Base seca | Kcal/100g | | mg/100g | |
| Batata-doce | 89,0 | 20,0 | 1,9 | 0,1 |

Fonte: Cereda, 2001 apud Cereda, 2002.

Tabela 4. Caracterização físico-química de batata-doce em gramas por 100 gramas de matéria seca.

| <i>Produto</i> | <i>Umidade</i> | <i>Amido</i> | <i>Açúcares</i> | | <i>Cinzas</i> | <i>Protídios</i> | <i>Lipídios</i> | <i>Fibras</i> |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|----------------|---------------|------------------|-----------------|---------------|
| | | | <i>Solúveis</i> | <i>Redutor</i> | | | | |
| Batata-doce | 67,73 | 14,72 | 6,99 | 5,74 | 1,33 | 1,33 | 0,35 | 1,39 |

Fonte: Leonel e Cereda, 2001 apud Cereda, 2002.

Tabela 5. Principais minerais encontrados em raízes de batata-doce.

| <i>Raiz</i> | <i>Cálcio</i> | <i>Fósforo</i> | <i>Ferro</i> | <i>Sódio</i> | <i>Potássio</i> |
|-------------|---------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|
| Base seca | | | mg/100g | | |
| Batata-doce | 34,0 | 52,0 | 1,0 | 50,2 | 331,4 |

Fonte: Cereda, 2001 apud Cereda, 2002.

Tabela 6. Composição de batata-doce por 100 gramas.

| Batata-doce | Calorias | Glicídios (g) | Proteínas (g) | Lipídios (g) | Cálcio (mg) | Fósforo (mg) | Ferro (mg) | Sódio (mg) | Potássio (mg) |
|-------------|----------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|
| Folhas | 26,0 | 12,46 | 2,46 | 0,66 | 98 | 27 | 3,00 | - | - |
| Desidratada | 370,0 | 84,50 | 5,00 | 1,00 | 75 | 74 | 2,3 | 50,2 | 331,4 |

Fonte: Franco, 1996.

As raízes e as ramas são utilizadas na alimentação humana, cozidas, assadas ou fritas. Na alimentação animal, principalmente de bovinos e suínos, é utilizada preferencialmente crua, para melhor aproveitamento das vitaminas (Miranda et al, 1987).

Na indústria, as raízes são utilizadas para fabricação de doces enlatados, xaropes, compotas, cervejas e também processadas para extração de amido e álcool.

No Brasil e nos EUA seu maior consumo se dá *in natura*, enquanto que no Japão a maior parte é utilizada para produção de fécula e álcool (Barrera, 1986).

4.1.4. Sistema de produção

Trata-se de uma planta com grande rusticidade e que, embora vegete e produza ao longo do ano, há melhor desenvolvimento das raízes tuberosas em clima constantemente quente, com alta luminosidade, temperaturas noturnas amenas e fotoperíodo mais curto.

Não tolera geadas ou frio prolongado. A época de plantio pode ser o ano todo, em regiões com inverno suave e, na primavera – verão, em regiões de altitude.

Adapta-se melhor a solos de textura média ou arenosa, arejados e permeáveis e de pH de 4,5 até 7,5, sendo a faixa ótima de 5,6 a 6,5 (Filgueira,2000).

Apesar da rusticidade, a batata-doce reage com o aumento de produção de raízes, quando há melhoria das condições físico-químicas do solo.

Freitas et al (1999) citam que há maior crescimento da parte aérea, em detrimento das raízes, quando existe excesso de água no solo. Verificaram que a maior produção de raízes, com máxima eficiência econômica, foi obtida com a aplicação de 40 t por hectare de esterco animal.

Souza (2001) concluiu que o cultivo orgânico de batata-doce permite obter produtividade superior à média regional do sistema convencional, com produtos de excelente rendimento e qualidade comercial.

Segundo Filgueira (2000) não se pode relacionar diretamente o rendimento agrícola com as quantidades de nutrientes fornecidos, já que a utilização efetiva destes nutrientes depende de muitos fatores tais como variações climáticas, área disponível, fonte de adubação, interação entre os nutrientes e propriedades do solo. Este mesmo autor afirma que há respostas positivas ao potássio (K), que é o nutriente utilizado em maior quantidade por esta espécie, tendo decisiva influência na formação de raízes tuberosas, no seu sabor e portanto na sua qualidade. Quanto ao fósforo (P), há a capacidade das raízes desta planta em utilizar formas menos disponíveis, graças à associação com micorrizas. Excesso de nitrogênio (N) resulta em menor teor de açúcares.

Conforme afirma Malavolta et al (1997), o potássio(K) favorece o acúmulo de açúcares nas plantas.

A propagação comercial é feita vegetativamente utilizando-se a própria batata-doce brotada, brotos destacados de batata, ramas velhas colhidas no campo ou ramas novas plantadas em viveiros. A melhor forma, dentre elas, é o material de ramas novas obtidas em viveiros.

As mudas são obtidas após 100 dias de plantio em canteiro, cortando-se hastes com 30-40 cm de comprimento, e 8 a 10 nós, que devem ser cortadas na véspera do plantio, para murcharem.

O plantio se dá com o enterrio de 5 a 6 nós, à profundidade de 10 a 12 cm, no topo de leiras previamente construídas no preparo do solo.

As cultivares preferidas pelos consumidores possuem formato fusiforme, alongado e com coloração externa branca, rosada ou roxa e de polpa com coloração clara, doce e de fácil cozimento. Existem as de coloração alaranjada, ricas em vitamina A, mas que não são bem aceitas no Brasil.

Dependendo da cultivar, se precoce, a colheita ocorre em 100 a 115 dias e, se tardia, em 140 a 170 dias. Para a operação de colheita, que é manual, deve ser eliminada a parte aérea na véspera.

O beneficiamento se dá pela lavagem e secagem das raízes, mas se o produto for estocado, somente é indicada a escovação a seco das raízes. Após limpas e secas, são classificadas e embaladas (Filgueira, 2000).

4.1.5. Qualidade

A National Academy of Sciences dos EUA divulgou que, seis entre dez doenças, hoje mortais, estão relacionadas ao tipo de alimentação (Azevedo, 2001). Embora haja desequilíbrio de nutrientes nessa alimentação, também o aspecto qualitativo fica a desejar. Cada vez mais se consome alimentos de qualidade duvidosa, no que se refere à procedência e à manipulação, desde a produção no campo até a distribuição, o que motivou fortes preocupações por parte de certos segmentos mais informados da população, exigindo certificação e rastreabilidade dos produtos.

Segundo Wistinghausen (1979), citado por Piamonte (1996), o conceito mais integral da qualidade de alimentos deve levar em consideração:

- as condições edafo-climáticas;
- adequadas técnicas de cultivo: adubação, época de semeadura, tratamentos culturais, utilização de preparados biodinâmicos e composto orgânico;
- configuração e desenvolvimento da planta, relacionando-os à perecibilidade e ao sabor.

Para classificar a qualidade de cenoura, por exemplo, Opena (1983) propõe três subgrupos: 1- aparência; 2- qualidade nutricional; e, 3- qualidade de processamento.

Também Schuphan (1976) e Schulz (1990), citados por Piamonte (1996), sugerem a classificação da qualidade sob três diferentes aspectos: a aparência externa, padrões externos e seu valor de uso.

O valor biológico do alimento diz respeito aos benefícios que o alimento traz ao organismo que o consome (Piamonte, 1996).

4.2. Cultivo orgânico

4.2.1. Introdução

A preocupação com as questões ambientais, de modo que sejam preservados os recursos naturais e a qualidade de vida, tem propiciado uma reflexão quanto ao modelo de agricultura no mundo, de base agroquímica e visão produtivista. Em contraponto a este modelo há o fortalecimento da agricultura que adota tecnologias de sustentabilidade ambiental, econômica e social, que pode ser denominada Agroecologia, Agricultura Orgânica ou Agricultura Sustentável.

Considera-se que a agricultura convencional, como vem sendo praticada, tem trazido problemas detectados por profissionais da área médica, agrônoma e ambiental, que podem ser assim referenciados:

- declínio da produtividade ao longo do tempo, pela degradação do solo, erosão e perda da matéria orgânica;
- degradação do ambiente pela poluição a partir dos agrotóxicos utilizados;
- contaminação dos alimentos pelos produtos químicos e queda da qualidade nutricional dos mesmos;
- aumento e resistência de pragas, doenças e ervas daninhas;
- efeitos tóxicos ao homem, animais e plantas pelo uso de fertilizantes e defensivos agrícolas;
- desertificação e salinização dos solos;

Entende-se por Agricultura Convencional, conforme Ehlers (1999), aquela em que se emprega o padrão produtivo com uso intensivo de insumos industriais, como os fertilizantes e defensivos químicos.

O termo Agricultura Orgânica, aqui mencionado, não é uma contraposição à Química, e sim, uma referência ao organismo agrícola, como é tratada a propriedade que resulta da interação entre as várias atividades de produção, e cuja raiz etimológica, tem a mesma origem de organização.

Segundo Souza (2001), a Agricultura Orgânica, que se baseia em práticas de reciclagem de matéria orgânica e uso de tecnologias não agressivas ao meio ambiente, torna-se uma grande alternativa para a produção de alimentos saudáveis e de boa

qualidade e vem crescendo no mundo todo, tanto em área plantada como em oferta de produtos. A certificação da produção orgânica é uma forma de dar credibilidade aos produtos orgânicos, atestando sua origem e modo de produção. Geralmente é feita por entidades (Organizações Não Governamentais -ONGs) idôneas e de reconhecida competência no mercado dos produtos orgânicos. A Comunidade Européia aumentou sua área certificada com produção orgânica 9 vezes, em 10 anos. A Itália possuía, em 2000, 5% de sua área agrícola total cultivada organicamente, representando 8% do total comercializado. A Argentina possuía, em 1992, 5.500 ha e em 1997, 350.000 ha com certificação orgânica.

Pelos dados do Centro Internacional de Comércio (International Trade Center, ITC, 2001), o mercado de produtos orgânicos movimentou em 1999 US\$ 12 bilhões e, em 2000, US\$ 15 bilhões. Para o ano 2005, segundo a International Federation of Agriculture Movements (IFOAM), as previsões são de US\$ 28 bilhões e em 2010, de US\$35 bilhões, seguindo a estimativa de crescimento de 22,5% ao ano. A instituição inglesa Organic Monitor estima que este valor se eleve ainda mais, devido a preocupações dos consumidores com os efeitos do mal da vaca louca, da febre aftosa e dos alimentos transgênicos. Os dados das áreas de produção orgânica certificada no mundo estão apresentados na Tabela 7.

Conforme Almeida (1991), em solos de regiões tropicais e subtropicais, a mineralização da matéria orgânica, a acidificação devido à lixiviação de bases trocáveis, que são substituídas por alumínio, e a alta capacidade de fixação de fósforo, estão diretamente correlacionadas à queda de sua fertilidade e empobrecimento. Também sabe-se que, nestas regiões, a produção de biomassa é altamente favorecida pelas condições climáticas, podendo se transformar em matéria orgânica ativa e dinamizar os nutrientes dos solos.

Pode-se citar como vantagens da matéria orgânica uma melhoria das propriedades físicas do solo, com aumento dos macro e microporos, diminuição da densidade aparente, maior capacidade de infiltração e armazenamento de ar e água, maior atividade de microorganismos úteis ao metabolismo das plantas e maior capacidade de absorção de nutrientes (Kiehl, 1985).

Muitos trabalhos associam a absorção do nitrogênio pelas plantas à existência dele na forma inorgânica no solo. Deste modo também Malavolta et al(1997) relatam que o nitrogênio orgânico é absorvido pelas plantas após sofrer os processos de

aminificação e nitrificação. Ocorre porém que nem sempre a quantidade deste elemento na forma inorgânica no solo, que é muito variável segundo Kiehl (1985), tem relação com o absorvido, e 90 a 99% do nitrogênio do solo está na forma orgânica, que é a única maneira de se armazená-lo. Ele é um dos mais caros macronutrientes e o principal limitador de colheitas. Também segundo esses autores, mais da metade do fósforo e do enxofre existentes na superfície do solo estão na matéria orgânica, enquanto que somente uma pequena porção do potássio nela está. Como o K, também o Ca e o Mg fornecidos às plantas são provenientes dos minerais do solo, embora possam ter sua origem pela adição de matéria orgânica. Para o controle da toxidez causada por certos elementos encontrados em maior quantidade como o Fe, o Al e o Mn, recomenda-se a aplicação de matéria orgânica humificada aos solos.

Tabela 7. Área de produção orgânica certificada no mundo, 2001.

| <i>País</i> | <i>Área</i> | <i>% do total da área em</i> | <i>Área plantada de hortícolas</i> |
|----------------|-------------|------------------------------|------------------------------------|
| Reino Unido | 472 500 | 2.5 | 3000 |
| Alemanha | 546 023 | 3.2 | 7 118 |
| Itália | 1 040 377 | - | - |
| França | 371 000 | 1.3 | 27 945 |
| Países Baixos | 27 820 | 1.4 | 2100 |
| Bélgica | 20 663 | 0.9 | 612 |
| Áustria | 272 000 | 10.0 | - |
| Suíça | 95 000 | 9.0 | 1238 |
| Dinamarca | 165 258 | 6.2 | 1912 |
| Suécia | 139 000 | 5.1 | 2300 |
| Estados Unidos | 544 000 | 0.2 | 41266 |
| Japão | 1000 | 0.02 | - |
| Brasil* | 700 000 | 0,025 | 80 000 |

* Informação verbal obtida no I Simpósio de Agricultura Orgânica, Lavras-MG, 2003.

Fonte: ITC (2001).

Para Primavesi (1992), o que também torna a agricultura inviável são os preços dos insumos nos sistemas de produção de tecnologia químico-mecanizada. Tal tecnologia se baseia na planta, e não na “saúde” do solo, o qual sendo sadio, produz plantas saudias. E, afirma ainda que o trato do solo não é essencialmente químico-mecânico, mas biológico-físico e deve-se procurar os equilíbrios naturais destruídos.

Conclui-se, então, que o processo de adubação convencional, que favorece a mineralização dos solos, não contribui para esta saúde, o que já não acontece com

as adubações orgânicas. A disposição adequada do elemento orgânico atua de forma organizadora e fertilizadora sobre o elemento terroso sólido (D'Andréa, 2001; Steiner, 2000).

No Brasil, que apresenta um clima tropical, há a grande vantagem da elevada produção de biomassa, mas as práticas agrícolas comumente usadas, não a valorizam. A utilização de esterco é tecnologia apropriada somente para climas temperados (D'Andréa, 2001), e deve ser utilizada somente como elemento catalisador. Ele propõe a utilização de outras fontes de biomassa, tanto em pequenas como em grandes áreas.

4.2.2. Elaboração de composto

Compostagem é o processo de decomposição biológica e de estabilização de substratos orgânicos sob condições de altas temperaturas, produzindo calor, e tem como finalidade um produto estável, livre de patógenos e de sementes, que pode ser aplicado no solo. Este processo consiste na decomposição de substratos orgânicos, na presença de oxigênio, produzindo dióxido de carbono, água e calor (Haug, 1993).

O processo de compostagem, que compreende a produção de composto a partir de esterco animal e restos vegetais em processo “Indore” iniciou-se entre os anos de 1905 e 1934, pelo inglês Sir Albert Howard em trabalho na Índia. Este sistema chamado então “Indore”, consiste na construção de pilhas de composto de sistema aeróbico, que é utilizado até hoje para compostar resíduos orgânicos. Trata-se de importante método para aproveitamento de resíduos e sua utilização contribui para o aumento da produção agrícola.

Às pilhas de composto pode-se adicionar, também, fosfatos de reação ácida para reter a amônia e enriquecer o produto final com fósforo. Também podem ser adicionados os denominados preparados biodinâmicos que, segundo a escola Antroposófica, acelera a formação do composto e melhora suas propriedades (Piamonte, 1993; Wistinghausen, 1997; Khatounian, 2001).

De acordo com Kiehl (2002), as recomendações para elaboração do composto orgânico são:

- Proporcionar uma relação Carbono/Nitrogênio (C/N) inicial entre 25/1 e 35/1, o que pode ser conseguido pela adição de materiais ricos em carbono ou em proteína, conforme a necessidade de correção do material;

- A umidade inicial do material a ser compostado deve ser de 55%, podendo ser mais elevada se o mesmo apresentar granulometria grosseira; a porosidade do material contido na leira deve estar entre 40 e 60%, como limites mínimo e máximo;
- A pilha deve atingir a temperatura termófila entre 55 e 65°C, não devendo ultrapassar 70°C.

A junção dos materiais para elaboração do composto, ou seja, palhas mais fonte de esterco e de microrganismos, é usualmente feita na forma de leiras, pilhas ou montes, que podem ter seção triangular ou trapezoidal. Um dos aspectos mais importantes na elaboração das pilhas de compostagem é a aeração. Por isso, as pilhas devem ter distância entre si suficiente para o escoamento de água de chuva e facilitar seu revolvimento, o qual deve ser feito durante o período de cura. Este revolvimento pode ser feito manualmente ou por meio de máquinas, com frequência determinada pela concentração de oxigênio, temperatura e umidade, observadas constantemente.

4.2.3. Características e benefícios do composto orgânico

Segundo Kiehl (2002), no ponto de maturação, o composto apresenta algumas características comuns, independentemente dos materiais utilizados na sua elaboração. Desta forma, podem ser citadas:

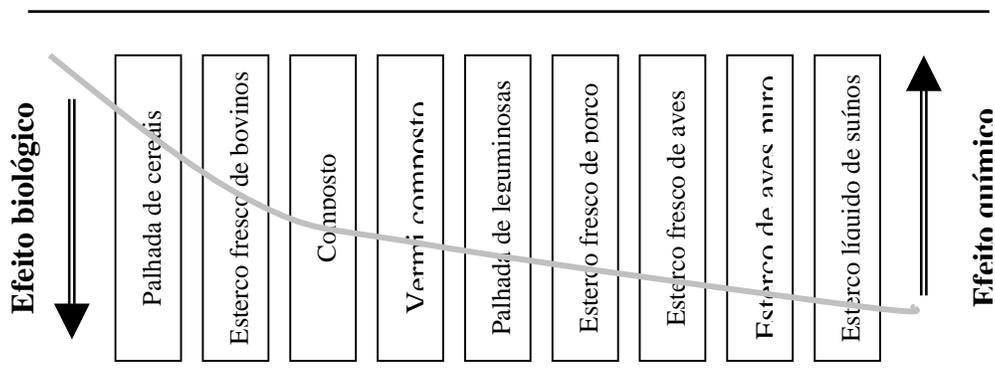
- **Características Físicas:** é levemente alcalino e praticamente insolúvel em água. A humificação decorrente do processo causa alteração da consistência, de acordo com o teor de água. Quando seco, apresenta-se duro, tenaz, sendo um torrão de húmus difícil de ser partido com os dedos. Quando úmido, torna-se friável, com consistência ideal para ser enfardado.
- **Características Químicas:** constitui-se num colóide (húmus) que tem a propriedade de ligar-se com o colóide argila do solo, formando o chamado complexo argilo-húmico, cujas propriedades são superiores às do material original isoladamente.
- **Físico-químicas:** alta capacidade de troca catiônica, facilidade para formar quelados, e elevada superfície específica.
- **Biológicas:** atua na vida do solo, é condicionador das características do solo, aumenta a absorção de nutrientes pelas plantas, estimula o

desenvolvimento radicular, promove a atividade respiratória, entre outros.

