

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA E ECONÔMICA
DAS CULTURAS DE ARROZ, SOJA E TRIGO EM
SISTEMAS DE PRODUÇÃO TECNIFICADOS
NO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fernanda de Figueiredo Ferreira

Santa Maria, RS, Brasil

2010

ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA E ECONÔMICA DAS CULTURAS DE ARROZ, SOJA E TRIGO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO TECNIFICADOS NO RIO GRANDE DO SUL

Fernanda de Figueiredo Ferreira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Hoffmann

Santa Maria, RS, Brasil

2010

F383a Ferreira, Fernanda de Figueiredo
Análise da matriz energética e econômica das culturas de arroz, soja e trigo em sistemas de produção tecnificados no Rio Grande do Sul / por Fernanda de Figueiredo Ferreira. – 2010.
149 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Ronaldo Hoffmann
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2010

1. Eficiência energética 2. Eficiência econômica 3. Eficiência cultural
4. Balanço energético 5. Custo de produção 6. Sistemas de cultivo 7. Cultivo da soja 8. Cultivo do arroz 9. Cultivo do trigo I. Hoffmann, Ronaldo II. Título.

CDU 633.1

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA E ECONÔMICA DAS
CULTURAS DE ARROZ, SOJA E TRIGO EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO TECNIFICADOS NO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Fernanda de Figueiredo Ferreira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Ronaldo Hoffmann, Dr.
(Presidente/Orientador)

José Antônio Costabeber, Dr. (UFSM)

Maria Beatriz Fernandez Gonçalves, Dr.^a (UFSM)

Pedro Selvino Neumann, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 20 de dezembro de 2010.

Aos meus pais Adel Simão Mendes Ferreira e Eli Maria de Figueiredo Ferreira, a madrinha Maria Brazilina que tão bem souberam ensinar a busca pelo aprendizado, o conhecimento e os valores de honestidade e sinceridade, através da gratidão e renúncia ensinaram a simplicidade e a humildade. As minhas queridas irmãs: Simaia e Bruna que se tornaram muitas vezes pilares pelas conversas, reflexões e o carinho incondicional.

Dedico.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a DEUS pelas oportunidades de crescimento pessoal durante o longo período da dissertação, a força e a coragem estabelecida nos momentos difíceis, onde desistir ou mudar o caminho muitas vezes era a alternativa mais confortável, muito obrigada por ter sempre colocado verdadeiros anjos no meu caminho.

Ao Professor Dr. Ronaldo Hoffmann pela oportunidade de orientação, mais ainda no constante desafio, pela busca de conhecimento, aprendizado e firmeza de propósitos. Agradeço pelo carinho e a leveza de tornar as dificuldades coisas simples e objetivas, contudo não tirou a oportunidade do aprendizado e da busca individual. Levo além da imagem de orientador, um grande mestre que dá o espaço que cada um se permite buscar, respeitando seus limites e condições pessoais.

Aos meus pais, Adel e Eli que em todos os anos de estudo, participaram de maneira “genérica”, limitando-se as tarefas mais difíceis de estímulo, apoio, carinho, segurança e conforto. Contudo, em todos os anos foi a primeira vez que participaram da fase final e, por mais simples que tenha sido a sensação de dividir este carinho e dedicação foi única. Ainda assim, acredito que toda a manifestação de agradecimento torna-se pequena pelas imensas renúncias pessoais que fizeram para nos proporcionar o estudo.

Agradeço aquelas pessoas que se tornaram únicas, na discussão inicial desta dissertação, quando era apenas um projeto. Assim, faz-se luz as conversas de muita inspiração com a Professora Maria Beatriz, as discussões e construção com o Milton Seiffert e o Professor Naylor Bastiani Perez.

À Universidade Federal de Santa Maria, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia pela oportunidade oferecida à realização do curso.

Agradeço pelo carinho nas conversas de apoio e reflexão com o Professor Celso Aita, as discussões metodológicas com o professor Sandro Giacomini e a oportunidade de rever nos erros novas possibilidades, ambos do Laboratório de Análises dos Solos, do Departamento de Ciências dos Solos.

Nos dias em que a mudança parece difícil e a resistência e as próprias imperfeições nos tentam a tomar o caminho mais fácil e fugir as responsabilidades assumidas para com os outros, o Colégio Politécnico da UFSM trouxe o amparo pelas inúmeras oportunidades de aprendizado. Assim, agradeço ao Professor Volmir Polli, a Professora Terezinha e aos alunos da disciplina de Gestão Ambiental do Curso Técnico em Agroindústria do ano de 2008. Ao Professor Dr. Diniz Fronza pela oportunidade de trabalho e pesquisa que em conjunto com o aprendizado trouxe a disponibilidade de recursos econômicos. E, em especial ao Professor Hércules e ao pós-doutorando Alexandre Russini que muito bem orientaram e compartilharam conhecimentos sobre máquinas e equipamentos.

