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

CUSTOS ENERGÉTICOS E ECONÔMICOS DO AGROECOSSISTEMA MILHO EM CONSÓRCIO COM PINHÃO-MANSO

MICHELLE SATO FRIGO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
Junho – 2010

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

CUSTOS ENERGÉTICOS E ECONÔMICOS DO AGROECOSSISTEMA MILHO EM CONSÓRCIO COM PINHÃO-MANSO

MICHELLE SATO FRIGO

Orientador: Prof. Dr. Osmar de Carvalho Bueno
Co-orientadora: Profª. Drª. Maura Seiko Tsuitsui Esperancini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
Junho – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP -FCA - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Frigo,Michelle Sato, 1981-
F912e Custos energéticos e econômicos do agroecossistema milho em consórcio com pinhão-manso/ Michelle Sato Frigo. - Botucatu : [s.n.], 2010.
xiii, 99 f.: il., color., grafs., tabs.

Tese(Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu,2010.

Orientador: Osmar de Carvalho Bueno
Co-orientador: Maura Seiko Tsuitsui Esperancini
Inclui bibliografia.

1. Biodiesel. 2. Reuso de água. 3. Sustentabilidade. 4. *Jatropha curcas L.* 5. *Zea mays*. I. Bueno, Osmar de Carvalho . II. Esperancini, Maura Seiko Tsuitsui. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu . IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"CUSTOS ENERGÉTICOS E ECONÔMICOS DO AGROECOSSISTEMA MILHO EM CONSÓRCIO COM PINHÃO-MANSO".**

ALUNA: MICHELLE SATO

ORIENTADOR: PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO

PROF. DR. GERSON HENRIQUE DA SILVA

PROFA. DRA. RITA DE CÁSSIA F. ALVAREZ

PROF. DR. MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI

PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

Data da Realização: 11 de junho de 2010

Oferecimento

"Á minha família:
na figura do meu amado
marido Elisandro e minha irmã Mireille,
meus pais e irmãs (as de sangue e as da amizade)
e sobrinho Davi, pelo apoio e amor
para comigo nos momentos mais difíceis desta jornada."

Dedicatória

"Este trabalho é dedicado a todos os que acreditam num mundo mais justo socialmente, economicamente e politicamente, para os que, assim como eu acreditam que a educação é a solução para a nossa sociedade e meio ambiente,
para um mundo melhor, mais igualitário, feliz".

Agradecimentos

"À Deus, por me ajudar a superar todas as dificuldades encontradas até hoje, me mostrando que a vida, além dos bons momentos, é também o somatório do que podemos aprender com os medos, anseios e derrotas, nos tornando cada vez mais capazes de amar a vida,

À meu marido Elisandro, sem o qual eu nunca teria conseguido fazer essa tese...como agradecer alguém tão importante não só nessa etapa, mas em tudo que sou hoje? Espero que meu amor e minha dedicação possam bastar!!!

À minha irmã Mireille, um pouco filha, um pouco amiga, um pouco caçula – um coração enorme, uma pessoa tão corajosa que me ajudou em muitos momentos a não ter medo da vida, a aceitar o que não posso mudar e que família não precisa de um batalhão de gente, desde que haja amor e compreensão, e, em nome dela agradeço minha família por ter oportunizado hoje eu ser uma "sobrevivente",

À meus amigos, a família que escolhi, da infância aos dias de hoje: Mariana e Mirian (do colégio), Giló, Kokada, K-kinha, Rúcula e Ingá (da faculdade), Maria e Zoraide (do mestrado e doutorado), Rita, Ana Paula, Anderson, Vespa e Mônica (da UFMS) e Luciana e Alessandra (da UFPR), independente de onde e de quanto tempo nos conhecemos meu dia-a-dia é mais feliz por vocês existirem na minha vida,

Meus orientadores, "meus pais na trajetória acadêmica", sobretudo amigos, que sempre me apoiaram em minhas decisões, desde a graduação: Profº. Drº. Osmar de Carvalho Bueno e Profª. Drª. Maura Seiko Tsuitsui Esperancine - espero sempre poder contar com vocês, como pude contar nesses 10 anos de convivência,

Ao Profº. PhD. Antônio Evaldo Klar por seu apoio e por continuar a acreditar no meu potencial, inclusive cedendo generosamente parte de um de seus experimentos para que eu pudesse realizar este trabalho, além de ser meu modelo de dedicação à vida acadêmica,

À NNE Minas Agro-Florestal LTDA, na figura do Sr. Nagashi Tominaga que a todo momento, sem exitar, me auxiliou ao máximo acerca de dados pertinentes ao pinhão-manso, além de doar o material propagativo utilizado no experimento,

Ao curso de pós-graduação em Agronomia-Energia na Agricultura (UNESP), na figura dos Profº. Drº. Marco Antônio Martin Biaggioni por mais uma vez confiarem em mim e em meu trabalho.

Ao curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UNIOESTE), pela viabilização do experimento em conjunto com o CNPq, via experimento do Profº. Drº. Elisandro Pires Frigo e Profº. PhD. Antônio Evaldo Klar.

Aos estagiários que auxiliaram na condução do experimento, Nelson e Marquinhos, por suas intermináveis horas de "enxada e muito suor",

À todos os membros da banca, pela participação neste importante momento e pelas valiosas sugestões de melhoria de meu trabalho, amigos e professores, desde a graduação,

À todos os funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas, em especial aos da seção de pós-graduação, secretaria do curso, departamentos de Gestão e Tecnologia Agroindustrial e Engenharia Rural, por todo o suporte institucional necessário à realização deste estudo,

À UDC, que me mostrou a importância da carreira docente, na figura do Profº. Esp. Mártin Engler, instituição na qual cresci como pessoa e professora, que sempre me acolheu mesmo nos momentos de indecisão,

À UFMS pelo grande aprendizado adquirido no período em que fui docente da instituição – afinal, aprendi que realmente os únicos que têm o poder de mudar nossa vida somos nós mesmos, e que "educação e poder são coisas que não coexistem" além de que "existe vida além do serviço público",

À UFPR, minha atual instituição, na qual pretendo sair apenas para me aposentar e viver na praia, que me recebeu para o desafio de um novo modelo de educação superior e que me apoio incondicionalmente na confecção desta tese,

À todos que direta ou indiretamente fazem parte da minha vida e a tornam mais feliz, obrigada!!!"

"A educação modela as almas e recria os corações. Ela é a alavanca das mudanças sociais"

Paulo Freire
(1999)

SUMÁRIO

Página

1. RESUMO..... 15
2. SUMMARY..... 17
3. INTRODUÇÃO..... 19
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 22
   4.1. A cultura do pinhão-manso..... 22
      4.1.1. Botânica..... 24
      4.1.2. Sistema de produção..... 25
   4.2. A cultura do milho..... 30
      4.2.1 Sistema de produção consorciado..... 32
   4.3. O reuso de águas para aumento de produtividade agrícola..... 33
   4.4. A utilização de energia na agricultura..... 36
5. MATERIAL E MÉTODOS..... 43
   5.1. Localização da área experimental..... 43
   5.2. Fonte de dados..... 45
   5.3. Itinerário técnico e coeficientes energéticos..... 46
      5.3.1. Preparo da área: aplicação manual de dessecante..... 47
      5.3.2. Adubação de plantio..... 47
      5.3.3 Plantios manual de milho e pinhão-manso e mecanizado de milho 48
      5.3.4. Tratos culturais..... 50
      5.3.5. Sistema de irrigação por aspersão..... 50
      5.3.6. Produtividade..... 52
   5.4. Delineamento experimental..... 52
   5.5. Indicadores de eficiência energética..... 53
      5.5.1. Coeficientes energéticos para operações manuais..... 54
      5.5.2. Coeficientes energéticos para operações mecanizadas..... 55
   5.6. Determinação dos custos de implantação e condução..... 57
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 60
   6.1. Produtividade da cultura do milho..... 60

6.2. Custos energéticos parciais..... 62
6.2.1 Balanços energéticos e índices de eficiência cultural e energética parciais..... 68
6.3. Custos econômicos parciais..... 69
6.4. Comparativo entre os custos energéticos e econômicos parciais..... 73
7. CONCLUSÕES..... 76
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 78
9. APÊNDICE..... 92

LISTA DE TABELAS

Tabela Página

1: Operações do itinerário técnico dos agroecossistemas pinhão-manso –milho..... 47
2: Área cultivada por tratamento pinhão-manso..... 49
3: Área cultivada por tratamento milho..... 49
4: Análise química da ARS..... 51
5: Valores de precipitação acumulada a cada 15 dias período de 29 de fevereiro a 31 de maio..... 62
6: Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte, forma de energia bruta, balanço energético parcial, eficiências energética e cultural parciais dos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho, em MJxha^{-1} 63
7: Participação das operações do itinerário técnico nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules..... 66
8: Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte, forma em unidades monetárias, balanço econômico parcial, eficiências econômica e cultural parciais dos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho, em R$ x ha^{-1}..... 71
9: Participação das operações do itinerário técnico nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em reais..... 72

LISTA DE FIGURAS

Figura Página

1: Núcleo Experimental da Engenharia Agrícola (NEEA – UNIOESTE)..... 44
2: Croqui de um bloco experimental com a localização das parcelas onde foram implantadas as culturas com suas respectivas repetições..... 44
3: Pinhão-manso na fase de implantação e estabelecido..... 45
4: Milho em consórcio com pinhão-manso..... 46
5: Área do experimento com a cultura do milho..... 46
6: Sistema de irrigação..... 50
7: Sistema de irrigação em funcionamento..... 50
8: Produção e produtividade por tratamento de milho (ano agrícola de 2008)..... 61
9: Participação das diversas fontes de energia nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules..... 66
10: Participação das diversas formas de energia nos diferentes condução sequeiro, irrigado, fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.... 67
11: Participação das diversas fontes de energia nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em reais (R$).... 72
12: Participação das diversas formas de energia nos diferentes condução sequeiro, irrigado, fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.... 73
13: Custos unitários por sistema de produção em megajoules e em reais..... 74
14: Comparativo energético e econômico entre as fontes dos diferentes sistemas de condução..... 74
15: Comparativo entre a eficiência energética e econômica por sistema de condução..... 75

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação Página
1: Eficiência energética..... 53
2: Eficiência cultural..... 53
3. Balanço energético..... 53
4: Gasto energético no repouso..... 55
5: Depreciação energética..... 56
6: Despesas com combustível..... 58
7: Custos de reparos e manutenção..... 58
8: Eficiência econômica..... 59
9: Balanço econômico..... 59

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
ARS	Água Residuária da Suinocultura
ASAE	American Society Agricultural Engineering
BEN	Balanço Energético Nacional
°C	graus Celsius
cal	caloria
CE	Ceará
CETEC-MG	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
cm	centímetro
CO_2	dióxido de carbono ou gás carbônico
COE	custo operacional efetivo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COT	custo operacional total
cv	cavalo-vapor
DAE	Dias Após a Emergência
dS	decissímes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAO	Foundation Agriculture Organization
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos do Banco do Brasil
g	grama
GER	Gasto Energético no Repouso
h	hora
ha	hectare
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima
J	joule
K	potássio
kcal	quilocaloria

kg	quilograma
km	quilômetro
L	litro
m	metro
m^3	metros cúbicos
MG	Minas Gerais
MJ	Mega joule
mm	milímetro
N	nitrogênio
Na^+	íon sódio
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
P	fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PVC	policloreto de vinila
%	porcentagem
s	segundo
SP	São Paulo
SEAB-PR	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
t	tonelada
VBP	Valor Bruto da Produção

1 RESUMO

O conhecimento da produção e dispêndio de energia pela agricultura é fundamental devido à importância estratégica que ocupa como produtora de insumos energéticos para outros setores econômicos, como é o caso do biodiesel produzido a partir de culturas oleaginosas; desta forma o presente estudo teve como objetivo determinar os custos parciais da implantação e condução do agroecossistema milho em consórcio com pinhão-manso, sob três diferentes sistemas de condução (sequeiro, irrigado e fertirrigado com água residuária da suinocultura) do ponto de vista energético e econômico, em experimento conduzido de acordo com o sistema produtivo da agricultura familiar da região oeste do Paraná. Tal estudo se justifica devido à escassez de dados tanto energéticos como econômicos da cultura do pinhão-manso em condições brasileiras, bem como em sistema consorciado sob condições tecnológicas da agricultura familiar do oeste paranaense e, sobretudo das questões ambientais envolvidas neste estudo como o reuso de águas e o uso racional de fontes energéticas não-renováveis. O experimento foi conduzido de acordo com as técnicas empregadas por agricultores familiares da região oeste paranaense, no período de fevereiro de 2008 a maio de 2008 para a cultura do milho e de fevereiro de 2008 a novembro de 2009, para a cultura do pinhão-manso, no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel/PR, em área de plantio direto. O itinerário técnico para todos os sistemas de

condução constituiu-se de: preparo da área (aplicação de dessecante), plantio mecanizado de milho, plantio manual de milho, produção de mudas de pinhão-manso, coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso, roçada manual, aplicação manual de inseticida e colheita manual do milho, apenas diferenciando-se pela irrigação e fertirrigação. O produto final avaliado foi apenas o milho. Os coeficientes técnicos, a jornada de trabalho, o rendimento, a identificação do trator, implementos e equipamentos; suas especificações e respectivos consumos de combustível, lubrificantes e graxas, além da quantificação da mão-de-obra utilizada foram determinados a partir de dados primários e secundários. A metodologia adotada constituiu-se de avaliação da produtividade, seguida pela transformação das unidades físicas em energéticas e monetárias, determinação da "Eficiência Cultural Parcial", "Eficiência Energética Parcial", "Custos de Produção" e "Eficiência Econômica Parcial" e "Receita Líquida Parcial". Com relação à avaliação da produtividade, o tratamento conduzido com fertirrigação de água residuária da suinocultura foi o que obteve o maior nível de produtividade; já com relação ao balanço energético parcial e eficiências cultural e energética parciais o tratamento conduzido com fertirrigação de água residuária da suinocultura (ARS) foi o que obteve melhores índices. Do ponto de vista econômico nenhum dos sistemas até o ponto analisado mostrou-se economicamente viável, porém há que se levar em consideração que a cultura principal, o pinhão-manso, uma cultura anual ainda não produziu, portanto não foi avaliado. Portanto, conclui-se que o sistema fertirrigado com ARS é o de melhor desempenho energético, no entanto, economicamente todos os sistemas avaliados se mostraram deficitários.

Palavras-chave: biodiesel, reuso de água, sustentabilidade.

ENERGY COSTS AND ECONOMIC AGROECOSYSTEM CORN INTERCROPPING WITH PHYSIC NUT. Botucatu, 2010. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MICHELLE SATO FRIGO
Adviser: OSMAR DE CARVALHO BUENO.
Co-adviser: MAURA SEIKO TSUITSUI ESPERANCINI.

2 SUMMARY

Knowledge of production and energy expenditure in agriculture is crucial due to strategic importance which occupies as a producer of energy inputs to other economic sectors, such as biodiesel produced from oilseed crops, so this study aimed to determine partial costs of deployment and conduct of corn intercropping agroecosystem with physic nut, under three different management systems (rainfed, irrigated and fertirrigated with wastewater from pig farming) in terms of energy and economic experiment carried out in accordance with the productive system of family farming in the west of Paraná. Such a study is justified due to the shortage of both energy and economic data of the culture of physic nut under Brazilian conditions, as well as in intercropping system under technological conditions of the family farm west of Paraná, and especially environmental issues involved in this study as the reuse of water and the rational use of nonrenewable energy sources. The experiment was conducted in accordance with the techniques employed by farmers in the region, from February 2008 to May 2008 for corn and from February 2008 to November 2009 for the cultivation of physic nut in Experimental Center of Agricultural Engineering (NEEA), belonging to the State University of West Paraná (UNIOESTE), campus of Cascavel/PR, in the area of no-tillage. The itinerary for all technical training systems consisted of: the site preparation (application of desiccant), mechanized planting of corn, corn plant by hand, production of seedlings of physic nut, coveamento and transplant seedlings of physic nut, mowing manual, manual application of insecticide and harvesting of maize, differing only by irrigation and fertirrigation. The final product was assessed only corn. The technical coefficients, the workload, performance, identification of the tractor, implements and equipment, their specifications and their

consumption of fuel, lubricants and greases, as well as quantification of manpower used were derived from primary data and secondary. The methodology consisted of assessing the productivity, followed by the transformation of energy in physical units and monetary determination of the "Cultural Partial Efficiency," Energy Efficiency Part "," Production Costs "and" Economic Efficiency Partial "and" Balance Partial Budget. " Regarding the assessment of productivity, the treatment led to fertigation of wastewater from hog raising was the one that had the highest level of productivity, already with respect to energy balance and partial efficiencies and cultural energy partial treatment led to fertirrigation of wastewater from hog (ARS) was the one that had better rates. From the economic point of view none of the systems analyzed to the point proved to be economically viable, but one must take into consideration that the main crop, jatropha, an annual crop has not yet produced, so it was not evaluated. Therefore, we conclude that the system fertilized with ARS is the best energy performance, however, all systems evaluated economically proved unprofitable.

Keywords: biofuel, water reuse, sustainability.

3 INTRODUÇÃO

O aquecimento global deixou de ser uma discussão em âmbito ambiental, político e econômico, para tornar-se um fato real em nosso cotidiano. Embora as conseqüências sejam inevitáveis, seu agravamento pode ser evitado com o uso de tecnologias conhecidas e dominadas pelo homem, segundo a recomendação do 4º relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), realizado em 2007, que estimula o uso das energias renováveis, com destaque para os biocombustíveis, ou seja, combustíveis renováveis, com baixa emissão de gases poluentes em substituição aos de origem fóssil.

Dentre estes combustíveis renováveis, destaca-se o biodiesel, que segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, é um "biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para a geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil"(BRASIL, 2005).

Para viabilizar a utilização do biodiesel no Brasil, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) que é um programa interministerial do governo federal que tem por objetivo a implementação da produção e do uso do biodiesel, de forma sustentável, alavancando a inclusão social e desenvolvimento regional, através da geração de empregos e renda que este promoverá. No entanto, apesar dos incentivos do PNPB

para a produção e uso do biodiesel, o quadro de produção, tanto de óleos vegetais para fins combustíveis como do próprio biodiesel, ainda é incipiente no país, ou seja, a produção de oleaginosas necessita desenvolver-se tanto em área, quanto em produtividade e qualidade, assim como o próprio biodiesel em questão.

Uma das potenciais culturas que contemplam tais necessidades seria o pinhão-manso (Jatropha curcas L.), que pode ser cultivada para diversas funções: cultivo convencional, cercas-vivas, renques de contenção de encostas e cultivo consorciado, neste último, inclusive com outras culturas anuais.

Outra preocupação neste contexto é a da produção agropecuária com relação à questão da água, seu uso racional, disponibilidade e qualidade para o consumo. Desta forma, um importante problema ambiental existente no país são os criatórios de suínos, com ênfase na região Sul do Brasil, com destaque para o oeste paranaense que representa um importante pólo na produção de suínos, principalmente em propriedades de agricultura familiar. Essa atividade, tanto nos criatórios quanto nos abatedouros é geradora de elevada quantidade de resíduos líquidos e sólidos, o que pode trazer sérios problemas se lançados em grandes quantidades nos córregos e nascentes.

No sentido de evitar ou de reduzir a contaminação dos corpos d' água através da eliminação desses resíduos, várias atividades têm sido desenvolvidas, dentre elas podem ser destacadas a irrigação de algumas culturas oleaginosas, contribuindo não só para a melhoria do solo, pelo acúmulo de matéria orgânica ao longo do tempo, como também gerando uma alternativa para a disposição destes dejetos, utilizando o solo como meio filtrante.