Os benefícios da utilização de composto adicionado ao solo, seja incorporado ou em cobertura, constam de melhoria dos fatores físicos, químicos e biológicos do solo, tais como: profundidade, capacidade de retenção de umidade, estrutura, condutividade hidráulica e taxa de infiltração, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, pH, saturação de bases e montante de biomassa, redução da evaporação, entre outros.

Utilizando os princípios agroecológicos, Khatounian (2001) lança uma visão diferenciada das propriedades dos materiais usados como adubos, referenciando que os efeitos químicos atuam em oposição aos biológicos e físicos. A palhada de cereais, por exemplo, tem efeito quase que exclusivamente biológico, por alimentar as cadeias tróficas associadas à decomposição da biomassa. No extremo oposto está o esterco líquido de suínos que, por ser constituído de material celular, apresenta efeito químico. A Figura 2 também pode ser interpretada como apresentando três classes de adubos orgânicos: celulósicos, de conteúdo celular e intermediários.

Figura 2. Adubos orgânicos e seus efeitos químicos e biológicos.



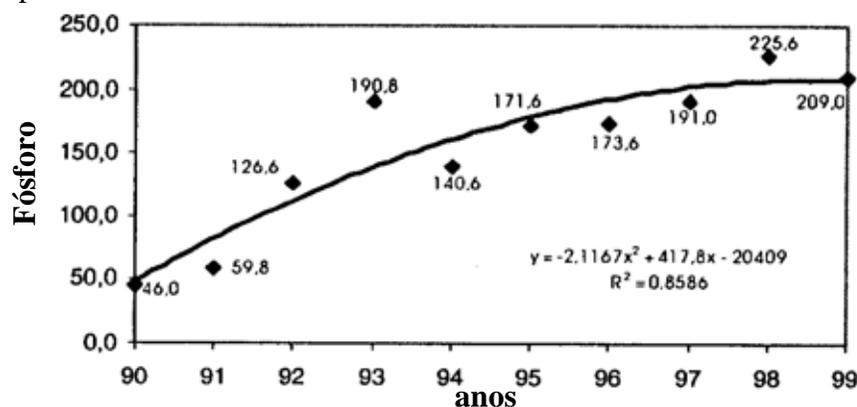
Fonte: Khatounian, 2001.

4.2.4. Resultados de pesquisa com composto

Com relação às pesquisas e tecnologias para produção orgânica, a equipe de pesquisadores do INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural, localizado no município de Domingos Martins – ES, que possui 3,5 ha com culturas anuais e 3,0 ha com culturas perenes, liderada por J.L.Souza (Souza, 2001), apresenta inúmeros resultados obtidos de 1992 a 2001. Esta região está a uma altitude de 730 m, apresenta temperatura média máxima nos meses mais quentes entre 26,7 a 27,8⁰ C e a média mínima nos

meses mais frios entre 8,5 a 9,4⁰ C. A área experimental está dividida em talhões, de acordo com as propriedades do solo, de modo que possam ser analisados os fatores de fertilidade deste solo, através dos anos, conforme ilustra a Figura 3, com a evolução dos teores de fósforo. Estes trabalhos foram conduzidos segundo as bases produtivas do sistema orgânico, fundamentado no manejo e reciclagem de matéria orgânica, compostagem, adubação verde, manejo e controle alternativo de ervas espontâneas, cobertura morta, rotação de culturas, controle alternativo de pragas e doenças, avaliação e seleção de cultivares adaptados.

Figura 3. Evolução dos teores de fósforo em solos submetidos a manejo orgânico durante dez anos, obtidos pela INCAPER.



Fonte: Souza, 2001.

Considera-se de interesse ilustrativo para o presente estudo as Tabelas 8 e 9, que demonstram o desenvolvimento da batata-doce em função de tipos de composto e dos teores de macro e micronutrientes nas folhas.

Tabela 8. Desenvolvimento da batata-doce em função de 4 tipos de compostos, 1993/94¹.

| Tipos de Composto | TOTAL | | | | COMERCIAIS | | |
|-------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|------------------|------------------|
| | Nº Raízes | Peso de Raízes (kg/ha) | Nº Raízes | Produtiv. de Raízes (kg/ha) | Peso Médio (g) | Comp. Médio (cm) | Diâm. Médio (cm) |
| Composto/Esterco | 68 a | 38.059 ab | 27 a | 17.903 ab | 221 b | 18,1 a | 5,2 b |
| Composto/Composto | 47 c | 30.344 b | 20 b | 14.691 b | 237 b | 15,3 b | 5,3 b |
| Composto/T. Cacau | 49 c | 43.850 a | 21 b | 21.522 a | 331 a | 17,9 a | 6,0 a |
| Composto/Terriço | 62 b | 33.906 b | 26 a | 16.391 b | 199 b | 17,6 a | 4,9 b |
| CV(%) | 5,1 | 24,5 | 6,4 | 25 | 22,7 | 8,3 | 8,9 |

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%. Médias de 2 repetições e 5 pontos amostrais por repetição.

Fonte: Souza, 2001.

Tabela 9. Teores de macro e micronutrientes em folhas de batata-doce aos 150 dias após plantio, 1993/94, INCAPER.

| Tipos de Composto | MACRONUTRIENTES (%) | | | | | MICRONUTRIENTES (ppm) | | | | |
|-------------------|---------------------|------|------|------|------|-----------------------|----|-----|-----|----|
| | N | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe | Mn | B |
| Esterco | 4,25 | 0,49 | 3,93 | 0,89 | 0,41 | 20 | 30 | 450 | 104 | 60 |
| Composto | 3,9 | 0,52 | 4,46 | 0,74 | 0,42 | 23 | 32 | 456 | 104 | 55 |
| Torta de Cacau | 4,65 | 0,34 | 4,77 | 0,89 | 0,55 | 22 | 34 | 976 | 123 | 54 |
| Terraço | 3,95 | 0,53 | 3,95 | 0,75 | 0,42 | 21 | 30 | 370 | 106 | 55 |

Fonte: Souza, 2001.

Tabela 10. Formas de aplicação de composto orgânico na batata-doce – Talhão 09, 1994, INCAPER.

| TRATAMENTOS | PRODUTIVIDADE DE RAÍZES COMERCIAIS (Kg/ha) | |
|--------------------------|--|--|
| | Ano 1 (1994) | |
| 1 - Composto Incorporado | 22.818 | |
| 2 - Composto Superficial | 21.010 | |
| 3 - Composto Localizado | 27.758 | |

Fonte: Souza, 2001.

Tabela 11. Média de rendimentos comerciais de espécies em sistema orgânico ao longo de 10 anos, INCAPER, 2000.

| ESPÉCIES | RENDIMENTOS COMERCIAIS (kg/ha) | | |
|---------------------|-------------------------------------|---|-------------|
| | Média/Sistema Orgânico ¹ | Média / Sistema Convencional ² | Diferencial |
| Abóbora Tetsukabuto | 7.325 | 6.000 | +26 |
| Alho | 6.102 | 5.000 | +22 |
| Batata | 19.451 | 15.000 | +30 |
| Batata-baroa | 15.355 | 13.000 | +18 |
| Batata-doce | 21.629 | 18.000 | +20 |
| Cenoura | 23.353 | 22.000 | +7 |
| Couve-flor | 13.686 | 15.000 | -9 |
| Feijão | 2.057 | 900 | +129 |
| Inhame | 23.805 | 12.000 | +98 |
| Milho | 8.066 | 3.000 | +169 |
| Repolho | 55.325 | 45.000 | +23 |
| Tomate | 34.545 | 48.400 | -29 |

¹ Área Experimental de Agricultura Orgânica / INCAPER – 1990 a 2000.

² Sistema convencional da Região Produtora do Espírito Santo.

Fonte: Souza, 2001.

Tabela 12. Custos de produção comparativos para 1 ha de diversos cultivos em sistema orgânico e convencional, INCAPER, 1995¹

| CULTURAS | SISTEMAS | | |
|----------------|----------|--------------|-------------|
| | Orgânico | Convencional | Diferencial |
| Abóbora | 1.307 | 1.497 | -15 |
| Alho | 4.690 | 5.482 | -17 |
| Batata Inglesa | 4.569 | 5.041 | -10 |
| Batata-baroa | 3.000 | 3.837 | -28 |
| Batata-doce | 2.399 | 2.605 | -09 |
| Cenoura | 3.667 | 4.156 | -13 |
| Couve-flor | 3.688 | 4.014 | -09 |
| Feijão | 737 | 793 | -08 |
| Inhame | 4.185 | 4.572 | -09 |
| Milho | 840 | 839 | -00 |
| Repolho | 3.566 | 4.115 | -15 |
| Tomate | 6.567 | 7.812 | -19 |
| Média geral | 3.268 | 3.730 | -14 |

¹ Valores em dólar paralelo (preços médios de dezembro/1995).

Fonte: Souza, 2001.

Tabela 13. Participação relativa dos diversos fatores nos custos de produção em dois sistemas de cultivo, INCAPER, 1995¹

| FATORES | SISTEMAS | | | | | |
|------------------------|-----------------|-------------|-----|-----------------|-------------|-----|
| | Orgânico | | | Convencional | | |
| | Q ^{de} | Valor (U\$) | (%) | Q ^{de} | Valor (U\$) | (%) |
| Semente | - | 350.30 | 10 | - | 350.30 | 8 |
| Composto (t) | 24.6 | 605.00 | 21 | - | - | - |
| Esterco de galinha (t) | - | - | - | 5.5 | 440-80 | 11 |
| Outros insumos | - | 40.40 | 1 | - | 603.00 | 18 |
| Mão-de-obra (h/d) | 174 | 1224.40 | 35 | 184 | 1287.40 | 33 |
| Serv. Mecânicos(h/máq) | 6 | 169.00 | 8 | 6 | 169.00 | 8 |
| Embalagem | - | 375.40 | 10 | - | 375.40 | 9 |
| Frete | - | 504.00 | 15 | - | 504.00 | 13 |
| TOTAL | - | 3268.00 | 100 | - | 3730.00 | 100 |

¹ Média de 12 espécies por sistema.

Fonte: Souza, 2001.

Com base nestes resultados e em muitos outros pesquisados pela INCAPER, os autores chegaram a algumas conclusões que interessam para esta pesquisa:

-o composto orgânico é um produto eficiente, de elevada qualidade nutricional e apresenta-se como alternativa viável para sistemas de produção orgânica, no

desenvolvimento de plantas;

-as práticas de manejo orgânico viabilizam tecnicamente os modelos de produção, propiciando a evolução dos teores de matéria orgânica, Capacidade de Troca Catiônica (CTC), fósforo, potássio, cálcio, magnésio, pH, Saturação de Bases (S) e resulta em elevado grau de fertilidade dos solos;

-o cultivo orgânico de abóbora, alho, batata, batata-doce, cenoura, feijão, inhame, mandioquinha-salsa e repolho, permite alcançar produtividades superiores à média regional do sistema convencional em uso pelos agricultores, com obtenção de produtos de excelente padrão e qualidade comercial;

-quando se verifica plena viabilidade técnica da produção de alimentos orgânicos de destacada qualidade e valor biológico, os desempenhos técnicos das espécies estudadas conduzem a uma profunda reflexão do modelo de produção, de base agroquímica, em uso no Espírito Santo;

-a média geral do custo de produção de 1 ha em sistema orgânico foi de U\$ 3.268,00 e do sistema convencional foi de U\$ 3.730,00, indicando que a produção orgânica das espécies pode ser realizada a um custo médio 14% inferior ao sistema agroquímico atualmente em uso. Considerou-se para tal cálculo o custo de produção do composto, como se também o esterco fosse comprado.

4.3. Considerações sobre cultivo biodinâmico

4.3.1. Princípios

A Agricultura Biodinâmica surgiu com o filósofo e cientista Rudolf Steiner, quando proferiu uma série de oito conferências, em 1924, para agricultores e técnicos europeus, visando à solução de problemas da agricultura, com recomendações de fertilização do solo e nutrição das plantas. O movimento da chamada Agricultura Biodinâmica existe no mundo todo e baseia-se, do mesmo modo que a Agricultura Orgânica, em conceber a propriedade agrícola como um organismo com a presença de animais, priorizando a vivificação do solo pela adubação verde e de compostos de resíduos orgânicos, mas considerando as interações dos seres vivos com o cosmo. Acredita-se que, ao aspecto biológico, deve ser acrescido o aspecto dinâmico, com diluições de substâncias orgânicas e minerais, preparadas considerando-se os calendários e ciclos astronômicos, os chamados

preparados biodinâmicos, de modo que estimulem as forças vitais (Steiner, 2000; Piamonte, 1996).

Assim, objetivando potencializar os efeitos benéficos da utilização de composto no solo, a agricultura biodinâmica recomenda a aplicação dos preparados específicos durante o processo de compostagem. Também são utilizados preparados específicos para o ciclo das plantas, nas diversas fases de crescimento e maturação, e de acordo com o tipo de produção da espécie: flores, frutos, parte aérea ou raízes. Para tanto, é necessário que se aproprie dos fundamentos da biodinâmica e se aplique seus conhecimentos, encontrados no legado de Rudolf Steiner e, no caso do Brasil, nas publicações da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica e do Instituto Biodinâmico, e por autores como Wistinghausen (1997), Koepf et al(1986) e Piamonte (1996).

4.3.2. Caracterização dos preparados biodinâmicos

Existem, basicamente os preparados utilizados em pulverizações, nas plantas e no solo, e os aplicados nas pilhas de compostagem.

O primeiro está relacionado com as forças da terra e da luz, elaborado durante o verão, a partir de chifre e sílica, chamado preparado 501, armazenado na luminosidade, no seco e quente e aplicado na região foliar, em nebulização, na quantidade de 4 g em 40 a 60 litros de água para um hectare de lavoura ou de pasto e 8 g em 100 a 150 litros de água para fruticultura ou culturas arbóreas. O segundo é elaborado em época escura, úmida e fresca do ano, a partir de esterco bovino enterrado dentro de chifres de vaca (preparado 500), que após o período de repouso na terra, são diluídos em água e aplicados preferencialmente próximo às raízes, na quantidade de 120 a 300 g em 40 a 60 litros de água por hectare. Pode-se acrescentar a este último, o preparado de valeriana, na quantidade de 1 a 2 cm³, nos últimos 10 a 15 minutos da dinamização, antes de noites frias, para proteger as plantas e impulsionar a floração (Wistinghausen, 1997).

Os preparados para aplicação no composto (Koepf et al, 1986; Piamonte, 1996) são feitos a partir de:

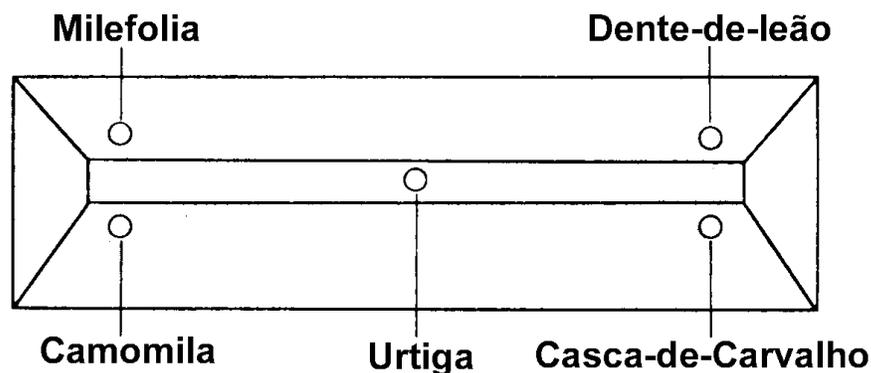
- mil-folhas, *Achillea millefolium* e bexiga de cervo macho (502);

- camomila, *Chamomilla officinalis* e intestino delgado de bovino (503);
- urtiga, *Urtica dioica* (504);
- casca de carvalho, *Quercus robur* e crânio de animal doméstico (505);
- dente-de-leão, *Taraxacum officinalis* e mesentérico de bovinos (506);
- valeriana, *Valeriana officinalis* (507).

Estes seis preparados fazem com que as forças do cosmo sejam mais atuantes e podem ser utilizados em esterco, chorume, esterco líquido ou composto.

Para aplicação em pilhas de composto, cinco deles (do 502 ao 506) são aplicados em aberturas que se faz com um pedaço de madeira, até a metade da pilha, devendo estar distanciados no mínimo 50 cm e no máximo 2,5 m entre si. Esta aplicação é feita imediatamente após a construção da pilha, colocando-se em cada um dos buracos (conforme esquematizado na Figura 4) uma bolinha que foi feita com solo ou composto úmido, dentro da qual foi colocada a quantidade de 0,5 até 1 cm³ de cada um dos preparados separadamente, isto é, uma bolinha de cada um. A seguir é aplicado o preparado de valeriana, dinamizando 2 a 3 cm³ em 5 litros de água morna por pelo menos 15 minutos e, espalhando sobre a superfície da pilha com regador ou vassourinha feita de galhos (Wistinghausen, 1997).

Figura 4. Posicionamento dos preparados biodinâmicos na pilha de compostagem.



Fonte: Koepf et al, 1986.

4.3.3 Resultados de pesquisas

No cultivo de batata, os tratamentos orgânicos e biodinâmicos resultaram em produções pouco menores que os orgânico-mineral e mineral, por oito anos, porém mostraram os mais altos teores de proteínas, vitamina C e menores perdas no armazenamento. Quando outras qualidades como cozimento e sabor foram avaliadas, os produtos dos cultivos orgânicos e biodinâmicos foram superiores (Piamonte, 1996).

O mesmo autor concluiu, em experimento com cenoura, que os tratamentos com adubação orgânica apresentaram resultados superiores nas características avaliadas de: rendimento, massa seca, número de raízes/quilo, diâmetro, Brix, textura, perecibilidade aos 5 e 10 dias no ambiente, perecibilidade aos 30 e 65 dias sob refrigeração, beta-caroteno e vitamina A. Os tratamentos com preparados biodinâmicos propiciaram os maiores teores de beta-caroteno e vitamina A.

Conforme anunciado por Koepf et al (1986), a qualidade dos produtos da agricultura biodinâmica e orgânica é superior quando se avalia sabor, valor nutritivo, maior período de armazenamento e maior resistência a pragas e a insetos.

Mäder et al. (2002) realizaram estudos, por um período de 21 anos na Europa Central, em sistemas orgânico, biodinâmico e convencional, nos quais foram encontradas produções 20% menores nos sistemas orgânicos ao longo do tempo, embora as entradas de fertilizantes e de energia tenham sido reduzidas de 34 a 53%, e de pesticidas em 97%. Além disso, a fertilidade do solo e a maior biodiversidade encontradas no sistema orgânico tornaram-no menos dependente de insumos externos.

4.4. Análise econômica comparativa dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção.

Antes da realização de qualquer tipo de avaliação econômica é importante definir seus objetivos. Se o objetivo é atender a interesses privados, tanto os benefícios como os custos são relativos aos preços de mercado. Se o objetivo é avaliar a contribuição para o crescimento econômico, tem-se um caso de avaliação econômica propriamente dita. No caso de avaliação social, os preços utilizados devem refletir os custos e benefícios para a sociedade como um todo (Pinto, 2002).