Aos que fazem a Cooperativa Triticola Caçapavana – COTRISUL, agradeço ao carinho e atenção, em especial ao Mário Dotto que sempre fez um elo importante entre o estudo, a experimentação e a prática de campo. Ao Seu Jaime Dalmazo pela paixão e carisma dos trabalhos, as secretárias Angelina e Juliana. Ao técnico Solano Felipetto pela amizade incondicional, ao Emerson Wendt, ao Luis Antônio pelo companheirismo e preciosa ajuda para a realização nas coletas das amostras.

Aos produtores que muito mais que o espaço físico ofertaram seu tempo, seus conhecimentos e sua experiência, obrigada pelas conversas que geraram várias reflexões importantes para o desenvolvimento do estudo.

Ao Professor Dr. Pedro Selvino Neumann primeiramente pela oportunidade da docência orientada, na disciplina de desenvolvimento rural, no Curso de Agronomia que além do convívio e experiência com graduandos, trouxe nas discussões de viabilidade econômica elementos importantes que contribuíram significativamente na reconstrução dos objetivos. Ao tempo empregado, nas inúmeras correções e discussões, ao chimarrão e as reflexões em torno das “pedras não polidas”.

Ao Professor Dr. Paulo Silveira pela amizade incondicional, o carinho e a paixão pelo apreender a apreender, a busca incessante pela melhoria do outro, o saber doar-se, muito obrigada pelos ensinamentos, pelo chimarrão, pelas conversas e reflexões que se tornaram únicas, durante a docência orientada na disciplina de Gestão Ambiental, no Curso de Zootecnia, o despertar para a extensão rural e a luta nos movimentos sociais, a espiritualidade e as ações coletivas.

A essas duas pessoas de alma livre que se completam nos ensinamentos transmitidos, uma a essência de vida por saber e ter o dom de ensinar, a outra a

fortaleça e força nos objetivos traçados, tendo os pés no chão na busca e realização de sonhos, minha gratidão e o sincero agradecimento.

A Professora Dr. Maria Beatriz Gonçalves por toda atenção, paciência, confiança, estímulo, amizade, orientação e inspiração ao transmitir valiosos conhecimentos que despertaram em mim desde a época da UERGS a busca pelo novo, obrigada pela força e por estar sempre presente.

Ao Professor Dr. José Antônio Costabeber pelas discussões, questionamentos, dúvidas e reflexões sobre o objeto de estudo, suas contribuições na banca e na correção do trabalho.

Ao corpo docente do curso de pós-graduação em Engenharia da Produção em especial aos professores: Ronaldo Hoffmann; Leoni Godoy Penteado; João Hélio Righi; Júlio Siluk; Denis Rabenschlag; Alberto Schimidt; Leandro Cantorski da Rosa; Djalma Dias da Silveira; Adriano Mendonça Souza, que com seus conhecimentos contribuíram para o meu crescimento profissional e humano.

A Nara Stefano minha eterna gratidão por ter estado ao meu lado nos momentos difíceis da jornada, pela insistência em agregar a análise econômica na pesquisa: como profissional, absorvi um pouco do seu conhecimento, como amiga, aprendi com você a lutar mais pelos meus sonhos e ser mais humana.

Aos amigos de Mestrado: Angela Marcolan, Andréia Fontoura, Cássio Bertoldo, Cristina Turcato, Clicéres Dal Bianco, Daiana Wender, Jonathan Mendes, Maria da Graça Lisboa e Fernando Stefanello.

Aos amigos Irmãos: Angela dos Santos, Cícero Urbanetto Nogueira, Cícero Genro, Daniela Ribeiro, Marjana Henzel, Nara Stefano, Cátia Camera, Rafael Couto, Carina Corrêa, Isabela Braga, Inês Rodrigues, Margarete Trindade Hahn, Elizabeti Trindade, Inês, Sérgio Dalla Costa, Guilherme Dalla Costa, Francisco Nunes, Cassiane da Costa e Jaqueline Haas pela convivência e laços de amizade.