De modo a atender a demanda produtiva de culturas energéticas para fins de produção de biodiesel, somada à questão ambiental do uso de água residuária da suinocultura e da produção de alimentos, visando à sustentabilidade do agroecossistema estudado, o presente estudo teve por objetivo determinar os custos parciais da implantação e condução do agroecossistema milho em consórcio com pinhão-manso, sob três diferentes sistemas de condução (sequeiro, irrigado e fertirrigado com água residuária da suinocultura) do ponto de vista energético e econômico, em experimento conduzido de acordo com o sistema produtivo da agricultura familiar da região oeste do Paraná. Tal estudo se justifica devido à escassez de dados tanto energéticos como econômicos da cultura do pinhão-manso em condições

brasileiras, bem como em sistema consorciado sob condições tecnológicas da agricultura familiar do oeste paranaense e, sobretudo das questões ambientais envolvidas neste estudo como o reuso de águas e o uso racional de fontes energéticas não-renováveis.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A cultura do pinhão-manso

A cultura do pinhão-manso (Jatropha curcas L.), também conhecida como pinhão-paraguaio (MARTINS e CRUZ, 1985; TEIXEIRA, 1987), tempate (FOIDL, 1996; SATURNINO et al., 2005), piñon (HELLER, 1996; SATURNINO et al., 2005), purgueira, physic nut (DUKE, 1983; HELLER, 1996; SWOT, 2002; SATURNINO et al., 2005), purging nut (DUKE, 1983; HELLER, 1996), entre outros, é considerada uma cultura energética para fins de biodiesel, sendo uma opção agrícola para áreas áridas, semi-áridas e na recuperação de áreas degradadas, promovendo a integração do acesso à produção com renda (através da venda do óleo das sementes para fins combustíveis), suprimento de energia (o óleo pode ser utilizado em motores e máquinas para a geração de eletricidade) e o desenvolvimento rural (através do emprego da mão-de-obra familiar, com conseqüente fixação do homem no campo e segurança alimentar, pois permite o uso de culturas anuais alimentícias em consórcio, além de melhorias ambientais, como a formação de um microclima que favorece o desenvolvimento de outras culturas nas entrelinhas, entre outros). Entretanto, a espécie ainda encontra-se em processo de "domesticação" e, segundo Saturnino et al. (2005), somente nos últimos 30 anos é que esta começou a ser mais pesquisada agronomicamente.

Todas as partes da planta têm utilização econômica, contudo o uso mais difundido na atualidade é do óleo da semente para fins combustíveis. Com a crise do petróleo, nos anos 70 do século passado, intensificaram-se os estudos com combustíveis alternativos aos derivados de petróleo, e houve uma conscientização do alto grau de poluição causado pelos combustíveis fósseis. A partir daí, o uso de óleos vegetais para fins combustíveis reapareceu como uma das soluções imediatas frente a tal demanda, sendo o de pinhão-manso, considerado uma das mais promissoras fontes (SATURNINO et al., 2005).

De acordo com Ackon e Ertel (2005), o óleo de pinhão reduz as emissões de CO_2, emite quantias reduzidas de gases de efeito estufa e contém enxofre em valores inexpressivos (não formando dióxido de enxofre que causa a chuva ácida), sendo, portanto, uma alternativa que atende a fatores ambientais, no entanto, tal colocação é bastante questionável, uma vez que esta condição está intimamente ligada com o tipo de condução da cultura, o que interferirá diretamente nos processos fisiológicos de produção de óleo pela planta.

Saturnino et al. (2006), constataram através de análises da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG), que o óleo de pinhão-manso tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel e com a substituição do diesel pelo óleo de pinhão-manso, o consumo poderá ser 16,1% maior.

Melo et al. (2006), em avaliação preliminar do óleo de pinhão-manso para fins combustíveis demostraram que o processo de transesterificação não só foi satisfatório como também o biocombustível produzido apresentou-se dentro dos padrões da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para o uso tanto em substituição quanto em mistura ao óleo diesel.

Segundo Teixeira (2005), outra vantagem do pinhão-manso é que em cultivos comerciais a produtividade média é de 5 t . ha^{-1}, com a cultura estabelecida e em condições favoráveis (disponibilidade de água e nutrientes), cerca de 32% deste valor é convertido em óleo vegetal (aproximadamente 1600 L . ha^{-1}); de acordo com Miragaya (2005) comparativamente, no caso da mamona (Ricinus communis), a produtividade média nas mesmas condições anteriormente citadas para o pinhão-manso, é de 1,5 t . ha^{-1}, com aproximadamente 48% deste total em óleo, ou seja, cerca de 720 L . ha^{-1}. Embora o teor de óleo da mamona seja maior (aproximadamente 16% a mais), a produtividade do pinhão-

manso, nestas condições, é de aproximadamente 3 (três) vezes superior em toneladas por hectare que a mamona.

4.1.1 Botânica

O pinhão-manso tem Centro de Origem indeterminado, porém, a maioria dos relatos e estudos cita as Américas do Sul e Central como possíveis origens, sendo encontrada de forma espontânea em quase todas as regiões intertropicais, ocorrendo em maior escala nas regiões tropicais e em número bastante reduzido nas regiões temperadas (DUKE, 1983; HELLER, 1996; GÜBITZ et al., 1999; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2006).

No Brasil, de acordo com Arruda et al. (2004) e Saturnino et al. (2005), sua distribuição geográfica é bastante vasta devido a sua rusticidade e resistência a longas estiagens, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde a região Nordeste, Sudeste e o estado do Paraná.

É uma espécie da família das Euforbiáceas, do gênero Jatropha, espécie Jatropha curcas L; é uma arvoreta suculenta, de crescimento rápido, cuja altura é de dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho pouco resistente e medula desenvolvida; floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento e é bastante caústico. O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (DUKE, 1983; HELLER, 1996; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

As folhas são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando na mesma planta, mas com sexo separado, flores masculinas, em maior número, nas extremidades das ramificações e femininas nas ramificações, as quais são amarelo-esverdeadas e diferencia-se pela ausência de pedúnculo

articulado nas femininas que são largamente pedunculadas (DUKE, 1983; HELLER, 1996; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

O fruto é capsular ovóide com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm. É trilocular com uma semente em cada cavidade, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e por fim preto, quando atinge o estádio de maturação. Contém de 53 a 62% de sementes e de 38 a 47% de casca, pesando cada uma de 1,53 a 2,85 gramas. A semente é relativamente grande; quando secas medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura; tegumento rijo, quebradiço de fratura resinosa. Debaixo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados. A semente de pinhão, que pesa de 0,551 a 0,797 gramas, pode ter, dependendo da variedade e dos tratos culturais, etc, de 33,7 a 45% de casca e de 55 a 66% de amêndoa (DUKE, 1983; HELLER, 1996; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Duke (1983) cita a cultura como tolerante a precipitações anuais de 1.430 mm em média, temperaturas anuais médias de 25,2°C; já Heller (1996) indica precipitações anuais entre 300 e 1000 mm, temperaturas médias anuais entre 20 e superiores a 28°C e acrescenta a altitude de 0-500 metros.

Ainda Arruda et al. (2004), caracterizam a planta como sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas, em concordância com os relatos de Duke (1983) e Heller (1996).

Embora pouco exigente em condições climáticas e adaptado a condições marginais de solos (degradados e pouco férteis), o pinhão-manso deve ser preferencialmente cultivado em solos profundos, bem estruturados, pouco compactados, drenados e preferencialmente pouco argilosos (HELLER, 1996; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005); já para Foidl et al. (1996), a cultura desenvolve-se em todos os solos, exceto em Vertissolos, por preferir solos mais leves (arenosos), concordando com os demais autores.

4.1.2 Sistema de produção

O pinhão-manso pode ser cultivado em diversos sistemas:

- Plantio convencional (FOIDL et al., 1996; GÜBITZ et al., 1999; OPENSHAW, 2000; AUGUSTUS et al., 2002; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005);
- Plantio consorciado (HENNING, 2000; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005);
- Cercas-vivas (DUKE, 1983; OPENSHAW, 2000; AUGUSTUS et al., 2002; ARRUDA et al., 2004; ACKOM e ERTEL, 2005; SATURNINO et al., 2005).

Com relação ao preparo da área, para Arruda et al. (2004) o solo deve ser limpo, preparado com arado, de preferência de aiveca, devido ao melhor revolvimento e enterrio das sementes das plantas daninhas, sendo em seguida nivelado por uma grade leve que não seja aradora. O solo pode ser preparado seco ou no ponto de friabilidade, dependendo de sua textura e estrutura.

Abreu et al. (2006) em experimento acerca do crescimento aéreo e radicular do pinhão-manso, sob diferentes níveis de compactação do solo, chegaram à conclusão de que a espécie é sensível à presença de compactação do solo, sendo, portanto necessário o prévio preparo de solo em áreas com tais condições.

Apesar de a cultura ser indicada para áreas com restrições em nutrientes, como descrito por Heller (1996), Henning (2000), Augustus et al. (2002), SWOT (2002), Ackom e Ertel (2005), alguns autores discordam de tais condições produtivas como sendo as ideais para a cultura com finalidade comercial, como Arruda et al. (2004), que relatam que em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5 as raízes do pinhão-manso não se desenvolvem, sendo necessária a realização de calagem com base em análise química do solo; a calagem deve ser realizada cerca de 3 meses antes do plantio, com o calcário incorporado a uma profundidade de até 20 cm do solo, em duas aplicações, antes da aração e quando da gradagem específica para a correção do solo.

Ainda de acordo com Arruda et al. (2004) indicam que os solos devem conter altos teores de matéria orgânica, sendo recomendado o uso de adubação verde com leguminosas, pois de um modo geral fornecem altos rendimentos por unidade de área plantada, fixando o nitrogênio atmosférico e transferindo aos solos, por decomposição

orgânica, os nutrientes essênciais como fósforo, cálcio ou enxofre, além do nitrogênio, o que ficou evidenciado em experimento realizado por Saturnino et al. (2005), que ao discutirem sobre as conclusões do Projeto pinhão-manso EPAMIG/ FINEP (relatório final relativo ao 1º período encerrado a 31 de março de 1985) concluíram que a cultura de fato exige boa fertilidade do solo para ter alta produção de sementes.

O pinhão-manso pode ser reproduzido por sementes e propagação vegetativa (através de estacas); a escolha do método deverá ser em função da finalidade a que irá ser utilizada: de um modo geral, para cercas-vivas, utiliza-se estacas, devido ao seu crescimento mais rápido, porém sua longevidade é bem menor e são menos resistentes à seca; para cultivos comerciais com fins para produção de óleo vegetal, recomenda-se o uso de sementes, por gerar plantas mais vigorosas e de maior longevidade, entre 30 e 50 anos (DUKE, 1983; HELLER, 1996; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Segundo Saturnino et al. (2005), ainda não se conhecem variedades melhoradas ou cultivares de pinhão-manso, no entanto, a maioria dos países interessados na cultura está prospectando a diversidade genética dessa espécie e fazendo coleta de germoplasma, dentro de seu próprio território e ao redor do mundo, objetivando fins carburantes, alimentares e/ou medicinais da espécie, como já relatado em pesquisas por Heller (1996).

A melhor época para o plantio é no período das chuvas, para assegurar o bom desenvolvimento das plantas e deve ser realizado através do coveamento (HELLER, 1996; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Heller (1996) relata que para cultivos convencionais e para o uso de consórcio com culturas anuais nos primeiros anos, os espaçamentos satisfatórios, com seus respectivos estandes são: 2x2 m (2.500 plantas . ha^{-1}), 2,5x2,5 m (1.600 plantas . ha^{-1}) e 3x3 m (1.111 plantas . ha^{-1}).

Arruda et al. (2004) indicam o espaçamento de 2 a 5 m em todos os sentidos e o uso de covas com a dimensão de 30x30x30 cm; para o uso de culturas consorciadas, o espaçamento deve ser de 7 a 9 m. Após o pegamento das mudas procede-se à adubação de cobertura, incorporando os fertilizantes aos primeiros 5 ou 10 cm da cova, sendo que esta deve ser repetida após seis meses. Passado este período, a adubação deve ser feita uma vez por ano, seguindo análise de solo.

Saturnino et al. (2005) sugerem o uso de espaçamentos de 3x3 m e de 3x4 m, com covas de 30x30x30 cm em solos arenosos e de 50x50x50 cm em solos mais firmes, e 75 cm de profundidade em terrenos acidentados e muito compactados, como pastagens degradadas; deve-se realizar adubação suplementar na cova de plantio, com a aplicação de pelo menos 10 litros de esterco, para que as plantas tenham bom desenvolvimento.

Mais comumente, recomenda-se os espaçamentos de 3x3 m e 3x2 m, correspondentes a 1.111 e a 1.666 plantas . ha^{-1}, respectivamente (SATURNINO et al., 2006).

Embora descrita como uma cultura indicada para regiões áridas e semi-áridas, tolerante a restrições na disponibilidade de água, alguns autores descrevem a espécie com respostas positivas ao uso de água por irrigação, principalmente a fatores relacionados à produção e produtividade em cultivos comerciais como é o caso do estudo de Openshaw (2000) que relata que a cultura responde muito bem à irrigação, interferindo diretamente na produção: ao invés de 1 colheita por ano, em sistemas irrigados pode-se chegar a até 3 ou 4 colheitas por ano.

Saturnino et al. (2005) descrevem o uso de gotejamento e microaspersão, assim como sulcos de infiltração realizados no Norte do estado de Minas Gerais (Brasil); além disso, o uso de cobertura morta contribui para diminuir o consumo de água de irrigação. Em Janaúba/ MG (Brasil), plantios irrigados tiverem suas colheitas estendidas ao longo do ano.

Por ser uma cultura tolerante ao efeito da salinidade, exceto na fase inicial de crescimento da cultura, de acordo com Vale et al. (2006), esta pode ser irrigada com água salina, tolerando uma condutividade elétrica maior que 12 dS m^{-1}, valor considerado relativamente alto frente ao tolerado por outras culturas. Também demonstrou a capacidade de translocar sódio, na forma de Na^{+} para a parte aérea da planta, retirando a mesma do solo (DAGAR e TOMAR, 2002; DAGAR et al., 2006).

O controle de plantas daninhas deve ser realizado sempre que necessário, seja através de capinas manuais ou pelo uso de herbicidas, principalmente em estádios iniciais de crescimento devido à competição e, posteriormente por ser abrigo de possíveis pragas e doenças (ARRUDA et al., 2004 e SATURNINO et al., 2005).

Ao contrário do difundido, a cultura é atacada por algumas pragas e doenças; Arruda et al. (2004) indicam que o principal problema com pragas é com cochonilhas e pulgões.

Heller (1996) descreve problemas com pragas e doenças no Zimbábue, principalmente devido às plantas estarem estressadas; já na Nicarágua, onde estudos para o controle adequado destas pragas e doenças estão sendo desenvolvidos, são descritos diversos danos, desde murchas a chochamento de sementes, causadas por pragas, como por exemplo, o besouro-azul, o coleóptero Calidea dregei e doenças, como o damping off causado por Fusarium spp.

Saturunino et al. (2005) relatam problemas com formigas, cupins, tripes, ácaro-branco, percevejos e cigarrinha-verde em plantios na cidade de Janaúba/MG (Brasil), combatidos com controle químico; com relação às doenças, na mesma região, foi relatado ataque com oídio ou mofo-branco, que pode ser facilmente controlado com a aplicação de enxofre em pó. Outras doenças são relatadas pelos autores, porém, apenas descrita em literatura.

Os frutos são colhidos após a maturação que ocorre com o escurecimento das cápsulas. Após a colheita, o material é transportado para um terreiro e segue-se a secagem ao ar, onde é amontoado. Esta prática provoca a deiscência espontânea dos frutos. A separação das sementes das cascas é feita por meio de trilhadeiras e peneiras (ARRUDA et al., 2005).

O método mais prático e rápido de colheita dos frutos, ao contrário do processo tradicional de catação manual, é fazer vibrar o pé de pinhão, à meia altura, o que provoca a queda apenas dos frutos maduros. Neste caso, pode-se colocar uma lona sobre o solo, para tornar a colheita mais simples, e leva-se então, a carga de frutos ao solo para secagem (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Segundo Saturnino et al. (2005), as sementes devem ser retiradas dos frutos e postas a secar a sombra em local bem ventilado e, depois de secas, podem ficar armazenadas

Martins e Cruz (1985) apontaram valores de produtividade de 3 a 4 toneladas anuais de óleo por hectare.

Openshaw (2000) relata que em Mali, a produtividade média em sistema de sequeiro, a cultura produz entre 2,5 e 3,5 t . ha^{-1}; já SWOT (2002), 2 e 2,4 t .ha^{-1} , nas mesmas condições.

Sob irrigação, com a produção estabilizando-se entre 4 a 5 anos, pode-se produzir mais de 2,5 t . ha^{-1} (SATURNINO et al., 2006).

O teor médio de óleo das sementes é de 35% (MARTINS e CRUZ, 1985; HENNING, 2000; SWOT, 2002; ACKOM e ERTEL, 2005; EMBRAPA Semi-Árido, 2006).

Teixeira (1987) ao avaliar o teor e composição do óleo de sementes de Jatropha spp., constatou que o teor de óleo das sementes avaliadas variou de 23 a 34%, justificando tais diferenças em função da localidade, tratos culturais e variedades.

4.2 A cultura do milho

O milho pertence à ordem Gramineae, familia Grimanaceae, sub-famflia Panicoideae, tribu Maydeae, gênero Zea, espécie Zea mays. O provável Centro de Origem da espécie encontra-se onde hoje se localizam o México e a América Central, tal hipótese foi confirmada por pesquisas recentes (SALLA, 2008).

A cultura pela sua importância econômica tem sido alvo de vários estudos, os quais visam à determinação dos níveis ótimos de diversos fatores que influenciam sua produção, como: fenologia, área foliar, pragas, doenças, exigências hídricas e nutricionais (IAPAR, 1991).

O milho é cultivado em diversas regiões do mundo. O maior produtor mundial é os Estados Unidos, responsáveis por quase 50% da produção mundial. O Brasil também é um grande produtor e exportador, responsável por 6,6 % da produção mundial de grãos, sendo São Paulo e Paraná os estados líderes na sua produção. O plantio é feito tanto na chamada “safrinha” quanto na safra principal, ou seja, a safra de verão (SALLA, 2008).

De acordo com os relatórios da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, SEAB-PR (2008), referente aos dados da safra 2007/2008, o milho é o cereal mais produzido no Paraná, sendo que, desde a década de 70 do século passado, o Estado vem se consagrando como o maior produtor nacional, correspondendo a 27 % do total produzido no Brasil. Na safrinha, a participação paranaense atinge o índice de 50 % de produção.

Continuando, ainda de acordo com a SEAB-PR (2008), referente aos dados da safra 2007/2008, a produção paranaense de milho girou em torno de oito milhões de toneladas ao ano, envolvendo cerca de 230 mil produtores, daí a importância desta cultura no contexto socioeconômico do Estado. A atividade gera aproximadamente 70 mil empregos no

campo, não computando a mão-de-obra utilizada no complexo industrial, mais os empregos indiretos, além de produtor. O Paraná figura como tradicional fornecedor de milho para outros Estados, chegando a exportar até 30 % do total produzido.

De acordo com o Censo Agropecuário, 46% do milho produzido no país é cultivado pela agricultura familiar. Esta organização social de produção ocupa 24,3% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, e estes representam 84,4% do total de estabelecimentos, englobando cerca de 12,3 milhões de pessoas, isto é, 74,4% do pessoal ocupado no setor agrícola (IBGE, 2006).

Segundo INCRA/FAO (2000), em 1995 a participação dos estabelecimentos agropecuários familiares no Valor Bruto da Produção (VBP) de milho atingiu 48,6%, quase a metade de todo o VBP do milho produzido no Brasil.

De acordo com EMBRAPA (1998), no Brasil apenas 5% do milho produzido se destinava-se ao consumo direto humano, sendo a matéria-prima principal de vários pratos da culinária típica brasileira como canjica, cuscus, polenta, angu, mingaus cremes, entre outros como bolos, pipoca ou simplesmente milho cozido. Sessenta e cinco por cento (65%) do milho é utilizado na alimentação animal e 11% é consumido pela indústria, para diversos fins. Nos Estados Unidos e no Canadá, o uso do milho na alimentação humana direta é relativamente pequeno - embora haja grande produção de cereais matinais como flocos de cereais ou corn flakes e xarope de milho, utilizado como adoçante. No México o seu uso é muito importante, sendo a base da alimentação da população (é o ingrediente principal das tortilhas e de outros pratos da culinária mexicana).

Dada a versatilidade do uso deste cereal, com a possibilidade de mais de 500 subprodutos, que detém cerca de 47% da capacidade total de moagem instalada no Brasil. Dentre os produtos industrializados destacam-se: o farelo de milho, o óleo bruto e o refinado, a ração, o fubá e a farinha. O fato é que, a adoção de novas tecnologias faz, atualmente, do Paraná, um dos estados com maior rendimento por área, por possuir suas terras férteis e chuvas uniformes (SEAB-PR, 2008).