4.5. Análise energética

4.5.1. Fundamentos da análise eco-energética

Trata-se de uma forma de análise que permite o estudo das bases ecológicas dos recursos naturais envolvidos em uma unidade de produção, utilizando a variável energia como meio de avaliação, sendo uma alternativa aos métodos tradicionais baseados unicamente nos cálculos econômico-financeiros.

Possibilita conhecer o quanto de energia é necessária para produzir um outro tipo de energia. Por meio da decomposição do total de energia em energia do trabalho humano, energia renovável e não renovável, pode-se identificar a dependência do sistema e calcular a eficiência de cada uma destas energias nele inseridas.

A análise eco-energética surgiu no século XIX, com a necessidade dos ecologistas identificarem e quantificarem os fluxos de energia nas diversas unidades de produção, com novas abordagens, ligando os parâmetros energéticos aos econômicos, sociais e culturais. Nos anos 70, com a crise do petróleo, proporcionou análises visando à diminuição de energia fóssil nos sistemas e, agora, não é apenas com abordagem ecológica, mas é uma análise sob as óticas econômica e social dos sistemas de produção (Macedônio, 1987).

Com a identificação e decomposição das energias que entram no sistema, os pesquisadores puderam comprovar, cientificamente, o uso exagerado da energia fóssil nos países desenvolvidos. Tornou-se clássico o estudo de Pimentel (1973) no qual demonstrou que, em 1945, mais da metade da energia necessária à produção do milho nos EUA era gasta com combustível para as máquinas. Também comprovou que, em 1970, essa proporção de energia fóssil passou a ser gasta com adubos químicos, e houve redução da eficiência energética, passando de 3,71 em 1945, para 2,82, em 1970 (Macedônio, 1987).

Na França, Deleage (1980) demonstrou que o sistema agrícola francês importou cada vez mais energia para assegurar sua manutenção. Comparando também o ano de 1970, a eficiência energética agropecuária estava em 2,32.

Em Portugal, Pires (1981), estudou o cultivo de trigo e demonstrou que, de 1920 a 1981, o rendimento energético caiu de 1,59 para 1,12, e que o aporte de produtos nitrogenados para a espécie, em 1981, era maior que toda a energia gasta no plantio de trigo em 1920.

Pela metodologia emergética, escrita com “m”, ou da energia de memória incorporada, proposta pelo Dr. Howard Odum e sua equipe (1972), há a possibilidade de comparação e avaliação das relações homem/ambiente, as quais permitem avaliar o grau e a magnitude da contribuição dos recursos naturais ao desenvolvimento das atividades humanas. O conceito de desenvolvimento sustentável requer instrumentos de medição e monitoramento das relações homem/ambiente que estão demasiado limitados nas atuais análises econômicas. Esta metodologia, embasada numa visão ecológica e sistêmica das complexas relações que regem nossos sistemas de suporte, é apoiada por métodos de simulação e por linguagem simbólica que permitem a construção de diagramas funcionais dos componentes e suas interações (Comar, 1996).

O perfil da agricultura brasileira, que é proveniente, em grande parte, dos resultados de pesquisa agrônômica, é perdulário, do ponto de vista de consumo de recursos energéticos. Baseada no modelo norte-americano e inspirada fortemente pela “revolução verde”, a agricultura implantada no Brasil, principalmente no Centro-Sul do país, utiliza largamente máquinas e produtos químicos. Considerando, assim, que tal agricultura consome muito combustível, houve, por ocasião da crise energética dos anos 70, uma série de esforços no sentido de poupar certas operações e evitar excessos de determinados insumos (Silva & Graziano, 1977).

A análise eco-energética é o principal caminho para se descrever um sistema e seu fluxo de energia (de insumos renováveis e não renováveis, força animal, trabalho humano, valor calórico de produtos agrícolas, etc). Estudos estão hoje disponíveis para sistemas agrícolas, e podem ser realizados para toda uma nação, para pequenas unidades (como vilas), grupos de agricultores e regiões grandes ou pequenas. O sistema estrutural é a parte mais importante da análise, e deve incluir aspectos econômicos e sociais (Deleage et al., 1980).

Para Serra et al. (1979), o consumo de combustíveis e fertilizantes representaram, em geral, 75% do consumo energético dos cultivos que produzem biomassa e que se destinam à alimentação, conforme levantamento de produção e custos para o Estado de São Paulo.

Castanho & Chabaribery (1982) estabeleceram os perfis de demanda e produção energética para 21 atividades agropecuárias no Estado de São Paulo, na safra

1978/79. Concluíram que 80% do consumo energético da agricultura paulista foi de origem fóssil, tendo os combustíveis, 38% de participação e 36% de energia perdida.

Para o Estado do Paraná, Macedônio & Picchioni (1985) desenvolveram uma metodologia para calcular o consumo de energia fóssil nas culturas de trigo e soja.

Macedônio (1987) calculou os coeficientes energéticos na agricultura, considerando a produção familiar e os sistemas animais, ampliando a análise da eficiência energética para uma perspectiva antropológica, interligando os parâmetros calóricos aos econômicos, sociais e culturais, realizando a chamada análise eco-energética.

Para Carmo et al.(1988), em propriedades consideradas alternativas como sistema global de produção, as fontes calóricas de origem biológica foram mais importantes que as fósseis e representaram tecnologias de menores impactos ambientais e sociais.

Calculando o balanço energético de milho e soja, nos anos de 1965 a 1990, para o Estado de São Paulo, Carmo & Comitre (1991) concluíram que, ao longo do tempo, a energia biológica cedeu espaço para a fóssil, sendo o combustível o componente mais expressivo, seguido dos fertilizantes e corretivos. Os gastos com máquinas e equipamentos foram inexpressivos. Também verificaram que a maior produção agrícola é função da maior quantidade de energia fornecida ao sistema, energia esta relativa ao emprego de combustível e agroquímicos, resultando em impactos ambientais e sociais que deveriam ser considerados. Confirmaram também que o enfoque energético complementa as análises econômicas no dimensionamento das necessidades alimentares, na preservação dos recursos naturais e na manutenção dos agroecossistemas, no longo prazo.

Citados por Pinto (2002), diversos autores observaram o elevado consumo de energia fóssil na agricultura, o que evidencia uma grande dependência de energia externa. Para se economizar 50% de energia por unidade de área, devem ser utilizadas tecnologias conservacionistas, e que sejam adaptadas à realidade brasileira, tanto social quanto ambientalmente. O autor também salienta que, ao se discutir o desenvolvimento da agricultura, a análise dos fluxos de energia é um dos melhores métodos de avaliação. Deste modo, pode-se avaliar o grau de sustentabilidade da agricultura.

4.5.2. Elementos de avaliação energética

Dentre os fatores a serem considerados na análise do fluxo de energia, pode-se citar, conforme grupos propostos por Odum (1972):

- a) Recursos Renováveis da Natureza
 - Energia solar direta (radiação solar, ventos e chuvas)
 - Energia de lua: marés
- b) Recursos não Renováveis da Natureza
 - Consumo de nutrientes da terra
 - Perdas de solo (erosão pelo vento, chuva e enxurradas)
- c) Re-alimentação da Economia
 - Materiais (sementes, calcário, fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, água para irrigação, combustíveis, eletricidade, maquinários, infraestrutura, etc)
 - Serviços (mão-de-obra, administração, empréstimos, aluguel da terra, transporte, pré-processamento, impostos, contribuições para organizações, subsídios, lucro, etc)
 - Produtos (produto principal, subprodutos, resíduos, perdas).

Para se conhecer melhor o balanço de energia de um sistema agrícola, é importante saber a quantas calorias (ou unidades equivalentes) corresponde o conteúdo de componentes (amido, óleo, etc) da espécie em questão.

Pimentel et al (1973) e Schuffelen (1975) apresentaram dados de quantificação, em kcal dos trabalhos agrônômicos. O primeiro cita, por exemplo, como 18500, 3350 e 2310 kcal os valores de fertilizantes N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, em cultivo de cereais. O segundo mostra dados mais completos de fertilizantes e seu consumo de energia, no mundo e na Holanda (Tabela 14).

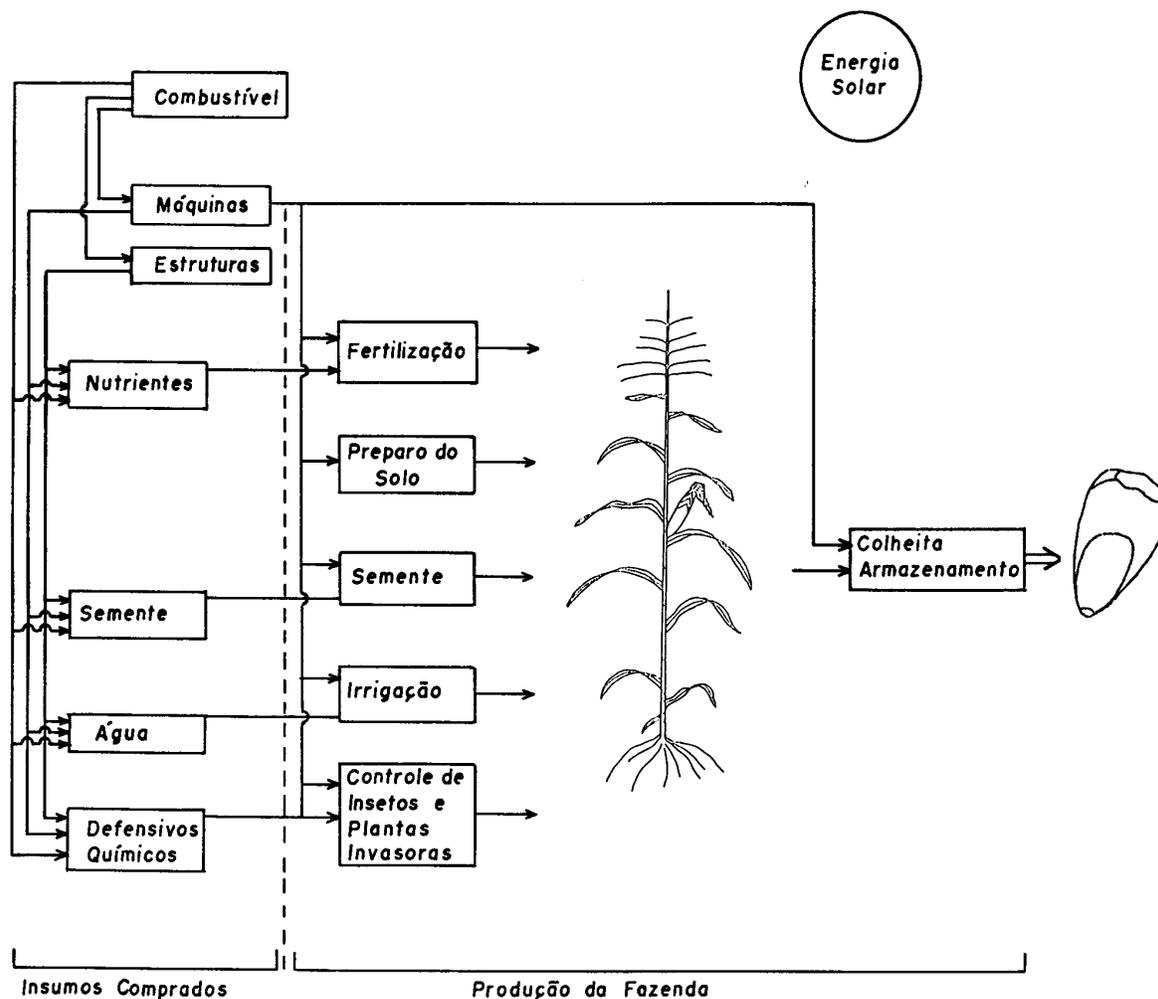
Tabela 14. Consumo de fertilizantes e de energia em 1972.

| | Consumo de fertilizante t 9 | | | Energia para produção fertilizantes (GJx106) | | | | Total energia GJ x 10 ⁹ |
|---------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|--|-------------------------------|------------------|-------|------------------------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Total | |
| Mundo | 35,80 | 22,70 | 18,60 | 2.860 | 270 | 150 | 3280 | 231 |
| Holanda | 0,37 | 0,10 | 0,13 | 30 | 1,2 | 1,0 | 32 | 2,4 |

1- GJ = Giga Joule, que corresponde a 10⁹ Joule e 1 Caloria é igual a 4,18 Joule.

2- Fonte: Schuffelen (1975).

Figura 5. Fluxo de energia no cultivo de milho em sistema convencional.



Fonte: Heichel, 1976.

Tabela 15. Aumento de produção de espécies em função do nitrogênio aplicado e suas relações.

| Produto | Aumento de Produção (kg) | Valor energético do incremento (MJ) (1) | Relação energética |
|---------|--------------------------|---|--------------------|
| Madeira | 50 | 840 | 8,4 |
| Trigo | 10-25 | 170-420 | 1,7-4,2 |
| Arroz | 8-20 | 130-340 | 1,3-3,4 |
| Milho | 10-25 | 170-420 | 1,7-4,2 |
| Batata | 40-200 | 130-630 | 1,3-6,3 |
| Açúcar | 5-10 | 80-170 | 0,8-1,7 |
| Capim | 10-50 | 170-840 | 1,7-8,4 |

1- MJ = Mega Joule corresponde a 10^6 Joule e 1 Caloria é igual a 4,18 Joule .

Fonte: Schuffelen (1975).

Há que se ressaltar que a análise eco-energética, que é o estudo do funcionamento de um ecossistema por meio de fluxos energéticos, considerando que o rendimento energético de um sistema pode ser comparado ao de outro sistema, adotando-se a mesma metodologia. Baseia-se na hipótese de que é possível converter para uma única unidade, as diversas formas de energia que permeiam os sistemas. Os fluxos de energia devem ser expressos em unidades energéticas por unidade de tempo e de superfície, caracterizando as entradas e saídas energéticas do sistema.

4.5.3. Metodologia de Análise energética

De acordo com Pinto (2002), o cálculo do balanço de energia na agricultura foi muito bem descrito e sistematizado por Castanho Filho & Chabaribery (1982) e, por isso, o utilizou para um sistema agroflorestal. Assim também, nesta pesquisa, foi utilizada a mesma metodologia.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local

O experimento de campo foi conduzido em área da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica (ABD), Fazenda Demétria, município de Botucatu – SP, utilizando-se uma cultivar de batata-doce proveniente da Associação de Produtores Orgânicos da Mantiqueira, em Gonçalves, MG.

O armazenamento das raízes se deu nas dependências do CERAT-Centro de Raízes e Amidos Tropicais da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus de Botucatu- SP.

5.2. Propágulos

Após contato junto aos produtores rurais obtiveram-se as ramas de batata-doce provenientes da Associação Orgânicos da Mantiqueira, de produtores orgânicos de Gonçalves, MG, pela dificuldade de se encontrar na região de Botucatu tal material, com a segurança de que fossem cultivados de forma orgânica ou biodinâmica.

As ramas de batata-doce foram preparadas em galpão sombreado, de modo a apresentarem 10 nós, e a seguir foram plantadas sobre os camalhões previamente confeccionados na área experimental.

5.3. Amostras de solo

As amostras de solo para análise foram coletadas na camada de 0 a 0,20 m de profundidade na área antes da instalação do experimento (após o preparo do solo) e, após a colheita, em cada parcela experimental (constituindo uma amostra composta por tratamento).

Essas amostras foram submetidas à análise físico-química, pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, seguindo as Metodologias do Boletim 81 do IAC de 1983- Extração pela resina trocadora de íons, para Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio; do Boletim 106 do IAC de 1986, de Otávio A. Camargo e outros, para Micronutrientes e Mineralogia; e, do Laboratório Nacional de Referência Vegetal-Análise de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes- Métodos Oficiais, do Ministério da Agricultura (1988).

5.4. Tratamentos

Os tratamentos consistiram da aplicação de:

- a) fertilizante mineral N-P-K (4-14-8), a 1000 kg/ha, totalizando 40 kg de N; 140 kg de P₂O₅ e 80 kg de K₂O/ha; (conv.)
- b) 1460 kg de composto orgânico (dose suficiente para suprir 20kg de N/ha) (org 1)
- c) 2190 kg de composto orgânico (dose suficiente para suprir 30kg de N/ha) (org 2)
- d) 2920 kg de composto orgânico (dose suficiente para suprir 40kg de N/ha) (org 3)
- e) 3650 kg de composto orgânico (dose suficiente para suprir 50kg de N/ha) (org 4)
- f) 4380 kg de composto orgânico (dose suficiente para suprir 60kg de N/ha) (org 5)
- g) 1190,5 kg de composto biodinâmico (dose suficiente para suprir 20kg de N/ha) (biod1)
- h) 1785,7 kg de composto biodinâmico (dose suficiente para suprir 30kg de N/ha) (biod2)
- i) 2381 kg de composto biodinâmico (dose suficiente para suprir 40kg de N/ha) (biod3)
- j) 2976,2 kg de composto biodinâmico (dose suficiente para suprir 50kg de N/ha) (biod4)
- k) 3571,4 kg de composto biodinâmico (dose suficiente para suprir 60kg de N/ha) (biod5)

As parcelas experimentais foram compostas de dois camalhões de 4m de comprimento, e o espaçamento de 1,0 x 0,4 m, totalizando 20 plantas por parcela, todas úteis, constituindo um delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições.

A condução do cultivo convencional seguiu o padrão preconizado por Filgueira (2000), e o orgânico e biodinâmico, as mesmas recomendações, sem as atividades vedadas pelas Normas de Certificação Orgânica e Biodinâmica (IBD, 2002).

5.5. Preparo dos compostos

Foram preparadas duas pilhas de composto na área da Empresa Centroflora do Brasil, em Botucatu (SP), a partir de resíduos gerados a partir de processamento de plantas medicinais desta empresa, no montante de 3600 toneladas por ano, adicionados de esterco bovino como inóculo, objetivando produzir dois tipos de composto, um orgânico e um biodinâmico, para aplicar nos respectivos tratamentos. As quantidades e espécies dos resíduos das plantas utilizadas se encontram na Tabela 16.

Em uma das pilhas foram adicionados os preparados biodinâmicos, conforme preconizado por Wistinghausen (1997) e Koepf et al (1986) e esquematizado na Figura 4. Foram retiradas quantidades de 1 a 3g dos preparados de 502 a 506, as quais foram envoltas por porção de solo que foi amalgamada com água, formando uma bolinha de cada um dos preparados. O preparado líquido 507, de valeriana, foi diluído à base de 2 cm³ por 10 litros de água morna, dinamizado por meia hora e aspergido com “vassoura” feita de galhos de plantas, sobre a pilha do composto biodinâmico.

As pilhas foram regadas com água, com freqüência, de modo que estivessem sempre com umidade suficiente para a decomposição, e foram reviradas a cada 20 dias, ficando um total de dois meses até sua utilização, quando foram transportadas para a área de plantio do experimento.

A análise química dos compostos orgânicos e biodinâmicos foi realizada no Laboratório do Departamento de Produção Vegetal /Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu com metodologia descrita por Malavolta et al (1989).