A Equipe SOMAR que me acolheu e como resultado desses e de outros contatos, desenvolvi alguma força interior que ajudou e logo esqueci minhas dificuldades, minha pobreza, meus sofrimentos, minha solidão e frustrações. Esses relacionamentos me deram a confiança, à medida que foram desafiadores no meu crescimento pessoal, profissional e humano, mostrando que eu poderia andar com as próprias pernas, bem como o fortalecimento de sonhos e outros valores de simplicidade, humildade e doação. O prazer de ter a boa vontade e apoio de

valerosos homens e mulheres que eu não conhecia até então e a quem tenho meu profundo carinho e respeito.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão parcial da bolsa de fomento à pesquisa.

Talvez a dissertação não tenha dado os frutos esperados inicialmente enquanto “sonho” inicial, mas tenho certeza que aprendi muito durante a trajetória, o caminho foi longo cheio de medos, inseguranças e principalmente desafios pessoais. Contudo, as oportunidades também foram grandiosas, como bênçãos conheci pessoas únicas cheias de luz própria que foram verdadeiros exemplos de gratidão e carinho. Obrigada a cada uma.

Enfim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para minha formação.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA E ECONÔMICA DAS CULTURAS DE ARROZ, SOJA E TRIGO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO TECNIFICADOS NO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: FERNANDA DE FIGUEIREDO FERREIRA

ORIENTADOR: RONALDO HOFFMANN

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 20 de dezembro de 2010.

A presente análise tem a finalidade de comparar o desempenho entre unidades e atividades produtivas, interligando os parâmetros energéticos aos econômicos, sociais e culturais, na gestão dos recursos naturais nos sistemas de produção. Sendo assim, a dissertação tem como questão norteadora analisar a relação entre a energia produzida e consumida durante o processo de produção das principais culturas de cereais do Estado do Rio Grande do Sul, a saber: trigo, arroz e soja, em contraposição aos resultados econômicos das respectivas atividades. A pesquisa foi do tipo exploratório, a partir de estudos de multicaso, com uso de pesquisa bibliográfica, análises de laboratório e entrevistas com produtores. A escolha das unidades de produção estudadas privilegiou as que adotam sistemas produtivos tecnificados, onde se desenvolve a agricultura de precisão e a utilização controlada de recursos naturais, como a água. Para determinar os resultados de análises energéticas foram realizados os balanços energéticos e as eficiências culturais e energéticas das culturas, ao passo que para os resultados econômicos das atividades estudadas foi utilizada a teoria do Valor Agregado. Os resultados demonstram que a atividade da soja, em sistema de plantio direto com rotação de culturas, alcançou a maior eficiência energética, entre 25,58 MJ.ha⁻¹ a 38,39 MJ.ha⁻¹, sendo que a relação de menor eficiência foi a cultura do trigo, com 3,13 MJ.ha⁻¹. Em relação ao desempenho econômico das culturas, a soja igualmente mostrou a melhor eficiência econômica 2,47 e o do trigo 1,14 a menor. Cabe destacar os significativos resultados econômicos obtidos pela cultura do arroz, expressos pelo alto valor agregado obtido por unidade de área (VAL/ha de R\$ 3.802,00) em função de sua alta produtividade física. Apesar dos indicadores energéticos serem positivos, houve significativos gastos com fertilizantes, combustíveis e agrotóxicos em todas as propriedades estudadas. Desta forma reforça-se a importância do debate sobre a sustentabilidade socioambiental dos sistemas estudados, principalmente quando analisados sob a ótica dos gastos energéticos de bens não-renováveis e da problemática social atribuída a mão-de-obra.

Palavras-Chave: Eficiência energética, eficiência econômica, eficiência cultural, balanço energético, custo de produção, sistemas de cultivo da soja, arroz e trigo.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Production Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

MATRIX ANALYSIS OF ENERGY AND ECONOMIC CROP OF RICE, SOY AND WHEAT IN INTENSIVE PRODUCTION SYSTEM IN RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: FERNANDA DE FIGUEIREDO FERREIRA
ADVISER: RONALDO HOFFMANN

Place and Date of Defense: Santa Maria, December 20, 2010.