4.2.1 Sistema de produção consorciado

O milho pode ser cultivado tanto em sistema solteiro quanto consorciado, sendo este último objeto de diversos estudos, tanto como cultura principal como cultura consorciada; Schreiner e Baggio (1984) avaliaram, na região dos Campos Gerais do Paraná, o rendimento de associações de Pinus taeda L. com milho, em função de três densidades populacionais desta cultura: 50 mil, 67 mil e 83 mil plantas/ha, dispostas, respectivamente, em duas, três e quatro linhas, entre as linhas do Pinus plantado no espaçamento de 3 x 2 m. O plantio do Pinus e o da primeira cultura de milho foram efetuados no ano agrícola 1981/82; duas novas culturas de milho foram plantadas em 1982 e em 1983. As produções de milho, no primeiro e no segundo ano, propiciaram, respectivamente, retornos sobre o capital investido nesta cultura, da ordem de 135 e 94%. Já no terceiro ano, quando o desenvolvimento do Pinus tornou-se suficiente para sombrear parcialmente a cultura agrícola, sua produção foi deficitária, embora em pequeno grau.

Em estudo de Gadioli e Fortes Neto (2004) sobre o rendimento (kg. ha-^{1}) das culturas do milho e do feijão preto consorciados em Latossolo Vermelho Amarelo em Taubaté-SP com a aplicação de diferentes doses de lodo de esgoto atribuíram os rendimentos observados com a adição de lodo, provavelmente devido ao fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento das culturas e a dose de 5 t ha^{-1} calculada em função do nitrogênio disponível, que se mostrou adequada.

Corrêa, Távora e Pitombeiras (2006) ao avaliar em experimento realizado em Quixadá-CE, com mamona consorciada com o feijão comum, o caupi e o milho concluíram que o consórcio reduziu tanto a produtividade da mamona como das culturas consorciadas.

Macedo et al.(2006) implantaram um experimento em Paracatu - MG, constituído por quatro clones de eucalipto (dois clones de Eucalyptus camaldulensis, códigos 137 e 180; dois clones de Eucalyptus urophylla, códigos 13 e 44), dispostos no espaçamento de 10 m x 4 m, consorciados nas entre linhas com a cultura do milho. A produção de milho nos sistemas consorciados com clones de eucalipto foi menor que a obtida em monocultivo.

Em trabalho desenvolvido por Marin, Menezes e Salcedo (2007) com objetivo de avaliar a produtividade de biomassa de milho, solteiro ou consorciado com

gliricídia (Gliricidia sepium), e o efeito da adubação, com esterco e ramas de gliricídia, sobre a produtividade de milho e da vegetação espontânea, realizado em um Neossolo Regolítico, em Esperança-PB obteve que nos 1º, 2º e 3º anos do estudo, a produtividade de grãos de milho, no sistema sem gliricídia, foi 268, 129 e 116% maior que em presença de árvores, respectivamente. Entretanto, a produtividade total de biomassa (soma da biomassa produzida pelo milho, gliricídia e vegetação espontânea) foi 86, 120 e 37% maior no sistema com árvores nos 1º, 2º e 3º anos, respectivamente. A produtividade de milho e de vegetação espontânea não diferiu entre as parcelas adubadas com esterco ou gliricídia, mas essas duas fontes orgânicas aumentaram significativamente a produtividade, comparadas à testemunha.

4.3 O reuso de águas para aumento de produtividade agrícola

A ocupação de áreas não cultivadas e o aumento da produtividade, através da adoção de novas tecnologias, como a irrigação deve-se ao rápido crescimento da população mundial, aliado ao aumento da renda e demanda. A irrigação tem por finalidade fornecer a água necessária para o pleno desenvolvimento das plantas, porém, esta pode ser associada a outras finalidades, como a aplicação de produtos químicos, biológicos e águas residuárias (GONÇALVES et al., 2006).

De acordo com Gonzaga Neto (2000), a irrigação constitui-se na alternativa para a melhoria do rendimento de grande parte das culturas, proporcionando um incremento médio de produtividade na ordem de 20 %, e, com isto propicia redução dos custos unitários de produção. Entretanto, apenas com um planejamento racional da agricultura irrigada, baseado em um projeto bem elaborado, adequadamente manejado e sem degradação do meio ambiente, é que os irrigantes poderão usufruir plenamente dos benefícios advindos da técnica de forma a se tornarem mais competitivos, em um mundo cada vez mais globalizado.

A irrigação por aspersão tem por objetivo distribuir água sobre a superfície do solo, de modo a permitir a infiltração sem escoamento superficial, além disso, a água deve ser distribuída de maneira o mais uniforme possível, de forma a se obter uma adequada uniformidade de aplicação em condições de campo (MACHADO, 2006).

No método de irrigação por aspersão, a água é aspergida sobre as plantas, simulando-se uma chuva, ou sob as plantas. É o método mais utilizado na atualidade e pode

ser fixo ou móvel, com movimentação manual ou mecânica. Caracteriza-se pelo uso de tubulações móveis de engate rápido ou fixo e enterrado, irrigando normalmente áreas pequenas ou médias. Os sistemas de irrigação por aspersão convencional permitem muitas possibilidades de adaptações, visando à economia no uso da mão-de-obra, melhoria na eficiência de irrigação e adequação as distintas situações de campo (SANTANA, 2000).

Segundo Nurrizzo e Mezzanote (1994), o reuso de água, a reutilização ou ainda, o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No início do século XX, com o desenvolvimento de modernos sistemas de tratamento de águas residuárias e a preocupação com microrganismos contaminantes houve redução no uso destas para fins de irrigação, contudo, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água, um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, compreendendo também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de resíduos e do consumo de água.

Segundo Cavalcanti (2002), durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente devido aos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- Segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- Custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- Reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Na exploração pecuária, os dejetos diluídos, a água desperdiçada em bebedouros e a água de lavagem de instalações para a criação em regime de confinamento geram grandes volumes de águas residuárias, as quais são fontes significativas de poluição

ambiental. Em várias regiões é comum a utilização da água residuária da suinocultura, aproveitando a matéria orgânica e os nutrientes para adubação. Dessa maneira, reduzem-se os custos de adubação da cultura e evita-se a contaminação dos cursos d'água pelo lançamento das águas residuárias (GONÇALVES et al., 2006).

Ainda para Gonçalves et al. (2006), a distribuição das águas residuárias da suinocultura (ARS) no campo pode ser feita de maneira eficiente, através de sistemas de irrigação. No entanto, o dimensionamento adequado desses sistemas requer o conhecimento das características físicas e químicas do efluente a ser aplicado.

A aplicação dos nutrientes contidos nos efluentes tratados pode reduzir, ou mesmo eliminar, a necessidade de fertilizantes comerciais; além disso, a matéria orgânica contida nos esgotos aumenta a capacidade do solo em reter água (CHERNICHARO, 2001).

Chateaubriand (1988) verificou que a aplicação de água residuária de suinocultura, por meio de sistema de irrigação por sulcos, em terreno de baixada, com solo de textura argilo-arenosa, na região de Ponte Nova/MG, propiciou produtividade de 8.766 $kg.ha^{-1}$ de milho, alcançada com dosagem de 149 m^3 . ha^{-1}, produtividade cerca de 40% superior à obtida com a testemunha. A aplicação de águas residuárias de suinocultura também aumentou a altura de plantas em 19% e o peso de espigas em 65%, comparativamente à testemunha. As águas residuárias foram aplicadas em dez irrigações efetuadas durante o ciclo da cultura.

Monte e Sousa (1992) observaram que a irrigação com águas residuárias de lagoa facultativa aumentou os rendimentos das culturas de milho e de sorgo, além de evitar o uso de quantidades significativas de fertilizantes.

Vasquez e Montiel et al. (1996) constataram que a cultura do milho, quando irrigada com águas residuárias, absorve maior quantidade de N na fase de crescimento do que na fase de maturação, acumulando na última, N na forma de nitrato no solo.

Konzen et al. (1997) verificaram que 55 a 60 t de águas residuárias de suinocultura equivalem, com base na quantidade de nutrientes, a uma tonelada de adubo químico (fórmula 9-33-12 e uréia); sendo assim, seriam necessárias 17 a 18 t ha^{-1} de adubo orgânico, para fertilização equivalente à adubação química normalmente recomendada para o milho.

Conforme Gomes et al. (2001), as águas residuárias da suinocultura podem apresentar nutrientes em quantidades suficientes para serem aproveitadas na fertirrigação de

culturas agrícolas, levando ao aumento da produção, sendo que aproximadamente 2/3 do nitrogênio (N), 1/3 do fósforo (P) e 100% do potássio (K) encontram-se na água residuária na forma mineral, isto é, forma prontamente assimilada pelas culturas.

Freitas et al. (2004), estudando o efeito de aplicação de águas residuárias sobre a produção do milho para silagem, observaram que a cultura do milho, quando irrigada com águas residuárias, aumenta a produtividade de matéria verde, com valores médios de 45 a 46 t . ha^{-1}, cerca de 50% superior à testemunha irrigada com água de abastecimento. Houveram ainda aumento nos valores de altura das plantas, índice de espigas, comprimento e peso de espigas do milho.

Saraiva (2004) utilizando manipueira para fertirrigar a cultura do milho, observou que as plantas não apresentaram desenvolvimento satisfatório. Porém, ocorreu acréscimo do teor de nitrogênio no solo, possivelmente, ocasionado pela presença deste nutriente no efluente.

Nogueira et al. (2006) em experimento sobre o efeito da adubação com diferentes formas de lodo de esgoto sobre a fertilidade do solo e produtividade de grãos de milho e de feijão consorciados, realizado em Montes Claros – MG, em Cambissolo Háplico, obteve que com a aplicação de lodo de esgoto tratado com cal houve aumento da alcalinidade do solo e, também, da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Entretanto, as mudanças observadas nas características químicas do solo com a aplicação do insumo não influenciaram a produtividade das culturas de milho e de feijão consorciados.

4.4 A utilização de energia na agricultura

A eficiência dos sistemas agrícolas de produção pode ser analisada por duas abordagens distintas, que além de importantes, complementam-se, estas são: produtiva, que se refere à análise da produção física obtida, ou seja, da produtividade, e econômica, que se relaciona aos custos de produção e lucratividade do sistema analisado; além destas abordagens, uma terceira vem recebendo atenção dos pesquisadores e da sociedade em geral, porém, ainda de forma conjuntural. Trata-se da abordagem energética de agroecossistemas, que se refere à mensuração e construção de índices capazes de captar as diversas relações de fluxos de energia que permeiam determinado sistema agrícola. Além de sua importância

equiparada às outras já citadas, a abordagem energética as complementa, pois permite análises mais aprofundadas sobre os agroecossistemas, principalmente nas questões relacionadas à sustentabilidade (BUENO, 2002).

No que se refere à análise de fluxos energéticos, a literatura apresenta duas vertentes: uma vinculada à estabilidade de ecossistemas, na qual destacam-se Vivien (1994) a partir de estudos de Lindeman (1942) e Odum (1957) e a outra, focada nas questões de eficiência fotossíntética e de taxa de produção de biomassa (LOOMIS e WILLIANS, 1963).

Malassis (1973) considerou que os fluxos de energia existentes nos agroecossistemas eram três: "externos","internos" e "perdidos ou reciclados". Em estudo a FAO (1976) classificou os recursos energéticos em renováveis e não renováveis, além disso, a instituição assinalou, por estabelecer diferença entre recursos energéticos comerciais e não comerciais. Já Junqueira et al. (1982) apresentaram uma classificação da energia consumida nos processos produtivos levando em consideração seu destino ou uso.

Macedônio e Picchioni (1985), por sua vez, ao proporem esquema metodológico para a quantificação do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária, classificaram a energia em "primária" e "secundária", de acordo com a forma que esta se apresenta na natureza. Ulbanere (1988) classificou as energias em "diretas" e "indiretas", para posterior confecção da matriz energética da cultura do milho no Estado de São Paulo.

Carmo e Comitre (1988) e (1991) categorizaram as energias, segundo sua origem, em três grupos: "biológica" "fóssil" e "industrial"; com relação a energia da composição do fluxo externo de um agroecossistema, utilizando-se como marco referencial teórico Malassis (1973) e Comitre (1993), apresentam-se dois tipos básicos: a energia direta e a energia indireta.

Segundo Comitre (1993), os tipos de energia subdividem-se conforme sua fonte, especificadas segundo as formas sob as quais se apresentam no processo de produção. A energia direta apresenta-se em três fontes: biológica, fóssil e elétrica, enquanto a fonte industrial é representada pela energia indireta. A classificação apresentada tem sido bastante utilizada, porém com algumas variações, conforme diversos autores (DELEAGE et al., 1979; ZUCCHETO e JANSSON, 1979; PELLIZZI, 1992; CLEVELAND, 1995; SIQUEIRA, 1999; CAMPOS et al., 2000; BUENO, 2002; ROMERO, 2005).

A análise energética quantifica de forma estimada a energia diretamente consumida e/ou indiretamente utilizada, sendo que, esta se integra como parte do fluxo global, em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo, estabelecendo deste modo, limites de estudo (HESLES, 1981). Este conceito pode ser estendido para os sistemas agrícolas, pois, conforme Netto e Dias (1984), energia e agricultura estão intimamente vinculadas; este vínculo apresenta-se nas operações motomecanizadas observáveis, bem como em todas as interações presentes em um dado agroecossistema.

O balanço de energia, segundo Bueno et al. (2000), possui a principal função de traduzir em unidades ou equivalentes energéticos, fatores de produção e consumidores intermediários, possibilitando a construção de indicadores comparáveis entre si, de maneira a permitir a intervenção no sistema produtivo visando melhorar a eficiência deste. Assim, a eficiência energética pode ser vista como um processo de avaliação das "entradas" ("inputs") e "saídas" ("outputs") de energia dos agroecossistemas, para posteriores e concomitantes interações com análises multidisciplinares.

Comitre (1993) expôs a importância da análise e do balanço energético para fornecer parâmetros com a finalidade de mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões no direcionamento das políticas tecnológicas.

O método do fluxo de energia, segundo Schroll (1994), é uma forma de quantificar partes essenciais do desenvolvimento de sistemas agrícolas. A relação entre "saídas"/"entradas" de energia é proposta como um modo mais inclusivo de se avaliar a sustentabilidade de um sistema agropecuário.

De acordo com Mello (1986), os índices devem ser construídos no sentido de mensurar e comparar relações e grandezas que "entram" e "saem" dos agroecossistemas. Segundo Hart (1980), os "inputs" energéticos são de dois tipos: energia da radiação solar e energia contida nos insumos culturais; já os "outputs" são apenas de um tipo: produtos provenientes de lavouras ou pecuária. Na literatura, os índices mais utilizados são: eficiência e produtividade cultural e eficiência e produtividade ecológica. A principal diferença entre os índices constitui-se na inclusão ou não da radiação solar como insumo energético a ser contabilizado nos agroecossistemas e o interesse na conversão das "saídas" úteis do sistema em unidades energéticas.

Para que as análises energéticas sejam melhor compreendidas é necessário contabilizar a radiação global como insumo e quantificador da eficiência dos agroecossistemas na captação de energia solar (JIMÉNEZ e JIMÉNEZ, 1980; MELLO, 1986; BUENO et al., 2000); entretanto, a maioria dos estudos desconsidera a radiação global, face às dificuldades de obtenção de dados precisos da incidência de radiação solar e/ou a considera como fonte gratuita de energia (HEICHEL, 1973; PIMENTEL et al., 1973; LEACH, 1976; COX e HARTKINS, 1979; HART, 1980; PIMENTEL, 1980b; PALMA e ADAMS, 1984; QUESADA et al., 1987; CARMO e COMITRE, 1988; BEBER, 1989; PELLIZZI, 1992; COMITRE, 1993; CAMPOS et al., 2000; CAMPOS, 2001; BUENO, 2002; PINTO, 2002; ROMERO, 2005).

Pimentel et al. (1973) utilizaram como coeficiente energético do grão de milho colhido nos EUA o valor de 16,61 MJ . kg^{-1}, já Castanho Filho e Chabariberi (1982), ao estudarem o perfil energético da agricultura paulista, indicaram como valor energético médio para produto colhido como matéria seca, 15,11 MJ . kg^{-1}, acrescentado os teores médios de umidade. Ulbanere (1988), em análise do balanço energético da cultura do milho, considerou como valor calórico médio para o estado de São Paulo, o índice de 15,45 MJ . kg^{-1} de grãos colhidos e Beber (1989), o coeficiente energético de 16,22 MJ . kg^{-1} para grãos de milho colhido, em Agudo-RS.

Com base na utilização do modelo agrícola produtivista do milho em um assentamento rural do Estado de São Paulo, Bueno (2002) partiu da análise energética para determinar o perfil de utilização de energia, a energia cultural líquida e a eficiência cultural, porque esta cultura utiliza-se intensivamente de energia não renovável. O autor concluiu que a energia industrial representou 52,81%, a energia fóssil 35,30% enquanto a biológica foi de 11,79%. Os fertilizantes químicos representaram 45,72% e o óleo diesel em 34,67%. Chegou-se também a uma eficiência cultural de 9,01.

Santos (2006) ao analisar do ponto de vista energético o agroecossistema milho, em sistema de plantio direto, localizado na área III do projeto de assentamento de trabalhadores rurais Pirituba II, no município de Itaberá/SP demonstrou que existe dependência do sistema analisado de fontes de energia industrial, provindas de fertilizantes (44,42%) e agrotóxicos (18,71%), e de energia fóssil do óleo diesel (28,06%). Os valores energéticos, referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentaram grandezas distintas,

sendo que a energia indireta (65,60%) representou quase o dobro da energia direta (34,40%) utilizada no sistema, significando que as fontes energéticas utilizadas encontram-se pouco equilibradas. A eficiência cultural encontrada foi de 14,39, apontando que para cada unidade calórica aplicada no agroecossistema o retorno foi de 13,39 unidades e a energia cultural líquida atingiu 115.388,28 MJ . ha^{-1}.

A relação dos indicadores de eficiência energética e econômica na produção de milho em sistema de plantio direto em propriedades familiares foi o objeto de estudo de Pracucho (2006) no município de Pratânia-SP, em dois sistemas de produção (A e B) e obteve que a eficiência cultural observada do sistema de produção "A" foi de 5,54 e do sistema de produção "B" foi de 6,47, enquanto que a eficiência energética do sistema "A" foi de 18,20 e para o sistema "B" foi de 21,33. Ambos sistemas estudados apresentaram uma dependência de fonte de energia industrial, particularmente fertilizantes químicos, e de fontes fósseis, sendo o óleo diesel o mais significativo. Similarmente ao perfil energético, nos dois sistemas de produção verificou-se que os maiores custos são decorrentes da energia indireta, particularmente fertilizantes químicos e operações mecanizadas, com elevado consumo de óleo diesel.

Melo et al. (2007) ao verificar o balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do Oeste do Paraná, durante a safra 2001-2002 e 2002-2003, o consumo total de energia do milho aumentou do primeiro para o segundo ano (11.270,23 MJ . ha^{-1} no primeiro para 13.771,95 MJ. ha^{-1} no segundo ano). Houve uma redução da eficiência energética no sistema de produção de milho no segundo em relação ao primeiro ano de cultivo (4,86 no primeiro para 4,44 no segundo ano). Os autores concluíram que os resultados indicaram que os gastos com colheita e transporte e o uso intensivo de nitrogênio no milho, nos dois anos de produção, contribuíram para o aumento do consumo de energia, diminuindo a eficiência energética.

Almeida (2007) buscou estudar os fluxos energéticos e econômicos da cultura do milho, para os diversos sistemas de produção existentes no Assentamento Ipanema Área I, tendo como ferramental de análise os índices de Eficiência Cultural, Energética e Econômica, aos quais se acrescentaram a proposta metodológica dos índices construídos para cenários probabilísticos. Foram identificados quatro sistemas diferentes: "A", "B", "C" e "D". Os dispêndios energéticos foram, respectivamente, de 4.836,19 MJ . ha^{-1}, 4.4647,17 MJ . ha^{-1},

4.639,49 MJ . ha^{-1} e 4.450,47 MJ . ha^{-1}. Em "A", no qual o uso de máquinas é mais intensivo, a participação da energia de fonte biológica foi de 23,26%, enquanto os de origem fóssil foram de 76,74%, por sua vez em "D" a proporção fonte biológica e fóssil foi, respectivamente, de 35,72% e 64,28%. O sistema "D" possui a maior Eficiência Cultural, com índice médio de 16,26, enquanto "A" apresentou os menores índices de Eficiência Cultural, com valores médios de 14,83. Para análise da Eficiência Energética, que é indicativo da dependência de energia de fontes não-renováveis, o maior índice foi o sistema "D", com índice médio de 53,84, indicando que, entre sistemas estudados, esse é o que apresenta os maiores índices, com valores médios de 40% superior ao Sistema "A" e 20% superior aos sistemas "B" e "C". Pela análise dos resultados, concluiu-se que o uso mais intensivo de energia de fontes não-renováveis (sistema "A") não se traduziu necessariamente numa maior eficiência, quando comparado ao "D" (intensivo de mão-de-obra), o que comprovou a hipótese inicial do trabalho.