Tabela 16. Plantas medicinais que deram origem aos resíduos utilizados na pilha de compostagem, Botucatu, 2003.

| Produto | Nome Científico | Quantidade (kg) | H/A |
|------------------|--------------------------------|-----------------|-----|
| Pffáfia | <i>Pfaffia glomerata</i> | 280 | H |
| Aveia | <i>Avena sativa</i> | 120 | A |
| Marapuama | <i>Ptychopetalum olacoides</i> | 180 | H |
| Carqueja | <i>Baccharis trimera</i> | 750 | H |
| Losna | <i>Artemisia absinthium</i> | 57 | A |
| Salvia | <i>Salvia officinalis</i> | 100 | A |
| Calêndola | <i>Calendula oficinalles</i> | 40 | A |
| Erva Doce | <i>Pimpinella anisium</i> | 40 | A |
| Crataegus | <i>Crataegus oxyacantha</i> | 170 | A |
| Gengibre | <i>Zingiberofficinale</i> | 1700 | A |
| Alcachofra | <i>Cynara scolymus</i> | 2000 | A |
| Unha de Gato | <i>Uncaria sp.</i> | 800 | H |
| Quebra Pedra | <i>Phyllantus niruri</i> | 200 | H |
| Gridélia | <i>Gridelia squarrosa</i> | 80 | A |
| Polígala | <i>Polygata senega</i> | 80 | A |
| Pffáfia | <i>Pfaffia stenophylla</i> | 480 | A |
| Hamamelis | <i>Hamamelis virginiana</i> | 120 | A |
| Rosa Rubra | <i>Rosa galica</i> | 40 | A |
| Marapuama | <i>Ptychopetalum olacoides</i> | 120 | H |
| Ipê Roxo | <i>Taebuia sp.</i> | 2000 | A |
| Centella Aiática | <i>Centella asiática</i> | 100 | A |
| Crataegus | <i>Crataegus oxyacantha</i> | 700 | A |
| Maracujá | <i>Passiflora sp.</i> | 500 | A |
| Pffáfia | <i>Pfaffia sp.</i> | 480 | A |
| Velame do Campo | <i>Croton campestris</i> | 100 | A |
| Carqueja | <i>Baccharis trimera</i> | 850 | A |
| Guaraná | <i>Paulínia cupana</i> | 1700 | A |
| | | 13787 | A/H |

Obs: H – Extração hidroalcoólica; A – Extração Alcoólica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

5.6. Preparo do solo e plantio

Após a demarcação da área experimental, o solo foi revolvido com cultivador, acoplado a um trator Valmet 65, de modo que fosse destorroado. Em seguida foram feitos sulcos com sulcador do tipo bico de pato, dentro dos quais foram colocados as quantidades do fertilizante e dos compostos correspondentes aos tratamentos.

Procedeu-se, então, à construção dos camalhões, manualmente, com enxadas, cobrindo os fertilizantes. Os camalhões tinham 40cm de largura e 30cm de altura. A seguir foram distribuídas as mudas no sentido transversal do camalhão, de modo que ficassem os nós centrais enterrados e duas extremidades para brotarem.

O plantio foi efetuado no dia 1º de março de 2003 que, conforme o Calendário Agrícola de 2003 de Maria e Matthias Thun (Thun & Thun, 2003), era propício ao plantio de espécies produtoras de raízes.

Nos tratamentos biodinâmicos houve a aplicação com vassourinhas feitas de ramos de plantas, do preparado 500 no solo, à tarde, que foi dinamizado por uma hora em barril de madeira, utilizando-se 200g do preparado para 60 litros de água.

5.7. Tratos culturais

Após 45 e 60 dias do plantio foi feita a eliminação das espécies invasoras, que foram deixadas no solo para contribuir com sua cobertura.

Nas parcelas de tratamento biodinâmico foi feita pulverização fina do preparado 501 quando as plantas estavam com 85 dias, antes das sete horas da manhã do dia 22 de maio de 2003, dia favorável a raízes segundo o Calendário Maria Thun (Thun & Thun, 2003). Tal preparação foi feita utilizando-se 3 g do preparado 501 para cada 60 litros de água, dinamizando-a por uma hora antes da aplicação.

A cada mês procedeu-se ao penteamento das ramas (Figura 6), o que consistiu na colocação das ramas, cada uma dentro de seu limite de parcela, de modo que não se entrelçassem, não misturando os tratamentos, facilitando as atividades de colheita e pesagem da parte aérea.

5.8. Colheita

Procedeu-se ao arranquio das raízes, de forma manual, com o auxílio de enxadões, após quatro meses de ciclo (Figura 7).

Inicialmente, foi coletada a parte aérea das plantas, por parcela, e colocada em sacos para pesagem. Com o auxílio de enxadões arrancaram-se as raízes que foram pesadas também por parcelas, contando-se o número de plantas e retiradas amostras. A seguir, retirou-se amostras também da parte aérea de cada uma das parcelas, e ambas as amostras (da parte aérea e das raízes) foram levadas ao laboratório em saquinhos de papel, para secagem e análise química de nutrientes (macro e micronutrientes). Tal análise foi realizada no Departamento de Produção Vegetal, Área de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, pelas metodologias: digestão sulfúrica, seguida de

destilação pelo Método Kjeldahl, para nitrogênio; digestão por via seca (mufla) para boro; e, para os demais, digestão nitro-perclórica conforme descritos por Malavolta et al (1989).

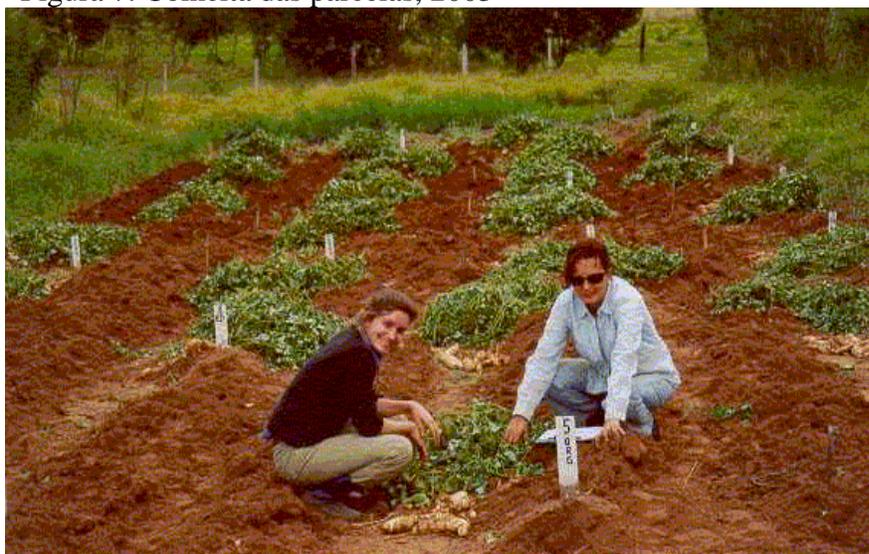
Das raízes colhidas também retirou-se 10 unidades que foram levadas ao Laboratório do CERAT - Centro de Raízes e Amidos Tropicais da FCA- Botucatu onde foram fatiadas, secas e moídas, para análise de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, amido e umidade, pela Metodologia de Nelson (1944) e de Somogy (1945).

Figura 6. Penteamento das ramas de batata-doce, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 7. Colheita das parcelas, 2003



Fonte: Dados da pesquisa

5.9. Armazenamento

De cada um dos tratamentos foram selecionadas dez raízes, as quais foram levadas para local seco e ventilado para armazenamento por 30 dias, no CERAT na FCA Botucatu (Figura 8), após o que também foram fatiadas, secas e analisadas quanto aos teores de amido, umidade, açúcares solúveis totais e açúcares redutores, conforme descrito anteriormente, por ocasião da colheita.

Figura 8. Raízes armazenadas após a colheita, CERAT/FCA, Botucatu,2003.



Fonte: Dados da pesquisa.

5.10. Características avaliadas

5.10.1. Relativas aos compostos orgânicos

- a) composição química
- b) pH

5.10.2. Relativas às plantas

- a) produção (kg/parcela) de raízes tuberosas comerciais
- b) produção (kg/parcela) de parte aérea

5.10.3. Relativas ao solo

- a) análise da composição química, antes do plantio e após a colheita
- b) pH, antes do plantio e após a colheita
- c) teor de matéria orgânica, antes do plantio e após a colheita

5.10.4. Relativas à qualidade, na colheita e após 30 dias de armazenamento

- a) composição química de raízes e folhas
- b) teor de amido das raízes
- c) teor de açúcares das raízes
- d) teor de proteína das raízes e folhas

5.10.5. Análise econômica comparativa dos sistemas orgânico, convencional e biodinâmico de produção

Para tal análise foi empregada a metodologia de Custos de Produção e Rentabilidade de Noronha (1981), para a qual se obtiveram coeficientes técnicos e resultados econômicos (custos, receitas e rentabilidades).

Como base para custo de produção de um hectare de batata-doce, elaborou-se uma planilha considerando-se os custos reais de operacionalização do experimento, bem como as planilhas da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (EMATER- DF), do Sindicato Rural de Mogi das Cruzes e da Secretaria de Agricultura do Paraná (SEAGRI), as quais foram adaptadas para cada um dos sistemas: convencional, orgânico e biodinâmico. Os preços dos insumos utilizados foram obtidos junto aos estabelecimentos comerciais de Botucatu (SP). A remuneração de mão-de-obra e de trator foi a contratada por empreita. O valor da irrigação refere-se apenas ao cálculo pelo Método Linear, do custo de depreciação do equipamento de gotejamento, com vida útil estimada de dois anos, e também pela remuneração da mão-de-obra utilizada para ligar a torneira, já que não houve gasto de energia elétrica, pois a água é levada ao reservatório por roda d'água, que vai até os tubos por gravidade.

A composição dos custos dos dois compostos foi estimada a partir da sua elaboração, com a utilização de mão-de-obra para revirar e regar as pilhas (6 Homens/Dia)

e o frete para o local do plantio (R\$ 60,00), preço obtido junto ao mercado de Botucatu, já com mão-de-obra para carregar e descarregar. Para todos os sistemas tomou-se a quantidade de 40 kg de N por hectare, para cálculo das quantidades de composto e NPK.

A princípio, a produtividade a ser utilizada nos cálculos de balanço energético e análise econômica seria aquela obtida nesta pesquisa; entretanto, como os resultados de produção não corresponderam às expectativas⁽¹⁾, foram utilizados os valores médios de produtividade do Estado de São Paulo, divulgados no Anuário Estatístico 2002 do Instituto de Economia Agrícola (Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2003).

Os preços da batata-doce produzida organicamente foram obtidos junto às empresas Fazenda Santo Onofre e Horta & Arte, as quais, além de produtoras, são distribuidoras de produtos orgânicos obtidos de propriedades certificadas, sendo estes preços, também, utilizados para o sistema biodinâmico, que é no mínimo, igual ao orgânico, tendo geralmente sobrepreço. Para o sistema convencional foram coletados os preços médios anuais publicados na página eletrônica do Instituto de Economia Agrícola (SP), na mesma data daqueles dos outros sistemas, ou seja, outubro de 2003.

5.10.6. Relativas à avaliação energética

No presente trabalho, o principal fator de produção que apresentou diferenças quanto à condução do cultivo, foi a adubação, em tipo e quantidade. Tratamentos com N-P-K e com composto orgânico e biodinâmico foram comparados quanto ao consumo de energia, para se testar a hipótese de nulidade do projeto, que é o menor custo energético dos compostos orgânicos. Para satisfazer as exigências das normas de certificação orgânica, também foram suprimidas atividades não permitidas nas Diretrizes das principais certificadoras, o que resulta em menor gasto, no sistema orgânico, com insumos externos, mas maior gasto com mão-de-obra.

O cálculo do balanço energético foi dado pela apuração dos itens abaixo:

1-Energia Injetada no Cultivo – EI

Trata-se da somatória das energias na forma direta e indireta. As energias diretas são constituídas pelas energias biológica (Ebio), referentes ao trabalho humano e animal e às sementes e mudas; energia fóssil (EFos) do petróleo; e, energia

(1) Ver item 6.4- Análise Econômica do Capítulo 6.

hidrelétrica (EEI). A energia indireta (Eind) é relativa à construção de imóveis e à fabricação de máquinas e equipamentos agrícolas, em função da depreciação calculada de acordo com a vida útil desses bens.

Tem-se, deste modo, a equação abaixo que representa a energia injetada na agricultura EI:

$$EI = E_{dir} + E_{ind} \text{ ou}$$

$$EI = (E_{bio} + E_{fos} + EEI) + E_{ind}$$

As várias grandezas físicas envolvidas devem ser convertidas em unidade energética, existindo na literatura os coeficientes energéticos calculados para a maioria delas, com um certo grau de dificuldade para determinar aquelas muito específicas, e de energia indireta.

2- Energia Produzida pelo Cultivo – EP

Pela fotossíntese, os vegetais têm o poder de captar energia solar e transformar em energia biológica (Energia Primária – Eprim), que por sua vez pode ser utilizada pelos animais, que também a transformam, constituindo a energia secundária (Esec). Então, a energia produzida na agricultura é o resultado da somatória das energias finais primárias e secundárias, que formam a energia final aproveitável do cultivo (EF).

3- Índices de Desempenho Energético

Pode-se avaliar como a agricultura transforma a energia externa em energia aproveitável, estabelecendo-se a relação EF/EI, isto é, Energia Final Aproveitável, dividida pela Energia Injetada.

Para avaliar o rendimento do processo biológico, ou sua eficiência de transformação energética, estabelece-se a relação Eprim/ EF, isto é, Energia Final de Origem Primária dividida pela Energia Final Aproveitável.

O saldo energético é dado pela diferença entre a Energia Final Aproveitável – EF, e a Energia Injetada – EI.

É possível quantificar e identificar as energias renováveis e não renováveis utilizadas no processo pela decomposição da Energia Injetada –EI, em energia biológica, energia fóssil e energia industrial, determinando assim a dependência e a sustentabilidade ambiental do sistema.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análises físico-químicas do solo

Pela análise físico-química do solo original do local do experimento, considera-se que este era adequado ao cultivo da batata-doce, conforme descrito na revisão da literatura. O pH, a textura e as quantidades de nutrientes estavam compatíveis com as recomendações para a espécie, por ocasião do plantio (Tabelas 17, 18 a, 18 b e 19).

Tabela 17. Análise química do solo do local do experimento. Botucatu, 2003.

| pH | M.O. | P resina | Al ³⁺ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V% | S |
|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|----|----------|----|-------|----|---|
| CaCl ₂ | g/dm ³ | mg/dm ³ | Mmol _c /dm ³ | | | | | | | | |
| 5,2 | 19 | 32 | 1 | 24 | 1 | 22 | 10 | 33 | 57 | 58 | 4 |
| Boro | | | Cobre | | Ferro (mg/dm ³) | | Manganês | | Zinco | | |
| 0,20 | | | 1,0 | | 49 | | 5,8 | | 1,4 | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Na colheita (Tabelas 18 a e 18 b), a análise química do solo indica que houve aumento do pH para todos os tratamentos, exceto para os 3 e 4 biodinâmicos que diminuíram e, para o orgânico 1, que se manteve igual à amostra inicial. Pode-se considerar que isto é decorrência da metodologia de retirada de amostra, que por ocasião do plantio, foi composta de toda área e, a amostra posterior à colheita, foi coletada na área de cada tratamento especificamente, sendo que as diferenças já poderiam existir e não serem devidas aos tratamentos. Para Ca e Mg não houve um comportamento padrão para os tratamentos,

podendo ser justificado pelo mesmo motivo. Exceto para P que teve uma elevação expressiva, os demais nutrientes no solo (Ca, Mg e K) variaram no solo, porém de forma não constante com o tratamento. O teor de Al, que estava 1 mmolc/dm^3 , passou a zero em todas as parcelas, o que indica uma estabilização ocorrida ao longo do tempo. A menor quantidade de K existente no solo após a colheita significa que houve sua retirada do mesmo, além das quantidades fornecidas pelos compostos (Tabela 20) e pelo fertilizante NPK (4-14-8) ou, ainda, que a quantidade inicialmente determinada para coleta de amostra do solo não representou a área. Cada amostra de solo foi formada a partir das misturas das parcelas.

Para o P houve aumento considerável para todos os tratamentos, exceto no 4 biodinâmico, que diminuiu. Isto significa que as quantidades de P fornecidas foram suficientes para a planta absorver e ainda permanecer no solo (Tabelas 17 e 18 a).

Houve um decréscimo nas quantidades de K após a colheita, sendo uma das hipóteses, a de que o K foi absorvido pelas plantas, porém fatores como chuva podem promover lixiviação desse nutriente no solo (Tabelas 17 e 18 a).

Tabela 18 a. Análise química de solo por ocasião da colheita (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | pH CaCl ₂ | M.O. g/dm ³ | P resina mg/dm ³ | Al ³⁺ | H+Al | K | Ca Mmol/dm ³ | Mg | SB | CTC | V% |
|------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------|-----------|------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ORG 1 | 5,2 | 18 | 50 | - | 20 | 0,7 | 20 | 8 | 30 | 50 | 59 |
| ORG 2 | 5,7 | 19 | 81 | - | 16 | 0,8 | 28 | 9 | 38 | 54 | 70 |
| ORG 3 | 5,7 | 20 | 86 | - | 16 | 0,7 | 35 | 10 | 45 | 62 | 73 |
| ORG 4 | 6,5 | 20 | 93 | - | 15 | 0,8 | 40 | 15 | 56 | 71 | 79 |
| ORG 5 | 5,6 | 20 | 33 | - | 19 | 0,8 | 24 | 8 | 33 | 52 | 63 |
| BIOD 1 | 5,9 | 16 | 81 | - | 16 | 0,7 | 25 | 9 | 35 | 51 | 68 |
| BIOD 2 | 5,3 | 19 | 57 | - | 22 | 0,7 | 22 | 8 | 30 | 52 | 57 |
| BIOD 3 | 5,1 | 16 | 35 | - | 21 | 0,6 | 18 | 6 | 25 | 46 | 54 |
| BIOD 4 | 5,0 | 18 | 19 | - | 22 | 0,6 | 14 | 6 | 21 | 43 | 48 |
| BIOD 5 | 5,4 | 18 | 75 | - | 20 | 0,6 | 24 | 8 | 33 | 53 | 62 |
| CONV. | 6,0 | 18 | 107 | - | 16 | 0,8 | 32 | 12 | 45 | 61 | 74 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 18 b. Análise de micronutrientes no solo por ocasião da colheita (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | Boro | Cobre | Ferro | Manganês | Zinco |
|------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| ORG 1 | 0,19 | 1,5 | 46 | 7,9 | 2,6 |
| ORG 2 | 0,21 | 1,4 | 36 | 7,1 | 3,3 |
| ORG 3 | 0,20 | 1,4 | 52 | 7,3 | 3,4 |
| ORG 4 | 0,20 | 1,6 | 44 | 7,3 | 4,0 |
| ORG 5 | 0,20 | 0,7 | 53 | 5,5 | 1,6 |
| BIOD 1 | 0,18 | 1,5 | 38 | 6,9 | 3,8 |
| BIOD 2 | 0,15 | 1,4 | 47 | 7,5 | 2,7 |
| BIOD 3 | 0,24 | 1,0 | 44 | 6,2 | 1,9 |
| BIOD 4 | 0,20 | 0,8 | 51 | 6,4 | 1,3 |
| BIOD 5 | 0,22 | 1,5 | 44 | 8,5 | 2,9 |
| CONV. | 0,17 | 3,2 | 42 | 7,0 | 5,3 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 19. Análise física de solo por ocasião da colheita (1), Botucatu, 2003.

| TRATAMENTO | Areia/T g/Kg | Argila g/Kg | Silte g/Kg | Textura do solo |
|------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|
| ORG 1 | 824 | 94 | 82 | Arenosa |
| ORG 2 | 825 | 92 | 83 | Arenosa |
| ORG 3 | 830 | 98 | 72 | Arenosa |
| ORG 4 | 837 | 102 | 61 | Arenosa |
| ORG 5 | 837 | 108 | 55 | Arenosa |
| BIOD 1 | 824 | 102 | 74 | Arenosa |
| BIOD 2 | 839 | 81 | 80 | Arenosa |
| BIOD 3 | 834 | 84 | 82 | Arenosa |
| BIOD 4 | 827 | 91 | 82 | Arenosa |
| BIOD 5 | 826 | 110 | 64 | Arenosa |
| CONV | 830 | 93 | 77 | Arenosa |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

6.2. Compostos utilizados

Pelo fornecimento de matéria orgânica e nutrientes dos compostos orgânico e biodinâmico, que foram obtidos por processo de compostagem conforme descrito no item 5.5 e cuja composição está indicada na Tabela 20, esperava-se uma elevação dos teores de matéria orgânica, soma de bases (S), Ca, Mg e CTC, o que não ocorreu (Tabela 18a).