The energy analysis aims to compare the performance between productive units and activities, searching an approach to link the energy with the economic, social and cultural parameters in the management of natural resources in economic systems. The main question that arises and guides this dissertation is the analysis of the energy produced and consumed during the production process of major crops in the state of Rio Grande do Sul, namely, rice, soybeans and wheat, opposed to the economic results of such activities. The research was exploratory and based on multi-case studies with the use of literature review, laboratory analysis and interviews with producers. The choice of the production units studied favored the production systems that adopt modern technologies, where precision agriculture and controlled use of natural resources, such as water, are developed. Calculations were performed considering the energy available with workforce, seeds, fertilizers and pesticides (herbicides, insecticides and fungicides) machinery and equipment as well as fuels (lubricating oils, greases and diesel). To obtain the results of economic activities the added-value theory was used. The results demonstrate that the activity of soybean in no-tillage system with crop rotation achieved the highest energy efficiency between 25.58 MJ.ha⁻¹ and 38.39 MJ.ha⁻¹, whereas wheat culture showed the lowest efficiency with 3.13 MJ.ha⁻¹. Regarding the economic performance of crops, soybeans showed the highest economic efficiency 2,47 and wheat the lowest 1,14. It is worth mentioning the significant economic results achieved by the rice crop, expressed by the high added-value obtained per unit area (VAL/ha R\$ 3,802.00) due to its high physical productivity. In spite of having positive energy indicators, significant expenses on fertilizer, fuel and pesticides were observed in all properties studied. Thus, we reinforce the importance of the debate on social and environmental sustainability of the systems studied, especially when analyzed from the perspective of energy expenses of non-renewable resources and social problems attributed to workforce.

Keywords: Energy balance, energy efficiency, economic efficiency, cropping system of soybean, rice and wheat.

LISTA DE QUADROS

Figura 1 – Ciclo de vida de um sistema energético.....	28
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1.2.1 – Estrutura de dispêndios energéticos do trigo cultivado em sistema de plantio direto, no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.....	62
Tabela 4.1.2.2 – Dispêndios energéticos de fertilizantes do trigo cultivado em sistema de plantio direto, no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007.	63
Tabela 4.1.2.3 – Dispêndios energéticos de fertilizantes do trigo em sistema de plantio direto, cultivados no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2008.	63
Tabela 4.1.2.4 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos na safra agrícola de trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007 e 2008.....	65
Tabela 4.1.2.5 – Dispêndios energéticos da mão-de-obra do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007 e 2008.	66
Tabela 4.1.2.6 – Dispêndios energéticos das sementes do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.....	66
Tabela 4.1.2.7 – Dispêndios energéticos de agrotóxicos no trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007 e 2008.	67
Tabela 4.1.2.8 – Dispêndios energéticos de combustíveis do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.	67
Tabela 4.1.3.1 – Dados de laboratório da pesquisa de campo da safra agrícola de trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.....	68
Tabela 4.1.3.2 – Produção de energia por hectare de trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá em Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.....	69
Tabela 4.1.3.3 – Balanço energético, eficiência energética, eficiência cultural da cultura do trigo, por hectare.....	70
Tabela 4.1.4.1 – Variáveis que compõem os resultados econômicos do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.....	72
Tabela 4.1.4.2 – Indicadores de resultados econômicos do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.	73
Tabela 4.1.4.3 – Consumo Intermediário do trigo, cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.	74
Tabela 4.1.4.4 – Distribuição do Valor Agregado do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.....	75
Tabela 4.2.2.1 Estrutura de dispêndios energéticos do arroz irrigado cultivados em sistema mix de produção, na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.....	86
Tabela 4.2.2.2 Dispêndios energéticos de combustíveis do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.....	87

Tabela 4.2.2.3 Dispêndios energéticos de sementes do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e na UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, nas safras 2007 e 2008.....	88
Tabela 4.2.2.4 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A em Caçapava do Sul, safras 2007.	89
Tabela 4.2.2.5 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, safra 2007.....	90
Tabela 4.2.2.6 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, safra 2008.....	91
Tabela 4.2.2.7 – Dispêndios energéticos da mão-de-obra do arroz irrigado em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.	92
Tabela 4.2.2.8 – Dispêndios energéticos de agrotóxicos do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.	93
Tabela 4.2.2.9 – Dispêndios energéticos de fertilizantes do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.	94
Tabela 4.2.3.1 – Dados de laboratório da pesquisa de campo da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e na UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, nas safras 2007 e 2008.	97
Tabela 4.2.3.2 – Balanço energético, do arroz irrigado cultivado em sistema mix de produção na UPA A e na UPA B em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul RS, nas safras 2007 e 2008.....	97
Tabela 4.2.3.3 – Produção de energia por hectare do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e na UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, nas safras 2007 e 2008.....	98
Tabela 4.2.4.1 – Variáveis que compõem os resultados econômicos do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.....	99
Tabela 4.2.4.2 – Consumo Intermediário do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivados na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.	101
Tabela 4.2.4.3 – Distribuição do Valor Agregado do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.	102
Tabela 4.2.4.4 – Indicadores de resultados econômicos do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.	103
Tabela 4.3.2.1 – Estrutura de dispêndios energéticos da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	112
Tabela 4.3.2.2 – Dispêndios energéticos de fertilizantes da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.	113