Em estudo de Oliveira, Freitas e Fredo (2008) acerca da análise energética da produção de espécies vegetais para a produção de biocombustíveis no Estado de São Paulo obtiveram o custo energético do milho cultivado em sistema de plantio direto na safra 2005/06 igual a 3.677.320,7 kcal . ha^{-1} e eficiência energética igual a 5,0.

Salla (2008) ao proceder à análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho, no sistema de produção das matérias-primas, a partir de dados de itinerários técnicos coletados na região do Vale do Médio Paranapanema-SP, a cultura do milho teve um dispêndio energético de 15.633,83MJ . ha^{-1}.

Sato (2007) ao analisar energeticamente a cultura do pinhão-manso (Jatropha curcas L.), sob dois sistemas distintos (sequeiro e irrigado) identificou que o maior percentual de energia foi do tipo direta, sendo que no agroecossistema estudado houve uma forte dependência da fonte industrial, seguida pela fóssil, ou seja, das energias não-renováveis. Comparativamente, o sistema de sequeiro teve desempenho energético melhor que o irrigado, por não utilizar-se de fontes fósseis de energia, embora o irrigado tenha obtido maior energia bruta do produto final, em função de maiores produtividades.

Silva (2008) ao determinar a eficiência econômica e energética da cultura da mamona nas regiões Oeste e Centro Ocidental do Paraná e Zona da Mata e Sul de Minas Gerais constatou que os sistemas de produção das regiões estudadas no Paraná, apresentaram

índices de eficiência cultural média de 13,00 e energética de 29,86 e, em Minas Gerais, de 8,26 e 18,89 respectivamente, concluindo que mesmo que do ponto de vista energético o resultado tenha sido favorável, sob a ótica da sustentabilidade econômica há necessidade de uma política mais efetiva de apoio à mamona, já que as expectativas dos produtores com o PNPB não se confirmaram.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de fevereiro de 2008 a maio de 2008 para a cultura consorciada (milho) e de fevereiro de 2008 a novembro de 2009 para a cultura principal (pinhão-manso).

A área experimental localiza-se no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel, localizada na BR 467 km 16, sentido Cascavel - Toledo, Paraná, cujas coordenadas geográficas são 24°54'00.23"S de latitude, 53°32'04.69"O de longitude e altitude média de 620 metros (Figura 1).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999), composto de 68% de argila, 13% de silte e 19% de areia. O clima é temperado mesotérmico e super úmido, conforme classificação de Köppen. A temperatura média é em torno de 21ºC, sendo a precipitação média anual de 1.940 mm e umidade relativa média do ar anual de 75%.



Fonte: Google Earth (2009)

Figura 1: Área do Núcleo Experimental da Engenharia Agrícola (NEEA – UNIOESTE) utilizada para o experimento.

O local escolhido para instalação do experimento possui histórico de 15 anos cultivados com diversas espécies vegetais sob sistema de plantio direto.

Na Figura 2 é apresentado o croqui de um bloco experimental com a localização das parcelas onde foram implantadas as culturas com suas respectivas repetições.

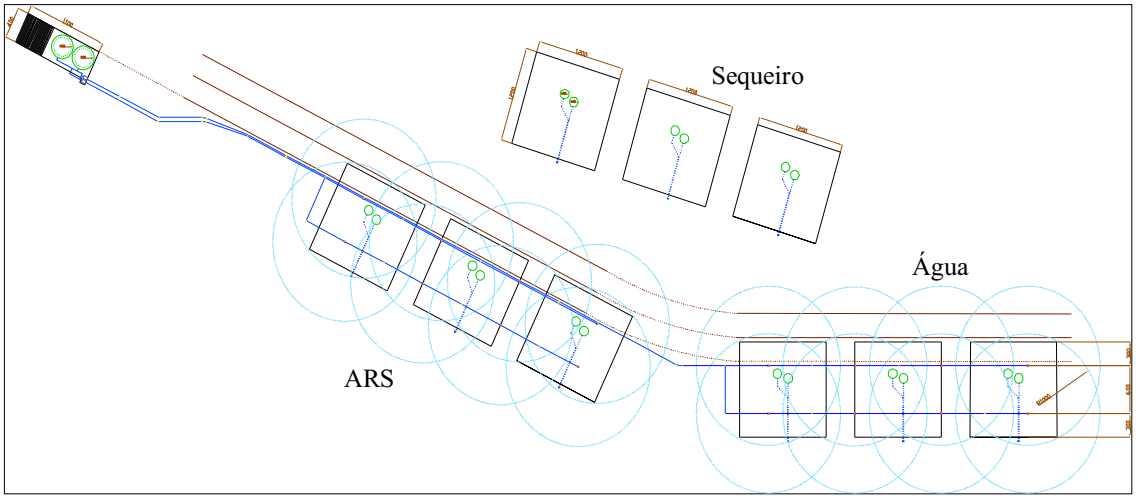


Figura 2: Croqui de um dos blocos experimentais com a localização das parcelas onde foram implantadas as culturas com suas respectivas repetições.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, parcelas subdivididas, com três tratamentos e três repetições para cada tratamento, totalizando nove parcelas. A dimensão útil de cada parcela experimental foi de 12 x 12 m, com espaçamento entre parcelas de 12 m.

5.2. Fonte de dados

Para o estudo, foram utilizados dados oriundos de fontes primárias e secundárias, que se iniciaram pela reconstituição do itinerário técnico; a opção de utilizar este conceito ao invés do de práticas culturais foi em função deste ser de maior abrangência, pois além de considerar a sucessão de operações leva em conta também as diversas situações que interelacionam-se com estas.

A reconstituição do itinerário técnico da cultura do pinhão-manso (Figura 3) consorciada com milho (Figura 4) foi obtida através de relato oral fornecido pelos trabalhadores que conduziram o experimento a campo (Figura 5).



Figura 3: Pinhão-manso na fase de implantação e estabelecido.



Figura 4: Milho em consórcio com pinhão-manso.



Figura 5: Área do experimento com a cultura do milho.

Foram empregados três sistemas diferentes de condução (sequeiro, irrigado e fertirrigado com água residuária da suinocultura), seguindo os itinerários técnicos adotados pelos agricultores familiares da região oeste paranaense, marcados principalmente pelo uso intensivo de mão-de-obra.

5.3 Itinerário técnico e coeficientes energéticos

As operações que constituem o itinerário técnico de cada sistema de condução (sequeiro, irrigado e fertirrigado com água residuária da suinocultura) foram sintetizados na Tabela 1 e descritos detalhadamente nos itens subseqüentes, assim como indicados os coeficientes energéticos de transformação.

Para as transformações energéticas da mão-de-obra utilizada e das operações mecanizadas de todas as operações do itinerário técnico os índices foram descritos nos itens subseqüentes desta seção.

Tabela 1: Operações do itinerário técnico dos agroecossistemas pinhão-manso - milho.

OPERAÇÕES DE IMPLANTAÇÃO	
SEQUEIRO	1. Preparo da área: aplicação manual de dessecante 2. Plantio mecanizado de milho+ adubação de plantio 3. Plantio manual de milho+ adubação de plantio 4. Produção de mudas de pinhão-manso 5. Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso
OPERAÇÕES DE CONDUÇÃO	
IRRIGADO/FERTIRRIGADO COM ARS	6. Roçada manual 7. Aplicação manual de inseticida 8. Irrigação por aspersão ou Fertirrigação com água residuária da suinocultura 9. Colheita manual do milho

5.3.1 Preparo da área: aplicação manual de dessecante

A área experimental foi dessecada dez dias antes da implantação dos tratamentos, utilizando-se glifosate, realizada através de operação manual com pulverizador costal, com dosagem de 2 L . ha^{-1}.

Em função da escassez de dados específicos, foi adotado valor energético médio apontado por Pimentel (1980a), que foram de 83.090 kcal . kg^{-1} para herbicidas. Nestes coeficientes estão embutidos a produção, formulação, embalagem e o transporte.

Não foi considerado o valor energético do pulverizador costal.

5.3.2 Adubação de plantio

A adubação foi realizada conjuntamente com a operação de plantio, tanto manual como mecanizada, de acordo com a interpretação dos dados obtidos da análise de solo, não havendo necessidade de calagem, apenas de adubação de semeadura, seguindo metodologia da EMBRAPA (1999). Para tanto se utilizou adubo químico na formulação 8-20-20 (NPK) em todas as parcelas, na dosagem de 330 kg . ha^{-1}.

Os valores energéticos adotados para os elementos constituintes do fertilizante aplicado são aqueles informados por Pellizzi (1992): N = 73MJ . kg^{-1}; P_2O_5 = 13MJ . kg^{-1}; K_2O = 9MJ . kg^{-1}. Foram multiplicadas as quantidades efetivas dos elementos ativos (N, P_2O_5 e K_2O, em kg) pelo valor energético correspondente.

Conforme Leach (1976), na conversão das unidades físicas de N total, P_2O5 e K_2O em equivalentes energéticos, acrescentaram-se 0,50 MJ. kg^{-1}, referente ao transporte marítimo, face ao volume representativo das importações dos adubos utilizados. O percentual de importação de cada fertilizante foi determinado a partir das tabelas de importação e produção nacional de matérias-primas e produtos intermediários para fertilizantes apresentadas pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2005), referentes ao ano de 2004 e seus respectivos percentuais, que foram de 70,36 % (N); 51,56 % (K_2O); 90,70% (P_2O_5).

5.3.3 Plantios manual de milho e pinhão-manso e mecanizado de milho

Para a implantação do experimento foram fornecidas sementes de pinhão-manso da empresa NNE Minas Agro-Florestal Ltda. produtora de material propagativo da cultura em questão; para o milho utilizou-se o híbrido da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC), CD 308. A população de plantas indicada é de 57.000 plantas por hectare, em média (Tabela 2).

O espaçamento entrelinhas para o pinhão-manso foi de 4 x 5 m. Para o plantio foram produzidas mudas, que com um mês após a semeadura foram transplantadas para o campo, através de coveamento e plantio manuais, realizado no dia 05 de março de 2008. Já para o milho, o espaçamento entrelinhas foi de 0,8 x 0,16 m. Para o plantio foi utilizada a densidade de plantas recomendada levando-se em consideração uma porcentagem de germinação de 80%, sendo assim, semeadas uma densidade de 71.250 sementes por hectare, conduzidos de duas formas, mecanizado e manual, devido ao fato de não ser possível o plantio mecanizado em toda área do experimento, por estarem instalados lisímetros na área (Tabela 3).

O plantio mecanizado de milho foi realizado no dia 25 de fevereiro de 2008, com trator ano 1995, 4x2, com massa em ordem de embarque de 3.580 kg e 6.196 kg com lastragem máxima, pneus 7.50-16 dianteiro (13 kg cada) e 18.4-34 traseiro (108 kg cada) e semeadora de arrasto ano 2000, com 14 linhas para sementes miúdas, mecanismos sulcadores para fertilizantes e sementes do tipo discos duplos desencontrados e mecanismo distribuidor

de sementes do tipo cilindro acanalado reto, peso aproximado de 1417 kg e pneus 6.50-1 (11 kg cada).

O plantio manual de milho foi realizado no dia 26 de fevereiro de 2008, sendo feito um sulco mais profundo e depositado o adubo, em seguida levemente coberto o sulco de forma a não haver contato nem acomodamento próximo ao adubo, para garantir uma boa germinação. As sementes foram igualmente depositadas manualmente nos sulcos parcialmente cobertos, numa densidade de seis sementes por metro, aumentando a densidade de plantas para 75.000 plantas por hectare, isso devido ao fato do plantio manual diminuir a porcentagem de germinação.

Para o plantio do pinhão-manso foram realizadas covas manualmente através de cavadeira/picareta/enxada (não contabilizados no trabalho) e logo em seguida o transplante das mudas produzidas anteriormente, sendo que para o aceleramento do desenvolvimento das mesmas foi realizada escarificação física das sementes.

Para transformação energética do material propagativo utilizado devido à ausência de dados específicos sob condições de produção nacional de sementes de pinhão-manso, foi utilizado o valor energético médio apresentado por Augustus et al. (2002), de 20,85 MJ. kg $^{-1}$ (0,674 g cada semente); já para o milho o valor energético adotado por quilo de semente de híbrido foi de 7.936,64 kcal (285 g a cada 1000 sementes) (PIMENTEL, 1973).

Tabela 2: Área cultivada por tratamento pinhão-manso.

Cultura	Espaçamento (m)	Área Cultivada (ha)
Sequeiro	4x5	320 m^2 – 0,0320 ha
Irrigado	4x5	320 m^2 – 0,0320 ha
Fertirrigado com Água Residuária da Suinocultura	4x5	320 m^2 – 0,0320 ha

Tabela 3: Área cultivada por tratamento milho

Cultura	Espaçamento (m)	Área Cultivada (ha)
Sequeiro	0,8 x 0,16	220 m^2 – 0,0220 ha
Irrigado	0,8 x 0,16	220 m^2 – 0,0220 ha
Fertirrigado com Água Residuária da Suinocultura	0,8 x 0,16	220 m^2 – 0,0220 ha

5.3.4 Tratos culturais

Foram realizadas uma roçada manual, com roçadeira costal, no sistema pinhão-manso-milho e uma aplicação manual de metamidofós, realizada através operação manual com pulverizador costal, com dosagem de 0,5 L . ha^{-1} diluídos em 200 L de água, somente nas plantas atacadas por lagartas (não identificadas, possivelmente oriundas de restos culturais).

Em função da escassez de dados específicos, foi adotado o valor médio apontado por Pimentel (1980a) de 74.300 kcal . kg^{-1} para inseticidas. Nestes coeficientes estão embutidos a produção, formulação, embalagem e o transporte.

Não foi considerado o valor energético do pulverizador costal.

5.3.5 Sistema de irrigação por aspersão

Para o abastecimento do sistema de irrigação por aspersão foram colocados dois reservatórios, um independente, com capacidade de 15 m³ para armazenar água residuária da suinocultura (ARS), proveniente de uma propriedade rural localizada no município de Cascavel/PR, próximo ao NEEA e outro também 15 m³ de capacidade para armazenar água oriunda de um poço artesiano (Figuras 6 e 7).



Figura 6: Sistema de irrigação.



Figura 7: Sistema de irrigação em funcionamento.

A água residuária foi trazida até o local do experimento e depositada no reservatório referente à mesma, no qual havia uma tela para retenção de pêlos, visando diminuir o entupimento dos bocais dos aspersores. Após passar por sistemas de filtros (tela) foi conduzida pelos aspersores até a cultura, com a utilização de motobombas.

Os reservatórios assim como o transporte da água residuária não foram contabilizados do ponto de vista energético uma vez que o experimento simulou a integração de atividades dentro de uma típica propriedade de agricultura familiar do oeste paranaense.

A energia contida nos nutrientes da água residuária da suinocultura, considerando os teores de N, P, K foram expressas na Tabela 4. Para a estimativa dos valores energéticos dos nutrientes, foram considerados os coeficientes informados por Pellizzi (1992) levando-se em conta as quantidades efetivas dos elementos ativos (Tabela 4).

Tabela 4: Análise química da ARS.

Macronutrientes	mg . Kg^{-1}	Coeficiente energético (MJ . kg^{-1})
Nitrogênio	37,56	73
Fósforo	5,71	13
Potássio	6	9

Fonte: Laboratório de análise de água – SOLANÁLISES® (2008).

A lâmina de irrigação aplicada foi de acordo com a quantidade de efluente utilizado pelos produtores da região oeste do Paraná e dispostas no solo, utilizando uma lâmina fixa, também obtida de acordo com dados da região. Em média os produtores utilizam 240.000 L por ha . $mês^{-1}$, totalizando uma lâmina de 24 mm aproximadamente; no caso do experimento esta lâmina foi aplicada aos 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE) do milho.

Durante as aplicações, manteve-se constante a lâmina de ARS no sistema de irrigação, e o controle do volume aplicado foi realizado no reservatório, já que suas dimensões eram conhecidas. O reservatório da ARS foi ligado à sucção da motobomba, através de uma tubulação de policloreto de vinila (PVC), controlando-se a vazão da ARS com registro de gaveta. A pressão foi medida com a utilização de manômetros.

Foi adotado como consumo energético para o funcionamento dos equipamentos do sistema de irrigação por aspersão o valor de $92KJ.h^{-1}.m^{-1}$ e $2,40MJ.h^{-1}$ para o bombeamento, de acordo com Tsatsarelis (1993).

5.3.6 Produtividade

Para a determinação da produtividade do milho foi realizada coleta aos 105 DAE de dez plantas aleatórias, por repetição, totalizando trinta plantas por sistema de condução. Após a coleta, as plantas foram trilhadas, separando os grãos do restante da planta, pesados e acondicionados em sacos de papel devidamente etiquetados; em seguida foi estimada a produtividade, expressa em $kg . ha^{-1}$.

O pinhão-manso sofreu períodos de dormência devido à geadas ocorridas durante a condução do experimento, retardando o início da produção da cultura, portanto, as saídas consideradas neste estudo referem-se exclusivamente à produção de milho.

Neste estudo foi adotado o coeficiente energético de 16,22 $MJ . kg^{-1}$ para grãos de milho colhido apresentado por Beber (1989).

5.4 Delineamento experimental

Para análise estatística dos dados de produtividade foram utilizados análise de variância e teste de F em nível de 5% de probabilidade; as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Dunet e teste de Tukey a 5% de probabilidade, por haver um tratamento testemunha. Para todos os dados em que o coeficiente de variação ultrapassou 30% foi realizado transformação destes dados através de $\sqrt{X+\alpha}$, em que alfa = 0,05, conforme Banzato e Kronka (1992).

5.5 Indicadores de eficiência energética

Neste trabalho foram utilizados dois indicadores de eficiência energética, de forma a avaliar parcialmente o agroecossistema pinhão-manso-milho, além do balanço energético:

Eficiência Cultural Parcial = (Saídas Úteis Parciais) . (Entradas Culturais)$^{-1}$ Eq. 1

Eficiência Energética Parcial = (Σ Energias Totais) . (Σ Entradas de Energias-Não Renováveis)$^{-1}$ Eq. 2

Balanço Energético Parcial = (Σ Energia Bruta do Produto) – (Σ Das "Entradas" de Energias Não–Renováveis) Eq. 3

O primeiro indicador, Eficiência Cultural, é um dos índices mais utilizados na literatura em análise energética de culturas agrícolas (BUENO, 2002), e o segundo avança em direção à relação entre sustentabilidade e análises energéticas de explorações agrícolas (RISOUD, 1999). Considerou-se neste estudo, para a equação da eficiência energética, as saídas energéticas como o somatório de energia bruta dos produtos (como já descrito, para o agroecossistema estudado trata-se apenas da produção de milho), e as entradas energéticas não renováveis, como o total de energia de fonte fóssil.

Cada operação foi descrita no sentido de identificar e especificar o tipo e a quantidade de máquinas e implementos utilizados, os insumos empregados e a mão-de-obra envolvida, quantificando-a e determinando, individualmente a massa, altura, idade e gênero dos trabalhadores.

Em seguida, posteriormente converteram-se as diversas unidades físicas encontradas em unidades energéticas. Foi determinado o tempo de operação por etapa e por unidade de área (hectare). Deste modo, também foi determinada a jornada de trabalho, os coeficientes de tempo de operação por unidade de área ou rendimento, a identificação das máquinas, implementos e equipamentos, suas especificações e respectivos consumos de

combustível, lubrificantes e graxas, além da quantificação da mão-de-obra utilizada, por operação.

Conforme Risoud (1999), a unidade utilizada nos estudos de eficiência energética é o Joule e seus múltiplos, sendo o valor de 0,2388 como índice de conversão de Joule (J) em caloria (cal) e o índice de 4,1868 na conversão de caloria em Joule. Para a apresentação final dos dados foi utilizada a unidade de megajoules (MJ), com aproximação em duas casas decimais.

O presente estudo levou em consideração a classificação adotada por Comitre (1993), Bueno (2002) e Romero (2005), onde as formas de "entrada" de energia direta são as de origem biológica são, neste caso, mão-de-obra e sementes de pinhão-manso e milho de origem biológica e óleo diesel, lubrificante e graxa, de origem fóssil. As de origem industrial, como máquinas, implementos, sistemas de irrigação e agrotóxicos, são considerados do tipo indireta.