Quanto às características físicas a aplicação de fontes orgânicas e químicas não alteraram a textura do solo, o que de fato ocorre na prática com o uso contínuo de fontes orgânicas, mas não chegou a ocorrer nesse experimento de apenas um cultivo (Tabela 19).

Os teores dos nutrientes, à exceção de Fe, foram sempre numericamente superiores no composto biodinâmico (Tabela 20).

Tabela 20. Composição de macronutrientes (N em %, demais em g/kg) e micronutrientes (ppm) nos compostos orgânico e biodinâmico, por ocasião de sua utilização como fertilizantes nos respectivos tratamentos, Botucatu, 2003.

| Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | S | Zn | Mn | Fe |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Orgânico | 1,37 | 1,44 | 3,40 | 16,7 | 1,57 | 0,92 | 36,7 | 126,7 | 4880 |
| Biodinâmico | 1,68 | 1,70 | 8,20 | 25,1 | 2,23 | 1,23 | 47,3 | 216,7 | 4867 |

Fonte: Dados da Pesquisa

6.3. Análise de parte aérea (folhas) e raízes da batata-doce

6.3.1. Peso da parte aérea e das raízes

Analisando-se os pesos da parte aérea, correspondentes ao peso das ramas e folhas, antes da secagem, verificou-se que praticamente não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 21 e Gráfico 1).

Quando se analisa os pesos das raízes (Tabela 21 e Gráfico 1), verifica-se que o tratamento biodinâmico 2, equivalente a 30 kg de N por hectare, foi o melhor, isto é, com o maior peso de raízes. Os tratamentos orgânico 1, 2 e 5 foram os piores e os orgânico 3 e 4, biodinâmico 1, 3, 4 e 5 e o convencional, foram praticamente iguais (Tabela 21 e Gráfico 1).

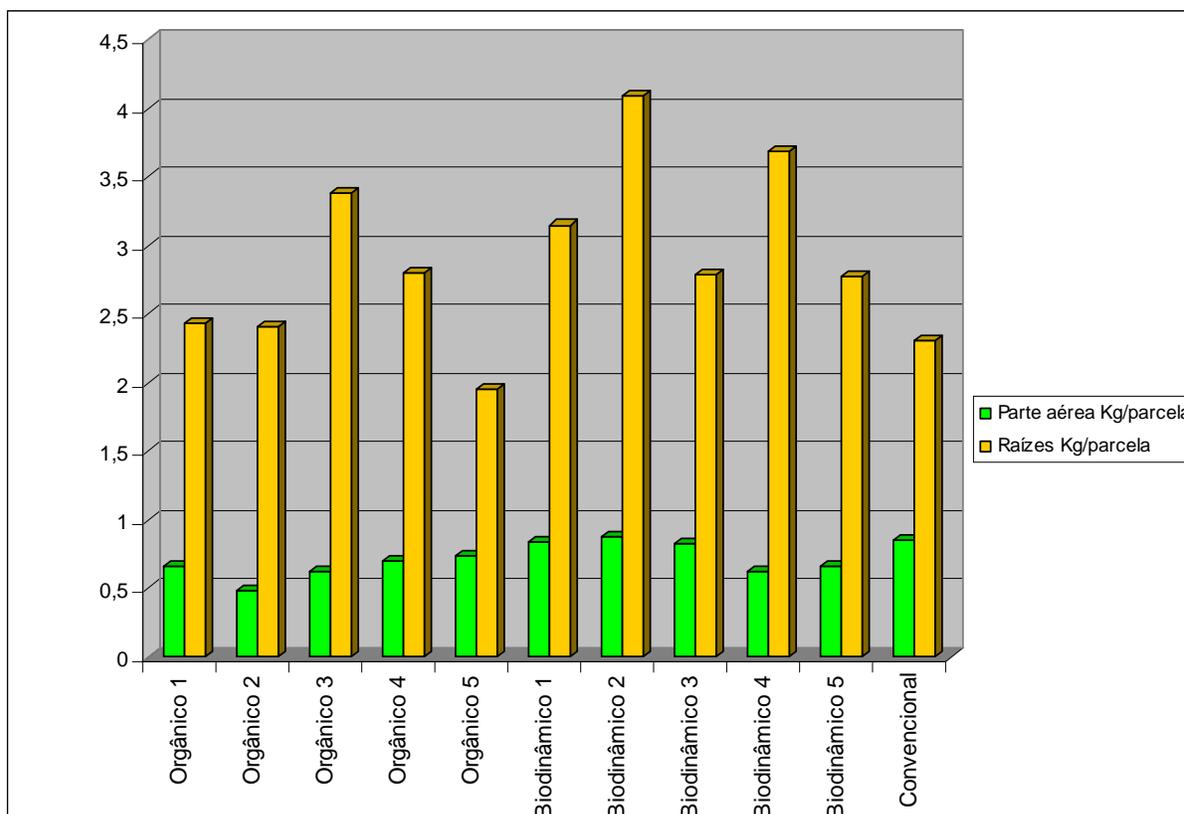
Tabela 21. Peso da parte aérea (peso verde) e de raízes (peso fresco) de batata-doce sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | kg parte aérea /parcela | kg raízes /parcela | kg raízes /planta | kg parte aérea /planta |
|--------------|----------|----------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Orgânico | 1 | 0,66 | 2,43 | 0,1625 | 0,6550 |
| | 2 | 0,48 | 2,41 | 0,1450 | 0,4800 |
| | 3 | 0,62 | 3,38 | 0,2150 | 0,6200 |
| | 4 | 0,70 | 2,80 | 0,1800 | 0,6950 |
| | 5 | 0,74 | 1,95 | 0,1625 | 0,7350 |
| Biodinâmico | 1 | 0,84 | 3,15 | 0,2175 | 0,8400 |
| | 2 | 0,87 | 4,09 | 0,2775 | 0,8675 |
| | 3 | 0,83 | 2,79 | 0,2050 | 0,8250 |
| | 4 | 0,62 | 3,69 | 0,2225 | 0,6175 |
| | 5 | 0,66 | 2,78 | 0,1825 | 0,6575 |
| Convencional | | 0,85 | 2,31 | 0,1850 | 0,8475 |

(1)Números em negrito se referem aos tratamentos com mesmo teor de N (40 kg/ha).

Fonte: Dados da Pesquisa

Gráfico 1. Peso da parte aérea e de raízes de batata-doce sob sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

Quando se analisa a produção em função do mesmo tratamento (40kg de N por hectare), para os três sistemas (números em negrito da Tabela 21), observa-se que o tratamento convencional teve o maior peso da parte aérea em valor numérico, mas, o orgânico, teve o maior peso de raízes, seguido pelo biodinâmico.

6.3.2. Teores de macro e micronutrientes nas folhas

Pela análise da Tabela 22 pode-se observar que o N fornecido, seja na forma de composto orgânico, biodinâmico ou de fertilizante químico, está muito inferior ao que foi extraído pelas plantas. Então, percebe-se que o N fornecido não conseguiu suprir as necessidades das plantas mas, sim, no caso do composto, atuar como condicionador do solo, melhorando a capacidade delas absorverem o N de outras fontes, inclusive o existente no solo.

Tabela 22. Produção (kg/parcela), teores de N (g/100g massa fresca) e teores de N (kg/parcela) extraído pelas plantas e fornecido pelos adubos em folhas e raízes de batata-doce (1), Botucatu, 2003.

| Trat. | Parte Aérea | Raízes | Total kg/ parcela | Parte aérea | Raízes | N Total mg/100g/parcela | Extraído kg/parcela | Fornecido kg/parcela |
|--------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| ORG 1 | 0,66 | 2,43 | 3,09 | 3,40 | 0,87 | 4,27 | 0,13 | 0,016 |
| ORG 2 | 0,48 | 2,41 | 2,89 | 3,25 | 0,76 | 4,01 | 0,12 | 0,024 |
| ORG 3 | 0,62 | 3,38 | 4,00 | 3,58 | 0,78 | 4,36 | 0,14 | 0,032 |
| ORG 4 | 0,70 | 2,80 | 3,50 | 3,47 | 0,81 | 4,28 | 0,15 | 0,040 |
| ORG 5 | 0,74 | 1,95 | 2,69 | 3,35 | 0,77 | 4,12 | 0,11 | 0,048 |
| BIOD 1 | 0,84 | 3,15 | 3,99 | 3,57 | 0,87 | 4,44 | 0,18 | 0,016 |
| BIOD 2 | 0,87 | 4,09 | 4,96 | 3,57 | 0,71 | 4,29 | 0,21 | 0,024 |
| BIOD 3 | 0,83 | 2,79 | 3,62 | 3,40 | 0,74 | 4,22 | 0,15 | 0,032 |
| BIOD 4 | 0,62 | 3,69 | 4,31 | 3,47 | 0,71 | 4,18 | 0,18 | 0,040 |
| BIOD 5 | 0,66 | 2,78 | 3,44 | 3,33 | 0,68 | 4,02 | 0,14 | 0,048 |
| CONV | 0,85 | 2,31 | 3,16 | 3,52 | 0,11 | 4,68 | 0,15 | 0,032 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

Os tratamentos não modificaram acentuadamente os teores de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 23) na massa seca das folhas de batata-doce.

Quando os teores de macronutrientes na massa seca das folhas de batata-doce são comparados numericamente, analisando-se os três sistemas no tratamento 40 kg de N por ha (números em negrito na Tabela 23), maiores teores de N, K e S no sistema

orgânico, maiores teores de P no sistema biodinâmico e maiores teores de Ca e Mg no sistema convencional.

Tabela 23. Teores de macronutrientes (g/100g de massa seca) em folhas de batata-doce, sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | N | P | K | Ca | Mg | S |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Orgânico | 1 | 3,40 | 0,20 | 2,16 | 0,60 | 0,40 | 0,11 |
| | 2 | 3,25 | 0,24 | 1,82 | 0,56 | 0,36 | 0,10 |
| | 3 | 3,58 | 0,23 | 2,98 | 0,60 | 0,41 | 0,12 |
| | 4 | 3,47 | 0,22 | 1,83 | 0,57 | 0,38 | 0,10 |
| | 5 | 3,35 | 0,23 | 1,83 | 0,65 | 0,44 | 0,12 |
| Biodinâmico | 1 | 3,57 | 0,25 | 1,92 | 0,65 | 0,44 | 0,12 |
| | 2 | 3,57 | 0,26 | 1,97 | 0,58 | 0,39 | 0,12 |
| | 3 | 3,48 | 0,24 | 1,90 | 0,58 | 0,41 | 0,11 |
| | 4 | 3,47 | 0,24 | 2,05 | 0,49 | 0,36 | 0,11 |
| | 5 | 3,33 | 0,23 | 1,82 | 0,63 | 0,42 | 0,11 |
| Convencional | | 3,52 | 0,22 | 1,64 | 0,61 | 0,48 | 0,09 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

Os tratamentos também não modificaram os teores dos micronutrientes B e Fe, na massa seca das folhas de batata-doce, mas sim os de Mn e Zn (Tabela 24), ocorrendo para Mn uma grande variação a maior no tratamento convencional e de Zn para o tratamento biodinâmico 5.

Tabela 24. Teores de micronutrientes (mg/100g de massa seca) em folhas de batata-doce, sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | B | Mn | Fe | Zn |
|--------------|----------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Orgânico | 1 | 4,21 | 10,65 | 64,45 | 1,00 |
| | 2 | 4,39 | 8,10 | 68,70 | 0,65 |
| | 3 | 4,99 | 9,45 | 49,25 | 0,55 |
| | 4 | 4,27 | 8,30 | 47,95 | 0,45 |
| | 5 | 4,42 | 9,80 | 70,90 | 1,05 |
| Biodinâmico | 1 | 4,98 | 9,70 | 59,25 | 0,9 |
| | 2 | 5,50 | 8,30 | 62,65 | 1,35 |
| | 3 | 4,93 | 9,35 | 59,95 | 0,75 |
| | 4 | 5,17 | 8,95 | 49,90 | 0,50 |
| | 5 | 5,18 | 10,80 | 61,00 | 2,35 |
| Convencional | | 4,36 | 13,20 | 48,30 | 0,75 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha .

Fonte: Dados da Pesquisa

Quando se analisa os três sistemas no mesmo tratamento de 40 kg de N por ha (números em negrito na Tabela 24), tem-se maior teor de B para o orgânico, maior teor de Mn para o convencional e maior teor de Zn para o biodinâmico e para o convencional.

6.3.3. Teores de macro e micronutrientes nas raízes na colheita e após 30 dias de armazenamento

Os tratamentos não afetaram os teores de macronutrientes e micronutrientes nas raízes de batata-doce (massa seca), na colheita e após 30 dias de armazenamento (Tabelas 25, 26 e 27).

Quando os mesmos nutrientes são analisados comparando-se o tratamento 40 kg de N por ha para os três sistemas (números em negrito das Tabelas 25, 26 e 27), observa-se que o tratamento convencional propiciou os maiores teores de N e Mn nas raízes, por ocasião da colheita.

O tratamento biodinâmico teve os menores teores de Ca e Mg nas raízes, na colheita, e o maior de Ca, após 30 dias.

Os tratamentos biodinâmico e convencional tiveram os maiores valores de K nas raízes, na colheita.

Para o micronutriente Fe, na colheita, o teor mais baixo foi o do tratamento convencional, sendo que depois de 30 dias de armazenamento o tratamento orgânico 4 apresentou o maior teor (Tabela 27).

Tabela 25. Teores de N, P e K (g/100g de massa seca) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | N | | P | | K | |
|--------------|----------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac |
| Orgânico | 1 | 0,87 | 0,98 | 0,12 | 0,20 | 1,10 | 1,53 |
| | 2 | 0,76 | 0,64 | 0,12 | 0,17 | 0,84 | 0,94 |
| | 3 | 0,78 | 0,77 | 0,15 | 0,17 | 1,03 | 1,32 |
| | 4 | 0,81 | 0,78 | 0,14 | 0,13 | 1,12 | 1,24 |
| | 5 | 0,77 | 0,80 | 0,11 | 0,17 | 1,12 | 1,37 |
| Biodinâmico | 1 | 0,87 | 0,99 | 0,15 | 0,17 | 1,46 | 1,58 |
| | 2 | 0,71 | 0,68 | 0,15 | 0,18 | 1,17 | 1,26 |
| | 3 | 0,74 | 0,81 | 0,14 | 0,15 | 1,31 | 1,21 |
| | 4 | 0,71 | 0,81 | 0,17 | 0,15 | 1,31 | 1,54 |
| | 5 | 0,68 | 0,82 | 0,17 | 0,18 | 1,33 | 1,54 |
| Convencional | | 1,12 | 0,82 | 0,14 | 0,16 | 1,32 | 1,48 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.
Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 26. Teores de Ca, Mg e S (g/100g de massa seca) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | Ca | | Mg | | S | |
|--------------|----------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac |
| Orgânico | 1 | 0,07 | 0,11 | 0,11 | 0,14 | 0,02 | 0,03 |
| | 2 | 0,06 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,02 | 0,02 |
| | 3 | 0,14 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,03 | 0,02 |
| | 4 | 0,07 | 0,14 | 0,10 | 0,12 | 0,02 | 0,02 |
| | 5 | 0,09 | 0,14 | 0,11 | 0,12 | 0,02 | 0,02 |
| Biodinâmico | 1 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,03 | 0,02 |
| | 2 | 0,06 | 0,14 | 0,09 | 0,11 | 0,02 | 0,02 |
| | 3 | 0,09 | 0,16 | 0,09 | 0,13 | 0,02 | 0,02 |
| | 4 | 0,04 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,02 | 0,02 |
| | 5 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,02 | 0,02 |
| Convencional | | 0,13 | 0,12 | 0,19 | 0,15 | 0,02 | 0,02 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.
Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 27. Teores de B, Mn e Fe (ppm de massa seca) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | B | | Mn | | Fe | |
|--------------|----------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac |
| Orgânico | 1 | 9,00 | 9,63 | 8 | 6 | 34 | 22 |
| | 2 | 9,57 | 9,12 | 6 | 10 | 22 | 4 |
| | 3 | 9,25 | 9,63 | 6 | 8 | 10 | 16 |
| | 4 | 9,38 | 8,62 | 8 | 10 | 24 | 28 |
| | 5 | 9,25 | 11,15 | 6 | 4 | 10 | 14 |
| Biodinâmico | 1 | 8,11 | 12,17 | 4 | 10 | 12 | 14 |
| | 2 | 9,63 | 9,63 | 8 | 4 | - | 10 |
| | 3 | 10,64 | 9,12 | 8 | 4 | 6 | 16 |
| | 4 | 10,14 | 9,12 | 4 | 6 | - | 6 |
| | 5 | 9,12 | 11,15 | 6 | 6 | 30 | 6 |
| Convencional | | 10,14 | 10,14 | 20 | 8 | 4 | 20 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

6.3.4. Teores de umidade, amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores em raízes na colheita e 30 dias após

Quanto aos teores de umidade e amido de raízes na colheita, e após 30 dias de armazenamento, foram semelhantes para todos os tratamentos (Tabela 28). Quando são comparados os valores dos tratamentos 40 kg de N por ha (números em negrito da Tabela 28 e Gráfico 2), observa-se que o teor de amido foi maior no biodinâmico na colheita e após o armazenamento, confirmando o que foi encontrado na revisão de literatura, onde os alimentos cultivados em sistemas orgânicos e biodinâmicos favorecem e mantêm sua qualidade nutricional e energética.

Tabela 28. Teores de Umidade e Amido (%) na massa seca de raízes de batata-doce na colheita, e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | Umidade | | Amido | |
|--------------|----------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac |
| Orgânico | 1 | 7,18 | 4,39 | 66,47 | 66,45 |
| | 2 | 7,23 | 3,63 | 66,01 | 64,04 |
| | 3 | 7,34 | 3,55 | 67,59 | 64,03 |
| | 4 | 6,70 | 3,77 | 63,13 | 64,35 |
| | 5 | 7,23 | 3,88 | 62,85 | 63,14 |
| Biodinâmico | 1 | 6,9 | 4,39 | 69,42 | 62,64 |
| | 2 | 7,31 | 3,82 | 66,49 | 62,14 |
| | 3 | 7,66 | 3,58 | 69,04 | 65,29 |
| | 4 | 6,96 | 3,57 | 69,69 | 65,06 |
| | 5 | 7,17 | 4,19 | 70,99 | 64,6 |
| Convencional | | 6,85 | 4,05 | 67,50 | 62,88 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

Quanto aos teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores de raízes na colheita, e após 30 dias de armazenamento, foram semelhantes para todos os tratamentos (Tabela 29). Quando são comparados os valores dos tratamentos 40 kg de N por ha (números em negrito da Tabela 29 e Gráfico 3), observa-se que o teor de açúcar solúvel total foi maior no convencional na colheita e após o armazenamento, e o açúcar redutor foi maior para o biodinâmico na colheita e maior para o orgânico após 30 dias de armazenamento.

Tabela 29. Teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores (%) em raízes de batata-doce, na colheita e 30 dias após a colheita (dac), sob sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de produção (1), Botucatu, 2003.

| Tratamento | | Açúcar Solúvel Total | | Açúcar Redutor | |
|--------------|----------|----------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | Raízes na colheita | Raízes 30 dac | Raízes na colheita | Raízes 30 dac |
| Orgânico | 1 | 20,69 | 20,81 | 17,71 | 18,75 |
| | 2 | 21,04 | 22,78 | 20,05 | 17,45 |
| | 3 | 20,24 | 20,20 | 18,93 | 20,04 |
| | 4 | 25,43 | 21,69 | 19,48 | 21,24 |
| | 5 | 26,02 | 23,75 | 20,61 | 23,27 |
| Biodinâmico | 1 | 20,12 | 23,51 | 19,14 | 22,46 |
| | 2 | 21,80 | 24,02 | 19,93 | 21,15 |
| | 3 | 20,50 | 22,58 | 19,73 | 16,77 |
| | 4 | 19,66 | 20,26 | 19,18 | 12,70 |
| | 5 | 19,17 | 22,14 | 19,14 | 11,19 |
| Convencional | | 21,17 | 23,94 | 17,15 | 12,56 |

(1) Os valores em negrito representam os tratamentos com 40 kg de N por ha.

Fonte: Dados da Pesquisa

6.3.5. Comparações entre a composição das raízes obtidas no experimento e a literatura

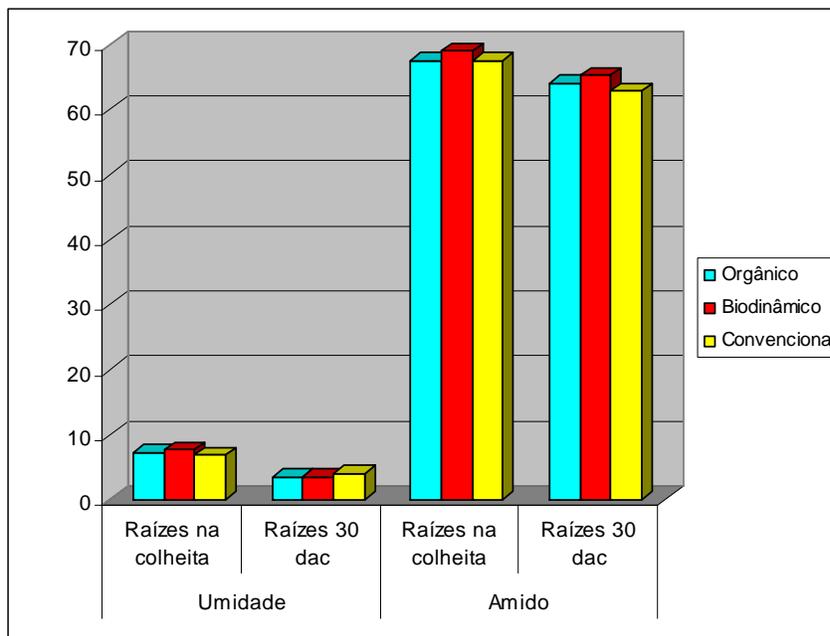
Calculando-se os teores de minerais, proteína, umidade, amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores encontrados nas plantas amostradas, observa-se que:

1-os teores de N (proteína), P, K, Ca, Mg, umidade, amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores estão bem próximos aos encontrados na literatura. Comparou-se os dados obtidos pelas análises, transformando-os na correspondente massa seca, com as Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da literatura, conforme demonstrado na memória de cálculo (Anexo I);

2-para S e B não foram encontradas citações na literatura;

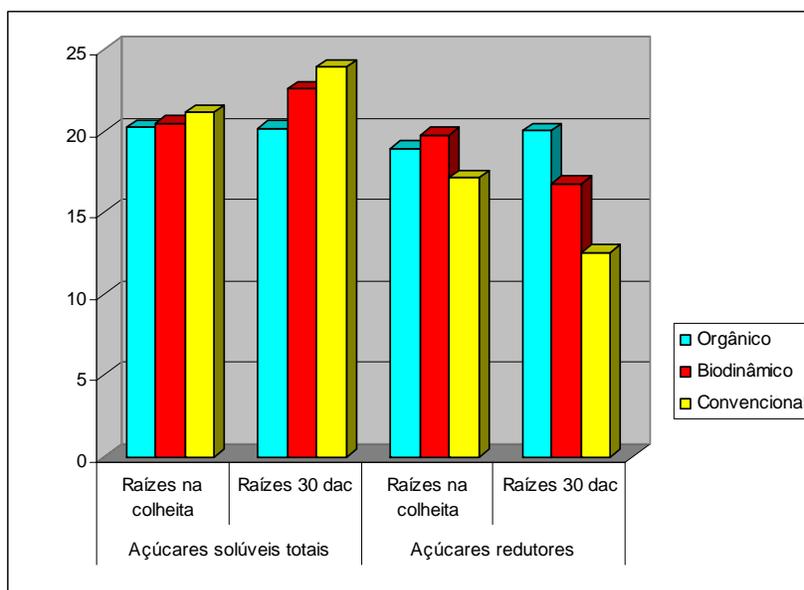
3-para Fe e Mn os valores estão muito divergentes e sem padrão, o que pode denotar problemas analíticos com contaminações, além de metodologias incompatíveis.

Gráfico 2. Teores de umidade e amido (%) em raízes de batata-doce na colheita e 30 dias após a colheita (dac), em função do trat. 40 kg/ha de N nos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

Gráfico 3. Teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores (%) em raízes de batata-doce na colheita e 30 dias após a colheita (dac), em função do trat. 40 kg/ha de N nos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

6.4. Análise econômica

Com a elaboração das planilhas de custos de produção da espécie pôde-se ter idéia da demanda de operações, mão-de-obra e insumos utilizados para seu cultivo. Nas planilhas (Tabelas 30, 31 e 32) encontram-se todas as operações, equipamentos, mão-de-obra e materiais, em cada um dos sistemas do experimento, com os respectivos coeficientes técnicos. Como a área do experimento foi de aproximadamente 500 metros quadrados, quando os dados dos fatores de produção foram expandidos para 1 ha, para facilidade comparativa com outras pesquisas, ocorreram distorções uma vez que, por esse procedimento, não se compensam os ganhos em economia de escala.

Assim, com vistas à correção dessas distorções nos coeficientes físicos dos fatores, foram tomados como referência, alguns resultados de custos de produção publicados em instituições que trabalham com a espécie. Infelizmente não se conseguiu dados específicos para a região de Botucatu, localidade em que se efetivou o experimento. Empregou-se como parâmetro referencial os custos da EMATER-DF, SEAGRI-PR e Sindicato Rural de Mogi das Cruzes.

Com os dados do cultivo experimental, que refletem melhor a realidade local, foram feitas as correções quando da expansão para um hectare, utilizando-se o conhecimento e o bom senso da prática agrônômica.

Vale salientar que, como o experimento foi instalado em área ambientalmente estabilizada, com muitos anos de cultivo orgânico e biodinâmico, não foram necessárias práticas normalmente preconizadas para o sistema convencional, como aplicação de herbicidas, inseticidas, fungicidas em uso curativo ou preventivo, e adubação em cobertura, de modo a se manter a quantidade de 40 kg de N/ha, para a comparação dos tratamentos e já que o solo possuía bom teor de matéria orgânica.

Empregou-se então, práticas sustentáveis e, como o solo estava em ótimas condições de estrutura, optou-se pelo seu preparo utilizando-se apenas uma operação de trator com cultivador e, outra, de trator com sulcador. Em seguida procedeu-se à construção manual dos camalhões, com o auxílio de enxada, onde foram colocadas as ramas para brotação.

Tabela 30. Coeficientes técnicos e custo de produção de um hectare de batata-doce em cultivo convencional, Botucatu, 2003.

| Item | Quantidade | Unidade | Valor Unitário R\$ | Valor Total R\$ |
|---|------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| <u>Insumos</u> | | | | |
| Ramas | 50000 | Muda | 60,00 (1) | 60,00 |
| Adubo químico 04-14-08 | 1,00 | t | 528,00 (2) | 528,00 |
| | | | Subtotal | 588,00 |
| <u>Operações</u> | | | | |
| Preparo do solo (3) | | | | |
| Trator com cultivador e sulcador | 5 | H/M | 5,00 | 25,00 |
| Mão-de-obra de tratorista | 5 | H/H | 3,00 | 15,00 |
| Construção manual de camalhões | 1 | H/D | 25,00 | 25,00 |
| Confecção de mudas | 2 | H/D | 25,00 | 50,00 |
| Distribuição manual do adubo | 2 | H/D | 25,00 | 50,00 |
| Plantio manual | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Irrigação por gotejamento (mão-de-obra) | 10 | H/D | 25,00 | 250,00 |
| Tratos culturais (arranquio manual de invasoras) | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Colheita/classificação/acondicionamento | 40 | H/D | 25,00 | 1000,00 |
| | | | Subtotal | 1665,00 |
| <u>Outros</u> | | | | |
| Depreciação mangueiras irrigação | 120 | H | 0,11 | 12,90 |
| | | | Subtotal | 12,90 |
| | | | Total Geral | 2.265,90 |

H/D = Homens dia; H/H = Homens hora; H/M = Horas máquina; H=Horas

(1) valor do frete

(2) valor do adubo mais frete

(3) por empreita

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 31. Coeficientes técnicos e custo de produção de um hectare de batata-doce em cultivo biodinâmico, Botucatu, 2003.

| Item | Quantidade | Unidade | Valor Unitário R\$ | Valor Total R\$ |
|--|------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| <u>Insumos</u> | | | | |
| Ramas | 50000 | muda | 60,00(1) | 60,00 |
| Composto biodinâmico | 2.381 | kg | 60,00 (1) | 60,00 |
| Preparados biodinâmicos | 1 | Pacote | 48,00 | 48,00 |
| | | | Subtotal | 168,00 |
| <u>Operações</u> | | | | |
| Preparo do composto | 6 | H/D | 25,00 | 150,00 |
| Preparo do solo (2) | | | | |
| Trator com cultivador e sulcador | 5 | H/M | 5,00 | 25,00 |
| Mão-de-obra tratorista | 5 | H/H | 3,00 | 15,00 |
| Construção manual de camalhões | 1 | H/D | 25,00 | 25,00 |
| Confecção de mudas | 2 | H/D | 25,00 | 50,00 |
| Distribuição manual do composto | 4 | H/D | 25,00 | 100,00 |
| Plantio manual | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Aplicação dos preparados | 1 | H/D | 25,00 | 25,00 |
| Irrigação por gotejamento (mão-de-obra) | 10 | H/D | 25,00 | 250,00 |
| Tratos culturais (arranquio manual de invasoras) | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Colheita/classificação/acondicionamento | 40 | H/D | 25,00 | 1000,00 |
| | | | Subtotal | 1890,00 |
| <u>Outros</u> | | | | |
| Depreciação mangueiras irrigação | 120 | H | 0,11 | 12,90 |
| | | | Subtotal | 12,90 |
| | | | Total Geral | 2.070,90 |

H/D = Homens dia; H/H = Homens hora; H/M = Horas máquina; H=Horas

(1) valor do frete

(2) por empreita

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 32. Coeficientes técnicos e custo de produção de um hectare de batata-doce em cultivo orgânico, Botucatu, 2003.

| Item | Quantidade | Unidade | Valor Unitário R\$ | Valor Total R\$ |
|--|------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| <u>Insumos</u> | | | | |
| Ramas | 50000 | Muda | 60,00(1) | 60,00 |
| Composto orgânico | 2.920 | kg | 60,00(1) | 60,00 |
| | | | Subtotal | 120,00 |
| <u>Operações</u> | | | | |
| Preparo do composto | 6 | H/D | 25,00 | 150,00 |
| Preparo do solo (2) | | | | |
| Trator com cultivador e sulcador | 5 | H/M | 5,00 | 25,00 |
| Mão-de-obra de tratorista | 5 | H/H | 3,00 | 15,00 |
| Construção manual de camalhões | 1 | H/D | 25,00 | 25,00 |
| Confecção de mudas | 2 | H/D | 25,00 | 50,00 |
| Distribuição manual do composto | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Plantio manual | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Irrigação por gotejamento (mão-de-obra) | 10 | H/D | 25,00 | 250,00 |
| Tratos culturais (arranquio manual de invasoras) | 5 | H/D | 25,00 | 125,00 |
| Colheita/classificação/acondicionamento | 40 | H/D | 25,00 | 1000,00 |
| | | | Subtotal | 1890,00 |
| <u>Outros</u> | | | | |
| Depreciação mangueiras irrigação | 120 | H | 0,11 | 12,90 |
| | | | Subtotal | 12,90 |
| | | | Total Geral | 2022,90 |

H/D = Homens dia; H/H = Homens hora; H/M = Horas máquina; H=Horas

(1) valor do frete

(2) por empreita

Fonte: Dados da Pesquisa.

Com esses dados pode-se constatar que os três sistemas de cultivo diferiram entre si pelo maior custo na utilização de fertilizantes em relação ao valor total, 25,95% no sistema convencional, 8,11% no biodinâmico e 5,93% no orgânico. Houve também diferença do sistema convencional com maior utilização de mão-de-obra nos sistemas

orgânico e biodinâmico, devido à elaboração e aplicação dos compostos e dos preparados biodinâmicos.

Ressalta-se que no presente estudo, a variação nos custos entre o sistema convencional e os demais, está menor do que o que realmente ocorre na prática, quando as recomendações do primeiro sistema são seguidas à risca (conforme preconizado pelas planilhas de custo consultadas), e se faz aplicações de herbicidas, inseticidas e outras operações de preparo do solo.

No que se refere à produção, as produtividades obtidas no plantio experimental foram (convencional: 5575 kg/ha; biodinâmico: 6975 kg/ha e orgânico: 8450 kg/ha conforme Tabela 21), muito baixa em relação ao rendimento médio nacional, conforme comparado com pesquisa da literatura. Este fato deveu-se, pelas indagações e consultas feitas a especialistas, a fatores de adaptação climática que costuma ocorrer com plantas de reprodução vegetativa, como é o caso da batata-doce. Como as ramas utilizadas no experimento foram provenientes de Gonçalves (MG), infere-se que, por motivos fisiológicos, a adaptação climática para as condições de Botucatu (SP) foi um tanto drástica, o que afetou significativamente a produtividade, embora tenha-se tomado todos os cuidados agrônômicos, como tratos culturais, regas, acompanhamento de ataque de formigas, etc. Fica premente então, a necessidade de mais pesquisas e comparação ao longo dos anos para uma explicação mais completa da ocorrência dessa queda de produtividade.

Esse fato, no entanto, não prejudicou o objetivo principal da pesquisa, que é a comparação entre os sistemas produtivos, uma vez que as condições foram as mesmas para os três experimentos.

Para cálculo da produtividade tomou-se então a média do Estado de São Paulo, segundo o Anuário Estatístico de 2002, do Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, de 14.680 kg/ha, para o cultivo convencional (Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 2003). Para as estimativas das produções correspondentes aos sistemas orgânico e biodinâmico, adotou-se como critério a relação baseada nas diferenças de produtividade do experimento. Desta forma, se 14.680 kg/ha corresponde a 2,31 kg de raízes por parcela no sistema convencional, então no orgânico tem-se 21.480 kg/ha e no biodinâmico 17.730 kg/ha, relativos, respectivamente a 3,38 e 2,79 kg de raízes por parcela para adubação com 40 kg de N/ha (Tabela 21).

O preço para o produto proveniente da produção em sistema convencional foi obtido junto à página eletrônica do Instituto de Economia Agrícola, na pesquisa de Tsunehiro (2003), sobre os preços de batata-doce pagos aos produtores no ano de 2002. Utilizou-se para os cálculos da receita gerada, o preço médio do ano. Este variou ao longo do ano, seguindo as leis de oferta e demanda ocasionadas pela sazonalidade da produção, o que faz com que os produtores obtenham diferentes rendimentos, em função da época em que decidem produzir a espécie. O valor médio encontrado para o preço recebido pelos agricultores foi de R\$ 0,36/kg.

O mesmo não ocorreu com os preços da batata-doce obtida pelos cultivos orgânico e biodinâmico, pois eles não variaram no decorrer do ano, conforme informações colhidas junto a duas importantes empresas produtoras e comercializadoras de produtos orgânicos do Estado de São Paulo Horta & Arte e Santo Onofre, além da Associação de Produtores Orgânicos de Botucatu. Segundo suas declarações os preços médios recebidos pelos produtores por quilo de batata-doce foi de R\$0,80⁽¹⁾.

Realizando-se uma análise econômica simplificada, pela determinação da rentabilidade, considerando-se os custos e receitas referentes aos sistemas de cultivo propostos no experimento, tem-se os respectivos resultados econômicos comparativos (Tabela 33 e Gráfico 4).

Tabela 33. Resumo da Análise de Rentabilidade Econômica para 1 hectare para os sistemas convencional, biodinâmico e orgânico, Botucatu, 2003.

| Sistema de cultivo | Custo de Produção (R\$) | Receita Total (R\$) | Receita Líquida (R\$) |
|--------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Convencional | 2.265,90 | 5.284,80 | 3.018,90 |
| Biodinâmico | 2.070,90 | 14.184,00 | 12.113,10 |
| Orgânico | 2.022,90 | 17.184,00 | 15.161,10 |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os sistemas orgânico e biodinâmico tiveram melhor desempenho econômico devido ao menor gasto com insumos e obtenção de melhores preços no mercado. O custo de produção do sistema convencional foi superior ao dos outros dois sistemas, tendo como diferencial básico o maior valor do fertilizante químico. O custo do composto restringiu-se ao frete até o local de produção e à mão-de-obra para revolvimento e regas das pilhas, bem como a aplicação dos preparados biodinâmicos no respectivo composto. O material vegetal utilizado para fabricação do composto é resíduo da empresa Centroflora, de Botucatu, e foi

(1) A informação da Horta & Arte foi de R\$0,80 /kg, enquanto a Santo Onofre pagou aos produtores R\$1,20/kg. Os produtores da Associação de Produtores de Botucatu informou que estes receberam R\$ 0,40/kg como preço médio.