5.5.1 Coeficientes energéticos para operações manuais

Metodologicamente foi seguido o método simplificado de Carvalho et al. (1974) que considera nos seus cálculos o consumo energético dado em função do metabolismo basal (calculado a partir de tabelas (AUB-DUBOIS ou TALBOT) + 8% para o trabalho de digestão e ação dinâmica especifica. O valor obtido para o metabolismo basal tem em conta o peso, a altura, o sexo e a idade do individuo).

Ademais, Carvalho et al. (1974) consideraram o dia divido em três períodos de 8 horas, tempo de sono, trabalho e ocupações não profissionais, e as despesas energéticas de cada atividade ou operação correspondem a frações do chamado metabolismo basal, corrigidas em 8%, referente a um dia de 24 horas.

Da mesma forma, o presente estudo considerou as adaptações necessárias, descritas em Bueno (2002), que apresenta as relações adotadas entre as atividades e períodos de energia despendidas no trabalho original e as adaptações comparativas realizadas pelos agricultores no agroecossistema pinhão-manso - milho.

Seguindo a metodologia de Bueno (2002), a determinação do GER de cada trabalhador participante do experimento foi obtida através da equação 3 proposta por Mahan e

Escott-Stum (1998) de acordo com estudos de Harris e Benedict. No presente estudo utilizou-se somente mão-de-obra do gênero masculino. A equação 4 determina o gasto energético no repouso em kcal, e o dispêndio calórico final diário é apresentado em MJ.

Para o gênero masculino

$$GER = 66,5 + 13,75\ P + 5,0\ A - 6,78\ I \qquad \text{Eq. 4}$$

Em que,

P = massa em quilos

A = altura em centímetros

I = idade em anos completos

A necessidade calórica final diária é a somatória da divisão em três períodos, segundo o modo de ocupação em número de horas para: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais, entendida, segundo Carvalho et al., (1974) a partir dos estudos de H. Bramsel, por refeições, higiene, deslocamentos, distrações, etc. Assim sendo, calculou-se a fração X/6 do Metabolismo Basal (A determinação da fração X/6 do metabolismo basal foi obtida a partir da tabela (AUB-DUBOIS), conforme Carvalho et al. (1974), mantendo-se inalteradas as frações correspondentes ao tempo de sono (0,3 do GER 24h) e ocupações não profissionais (0,5 do GER 24h). O período de 24 horas, então, é primeiramente dividido igualmente em três.

5.5.2 Coeficientes energéticos para operações mecanizadas

A equação determinante e os coeficientes calóricos para o cálculo da depreciação energética das máquinas e implementos foram os mesmos adotados por Comitre (1993), Bueno (2002) e Romero (2005).

Contudo, concordando com Mello (1986) que considerou óleos lubrificantes e graxas como itens relativos à manutenção, sempre que possível substitui-se o porcentual de 12% de manutenção por valores coletados no campo. Não sendo possível essa obtenção,

utilizou-se dados disponíveis na literatura. Dessa forma, a equação da depreciação energética que foi utilizada segue abaixo:

Depreciação energética = (a + b + c + d) . vida útil^{-1} Eq. 5

Em que,
a = peso das máquinas ou implementos . coeficientes energéticos correspondentes
b = 5% de "a"
c = número de pneus . peso . coeficientes energéticos de referência
d = 12% de (a + b + c)
vida útil = em horas

Utilizou-se os coeficientes energéticos para trator de 3.494 Mcal . t^{-1} conforme Comitre (1993). Para pneus considerou-se 20.500 Mcal . t^{-1} (DOERING e PEART, 1977). No que diz respeito a implementos e outros equipamentos, adotou-se os coeficientes energéticos encontrados em Doering III (1980), correspondendo a 2.061Mcal . t^{-1} para aqueles utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura e 1.995Mcal . t^{-1} para as demais operações pós-plantio ou semeadura.

Para melhor definição da massa, adotou-se a utilização do peso de embarque, que segundo Borges (2001) apud Bueno (2002) define como peso de embarque do trator, sem contrapeso, sem água nos pneus, sem operador e tanque de combustível com somente 20 litros de óleo diesel. A partir dessa definição, e com as informações obtidas nos catálogos dos fabricantes, será calculada a massa final em aço do trator. Foram verificados em campo as dimensões, tipos e quantidade de pneus para cada um dos implementos e do trator. A massa de cada um dos pneus foi obtida através de catálogos do fabricante.

O gasto de graxa, o número de pontos, momento e injeções por ponto foram obtidos através de anotação de campo assim como o consumo específico de óleo diesel e graxa.

Considerou-se como poder calórico do óleo diesel o valor de 10.100 kcal.L^{-1}, óleos lubrificantes de 10.120 kcal. L^{-1} e graxa de 10.200 kcal. L^{-1} (BRASIL, 2008).

A partir da lei nº.11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, de acordo com o artigo 2 "fica introduzido o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional" e do inciso 1§ "o prazo para aplicação do disposto no caput deste artigo é de 8 (oito) anos após a publicação desta lei, sendo de 3 (três) anos o período, após essa publicação, para se utilizar um percentual mínimo obrigatório intermediário de 2% (dois por cento), em volume" (BRASIL, 2005), desta forma neste estudo do total energético do óleo diesel foram descontados 2% e adicionados à fonte biológica como biodiesel.

Tal procedimento de cálculo foi adotado em razão de que o coeficiente energético do biodiesel, conforme Parente (2003), é muito próximo do poder calorífico do óleo diesel mineral. A diferença média em favor do óleo diesel é pequena, situando-se na ordem de 5% dependendo da composição do biodiesel utilizado em mistura. Desta forma, para o cálculo do percentual de biodiesel, em razão da impossibilidade de determinação da matéria-prima de origem do biodiesel em mistura no diesel utilizado e, desta pequena diferença percentual, optou-se por utilizar equivalência de coeficiente energético, ou seja, do total energético calculado de diesel, descontou-se 2%, o que ainda assim, do ponto de vista da sustentabilidade dos agroecossistemas é um avanço em direção da redução do componente fóssil, não-renovável.

Indicações em termos de vida útil e horas de uso por ano de máquinas e implementos agrícolas foram consultadas em IEA (2006). A operação de colheita foi totalmente manual.

5.6 Determinação dos custos de implantação e condução

Na determinação da receita total, foram utilizados os preços médios recebidos pelos produtores de milho no estado do Paraná no mês de maio, época de colheita da cultura. Foram utilizados dados disponibilizados pela SEAB-PR (2008).

A estrutura de custo utilizada para representar os sistemas de condução do agroecossistema pinhão-manso - milho foi a de custo total, desagregados em custos

operacionais efetivos e totais. Nestes são consideradas as despesas diretas com insumos (sementes, fertilizantes, defensivos, etc.), serviços de operação (mão-de-obra e operação de máquinas) e despesas indiretas, como depreciação de máquinas, encargos financeiros etc. (MATSUNAGA et al, 1976). A soma das despesas diretas denomina-se custo operacional efetivo (COE).

O custo operacional efetivo foi determinado a partir das matrizes de coeficientes técnicos elaboradas por meio das informações levantadas durante o experimento e complementarmente em entrevistas de campo com produtores de milho da região oeste do Paraná, além de técnicos especializados, na safra 2008; no que se refere aos custos de máquinas agrícolas, utilizou-se a metodologia da ASAE (1999), que padroniza os custos de operação de máquinas agrícolas em combustível, lubrificantes e reparos e manutenção. Por esta metodologia, as despesas com combustível foram dadas por:

$$Dc=(Pot)(Ce)(Pc)(R) \qquad \text{Eq. 6}$$

Em que:
Dc = despesas com combustível
Pot = potencia do trator (cv/h)
Ce = consumo específico (litros de diesel/cvh)
Pc = preço do combustível (R$/litro de diesel)
R = rendimento da máquina (horas/ha)

Outro custo de operação foi o custo de lubrificantes e graxas, que é baseado num intervalo de troca de 100 horas. O consumo de óleos varia de 0,0378 a 0,0946 litros por hora. Considera-se que filtros são trocados a cada duas trocas de óleo. Uma aproximação prática destes custos é considerar-se 15% do custo com combustíveis. Os custos de reparos e manutenção são dados pela relação:

$$RM=(RF_1)(P)(h/100)^{RF2}(1/h)R \qquad \text{Eq. 7}$$

Em que,

RM são os custos de reparos e manutenção em reais por ha, RF1 e RF2 são fatores de reparos, P é o preço inicial da máquina, h é o número de horas acumuladas de uso.

Após a determinação dos custos operacionais totais foram determinados a eficiência econômica e balanço econômico parciais, de acordo com as equações abaixo:

$$\text{Eficiência Econômica Parcial} = (\text{Receitas Parciais}) \,.\, (\text{Custos Parciais})^{-1} \qquad \text{Eq. 8}$$

$$\text{Receita Líquida Parcial} = (\text{Receitas Parciais}) - (\text{Custos Parciais}) \qquad \text{Eq. 9}$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados e discutidos em três etapas:

A primeira discute as produtividades obtidas da cultura do milho em função dos diferentes sistemas de condução.

A segunda apresenta a estrutura dos custos energéticos e eficiência energética e cultural parcial do agroecossistema pinhão-manso – milho em função de cada sistema de condução. Todos os resultados foram apresentados em megajoules (MJ).

A terceira, os custos de implantação e condução do consórcio pinhão-manso–milho em função de cada sistema de condução e suas relações com os índices energéticos.

6.1 Produtividade da cultura do milho

A cultura do milho obteve diferentes níveis de produtividade, em função de cada sistema de condução, conforme a figura 8.

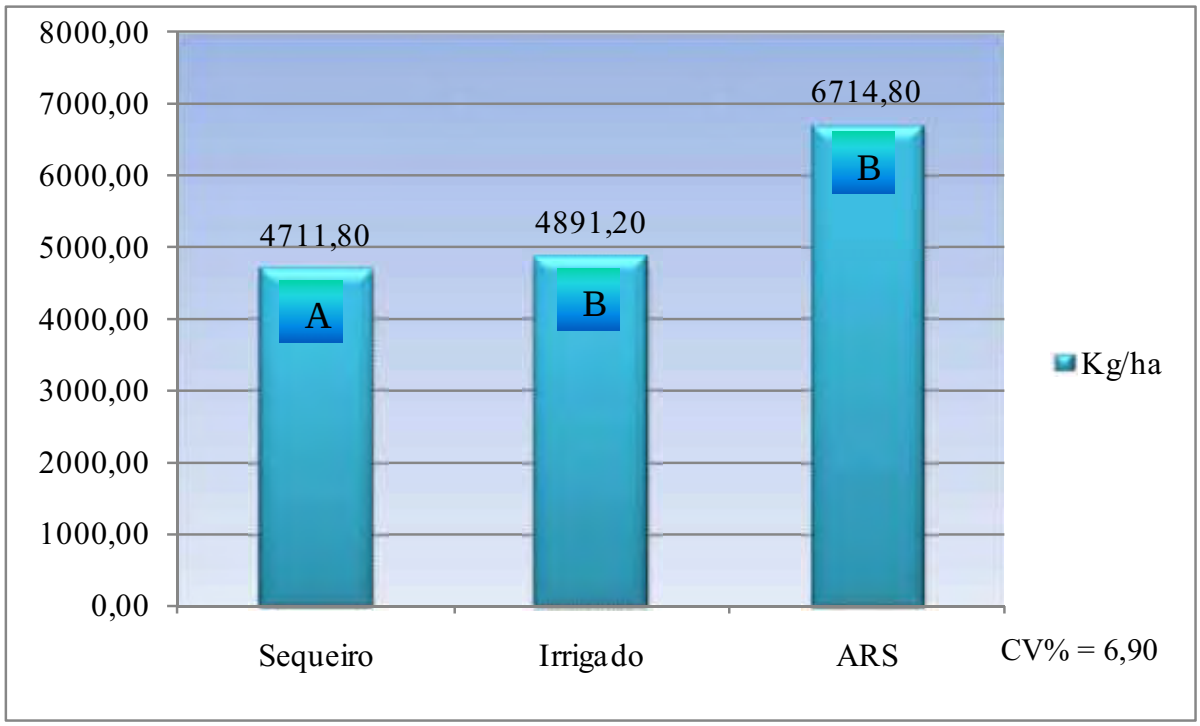


Figura 8: Produtividade por tratamento de milho (ano agrícola de 2008).

Os tratamentos fertirrigado com ARS e o irrigado foram os que apresentaram os maiores níveis de produtividade 6.714,80 kg . ha^{-1} e 4.891,20 kg . ha^{-1} respectivamente, seguido do tratamento sequeiro com 4.711,80 kg . ha^{-1}, portanto, o tratamento que recebeu ARS foi o que obteve maior produtividade, cerca de 41% superior ao tratamento irrigado e sequeiro.

A diferença de produtividade entre o tratamento irrigado e o sequeiro provavelmente deve-se a baixa precipitação ocorrida no mês de maio de 2008 como pode ser observado na tabela 6, já que o sequeiro não recebeu água suplementar; já a diferença para o tratamento fertirrigado com ARS pode ter ocorrido em resposta aos nutrientes encontrados na ARS.

Diferentemente dos resultados encontrados por Schreiner e Baggio (1984), Corrêa, Távora e Pitombeiras (2006) e Macedo et al.(2006) em experimentos com consórcio de diferentes espécies vegetais (anuais e perenes) com milho, onde o consórcio reduziu a produtividade de todas as culturas do agroecossistema, no caso do estudo em questão não houve tal prejuízo, no entanto, no consórcio estudado a cultura principal (pinhão-manso) não

atingiu seu estágio de pleno desenvolvimento, não sombreando a cultura do milho, o que pode explicar os resultados obtidos.

Tabela 5: Valores de precipitação acumulada a cada 15 dias período de 29 de fevereiro a 31 de maio.

Data	Precipitação acumulada (mm)
29/2/08	15
01/3/08	0
15/3/08	33,25
31/3/08	49,25
01/4/08	0
15/4/08	94,5
30/4/08	200,5
01/5/08	0
15/5/08	14,25
31/5/08	33,25

Fonte: EPAGRI/CIRAM (2008).

Assim como Gadioli e Fortes Neto (2004) e Marin, Menezes e Salcedo (2007), o tratamento que recebeu nutrientes suplementares (neste caso, o conduzido com fertirrigação de ARS), apesar do consórcio de culturas, foi o que obteve maior produtividade.

Continuando, especificamente com relação à fertirrigação de ARS na cultura de milho, concordando com Monte e Sousa (1992) e Freitas et al. (2004), com a aplicação de ARS houve maiores produtividades, assim como, atingiu-se valores similares ao estudo de Chateaubriand (1988), onde com a aplicação de ARS houve aumento de 40% na produtividade com relação a testemunha, o que também pode ser explicado pela baixa precipitação ocorrida no mês de maio de 2008 e por diferenças na composição da ARS, principalmente no que diz respeito ao teor de nitrogênio.

6.2 Custos energéticos parciais

Os custos energéticos do agroecossistema pinhão-manso-milho, da implantação à condução, encontra-se detalhada na Tabela 6. Conforme os diferentes sistemas de condução observou-se que o fertirrigado com ARS foi o que apresentou o maior dispêndio, cerca de 36,2174% superior ao irrigado e sequeiro.

Tabela 6: Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte, forma de energia bruta, balanço energético parcial, eficiências energética e cultural parciais dos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho, em MJ x ha^{-1}.

TIPO, fonte e forma	SEQUEIRO			IRRIGADO			FERTIRRIGADO COM ARS		
		(MJ)	(%)		(MJ)	(%)		(MJ)	(%)
ENERGIA DIRETA	21.038,88	82,36		21.672,45	75,32		23.738,92	76,97	
Biológica	11.795,80		46,17	12.429,37		43,20	14.495,84		47,00
Mão-de-obra	4.556,38		17,84	5.189,94		18,04	5.189,94		16,83
Sementes de milho	7.028,55		27,51	7.028,55		24,43	7.028,55		22,79
Sementes de pinhão-manso	58,55		0,23	58,55		0,20	58,55		0,19
ARS							2.066,48		6,70
Percentual de biodiesel no diesel (2%)	152,32		0,60	152,32		0,53	152,32		0,49
Fóssil	9.243,08		36,18	9.243,08		32,12	9.243,08		29,97
Óleo diesel	7.463,69		29,22	7.463,69		25,94	7.463,69		24,20
Graxa	1.779,39		6,96	1.779,39		6,18	1.779,39		5,77
ENERGIA INDIRETA	4.506,57	17,64		7.101,27	24,68		7.101,27	23,03	
Industrial	4.506,57		17,64	7.101,27		24,68	7.101,27		23,02
Máquinas e Implementos	220,59		0,86	220,59		0,77	220,59		0,71
Sistema de irrigação por aspersão*				2.594,70		9,02	2.594,70		8,41
Adubo de plantio	3.435,43		13,45	3.435,43		11,94	3.435,43		11,14
Dessecante (herbicida)	695,01		2,72	695,01		2,41	695,01		2,25
Inseticida	155,54		0,61	155,54		0,54	155,54		0,50
TOTAL	25.545,46	100,00		28.773,72	100,00		30.840,20	100,00	
ENERGIA BRUTA DO MILHO	76.425,40			79.335,26			108.914,06		
BALANÇO ENERGÉTICO PARCIAL	67.182,31			70.092,18			99.670,97		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARCIAL	8,27			8,58			11,78		
EFICIÊNCIA CULTURAL PARCIAL	2,99			2,76			3,53		

*Valores relativos ao consumo de energia elétrica já estão embutidos neste valor.

A diferença de 2.066,48 MJ.ha^{-1} do sistema irrigado para o fertirrigado é explicado pelo uso de ARS, já do sequeiro para o irrigado, a diferença foi de 3.228,26 MJ.ha^{-1} e pode ser explicado pelo sistema de irrigação e de seu funcionamento.

No agroecosssitema em questão os custos energéticos foram de 25.545,46 MJ.ha^{-1} para o sequeiro, 28.773,72 MJ.ha^{-1} irrigado e 30.840,20 MJ.ha^{-1} fertirrigado com ARS, diferentemente de Almeida (2007), Melo et al. (2007), Oliveira, Freitas e Fredo (2008) e Salla (2008), estudos acerca de agroecossistemas de milho os quais obtiveram valores entre 15.633,83 MJ . ha^{-1} e 4.450,47 MJ . ha^{-1}, no entanto, embora tais estudos avaliarem os mais diversos itinerários técnicos para esta cultura, nenhum deles tratava-se de um sistema consorciado, bem como um experimento de campo, portanto, a grande diferença apresentada entre o agroecossistema em questão e os demais; outros fatores relevantes a serem considerados neste caso são o uso de irrigação, fertirrigação, a ARS e o uso intensivo de máquinas e implementos em função das especificidades da área do experimento.

Quanto aos tipos de energia dispêndidas nos diferentes sistemas de condução, a energia direta, com 76,97%, apresentou uma diferença de 53,95% em relação a energia indireta (23,03%). No sistema irrigado a variação foi de 50,64% (75,32% direta e 24,68% indireta) e no fertirrigado com ARS de 64,72% (82,36% direta e 17,64% indireta), demonstrando que o tipo de energia direta é predominante, principalmente devido ao alto consumo de óleo diesel e o uso de sementes híbridas de milho; cabe destacar a importância do trabalho humano na composição destas energias diretas uma vez que dentro do possível tentou-se utilizar o máximo desta forma energética.

De uma forma geral o presente estudo apresenta similaridades com Bueno (2002), Santos (2006) e Sato (2007) do ponto de vista do uso predominante de energia direta, porém, no experimento utilizou-se maiores quantidades de óleo diesel, sementes híbridas de milho e mão-de-obra, já nos trabalhos acima citados, o principal componente foi o óleo diesel; assim, pode-se afirmar que neste tipo de energia os sistemas de condução estudados são mais sustentáveis que os demais por utilizar uma grande quantidade de energia de fonte biológica, mas Bueno (2002) e Santos (2006) tratam de agroecossitemas exclusivamente de milho e Sato (2007) de monocultura de pinhão-manso em condução de sequeiro e irrigado.

Em termos numéricos, os estudos de Bueno (2002), Santos (2006) e Almeida (2007), tiveram respectivamente em média, 1,00%, 0,12% e 0,87% de energia investida na

forma de mão-de-obra, e neste estudo utilizou-se 17,80% no sequeiro, 18,00% no irrigado e 16,80% no fertirrigado, o que mais uma vez ressalta o avanço energético do itinerário técnico utilizado em termos de sustentabilidade do agroecossistema, já que nesta força de trabalho não existe a dependência de fontes não-renováveis.