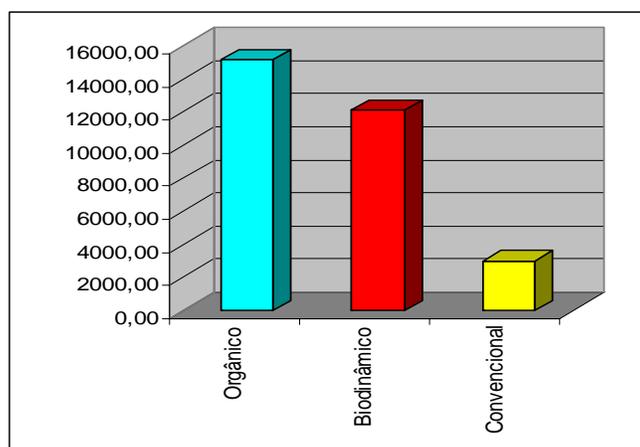
proveniente da extração de princípios ativos de várias plantas. A empresa disponibiliza este resíduo aos agricultores, ou a outros interessados, que quiserem retirá-lo mediante o pagamento do frete. Trata-se, portanto, de uma atitude benéfica ao meio ambiente, já que está poupando os aterros sanitários e reciclando o material, com o fim nobre de transformá-lo em um bom fertilizante orgânico para as plantas. O agricultor, por sua vez, pode optar por aproveitar os resíduos ou vegetais de sua propriedade, o que será tão mais viável e econômico quanto seu conhecimento, potencial e criatividade permitirem.

Deve-se lembrar que o objetivo da utilização do composto é o de melhorar as propriedades físicas do solo e o fornecimento de nutrientes, principalmente o N. Ao longo do tempo a quantidade necessária a ser aplicada diminui, já que a fertilidade do solo aumenta, como demonstra a literatura consultada. Na sua utilização pelos agricultores pode-se constatar vantagens como reciclagem e reutilização de materiais, maior uso de mão-de-obra, aumentando a quantidade de pessoas no campo e, portanto, gerando mais empregos.

No presente experimento, para efeito do custo de produção comparativo entre os sistemas convencional, orgânico e biodinâmico, optou-se por uma quantidade equivalente aos quilos de N na dosagem de 40 kg/ha.

A rentabilidade dos sistemas orgânico e biodinâmico foi muito maior pela vantagem em relação aos produtos convencionais quanto aos preços mais altos que alcançam atualmente no mercado (Tabela 33 e Gráfico 4).

Gráfico 4. Receitas líquidas (R\$) dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção de batata-doce, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

6.5. Análise energética

Como se constata pela revisão da literatura, a análise energética torna-se importante instrumento para avaliar a sustentabilidade ambiental e energética dos sistemas de produção. Analisando-se as fontes e as quantidades de energia que são necessárias aos sistemas produtivos convencional, orgânico e biodinâmico, pode-se compará-los, facilitando a tomada de decisão na adoção de um ou outro sistema, em função da disponibilidade e sustentabilidade dos fatores de produção envolvidos. Trata-se portanto, de mais uma ferramenta para análise e gerenciamento a ser disponibilizada aos técnicos, aos agricultores e à comunidade em geral.

Os coeficientes energéticos obtidos na literatura, e adaptados quando necessário, estão indicados na Tabela 34. No Anexo II estão demonstrados os cálculos para a quantificação energética dos insumos, operações e produção que configuram os sistemas de produção.

Tabela 34. Coeficientes energéticos utilizados no cálculo da Energia Injetada e Final no cultivo de batata-doce em sistemas convencional, biodinâmico e orgânico, Botucatu, 2003.

| Itens | Unidade | Coeficiente Energético | Fonte |
|---------------------------|----------|------------------------|-------|
| <u>Energia Biológica</u> | | | |
| Mão-de-obra | Mcal/hd | 2,34 | 6 |
| Composto orgânico | - | - | 4 |
| Composto biodinâmico | - | - | 4 |
| Ramas de batata-doce | - | - | 4 |
| Preparados biodinâmicos | - | - | 4 |
| <u>Energia Industrial</u> | | | |
| trator 50 cv | Mcal/dia | 10,82 | 7 |
| Cultivador | Mcal/dia | 2,55 | 7 |
| Sulcador | Mcal/dia | 2,55 | 7 |
| Fertilizante 4-14-8 | Mcal/t | 876,00 | 3 |
| <u>Energia Fóssil</u> | | | |
| Combustível (diesel) | Mcal/l | 9,025 | 2 |
| Lubrificante | Mcal/l | 9,025 | 2 |
| Graxa | Mcal/kg | 9,025 | 2 |
| Pneu | Mcal/kg | 20,50 | 1 |
| <u>Energia Final</u> | | | |
| Batata-doce | Mcal/t | 890 | 5 |

Fonte 1- Serra et al. (1979) ;

2- Castanho Filho & Chabaribery (1983);

3- Quevedo (1992);

4- Dado inexistente; 5- Cereda (2002);

6- Comitre (1993);

7- Carmo & Comitre (1991).

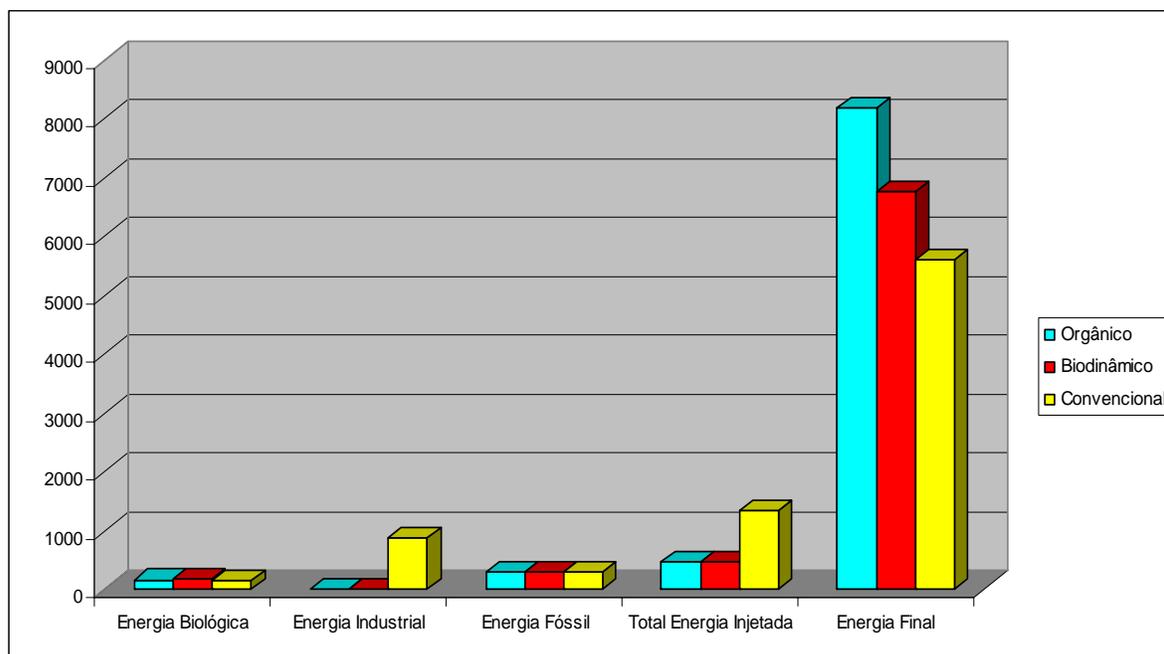
Na Tabela 35 e no Gráfico 5 estão calculadas a Energia Injetada no ciclo produtivo da espécie, desmembrada conforme suas fontes de origem em biológica, industrial e fóssil, e também, a Energia Final, constituída pela energia gerada pelo total da produção de batata-doce. Em virtude da baixa produção do experimento que independeram dos tratamentos utilizados, para o sistema convencional optou-se pela produtividade média do Estado de São Paulo, conforme comentado anteriormente, de 14.680 kg/ha. Para os outros dois sistemas os valores correspondem a 21.480 kg/ha para o orgânico e a 17.730 kg/ha para o biodinâmico. A planilha de cálculo da Energia Injetada no cultivo da espécie foi elaborada para cada sistema de produção (convencional, orgânico e biodinâmico), considerando-se os respectivos coeficientes técnicos das planilhas de custo.

Tabela 35. Quantificação e classificação energética dos sistemas de cultivo convencional, biodinâmico e orgânico de um hectare de batata-doce, Botucatu, 2003.

| Energia Injetada (Mcal/ha) | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------|----------|
| Cultivos | Convencional | Biodinâmico | Orgânico |
| <u>Energia Biológica</u> | | | |
| Mão-de-obra | 152,98 | 174,04 | 174,04 |
| Ramas | - | - | - |
| Composto orgânico | - | - | - |
| Composto biodinâmico | - | - | - |
| Preparado biodinâmico | - | - | - |
| Total de Energia BioBiológica | 152,98 | 174,04 | 174,04 |
| <u>Energia Industrial</u> | | | |
| Trator 50 cv | 6,75 | 6,75 | 6,75 |
| Cultivador | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Sulcador | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| 4-14-8 | 876,00 | - | - |
| Total de Energia Industrial | 884,35 | 8,35 | 8,35 |
| <u>Energia Fóssil</u> | | | |
| Combustível (diesel) | 282,03 | 282,03 | 282,03 |
| Lubrificante | 5,42 | 5,42 | 5,42 |
| Graxa | 5,42 | 5,42 | 5,42 |
| Pneu | 7,18 | 7,18 | 7,18 |
| Total de Energia Fóssil | 300,05 | 300,05 | 300,05 |
| <u>Total de Energia Injetada</u> | 1.337,38 | 482,44 | 482,44 |
| <u>Energia Final</u> | 5.598,99 | 6.763,11 | 8.193,34 |

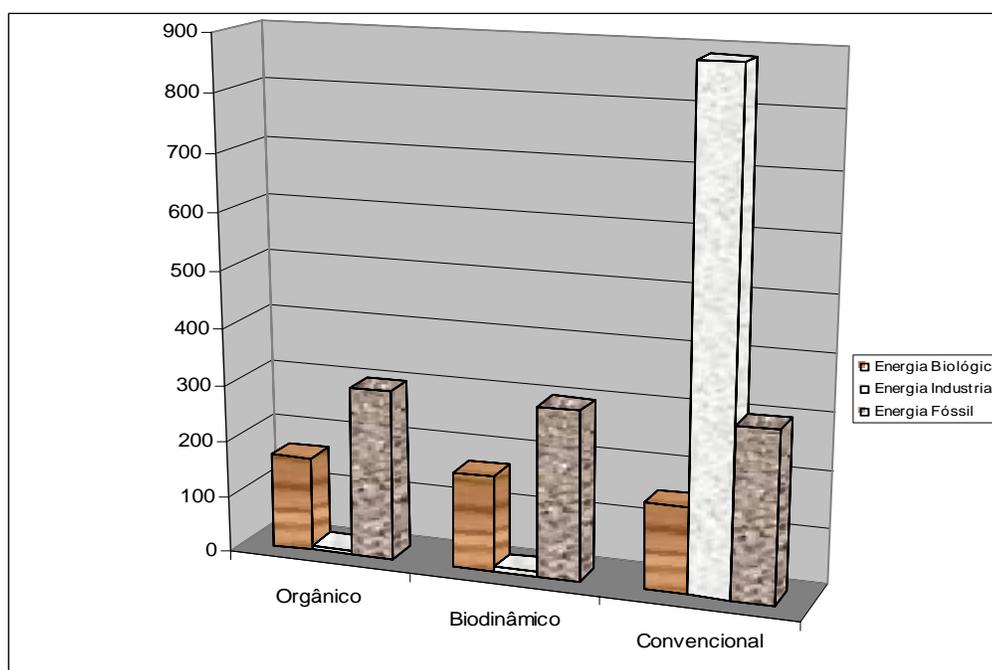
Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 5. Quantificação energética dos sistemas de cultivo orgânico, biodinâmico e convencional de produção da batata-doce, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

Gráfico 6. Composição percentual por tipos de Energia Injetada nos sistemas de cultivo orgânico, biodinâmico e convencional da produção da batata-doce, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

Pelos dados obtidos, pode-se verificar que o sistema de cultivo convencional foi o que teve maior quantidade de energia injetada, sendo a maior parte (66,13%) proveniente de fonte industrial. Nos dois outros sistemas, biodinâmico e orgânico, houve comparativamente menor aporte de energia, sendo a maior quantidade de origem fóssil, utilizada nas operações mecanizadas de preparo do solo (62,19% para ambos). Embora representem diferentes porcentagens em relação ao total de energia, estas operações foram iguais no presente experimento, para os três sistemas. Porém para o sistema convencional deveriam ser significativamente maiores se fossem seguidas as recomendações do uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e outras operações de preparo do solo e cultivo mecânico. Para o sistema biodinâmico houve comparativamente um maior aporte de energia biológica, relativa ao emprego de mão-de-obra para dinamizar e aplicar os preparados biodinâmicos (Tabela 36 e Gráfico 6).

Considera-se, entretanto, que as energias nos sistemas orgânico e biodinâmico estão subestimadas, já que existem os compostos e os preparados biodinâmicos, que possuem energias inerentes, que estão sendo utilizadas nos cultivos. Mas, pela dificuldade de se definir os coeficientes dos diversos materiais que formam os compostos, não foi possível determinar seus coeficientes energéticos.

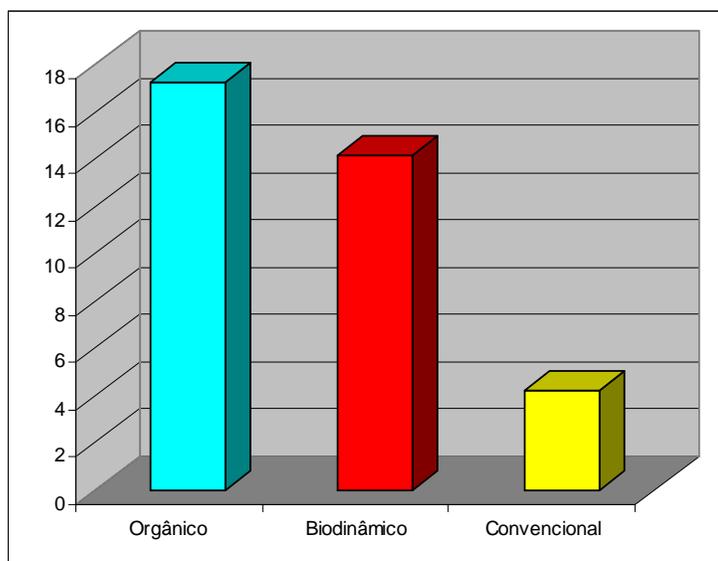
Tabela 36. Composição percentual por tipos de Energia Injetada nos sistemas de cultivo convencional, biodinâmico e orgânico de batata-doce em um hectare, Botucatu, 2003.

| Tipos de Energia | Convencional | Biodinâmico | Orgânico |
|------------------|--------------|-------------|----------|
| Biológica | 11,44 | 36,08 | 36,08 |
| Industrial | 66,13 | 1,73 | 1,73 |
| Fóssil | 22,43 | 62,19 | 62,19 |

Fonte: Resultados da pesquisa.

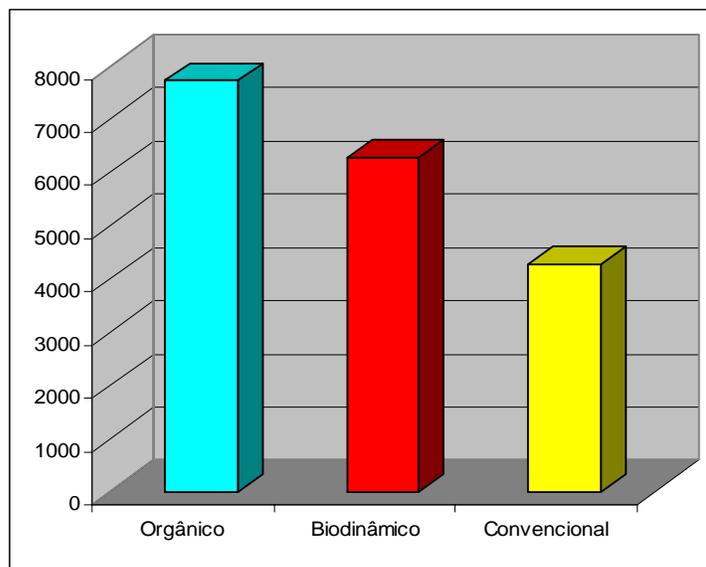
Para avaliação comparativa da eficiência energética dos três sistemas de produção foram calculadas as relações entre a Energia Final (EF) obtida pela produção e a Energia Injetada (EI) e, o saldo de energia dos sistemas, subtraindo-se do montante de energia gerada o que foi gasto na produção (Tabela 37 e Gráfico 7 e 8).

Gráfico 7. Eficiência energética – (Energia Final/Energia Injetada) dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção da batata-doce, Botucatu, 2003.



Fonte: Dados da Pesquisa

Gráfico 8. Eficiência Energética – Saldo de Energia (Mcal/ha) dos sistemas orgânico, biodinâmico e convencional de produção da batata-doce, Botucatu, 2003.



Mcal= Megacaloria =10 6 Joule e 1 caloria = 4,18 Joule.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 37. Indicadores de eficiência energética dos três sistemas de cultivo convencional, biodinâmico e orgânico de batata-doce em um hectare, Botucatu, 2003.

| Sistemas de cultivo | Convencional | Biodinâmico | Orgânico |
|----------------------------------|--------------|-------------|----------|
| EF/EI | 4,19 | 14,02 | 16,98 |
| Saldo de energia (Mcal/ha) EF-EI | 4.261,61 | 6.280,67 | 7.710,90 |

Mcal= Megacaloria = 10⁶ Joule e 1 caloria = 4,18 Joule.

Fonte: Dados da pesquisa.

A energia final obtida com a produção de batata-doce foi calculada multiplicando-se o coeficiente energético pelas produções estimadas, descontando-se a porcentagem de 70% de água da raiz, conforme média citada na literatura (Tabelas 3 e 4).

Desta forma, constata-se que o sistema orgânico foi o mais eficiente energeticamente, seguido pelo biodinâmico. O sistema convencional, embora com o pior desempenho, também se mostrou eficiente do ponto de vista energético. É importante ressaltar que os dois sistemas considerados não convencionais foram além de duas vezes mais eficientes, em termos energéticos, que o convencional.

Do mesmo modo, os sistemas orgânico e biodinâmico apresentaram o maior saldo de energia, quando comparados com o convencional.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O composto elaborado com preparados biodinâmicos foi mais rico em N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mn e mais pobre em Fe. Os tratamentos não afetaram o peso da parte aérea. Quanto ao peso das raízes o melhor tratamento foi o biodinâmico 2 (30 kg de N por ha) que proporcionou o maior peso. Os tratamentos orgânicos 1, 2 e 5 foram os piores e os orgânicos 3 e 4, biodinâmico 1, 3, 4 e 5 e o convencional foram iguais. Quando se analisa a produção (peso) dos três sistemas em função do mesmo tratamento de 40 kg de /ha, obtêm-se o maior peso da parte aérea para o convencional e o maior peso de raízes para o orgânico, seguido pelo biodinâmico. Os tratamentos não influenciaram os teores de minerais (macronutrientes e micronutrientes) com exceção de Mn (a maior) no tratamento convencional, e Zn (a maior) no tratamento biodinâmico 5, na parte aérea das plantas (massa seca). Os tratamentos não afetaram os teores de macro e micronutrientes nas raízes na colheita e após 30 dias de armazenamento. Pode ser que as metodologias de análise empregadas para verificar as diferenças entre os tratamentos, não tenham um refinamento capaz de captar as melhorias qualitativas e de equilíbrio geral das plantas, que possam se refletir em maiores teores dos minerais que entram na sua constituição. Outros benefícios indiretos, que não conseguem ser medidos pelo método podem estar presentes na composição das raízes e parte aérea. Portanto, pode-se considerar que os sistemas orgânicos e biodinâmicos devem ser preferidos em detrimento ao convencional, também pelos diversos benefícios ambientais e sociais que promovem.

O melhor valor nutricional, considerando-se a característica desejável de maior teor de amido, foi proporcionado pelos tratamentos biodinâmicos na colheita, e orgânicos e biodinâmicos após 30 dias de armazenamento. Também quando se compara somente o tratamento 40 kg de N/ha para os três sistemas.

O sistema convencional teve custo mais elevado do que os sistemas orgânicos e biodinâmicos devido ao preço do fertilizante químico. O sistema biodinâmico teve custo um pouco maior que o orgânico, devido ao custo dos preparados e à mão-de-obra necessária para sua aplicação. Para tal comparação, utilizou-se o tratamento 40 kg de N/ha para os três sistemas.

O sistema convencional teve maior aporte de energia injetada e do tipo industrial. Para os outros dois sistemas, a maior quantidade de energia foi a de origem fóssil (igual à do convencional), e, a energia injetada total foi menor. O cultivo orgânico foi o mais eficiente, considerando-se a relação entre a energia produzida e a injetada no sistema, seguido pelo biodinâmico e pelo convencional. A mesma seqüência foi obtida para o saldo de energia dos três sistemas. Considerou-se para efeitos de cálculo o tratamento 40 kg de N/ha para os três sistemas.

Considerando-se ser desejável desenvolver uma agricultura ambientalmente mais sustentável, que implique na melhor utilização de mão-de-obra (energia biológica), que favoreça a empregabilidade no campo, e seja mais apropriada aos agricultores familiares a pesquisa aponta para a utilização do cultivo orgânico seguido pelo biodinâmico.

A espécie batata-doce comprovou ser adequada para integrar os sistemas orgânico e biodinâmico, e atingir os objetivos citados, já que possui boa qualidade nutricional, rusticidade e fácil cultivo, sem a necessidade de grandes aportes financeiros e energéticos, com excelente produção de energia por área.

8. CONCLUSÃO

Em resumo, conclui-se que:

- o composto biodinâmico neste caso deve ser utilizado, preferencialmente ao orgânico, tendo-se em conta seus mais elevados teores de nutrientes, mesmo tendo sido elaborados com idênticas matérias-primas;

- nos aspectos econômicos e energéticos, a pesquisa aponta que os sistemas orgânicos e biodinâmicos apresentaram as maiores rentabilidades, as melhores eficiências energéticas e os maiores saldos de energia por área em relação ao convencional. Possuem assim, uma melhor sustentabilidade econômica e ambiental, por dependerem menos de energia industrial e mais da biológica. Ademais, também contribuem para a sustentabilidade social ao propiciar aumento na oferta de trabalho no campo.

- os sistemas orgânico e biodinâmico de produção de batata-doce mostraram-se melhores e mais eficientes em relação ao convencional pelos benefícios ambientais e sociais que promovem.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. L. de. **Contribuição da adubação orgânica para a fertilidade do solo.**

Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 192 p.

AZEVEDO, E. de Qualidade biológica dos alimentos orgânicos e biodinâmicos. In|:

CONGRESSO BRASILEIRO DE HORTICULTURA ORGÂNICA, NATURAL,
ECOLÓGICA E BIODINÂMICA, 1., 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba:

Agroecológica, 2001. p 225-234.

BARRERA, P. **Batata-doce:** uma das doze mais importantes culturas do mundo. São Paulo:

Ícone Editora Ltda, 1986. 91 p.

CARMO, M. S. do Balanço energético em sistemas de produção na agricultura alternativa.

São Paulo: Instituto de Economia Agrícola da Secretaria de Agricultura e Abastecimento
de São Paulo, 1988. 96 p. Mimeografado (Relatório Final- Bolsa de Pesquisa CNPq).

CARMO, M. S. do; COMITRE, V. Evolução do balanço energético nas culturas de soja e
milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E
SOCIOLOGIA RURAL **Anais...** Campinas: SOBER, 1991. p131-149.

- CARMO, M. S. do; MAGALHÃES, M. M. Agricultura sustentável: avaliação da eficiência técnica e econômica de atividades agropecuárias selecionadas no sistema não convencional de produção. **Informações Econômicas**, São Paulo, v./29, n./7, p./1-132,1999..
- CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. **Perfil energético da agricultura paulista**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1982. 55 p. (Série relatório de pesquisa, 9-82).
- CEREDA, M. P. (coord) Agricultura: **Tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, v.2, 540 p.
- COMAR, V. **Avaliação energética do município de Botucatu**: levantamento dos recursos naturais e suas contribuições aos processos de produção agrícola e industrial. 1996. 43/f. Tese Doutorado em 1996- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1996.
- CORREIA-RICKLI, R. **Os preparados biodinâmicos**. Botucatu: Centro Deméter, 1986. 63 p.
- D'ANDRÉA, P. A. Biofertilizantes biodinâmicos na nutrição e proteção de hortaliças. In: Congresso Brasileiro de Horticultura Orgânica, Natural, Ecológica e Biodinâmica, 1., 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: Agroecológica, 2001. p 225-234.
- DELEAGE, V. P.; SOUCHON, C. L'analyse éco-énergétique: ses applications aux problèmes liés au développement agricole. **Analyse éco-énergétique et développement**, 1980. p.277-282.
- EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1996. 307 p.

FREITAS, S. P.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, M. A. N. Efeito do composto orgânico na produção da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) na incidência de plantas daninhas e na eficiência de Dimon. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, n. 256, p. 251-265, 1999.

HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**. Boca Raton: Florida. 1993. 717 p.

HEICHEL, G. H. Agricultural production and energy resources. **American Scientist**, v. 64, Jan- fev. 1976.

IAPAR. Variedades de batata-doce. Londrina: Secretaria da Agricultura e Abastecimento., (Folheto Técnico), 1993.

IBD- Associação de Certificação Instituto Biodinâmico. **Diretrizes para o padrão de qualidade orgânica**. 12 ed. Botucatu: IBD, 2002. 75 p.

ITC/ UNCTAD/ WTO. **Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas**. Roma: ONU, 2001. 334 p.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, : E.J. Kiehl, 3 ed do autor, 2002. 171p.:il.
- KOEPF, H. H.; HOFFMAN, M. A.; HARKALY, A. **Compostagem e adubação**. Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica.
- KOEPF, H. H. ; PETTERSSON, B. D.; SCHUMANN, W. **Agricultura biodinâmica**. São Paulo: Nobel, 1986. 316 p.
- MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. **Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária**. Curitiba: DERAL/Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1985. 95 p.
- MACEDÔNIO, A.C. **A análise ecológica-energética aplicada à agricultura**. Curitiba: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1987. 30 p. Mimeografado.
- MÄDER, P. et al. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, v. 296, p. 1694-1697, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1 ed., Piracicaba: Potafos, 1989, 201 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed., Piracicaba: Potafos, 1997, 319 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Laboratório Nacional de Referência Vegetal- Análise de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes. Métodos Oficiais. 1988.
- MIRANDA, J. E. C. de et al Cultivo de batata-doce. EMBRAPA. **Instruções Técnicas do CNPH**, n° 7, Brasília, 1987. 8 p.

- NELSON, N.A. Photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. Baltimore: **J.Biol. Chem.**, nº 153, p. 375-80, 1944.
- NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários**: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica. Piracicaba: Fundação para estudos agronômicos Luiz de Queiroz, 1981. 274 p.
- ODUM, H. T.; ODUM, E. C.; BLISSET, M. **Ecology and economy**: emergy analysis and public policy in texas. Austin: University of Texas at Austin, 1972. 147 p. Special Project Report of the Lyndon B. Johnson School of Public Affairs.
- OPENA, R.T. Genetic improvement of quality among selected vegetables. **Journal Korean. Soc. Hortic. Science**, v.24, p. 302-324, 1983.
- ORMOND, J. G .P. et al. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 10, n. 5, jan-fev-mar 2002.
- PASSOS, S. M. G.; CAMACHO FILHO, A. J. V. **Principais culturas**. 2 ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. v. 2.
- PIAMONTE, R. P. **Rendimento, qualidade e conservação pós-colheita de cenoura (*Daucus carota L*) sob adubações mineral, orgânica e biodinâmica**. 54 f. Dissertação, (Mestrado em Agronomia- Horticultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.
- PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crisis. **Science**, n. 182, p. 443-449, 1973.
- PIMENTEL, O. **Appropriate technology for the food system**. In: Symposium on Social values and technology choices in an International Basis. Racine, Wisconsin, 1978.

- PINTO, M. S. V. **Análise econômica e energética de sistema agroflorestal para implantação na terra indígena Araribá – Município de Avaí – SP.** 136 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- PIRES, C. B. **Análise eco-energética de duas cooperativas de produção agrícola da freguesia de Albernoa.** Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciências, 1981. 69 p.
- PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável:** manual do produtor rural. São Paulo: Nobel, 1992. 142 p.
- QUEVEDO, M.G. **Relatório de Pesquisa.** Campinas: CNPq, 1992.
- RAIJ, B. von et al. Recomendações de adubação e de calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico 100.** Campinas: Instituto Agronômico. 1996. 285 p
- SCHUFFELEN, A.C. Energy balance in the use of fertilizers. **Span**, v.18, n. 1,p. 18-20, 1975.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO, Informações Estatísticas da Agricultura, **Anuário IEA 2002**, São Paulo: IEA, v.14, n.1, p.1-316, 2003.
- SERRA, G. E. et al. **Avaliação de energia investida na fase agrícola de algumas culturas.** Brasília: Secretaria de Tecnologia Industrial, 1979. 86 p.
- SILVA, J. B. C. da **Reprodução da batata-doce.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1994. 22 p. Seminário apresentado à disciplina “Técnicas especiais de propagação de plantas hortícolas”.

- _____ ; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J.S. Cultura da batata-doce, p. 448-504. In: Cereda, M.P. (coord) **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 540 p.
- SILVA, J. G.; GRAZIANO, J.R. A crise de energia – repensar também a pesquisa agrônômica. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 29, n.10, p.1110-1116, 1977.
- SOMOGY, M. Determination of blood sugar. *J. Biol. Chem.*, Baltimore, nº 160, p69-73, 1945.
- SOUZA, J.L. Pesquisas e tecnologias para a produção de hortaliças orgânicas. HORTIBIO-2001- **Anais**. 1º Congresso Brasileiro de Horticultura Orgânica, Natural, Ecológica e Biodinâmica. Anais.Piracicaba. 178-224. 2001.
- STEINER, R. **Fundamentos da agricultura biodinâmica**: vida nova para a terra. 2. ed.- São Paulo: Antroposófica, 2000. 235 p.
- THUN, M.; THUN, M.K. **Calendário agrícola 2003**. Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura biodinâmica. 2003. 29 p.
- TSUNECHIRO, A *et al.* Valor da Produção Agropecuária do Estado de São Paulo em 2002. Disponível em: <http://www.iaea.sp.gov.br/> acesso em outubro de 2003.
- WILSON, P.N. & BRIGSTOCKE, T.D.A. Energy usage in british agriculture – a review of future prospects. **Agriculture Systems**, n. 5 , p. 51-70, 1980.
- WISTINGHAUSEN, C. von et al. **Manual para uso dos preparados biodinâmicos**. Caderno de trabalho n.2. Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica. 2 ed.,1997. 77 p.

10. ANEXOS

ANEXO I

Memória dos cálculos para análise das amostras de batata-doce e comparação com a literatura. Para efeito de cálculos tomou-se sempre a amostra do tratamento 1 orgânico e comparou-se com os demais.

1- N

As raízes analisadas possuíam 0,868 g de N por 100g de matéria seca.

Então, se a umidade na colheita (Tabela 31 e da literatura Tabela 4), tem-se:

868 mg em92,82 % (7,18% umidade)

x.....em30% (Tabela 1)

x = 280,54 mg de N

280,54x 6,25 (fator de conversão para proteína),

tem-se: 1,75g de proteína em 100 g de massa seca,

O que está de acordo com a literatura consultada.

2- P

São 0,118 g ou 118 mg de P por 100 g de mat seca

Então, considerando-se 7,18% de umidade

118mg.....92,82%

x.....30%

x = 38,14 mg de P em 100g

Como os valores variaram de 3,02 a 4,71 mg de P, estes estão muito abaixo dos valores encontrados na literatura, que foram de 52 a 74 mg/ 100g (Tabelas 5 e 6).

3- K

São 1,08 g de K / 100g

Então,

1080 mg.....92,82%

x.....30%

x = 349,06 mg

Como os valores variaram de 226 mg até 393,23 mg, estão de acordo com a literatura 331,4 mg (Tabelas 5 e 6).

4- Ca

São 700mg em 100g

70mg.....92,82%

x.....30%

$x = 22,62 \text{ mg}$

O que é a metade da citada na literatura. Mas, como os dados variaram de 0,4 até 1,4, se encontra de acordo com a literatura (Tabela 1).

5- Mg

São 110 mg.....92,82 %umidade

x.....30%

$x = 35,55 \text{ mg de Mg}$

que é o dobro do encontrado na literatura (Tabela 2), que é de 10 mg. Os valores oscilaram de 90 mg até 190 mg de Mg nas amostras.

6- S

São 26 mg.....92,82% umidade

x.....30%

$x = 8,4 \text{ mg}$

Tal dado não foi encontrado na literatura.

7- B

São 9 ppm.....92,82% umidade

x.....30%

$x = 2,90 \text{ ppm por } 100\text{g}$

Dado não encontrado na literatura.

8- Mn

São 8 ppm.....92,82% umidade

x.....30%

$x = 2,58 \text{ ppm por } 100 \text{ g}$

A literatura fala em 0,35 mg por 100g de massa fresca, o que é muito acima da obtida na amostra.

9-Fe

São 34 ppm92,82% umidade

x.....30%

x = 10,99 ppm por 100g

A literatura cita 0,9 mg e 1,0 mg de Fe por 100g de matéria seca.

As amostras variaram muito de quantidades de Fe, possivelmente por contaminações nas análises, o que deixa o dado pouco confiável.

10-Amido

66,47.....92,82 %umidade

x.....30%

x = 21,48

Como o valor encontrado na literatura é de 14,72 por 100g matéria seca (Tabela 4), as amostras se mostraram acima do padrão.

11- Umidade

As amostras foram previamente secas e os teores apresentados na Tabela 37 se referem à umidade que ainda se encontrava nas raízes.

12-Açúcares Solúveis Totais

20,69.....92,82%

x.....30%

x = 6,69 g por 100 g de matéria seca, o que está bem próximo do valor da literatura, que é de 6,99 (Tabela 4).

13-Açúcares Redutores

17,71.....92,82%

x.....30%

x = 5,72 g por 100g matéria seca

O que está próximo do valor encontrado na literatura, que é de 5,74 g por 100g matéria seca.

ANEXO II

Cálculos Energéticos

1. Energia biológica

1.1. Mão-de-obra

a) Sistema Convencional

65,375 H/D por hectare x 2,34 Mcal = 152,98

Consumo energético da mão-de-obra sistema convencional = 152,98 Mcal/ha

b) Sistema biodinâmico

72,375 H/D por hectare x 2,34 Mcal = 169,36

Consumo energético da mão-de-obra sistema biodinâmico = 169,36 Mcal/ha

c) Sistema orgânico

71,375 H/D por hectare x 2,34 Mcal = 167,02

Consumo energético da mão-de-obra sistema orgânico = 167,02 Mcal/ha

2. Energia industrial

2.1. Cálculo da energia do trator por ha

Coefficiente energético= 10,82 Mcal/dia, ou seja, 1,35 Mcal/hora (dia de 8 horas)

5 horas de uso x 1,35 Mcal/hora

Consumo energético do trator = 6,75 Mcal/ha

2.2 . Cálculo da energia do cultivador e sulcador por ha

Coeficiente energético= 2,55 Mcal/dia, ou seja, 0,32 Mcal/h (dia de 8 horas)

2,5 horas de uso x 0,32 Mcal/h

Consumo energético do cultivador = 0,80 Mcal/ha

Consumo energético do sulcador = 0,80 Mcal/ha

2.3. Adubo balanceado fórmula 4-14-8

Quantidade / ha = 1 t

Quantidade de N = 1000 x 4% = 40 Kg de N em 1000 Kg de adubo

Quantidade de P = 1000 x 14% = 140 Kg de P em 1000 Kg de adubo

Quantidade de K = 1000 x 8% = 80 Kg de K em 1000 Kg de adubo

Cálculo energético

N = 13,87 Mcal/Kg de N

P = 1,66 Mcal/Kg de P

K = 1,11 Mcal/Kg de K

Cálculo do Total Energético

N: 40 Kg x 13,87 Mcal/Kg = 554,80 Mcal/t de adubo

P: 140Kg x 1,66 Mcal/Kg = 232,40 Mcal/t de adubo

K: 80 Kg x 1,11 Mcal/Kg = 88,80 Mcal/t de adubo

Total energético do adubo = 876,00 Mcal/t do adubo ou Mcal/ha

3. Energia Fóssil

3.1. Óleo diesel

Horas de uso do trator x consumo de óleo diesel/hora x Coef. Energético do óleo diesel (9,025 Mcal/l)

5 horas de uso x 6,25 l/ hora x 9,025 Mcal/l

| |
|--|
| Consumo energético de óleo diesel = 282,03 Mcal/ha |
|--|

3.2. Óleo Lubrificante

Horas de uso do trator x consumo de óleo lubrificante x coeficiente energético do óleo lubrificante

5 horas de uso x 0,12 l/hora x 9,025 Mcal/l

| |
|--|
| Consumo energético do óleo lubrificante = 5,42 Mcal/ha |
|--|

3.3. Graxa

Horas de uso do trator x consumo de graxa x coeficiente energético da graxa

5 horas de uso x 0,12 l/hora x 9,025 Mcal/l

| |
|--|
| Consumo energético da graxa = 5,42 Mcal/ha |
|--|

3. 4. Pneu

Horas de uso x consumo dos 4 pneus/hora de uso x Coef. Energético do pneu (20,50 Mcal/Kg)

5 horas x 0,07 Kg/4 pneus x 20,50

| |
|---|
| Consumo energético do pneu = 7,18 Mcal/ha |
|---|

4. Energia da produção de batata-doce no sistema :

4.1. Convencional

Produtividade = 14.680 Kg/ha com 70% de água, ou seja,

6.291,43 Kg de matéria seca por ha

Sendo 89 Kcal/100g = 890 Mcal/t, temos:

Total energético da batata doce no sistema convencional = $6,291t \times 890 \text{ Mcal/t} = 5.598,99 \text{ Mcal/ha}$

4.2. Biodinâmico

Produtividade = 17.730Kg/ha com 70% de água, ou seja,

7.598,57Kg de matéria seca por ha

Sendo 89 Kcal/100g = 890 Mcal/t, temos:

Total energético da batata doce no sistema biodinâmico = $7,599t \times 890 \text{ Mcal/t} = 6.763,11 \text{ Mcal/ha}$

4.3. Orgânico

Produtividade = 21.480 Kg/ha com 70% de água, ou seja,

9.205,71Kg de matéria seca por ha

89 Kcal/100g = 890 Mcal/t

Total energético da batata doce no sistema orgânico = $9,206t \times 890 \text{ Mcal/t} = 8.193,34 \text{ Mcal/ha}$