Com relação aos tipos de energias dispêndidas, como é possível se observar na Figura 9, a fonte biológica é a de maior participação nos três sistemas de condução (46,17% para o sequeiro, 43,20% para o irrigado e 47,00% para o fertirrigado com ARS), seguida pela fóssil (36,18% para o sequeiro, 32,12% para o irrigado e 29,97% para o fertirrigado com ARS) e industrial (17,64% para o sequeiro, 24,68% para o irrigado e 23,03% para o fertirrigado com ARS).

Cabe destacar que neste experimento devido às condições de topografia e dimensão das parcelas houve um uso mais intensivo das operações mecanizadas frente ao que ocorreria em condições normais de campo levando a um maior uso de óleo diesel e graxa, que fica bastante evidente quando comparado com outros estudos, do ponto de vista das entradas fósseis em relação às entradas totais; neste estudo verificou-se uma relação média de 33,00%, em termos de dependência de energia fóssil, enquanto que em Bueno (2002) obteve-se em média 35,00%, Santos (2006), 28,00%, e Almeida (2007), 34,75%.

Nos três sistemas fica evidente o desequilíbrio entre as fontes, no entanto, o mesmo se traduz em uma configuração positiva, uma vez que as fontes fóssil e industrial somadas ultrapassam pouco mais de aproximadamente 50,00% do total, diferentemente do estudo de Bueno (2002) onde a energia industrial representou 52,81%, a energia fóssil 35,30%, enquanto a biológica foi de 11,79%. Para Santos (2006) e Prachuco (2006) também houve maior dependência de fontes de energia industrial.

Comparando-se os três sistemas, o fertirrigado com ARS destaca-se como o de maior participação de energia biológica, devido à utilização da ARS; o sistema sequeiro foi o de maior dependência de energia fóssil, o que não significa que seja mais mecanizado que os demais, o que ocorreu foi que proporcionalmente frente aos demais utilizou-se a mesma quantidade destas formas de energia, mas com menos fontes industriais, nesse caso, o sistema de irrigação.

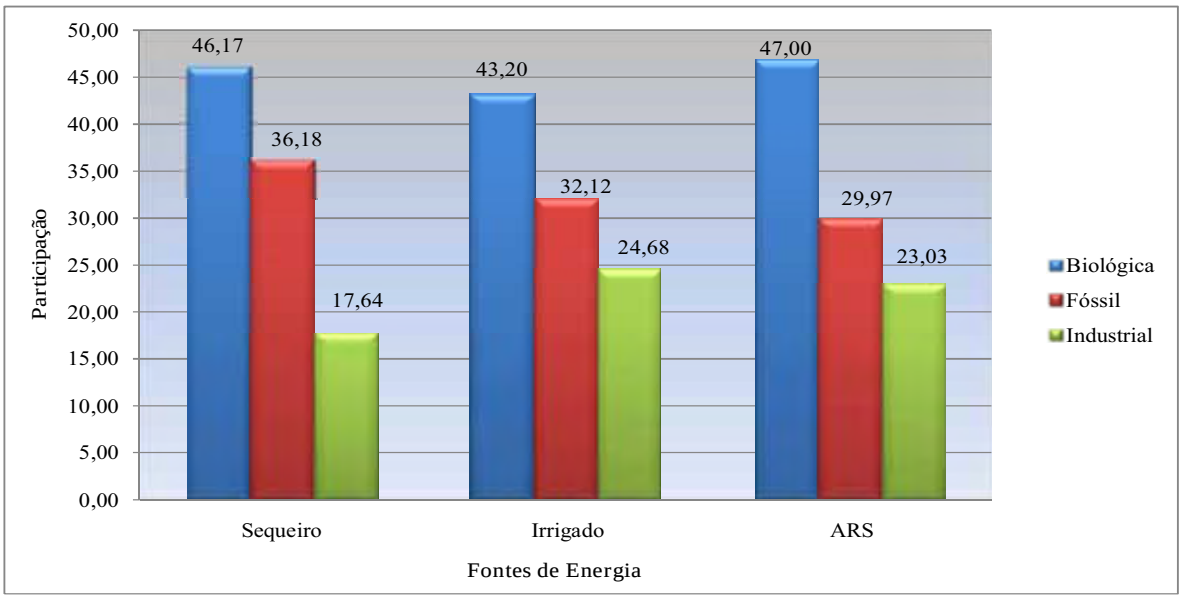


Figura 9: Participação das diversas fontes de energia nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.

Tabela 7: Participação das operações do itinerário técnico nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.

	Participação Energética (MJ. ha $^{-1}$)	%	Participação Energética (MJ. ha $^{-1}$)	%	Participação Energética (MJ. ha $^{-1}$)	%
Operação	Sequeiro		Irrigado		ARS	
Preparo da área: aplicação de dessecante	697,07	2,73	697,07	2,42	697,07	2,26
Plantio mecanizado de milho + adubação de plantio	14.855,53	58,15	14.855,53	51,63	14.855,53	48,17
Plantio manual de milho+ adubação de plantio	6.639,44	25,99	6.639,44	23,07	6.639,44	21,53
Produção de mudas de pinhão-manso	96,95	0,38	96,95	0,34	96,95	0,31
Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	3.042,00	11,90	3.042,00	10,57	3.042,00	9,86
Roçada manual	22,08	0,09	22,08	0,08	22,08	0,07
Aplicação manual de inseticida	162,92	0,64	162,92	0,57	162,92	0,53
Colheita manual	29,45	0,11	29,46	0,10	29,46	0,09
Irrigação por aspersão/ Fertirrigação com ARS	0,00	0,00	3.228,26	11,22	5.294,74	17,17
TOTAL	25.545,46	100,00	28.773,72	100,00	30.840,20	100,00

Analisando a participação das diversas operações do itinerário técnico dos sistemas estudados (Tabela 7), constatou-se que as operações de plantio e adubação do milho, tanto mecanizadas quanto manuais responderam entre 84,00 e 69,00% do gasto energético nos três sistemas, sendo as de maior gasto energético.

O itinerário técnico de produção sob esses três diferentes sistemas de condução (Figura 10), como já descrito anteriormente privilegiou as formas diretas, com grande participação do óleo diesel (29,22% para o sequeiro, 25,94% para o irrigado e 24,20% para o fertirrigado com ARS), seguido pelas sementes de milho (27,51% para o sequeiro, 24,43% para o irrigado e 22,79% para o fertirrigado com ARS) e mão-de-obra (17,84% para o sequeiro, 18,04% para o irrigado e 16,83% para o fertirrigado com ARS), assim como Bueno (2002), Santos (2006) e Pracucho (2006), onde o óleo diesel foi a fonte mais significativa variando de 28,06 a 34,67%.

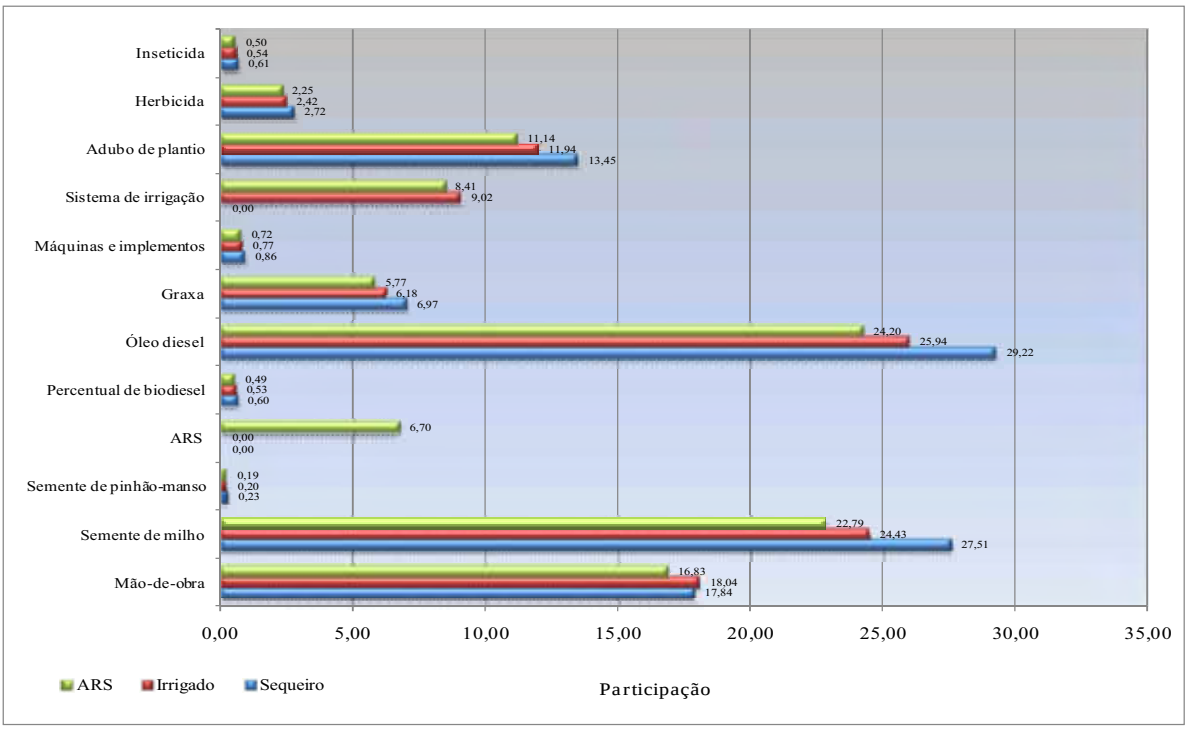


Figura 10: Participação das diversas formas de energia nos diferentes condução sequeiro, irrigado, fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.

6.2.1 Balanço energético parcial e índices de eficiência cultural e energética parciais

Para o cálculo do balanço energético parcial, índices de eficiência cultural e energética parciais foram utilizados os valores das entradas totais, energia não-renovável e saída energética parcial do milho, conforme se pode observar na Tabela 6.

No sistema de condução de sequeiro a saída de energia estimada a partir da produtividade foi de 76.425,40 MJ . ha^{-1}, o irrigado de 79.335,26 MJ . ha^{-1} e o fertirrigado com ARS de 108.914,06 MJ . ha^{-1}.

Estabeleceu-se o balanço energético parcial do agroecossistema pinhão-manso-milho, conforme se pode observar na Tabela 6, cujo valor foi de 67.182,31 MJ . ha^{-1} para o sequeiro, 70.092,18 MJ . ha^{-1} para o irrigado e 99.670,97 MJ . ha^{-1} para o fertirrigado.

A partir dos itinerários técnicos estudados, o sistema de sequeiro obteve eficiência cultural parcial de 2,99, o irrigado de 2,76 e o fertirrigado com ARS de 3,53, o que significa que para cada 16,22 MJ produzidos de milho, ou seja, um quilo de grãos, foi necessário o uso de 5,42 MJ para o sequeiro de fontes biológicas, fósseis e industriais (entradas energéticas), assim como 5,88 MJ para o irrigado e 4,59 MJ para o fertirrigado com ARS, porém, estes valores estão superestimados, uma vez que não contabilizou-se a saída da cultura perene.

Outro fator relevante para este resultado no sistema de condução irrigado é de que na realidade a água suplementar trata-se simplesmente da lâmina mínima necessária para o desenvolvimento da cultura e não necessariamente irrigação em si, o que certamente levou à baixa eficiência cultural deste sistema.

Bueno (2002), Santos (2006) e Oliveira, Freitas e Fredo (2008) chegaram a valores de eficiência cultural de 9,01, 14,39 e 5,00, respectivamente, em agroecossistemas de monocultura de milho, comparativamente ao estudo em questão, os valores encontrados são baixos, no entanto há que se levar em consideração a questão do consórcio que reduz a produção e a produtividade das culturas pela competição por fatores bióticos e abióticos, como luz e nutrientes.

Com relação à eficiência energética parcial, o sistema de sequeiro obteve o valor de 8,27, o irrigado de 8,58 e o fertirrigado com ARS de 11,78, o que significa que para

cada quilo de grãos de milho produzidos (16,22 MJ) para as condições do consórcio em questão, foram necessários a utilização de 1,96 MJ para o sequeiro, 1,89 MJ para o irrigado e 1,38 MJ para o fertirrigado com ARS de entradas de energias não-renováveis, que neste estudo corresponde às fontes fósseis, porém, estes valores estão superestimados, uma vez que não contabilizou-se a saída da cultura perene.

Ao contrário de Sato (2007) acerca de monocultura de pinhão-manso, no qual o sistema de sequeiro teve desempenho energético melhor que o irrigado devido ao não uso de fontes fósseis, nos sistemas estudados o sequeiro teve desempenho cultural melhor que o irrigado e energético pouco diferente (cerca de 0,31). Tais resultados podem ser explicados principalmente em função da baixa precipitação durante o desenvolvimento da cultura do milho.

6.3 Custos econômicos parciais

Com relação aos custos de produção do agroecossistema pinhão-manso-milho, da implantação à condução observou-se que os sistemas irrigado e fertirrigado com ARS foram os que apresentaram maior custo operacional total cerca de 55,24% superior ao sequeiro; esta diferença de R$1.700,53 por hectare deve-se ao sistema de irrigação (Apêndice 8). Comparativamente, os custos acompanham o perfil dos custos energéticos parciais, ou seja, o sistema fertirrigado com ARS apesar de fazer reúso da ARS em substituição à adubação de cobertura possui os maiores custos energéticos e econômicos.

De um modo geral fica evidente que em todos os sistemas estudados as despesas com operações manuais representam o maior percentual do custo operacional total, com 70,26% para o sistema sequeiro e 71,11% para os sistemas irrigado e fertirrigado com ARS (Apêndice 8).

Conforme a Tabela 8, nos diferentes sistemas de condução, quanto aos tipos de energia dispêndidas, a energia direta representou aproximadamente 78,00% e a indireta 21,00% nos três sistemas de condução, com valores em média iguais aos encontrados nos custos energéticos parciais.

Para as fontes de energia, suas participações podem ser observadas na Figura 11; a fonte biológica predomina sobre as demais, porém, sua forma de maior participação são as despesas com mão-de-obra, enquanto que nos custos energéticos parciais a forma de maior participação foram as sementes de milho. Fica evidente o desequilíbrio entre as fontes nos três sistemas estudados, no entanto, o mesmo se traduz em uma configuração positiva, analisando-se que os itinerários técnicos reproduzem sistemas produtivos da agricultura familiar e, já que a forma com maior participação são as despesas com mão-de-obra, pela lógica produtivista desta categoria, tais sistemas se mostram viáveis, porém há que se levar em consideração que o mesmo não acontece do ponto de vista econômico, inviabilizando tais itinerários até o ponto analisado, pelo próprio custo de remuneração da mão-de-obra e pelo seu custo de oportunidade deste.

Quanto à participação por operação, a de coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso é a maior, com 39,36% para o sequeiro e 31,78% para o irrigado e fertirrigado com ARS; em seguida, as operações de plantio de milho manual (25,19% para o sequeiro e 20,34% para o irrigado e fertirrigado com ARS) e mecanizada (22,59% para o sequeiro e 18,24% para o irrigado e fertirrigado com ARS), todas em função das despesas com mão-de-obra. No que se refere às formas de energia, além da mão-de-obra, as máquinas e implementos tem grande participação, sendo o maior responsável pela composição da fonte industrial, já nos custos energéticos parciais, o adubo de plantio é o principal componente desta fonte (Tabela 9 e Figura 12).

Em termos de eficiência econômica parcial, o sistema de sequeiro obteve o valor de 0,20, o irrigado de 0,17 e o fertirrigado com ARS de 0,23, o que significa que para cada quilo de grãos de milho produzidos (R$0,32) são necessários o gasto de R$1,61 para o sequeiro, R$1,89 para o irrigado e R$1,38 para o fertirrigado com ARS e no balanço econômico parcial obteve-se –R$6.075,39 para o sequeiro, -R$7.718,99 para o irrigado e –R$7.140,30 para o fertirrigado com ARS.

Tabela 8: Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte, forma em unidades monetárias, balanço econômico parcial, eficiências econômica e cultural parciais dos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho, em R$ x ha^{-1}.

TIPO, fonte e forma	SEQUEIRO		IRRIGADO		FERTIRRIGADO COM ARS	
	(R$)	(%)	(R$)	(%)	(R$)	(%)
ENERGIA DIRETA	5.936,71	78,42	7.235,89	78,05	7.235,89	78,05
Biológica	5.504,52	72,71	6.803,70	73,38	6.803,70	73,38
Mão-de-obra	5.105,55	67,44	6.376,67	68,78	6.376,67	68,78
Sementes de milho	252,22	3,33	252,22	2,72	252,22	2,72
Sementes de pinhão-manso	140,00	1,85	140,00	1,51	140,00	1,51
ARS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Percentual de biodiesel no diesel (2%)	6,75	0,09	6,75	0,07	6,75	0,07
Energia elétrica	0,00	0,00	28,05	0,30	28,05	0,30
Fóssil	432,18	5,71	432,18	4,66	432,18	4,66
Óleo diesel	330,80	4,37	330,80	3,57	330,80	3,57
Graxa	101,38	1,34	101,38	1,09	101,38	1,09
ENERGIA INDIRETA	1.633,89	21,58	2.035,24	21,95	2.035,24	21,95
Industrial	1.633,89	21,58	2.035,24	21,95	2.035,24	21,95
Máquinas e Implementos	1.250,06	16,51	1.250,06	13,48	1.250,06	13,48
Sistema de irrigação por aspersão	0,00	0,00	401,35	4,33	401,35	4,33
Adubo de plantio	346,11	4,57	346,11	3,73	346,11	3,73
Dessecante (herbicida)	29,41	0,39	29,41	0,32	29,41	0,32
Inseticida	8,31	0,11	8,31	0,09	8,31	0,09
CUSTOS TOTAIS	7.570,60	100,00	9.271,13	100,00	9.271,13	100,00
RECEITAS TOTAIS	1.495,21		1,552,14		2.130,83	
EFICIÊNCIA ECONÔMICA PARCIAL	0,20		0,17		0,23	
RECEITAS LÍQUIDAS PARCIAIS	-6.075,39		-7.718,99		-7.140,30	

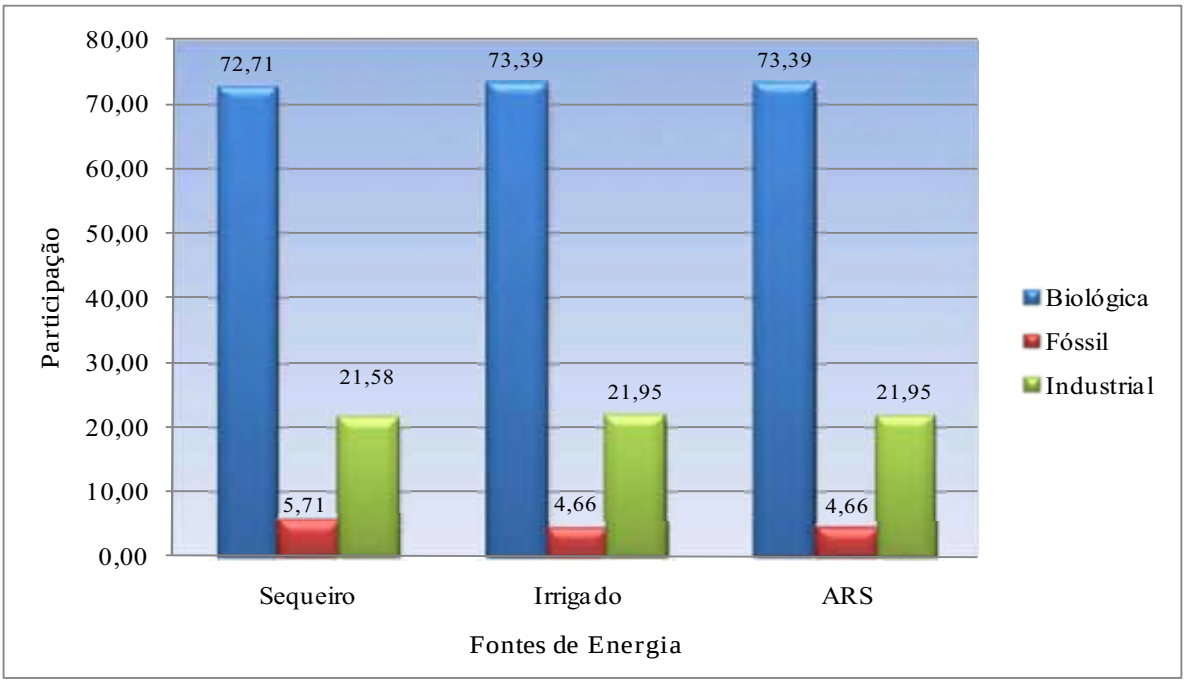


Figura 11: Participação das diversas fontes de energia nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em reais (R$).

Tabela 9: Participação das operações do itinerário técnico nos sistemas de condução sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em reais.

	Participação Econômica (R$. ha $^{-1}$)	%	Participação Econômica (R$. ha $^{-1}$)	%
Operação	Sequeiro		Irrigado/ ARS	
Preparo da área: aplicação de dessecante	85,55	1,20	85,55	0,97
Plantio mecanizado de milho + adubação de plantio	1.611,46	22,59	1.611,46	18,24
Plantio manual de milho+ adubação de plantio	1.796,25	25,19	1.796,25	20,34
Produção de mudas de pinhão-manso	514,26	7,21	514,26	5,82
Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	2.807,06	39,36	2.807,06	31,78
Roçada manual	168,42	2,36	168,42	1,91
Aplicação manual de inseticida	55,09	0,77	55,09	0,62
Colheita manual	93,57	1,31	93,57	1,06
Irrigação por aspersão/ Fertirrigação com ARS			1.700,53	19,25
TOTAL	7.131,67	100,00	8.832,19	100,00

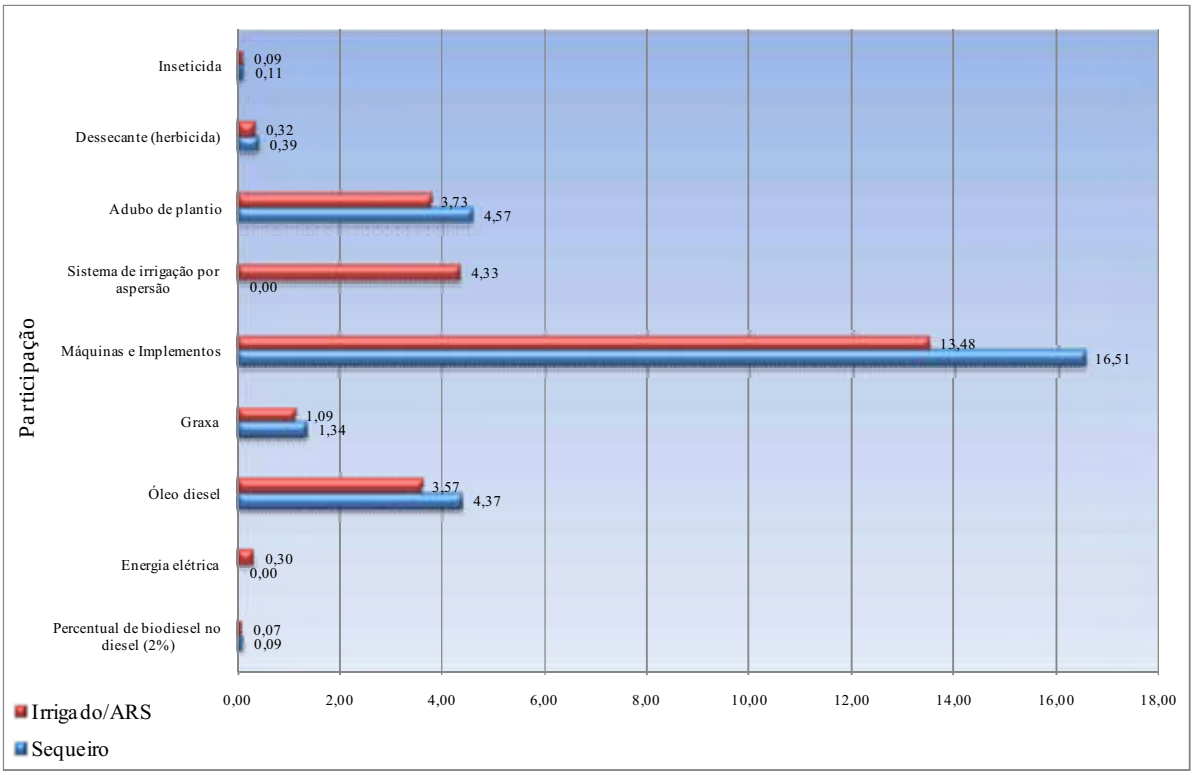


Figura 12: Participação das diversas formas de energia nos diferentes condução sequeiro, irrigado, fertirrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.

6.4. Comparativo entre os custos energéticos e econômicos parciais

No tocante aos custos unitários, o sistema irrigado é o de maior custo, tanto energético como econômico, seguido do sistema irrigado e fertirrigado com ARS (Figura 13).

A este resultado no sistema irrigado pode-se atribuir a questão da baixa produtividade em função da baixa precipitação ocorrida no mês de maio de 2008 e ao uso mais intensivo das operações mecanizadas frente ao que ocorreria em condições normais de campo, devido às especificidades do experimento levando a um maior uso de óleo diesel e graxa.

Já para a participação por fonte, o sistema de sequeiro possui a maior participação econômica na biológica, energética e econômica na fóssil e econômica na industrial; para a biológica energética o fertirrigado com ARS é a de maior participação, assim como na industrial energética o irrigado (Figura 14).

Com relação às eficiências energética e econômica, como pode-se observar na Figura 15, o sistema fertirrigado com ARS foi o que apresentou os melhores índices.

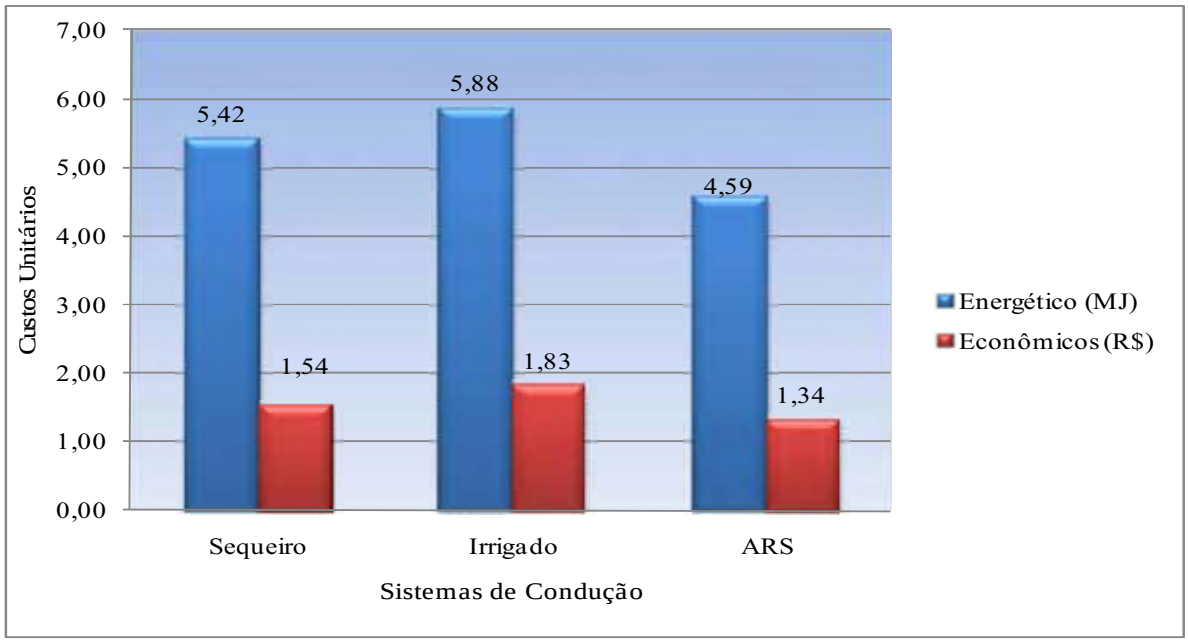
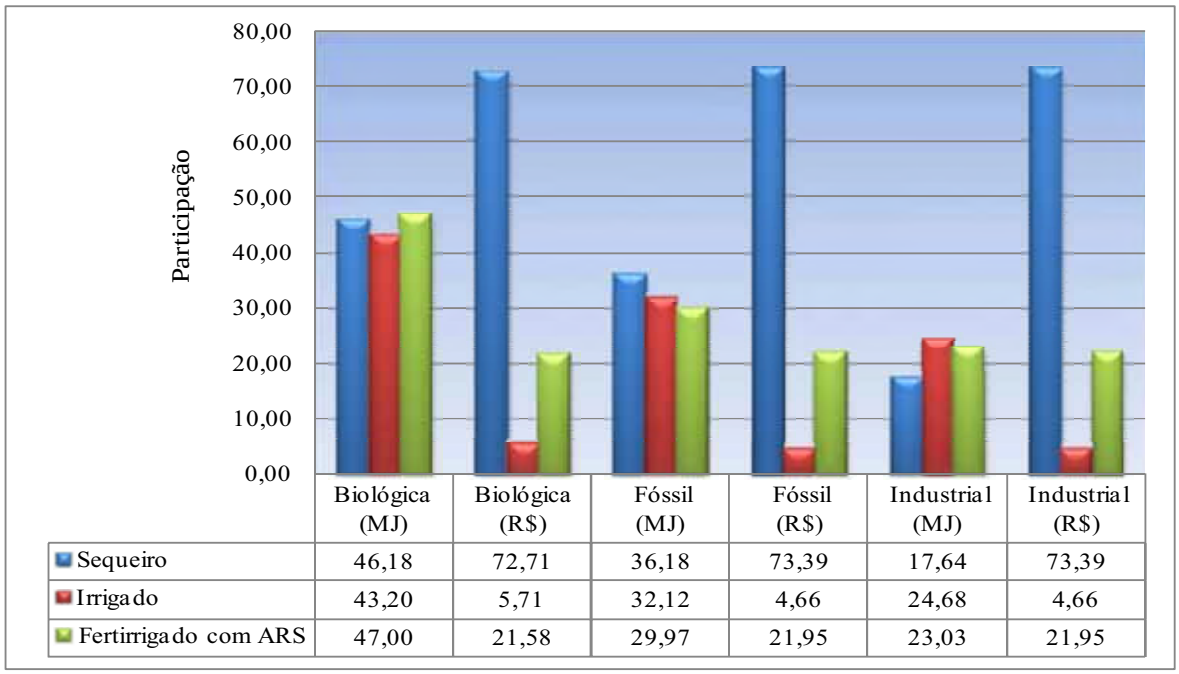


Figura 13: Custos unitários por sistema de produção em megajoules e em reais.



	Biológica (MJ)	Biológica (R$)	Fóssil (MJ)	Fóssil (R$)	Industrial (MJ)	Industrial (R$)
Sequeiro	46,18	72,71	36,18	73,39	17,64	73,39
Irrigado	43,20	5,71	32,12	4,66	24,68	4,66
Fertirrigado com ARS	47,00	21,58	29,97	21,95	23,03	21,95

Figura 14: Comparativo energético e econômico entre as fontes dos diferentes sistemas de condução.

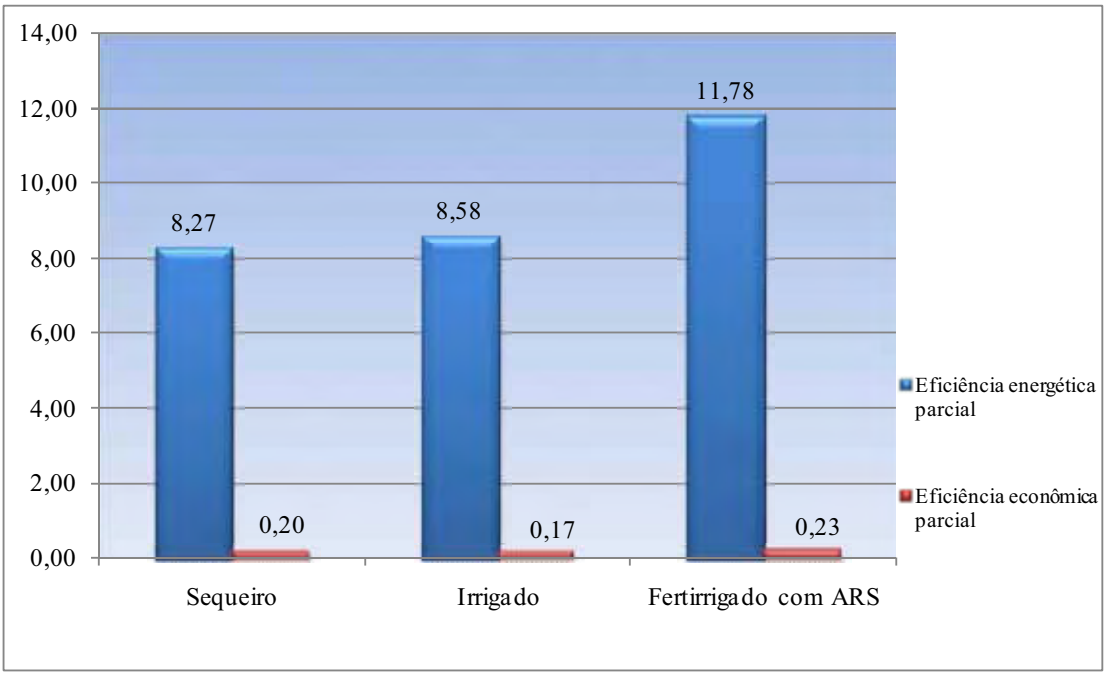


Figura 15: Comparativo entre a eficiência energética e econômica por sistema de condução.

7 CONCLUSÕES

O sistema de condução com maior produtividade estimada foi o fertirrigado com ARS, sendo, portanto, o mais eficiente do ponto de vista da produção física.

Com relação à eficiência cultural e energética parciais o sistema fertirrigado com ARS foi o mais eficiente, pois utiliza menos energia tanto no total como fóssil para produzir mais que os sistemas de condução sequeiro e irrigado com o mesmo itinerário técnico, exceto pelo sistema de irrigação e ARS.

No balanço energético parcial o sistema fertirrigado com ARS também se mostrou o de melhor desempenho, uma vez que produziu cerca de aproximadamente 4 (quatro) vezes mais energia do que a energia utilizada para esta produção.

Já com relação à eficiência econômica parcial e à receita líquida parcial, os três sistemas avaliados, de acordo com o itinerário técnico estudado, nas condições em que foi realizado o experimento e até o ponto avaliado mostraram-se deficitários, porém há que se levar em consideração que nesta análise os custos foram totalmente computados em apenas uma saída produtiva do consórcio, o milho, portanto, espera-se que com a saída de pinhão-manso, que não completou seu ciclo, tal condição se altere positivamente.

Conclui-se que, para as condições do experimento e para os sistemas de condução avaliados, o sistema fertirrigado com ARS de acordo com o itinerário técnico estudado é o mais eficiente energeticamente, necessitando de estudos mais aprofundados do ponto de vista econômico; além disso, este sistema pode ser uma opção ambientalmente mais

correta uma vez que reutiliza um dejeto (a ARS) que ou teria que ser tratado, o que implicaria em mais custos, ou despejado em corpos d'água gerando poluição, além disso, a ARS como no caso do experimento em questão pode substituir os adubos industrializados, avançando mais uma vez na questão da sustentabilidade dos agroecossistemas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H. A. et al. Crescimento aéreo e radicular de pinhão-manso sob diferentes níveis de compactação do solo. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília. Anais... Brasília: MCT/ ABIPTI, 2006, v. 1, p. 144-149.

ACKOM, E. K., ERTEL, J. An alternative energy approach to combating desertification and promotion of sustainable development in drought regions. In: FORUM DER FORSCHUNG, 18, 2005, Eigenverlag. Anais... Eigenverlag: BTU Cottbus, 2005, p. 74-78.

ALMEIDA, L. C. F. Avaliação energética econômica da cultura do milho em assentamento rural, Iperó-SP. 2007. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2004. São Paulo, 2005. 101p.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (Jatropha curcas L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan-abr. 2004.

ASAE. Agricultural machinery management data. In:___ ASAE standards 1999: Standards engineering practices data. San Joseph, 1999. p.359-66. (ASAE D497.4 JAN98).

AUGUSTUS, G. D. P. S. et al. Evaluation and bioinduction of energy components of Jatropha curcas. Biomass & Bioenergy, n. 23, p. 161-164, 2002.

BEBER, J. A. C. Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais. 1989. 295 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1989.

BORGES, S. (Valtra do Brasil S. A.). Comunicação pessoal, 2001.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional. Brasília – DF: MME, 2008, 224 p.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, n. 214, 13 jan. 2005.

BUENO, O. C. Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/ SP. Botucatu, 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. de. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: AVANCES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2000, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2000, p. 477-482.

CAMPOS, A. T. et al. Balanço energético na produção de silagem de milho em cultivos de verão e inverno com irrigação. In: AVANCES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2000. Buenos Aires, Anais... Buenos aires, : Editorial Facultad de Agronomía, 2000, p. 483-488.

CAMPOS, A. T. Balanço energético relativo à produção de feno "coast-cross" e alfafa em sistema intensivo de produção de leite. 2001. 236 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CARMO, M. S.; 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, 29, 1991, Campinas. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1991, p. 131-149.

CARMO, M. S.; COMITRE, V. Análise da rentabilidade do feijão para os pequenos agricultores a partir da tipificação dos seus sistemas de produção e de cultivo, safra seca, município de Itararé, São Paulo. In: RELATÓRIO DE PESQUISA, 19888, São Paulo. Série Relatório de Pesquisa. São Paulo: SAASP – IEA, 1988. 74 p.

CARVALHO, A; GONÇALVES, G. G.;RIBEIRO, J. J. C. Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região vitícola de Torres. Lisboa: Fundação calouste gulbenkian, 1974.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. Perfil energético da agricultura paulista. São Paulo: IEA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, 1982. 55p.

CAVALCANTI, C. Politica de governo para o desenvolvimento sustentável: uma introdução ao tema e a esta obra coletiva Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas, 4ª Ed. São Paulo: Cortez Editora. p. 15-20, Set , 2002.

CHATEAUBRIAND, A. D. Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulco, na cultura do milho (Zea mays L.). 1988. 61 f. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

CHERNICHARO, C. A. DE L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001. 544 p.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and eletricity in USA agriculture, 1910-1990. Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 55, n. 2, p. 111-121, 1995.

COMITRE, V. Avaliação energética e aspectos econômicos da filiêre soja na região de Ribeirão Preto – SP. 1993. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Planejamento Agropecuário) – Faculdade de Engenharia agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRAS, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 200-207, 2006.

COX, G. W.; HARTKINS, M. D. Energy costs of agriculture. Agricultural ecology, p. 597-629, 1979.

DAGAR, J. C., TOMAR, O. S. Utilization of salt affected soils & poor quality waters for sustainable biosaline agriculture in arid and semiarid regions of India. In: ISCO Conference, 12, 2002, Beijing. Anais... Beijing: ISCO, 2002, p. 340-347.

DAGAR, J. C. et al. Performance of some under-explored crops under saline irrigation in a semiarid climate in Northwest India. Land Degradation & Development, n. 17, p. 285-299, 2006.

DELEAGE, J. P et al. Eco-energetics analysis of an agricultural system: the French case in 1970. Agro-ecosystems, v. 5, p. 345-365, 1979.

DOERING, O. C.; PEART, R. N. Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis. Indiana: Purdue University, 1977. 128 p.

DOERING III, O. C. Accounting for energy in farm machinery and building. In: PIMENTEL, D. (Ed.), Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1980. p. 9-14.

DUKE, J. A. Handbook of energy crops. 1983. Disponível em <http//C:\WINDOWS\TEMP\purdue_university.htm>. Acesso em: 16 nov 2009.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Semi-árido. Pinhão-manso: pesquisa da Embrapa avalia planta para produção de biodiesel no semi-árido. Disponível em <http://www.cpatsa.embrapa.br/>. Acesso em: 05 out. 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pesquisa em andamento. Sete Lagoas, 1998. 6 p.

EPAGRI-CIRAM. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/;jsessionid=0c193c7f85599b7b926da0223a34>. Acesso em: 02 jan 2010.

FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma: FAO, 1976. 158 p.

FOIDL, N. et al. Jatropha curcas L. as a source for production of bioful in Nicaragua. Bioresource Technology, n. 58, p. 77-82, 1996.

FREITAS, W. S. et al. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção de milho para silagem. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

GADIOLI, J. L.; FORTES NETO, P. Rendimento de milho e de feijão preto cultivado em solo acrescido de lodo de esgoto. Revista Técnica da SANEPAR - SANARE, v. 21, n. 21, p. 53-58, jan-jun. 2004.

GOOGLE EARTH. Google earth, 2009. Disponível em: <www.earth.google.com/intl/pt/>. Acesso em: 12 dez 2009.

GOMES FILHO, R. R. et al. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, n.1, p.131-134, 2001.

GONÇALVES, R.A.B. et al. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada: avaliação da uniformidade de aplicação de água. Brazilian Journal of Irrigation and Drenage, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 402 - 414, jul – set. 2006.

GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. Revista dos Agrônomos, São Paulo, v.3, n.1, p.14 - 20, 2000.

GUANZIROLI, C. E. (Coord.). Perfil da agricultura familiar no Brasil: dossiê estatístico. Brasília, DF: INCRA, 1996. 24 p.

GÜBITZ, G. M. et al. Exploitation of the tropical oil seed plant Jatropha curcas L. Bioresource Technology, n. 67, p. 73-82, 1999.

HART, R. D. Una metodología para analizar sistemas agrícolas en términos energéticos. In: HART, R. D.; JIMÉNEZ, T.; SERPA, R. Análisis energético de sistemas agrícolas. Turrialba, Costa Rica: UCR/CATIE, 1980, p. 3-14.

HEICHEL, G. H. Comparative efficiency to energy use in crop production. New haven: Ther Connecticut Agricultural Experiment Station, 1973, 26 p. (Bulletin, 739).

HELLER, J. Physic nut. Jatropha curcas L.: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1 ed. Roma: IPGRI, 1996, 66 p.

HENNING, R. Use of Jatropha curcas oil raw meterial and fuel: an integrated approach to create income and supply energy for rural development – Experiences of the Jatropha Project in Mali, West Africa. In: INTERNACIONAL FOLKCENTER FOR "RENEWABLE ENERGY – A VEHICLE FOR LOCAL DEVELOPMENT", 2, 2000, Denmark. Anais... Denmark: 2000, 1-4.

HESLES, J. B. S. Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais: métodos e convenções. Rio de Janeiro: Preprint AIECOPPE/UFRJ, 1981, 137 p.

IAPAR. FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. O milho no Paraná. Londrina: IAPAR, 1991. 303 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário de 2006. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>. Acesso em: 05 out. 2009.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. 2006. Disponível em: < http://www.iea.com.br>. Acesso em: 7 de janeiro de 2009.

INCRA/FAO. Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto. Brasília, DF, 2000. 74 p. (Projeto de Cooperação Técnica).

JIMÉNEZ, T. JIMÉNEZ, G. Agro-ecosistema caña de azúcar. In: HART, R. O.; JIMÉNEZ, T.; SERPA, R. Análisis energético de sistemas agrícolas. Turrialba, Costa Rica: UCR/CATIE, 1980, P. 15-29.

JUNQUEIRA, A. A. B.; CRISCUOLO, P. D.; PINO, F. A. O uso da energia na agricultura paulista. Agricultura em São Paulo, v. 29, tomos I e II, 1982, p. 55-100.

KONZEN, E. A. et al. Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, 1997. 31 p.

LEACH, G. Energy and food production. London: International Institute for environment and Development, 1976, 192 p.

LINDEMAN, R. L. The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology, v.23, 1942, p.399-417.

LOOMIS, R. S.; WILLIANS, W. A. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Sciense. V. 3, p. 67-72, 1963.

MACEDO, R. L. G. et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n. 5, out. 2006 .

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. Metodologia para cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária. Curitiba: DERAL/SEAB, 1985, 95 p.

MACHADO, H. R. Avaliação da uniformidade de irrigação em sistema de irrigação pivô central usando técnicas de controle de qualidade. 2006. 35 p. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Alimentos, nutrição e dietoterapia. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1.179 p.

MALASSIS, L. Économie agro-alimentaire 1: économie de la consommation et de la production agro-alimentaire. Paris: Ed. Cujas, 1973, 437 p.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 5, mai 2007.

MARTINS, E. R. F., CRUZ, N. D. Pesquisas em desenvolvimento com pinhão-paraguaio no Instituto Agronômico. O Agronômico, Campinas, v. 37, n. 2, p. 109-113, 1985.

MATSUNAGA, M. et al. A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MELLO, R. Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina. 1986. 138 f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1986.

MELO, J. C. et al. Avaliação preliminar do potencial do pinhão-manso para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília. Anais... Brasília: MCT/ ABIPTI, 2006, v. 2, p. 198-203.

MELO, D. de, et al. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do oeste do Paraná. Acta Scientia Agronomica, Maringá, v. 29, n. 2, p.173-178, 2007.

MIRAGAYA, J. C. G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

MONTE, H. M.; SOUSA, M. S. Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent. Water Science Technology, Londres, v. 26, n 7 - 8, p. 1603 - 1613, 1992.

NETTO, A. G.; DIAS, J. M. C. S. Política energética para a agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, TECNOLOGIAS POUPADORAS DE INSUMOS, INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, 1, 1984, Jaboticabal/SP. Anais... Jaboticabal: FUNEP-FCAV/UNESP, 1984, p. 3-32.

NOGUEIRA, T. A. R. et al. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande, v. 6, n. 1, p.122-131, 2006.

NURRIZZO, C.; MEZZANOTE, V. Legislative, economical and technical aspects of irrigation with reclaimed wastewater in Italy. Resources, Conservation and Recycling, n. 10, p. 301-316, 1994.

ODUM, H. T. Trophic structure and productivity of silver springs. Ecological monographs, n. 27, p. 55-112, 1957.

OLIVEIRA, M. D. M.; FREITAS, S. M. de; FREDO, C. E. Análise energética da produção de oleaginosas no estado de São Paulo. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 3, n. 6, p.1-4, jun. 2008.

OPENSHAW, K. A review of Jatropha curcas: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass & Bioenergy, n. 19, p. 1-15, 2000.

PALMA, L.; ADAMS, R. I. Compatibilidade entre eficiência econômica e eficiência energética numa propriedade rural. In: NETTO, A. G.; ELMAR, R. (Org). Experiência

brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural. Brasília: EMBRAPA – PNPE/DEP, 1984, p. 55-64.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 52, n. 2, p. 111-119, 1992.

PIMENTEL,D. Energy inputs for the production formulation, packaging and transport of varios pesticides. In: PIMENTEL, D. Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1980a, p. 45-48.

PIMENTEL, D.et al. Food production and the energy crises. Science, v. 182, p. 443-449, 1973.

PIMENTEL, D. (Ed). Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1980b. 475 p.

PINTO, M. S. V. Análise econômica e energética de sistema agroflorestal para implantação na terra indígena Araribá – município de Avaí – SP. 2002. 136 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PRACUCHO, T. T. G. M. Análise energética e econômica da produção de milho (Zea mays) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia-SP. Botucatu, 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-28, 1987.

RISOUD, B. Développement durable ey analyse énergétique d'exploitations agricoles. Économie Rurale, n. 252, p. 16-27, juillet-août, 1999.

ROMERO, M. G. C. Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) Faculdade de Ciência Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SALLA, D. A. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. Botucatu, 2008. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SANTANA, R.C. Influência do redimensionamento hidráulico de precisão na uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação do tipo pivô central. 2000. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2000.

SANTOS, R. R. dos. Análise energética do milho em sistema de plantio direto, em assentamento rural, Itaberá/SP. Botucatu, 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SARAIVA, F.Z. Aplicação de águas residuárias de agroindústria de fécula de mandioca na cultura milho (Zea mays L.). 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2004.

SATO, M. Avaliação energética da implantação da cultura do pinhão-manso (Jatropha curcas L.) destinada à produção de sementes: estudo de caso. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão-manso (Jatropha curcas L.). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SATURNINO, H. M. et al. Implantação de unidades de validação de tecnologia pinhão-manso. Nova Porteirinha, 2006. 5 p. Projeto de Pesquisa, Centro Tecnológico do Norte de Minas Gerais, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Nova Porteirinha, 2006.

SCHREINER, H. G.; BAGGIO, A. J. Culturas intercalares de milho (Zea may L.) em reflorestamentos de Pinus taeda L. no sul do Paraná. Boletim de Pesquisa Florestal, n. 8-9, p. 26-49, jun-dez. 1984.

SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustentability in danish agriculture. Agriculture. Ecosystem, Environment, v. 51, n. 3, p. 301-310, 1994.

SEAB-PR. Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná, setembro de 2008. Curitiba: Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Disponível em: <www.seab.pr.gov.br>. Acesso em: 06 dez 2009.

SILVA, G. H. da. Eficiência econômica e energética de sistemas de produção de mamona nos estados de Minas Gerais e Paraná. 2008. 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SIQUEIRA, R. Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo. 1999. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

SWOT. Summary of current knowledge: an industry and market study of plant products from five trees in Southern Africa – jatropha or physic nut. Washington, 2002. 15 p. Relatório de Projeto, Internacional Programs Washington State University, Washington, 2002.

TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de Jatropha spp. Bragantia, Campinas, v. 46, n. 1, p. 151-157, 1987.

TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 18-27, 2005.

TSATSARELIS, C.A. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.43, n.2, p.109-18, 1993.

ULBANERE, R. C. Análise dos balanços energéticos e econômicos relativa à produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo. 1988. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

VALE, L. S. et al. Efeito da salinidade da água sobre pinhão-manso. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília. Anais... Brasília: MCT/ ABIPTI, 2006, v. 1, p. 87-90.

VAZQUEZ-MONTIEL, O. et al. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. Water Science and Technology, Washington, v. 33, n. 10 - 11, p. 355 - 362, 1996.

VIVIEN, F. D. Économie et écologie. Repères: La Decouverte, 1994, 121 p.

ZUCCHETTO, J.; JANSSON, A. M. Total energy analysis of Gotland's agriculture: a northern temperature zone case study. Agro-ecosystems. v. 5, p. 329-344, 1979.

9. APÊNDICE

AP1) Jornada de trabalho, coeficientes de tempo de operação, mão-de-obra utilizada, modelo de máquina e/ou implemento, consumo de óleo diesel, lubrificante e graxa, e outros dados de referência por operação do itinerário técnico e por sistema de condução do agroecossistema PINHÃO-MANSO – MILHO.

OPERAÇÕES	
Preparo da área: aplicação manual de dessecante	
Horas de trabalho x dia^{-1}	2 h para 0,16 ha
Rendimento	12,50 h . ha^{-1} para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador F
Ferramenta utilizada	Pulverizador costal (não contabilizado)
Plantio mecanizado de milho + adubação de semeadura	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	1,33h para 0,096 ha
Rendimento	13, 85 42 h . ha^{-1} (valor superestimado em função da presença dos lisímetros e da questão do consórcio) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador H
Trator	Ford New Holland®
- Consumo de óleo diesel	13 L . h^{-1}
- Consumo de lubrificante	----------
- Consumo de graxa	2 kg para a área total
Plantadeira	Vence Tudo®
- Consumo de graxa	2 kg para a área total
Plantio manual de milho + adubação de semeadura	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	8 h para 0,096 ha
Rendimento	333, 33 h . ha^{-1} (valor superestimado em função do plantio com enxada) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador G, Trabalhador F, Trabalhador D e Trabalhador E
Ferramenta utilizada	Enxada (não contabilizado)
Produção de mudas de pinhão-manso	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	6 h para 0,096 ha
Rendimento	83,33 h . ha^{-1} (quebra de dormência) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador C – 400 mudas
Transporte (até as áreas de plantio)	Caminhonete (não contabilizado)
Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	12 h para 0,096 ha
Rendimento	625 h . ha^{-1} (valor superestimado em função do plantio com cavadeira/picareta/enxada) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador F, Trabalhador D, Trabalhador C, Trabalhador G, Trabalhador B
Ferramenta utilizada	Cavadeira/picareta/enxada (não contabilizado)
Roçada manual	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	6 h
Rendimento	37, 5 h . ha^{-1} para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador B
Implemento	Roçadeira Manual (não contabilizado)
Aplicação manual de inseticida	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	1 h
Rendimento	10, 4167 h . ha^{-1} para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador H
Ferramenta utilizada	Pulverizador costal (não contabilizado)
Colheita manual do milho	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	1 h
Rendimento	20,8333 h . ha^{-1} (subestimada devido a ser coletado apenas 10 plantas por parcela e estimada a produtividade) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador C e Trabalhador F

Irrigado	
Irrigação por aspersão	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	10 h (montagem de bombas e tubulação)
Rendimento	283,0187 h . ha^{-1} (valor superestimado devido às especificidades do experimento) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador A, Trabalhador H e Trabalhador F
OBS.: As demais operações são iguais a da parcela de sequeiro.	
Fertirrigado com ARS	
Fertirrigação	
Horas de trabalho x dia $^{-1}$	10 h (montagem de bombas e tubulação)
Rendimento	283,0187 h . ha^{-1} (valor superestimado devido às especificidades do experimento) para uma pessoa
Mão-de-obra envolvida	Trabalhador A, Trabalhador H e Trabalhador F

OBS.: As demais operações são iguais a da parcela de sequeiro.
OBS.: A área das três parcelas juntas é de 960 m^2 ou 0,096 ha; 640 m^2 ou 0,064 ha é SOMENTE os intervalos e bordaduras; a área total do experimento é de 0,16 ha ou 1600 m^2

Área útil por tratamento: 0,032 ha
Área de intervalos e bordaduras: 0,021 ha
Área total: 0,053 ha

AP2) Massa, altura, idade e GER dos trabalhadores envolvidos nas operações do itinerário técnico do agroecossistema PINHÃO-MANSO - MILHO.

Nome	Gênero	Peso (Kg)	Altura (cm)	Idade (anos)	GER (MJ)
Trabalhador A	Masculino	100	187	32	9,0416
Trabalhador B	Masculino	68	171	44	6,5238
Trabalhador C	Masculino	63	163	24	6,6362
Trabalhador D	Masculino	65	165	24	6,7932
Trabalhador E	Masculino	86	182	27	8,2729
Trabalhador F	Masculino	80	177	24	7,9079
Trabalhador G	Masculino	100	181	28	9,0295
Trabalhador H	Masculino	80	185	32	7,8483

AP3) Gasto energético dos trabalhadores envolvidos nas operações do itinerário técnico do agroecossistema PINHÃO-MANSO – MILHO em função do tipo de operação.

Operação	Fração do Metabolismo Basal (GER)	Trabalhador	MJ . ha^{-1}
Preparo da área: aplicação manual de dessecante	8/6	F	2,0587
Plantio mecanizado de milho + adubação de semeadura	5/6	H	7,5505
Plantio manual de milho + adubação de semeadura	14/6	D	298,7303
		E	363,8297
		F	347,7632
		G	397,1294
Produção de mudas de pinhão-manso	5/6	C	38,3985
Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	14/6	B	537,9375
		C	547,2500
		D	560,1250
		F	652,0625
		G	744,6250

Roçada manual	8/6	B	22,0837
Aplicação manual de inseticida	8/6	H	7,3802
Colheita manual do milho	9/6	C	13,4416
		F	16,0145
Irrigação por aspersão + Fertirrigado com ARS	8/6	A	231,0282
		F	202,0187
		H	200,5187

AP4) Peso de embarque, pneus utilizados e vida útil do trator e do implemento no agroecossistema PINHÃO-MANSO – MILHO.

Trator, implemento e pneus	Quantidade	Peso de Embarque (Kg)	Vida Útil (anos)
Ford New Holland 7630	1	3580	10
Pneu 7.50-16 F2 Dianteiro	2	13	-
Pneu 18.4-34 R1 Traseiro	2	108	-
Semeadora Vence Tudo	1	1417	10
Pneu 6.50-16	2	11	-

Fonte: Fabricantes (New Holland e Goodyear).

AP5) Número de pontos, momento e injeções para graxa no trator e plantadeira.

	Pontos de engraxamento (número)	Momento (horas de trabalho)	Injeções por ponto (número)
Trator Ford New Holland®	28	30	3
Plantadeira Vence Tudo®	18	30	3

AP6) Locais, volume, especificação e momento de lubrificação do trator.

	Locais de lubrificação	Volume (litro)	Especificação	Momento (horas)
Trator Ford New Holland®	Motor, caixa e diferencial	78 (13 motor)	15W40 motor NH80	200

AP7) Relatório da estatística dos dados de produtividade

==========

ASSISTAT Versão 7.5 beta (2008) - Homepage http://www.assistat.com

Por Francisco de Assis S. e Silva UAEA-CTRN-UFCG Campina Grande-PB

==========

RELATÓRIO EST PRODUTIVIDADE SC-HA.TXT

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	2047.14176	1023.57088	26.1818 **
Resíduo	6	234.56887	39.09481	
Total	8	2281.71062		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

GL: 2, 6 F-krit(1%) = 10.9248 F = 26.1818 p = .00109

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	111.91330 a
2	81.52000 b
3	78.53000 b

DMS = 15.66710

MG = 90.65444 CV% = 6.89716

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

DADOS

114.18	113.46	108.10
85.89	84.30	74.37
87.95	74.67	72.97

Para cálculo dos valores críticos de F e da probabilidade de F calculado, o Assistat utiliza o Algoritmo 724 (Abernathy, Roger W. & Smith, Robert P. Algorithm 724: Program to calculate F-percentiles. ACM Trans. Math. Softw. 19, No.4, 481-483(1993).)

SIGLAS E ABREVIAÇÕES

F.V. = Fonte de variação G.L. = Graus de liberdade

S.Q. = Soma de quadrado Q.M. = Quadrado médio

F = Estatística do teste F MG = Média geral

CV% = Coeficiente de variação em %

DMS = Diferença mínima significativa

NOTA: Quando o F fica muito próximo, mas não atinge a significância poderá haver diferença significativa entre a maior e a menor média. Também poderá não haver diferença significativa entre médias quando o F é significativo, porém muito próximo da não significância. Isso é limitação da aplicação conjunta dos testes F e de Tukey.

AP8) Estimativa do custo operacional para produção do agroecossistema pinhão-manso-milho, nos sistemas de condução de sequeiro, irrigado e fertirrigado com ARS, em R$ x ha^{-1}.

Item	Mão-de-Obra	Máquinas e Implementos			
	Polivalente	Trator 103 CV	Plantadeira/ Adubadeira	Sistema de Irrigação por Aspersão	TOTAL
1-Operação (Custo Cx)					
1. Preparo da área: aplicação manual de dessecante	12,50				
2. Plantio mecanizado de milho+ adubação de plantio	13,85	13,85	13,85		
3. Plantio manual de milho+ adubação de plantio	333,33				
4. Produção de mudas de pinhão-manso	83,33				
5. Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	625,00				
6. Roçada manual	37,50				
7. Aplicação manual de inseticida	10,42				
8. Irrigação por aspersão/Fertirrigação com água residuária da suinocultura	283,02			283,02	
9. Colheita manual do milho	20,83				
T otal de Horas	**1.136,76 (SEQUEIRO)** **1.419,78 IRRIGADO/ FERTIRRIGADO COM ARS)**	**13,85**	**13,85**	**283,02 + 18,75 (montagem+aplicação)**	
Custo Horário	**4,49**	**73,24**	**16,99**	**1,33**	
Despesas com Operação	**5.105,55 (SEQUEIRO)** **6.376,67 (IRRIGADO/ FERTIRRIGADO COM ARS)**	**1.014,68**	**235,38**	**401,35**	**6.355,61 (SEQUEIRO)** **8.028,09 (IRRIGADO/ FERTIRRIGADO COM ARS)**

2-Material de Consumo	Especificação	Unidade	Quantidade (ha)	Valor (R$)
Energia Elétrica	1	$KW.h^{-1}$	147,66	28,05
Semente de milho	60.000	sementes	71.250,00	252,22
Semente de pinhão-manso	1	kg	2,00	140,00
Dessecante (Herbicida)	Roundup Original	L	2,00	29,41
Fertilizante	8-20-20	kg	320,00	346,11
Inseticida	Tamaron BR	L	0,50	8,31
Despesas com Material de Consumo			**776,05 (SEQUEIRO)**	**804,11 (IRRIGADO/ FERTIRRIGADO COM ARS)**
Custo Operacional (1+2)			**7.131,67 (SEQUEIRO)**	**8.832,19 (IRRIGADO/ FERTIRRIGADO COM ARS)**
3 - Depreciação de Máquinas e Equipamentos		**432,18**		**135,22**
Custo Operacional Total (1+2+3)			**7.266,88 (SEQUEIRO)**	**8.967,41 (IRRIGADO/ FERTIRRIGADO COM ARS)**