Tabela 4.3.2.3 – Dispêndios energéticos dos combustíveis da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	115
Tabela 4.3.2.4 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos, da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA A, safras 2007 e 2008.....	117
Tabela 4.3.2.5 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos, da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA B, safras 2007 e 2008.....	118
Tabela 4.3.2.6 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos, da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA C, safras 2007 e 2008.....	119
Tabela 4.3.2.7 – Dispêndios energéticos da mão-de-obra da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	120
Tabela 4.3.2.8 – Dispêndios energéticos das sementes da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	121
Tabela 4.3.2.9 – Dispêndios energéticos dos agrotóxicos da soja, em sistema de plantio direto, cultivados nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	122
Tabela 4.3.3.1 – Produção de energia da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	123
Tabela 4.3.3.2 – Dados de laboratório da pesquisa de campo da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	125
Tabela 4.3.4.1 – Variáveis que compõem os resultados econômicos da soja, em sistema de plantio direto, cultivados na UPA B, safras 2007 e 2008.....	126
Tabela 4.3.4.2 – Consumo Intermediário da soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA C, safras 2007 e 2008.....	127
Tabela 4.3.4.3 – Distribuição do Valor Agregado (DVA) da soja, em sistema de plantio direto, cultivados nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.....	128
Tabela 4.3.4.4 – Indicadores de resultados econômicos da soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA B, safras 2007 e 2008.....	129
Tabela 5.1 – Média dos dispêndios energéticos, por hectare das culturas de trigo, arroz e soja, safras 2007 e 2008.....	131
Tabela 5.2 – Valores médios das variáveis que compõem a análise dos resultados econômicos das culturas de trigo, arroz e soja, safras 2007.....	134
Tabela 5.3 - Comparação entre os indicadores que compõem a análise dos resultados energéticos e econômicos das culturas de trigo, arroz e soja, safras 2007 e 2008.....	135

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	O Panorama Energético Nacional e a Agricultura Moderna	20
2.2	A Energia e os Agroecossistemas: Balanços Energéticos.....	22
2.2.1	Os tipos de energia	23
2.2.2	Classificação das entradas de energia.....	26
2.3	O Perfil Energético da Agricultura Brasileira	29
2.3.1	Perfil energético da cultura do trigo	30
2.3.2	Perfil energético das lavouras de arroz	34
2.3.3	Perfil energético da cultura da soja	39
2.3.4	Perfil energético das máquinas e equipamentos	41
2.3.5	Perfil energético dos insumos	44
2.3.6	Perfil energético dos combustíveis	44
2.3.7	Perfil energético da mão-de-obra	45
3	METODOLOGIA.....	47
3.1	O local do Estudo: A Cooperativa Triticola Caçapavana – COTRISUL	47
3.2	Os Casos Estudados	48
3.3	Os Cálculos Energéticos e Métodos de Conversão	50
3.3.1	Equação da mão-de-obra	50
3.3.2	Equações das sementes	51
3.3.3	Equações dos fertilizantes e corretivos	51
3.3.4	Equação dos agrotóxicos	52
3.3.5	Equações das máquinas e equipamentos	52
3.3.6	Equação dos combustíveis.....	53
3.3.7	O cálculo dos valores econômicos	54
3.3.8	O cálculo do balanço energético	56
3.3.9	O cálculo da eficiência cultural	56
3.3.10	O cálculo da eficiência energética	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1	O Balanço Energético da Cultura do Trigo.....	58
4.1.1	Descrição da unidade de produção agrícola estudada (UPA C)	58
4.1.2	Dispêndios energéticos da cultura do trigo.....	60

4.1.3	Produção de energia e análise do balanço energético da cultura do trigo	68
4.1.4	Desempenho econômico da cultura do trigo.....	71
4.1.5	Análise do balanço energético e econômico da cultura do trigo	76
4.2	O Balanço Energético da Cultura do Arroz Irrigado	77
4.2.1	Descrição das UPAs estudadas.....	77
4.2.2	Dispêndios energéticos da cultura do arroz irrigado	85
4.2.3	Produção de energia e balanço energético da cultura do arroz irrigado..	96
4.2.4	Desempenho econômico da cultura do arroz irrigado.....	99
4.2.5	Análise do balanço energético e econômico das UPAS de arroz irrigado.....	104
4.3	O Balanço Energético da Cultura da Soja.....	105
4.3.1	Descrição da UPAs estudadas	105
4.3.2	Dispêndios energéticos das UPAs da cultura da soja.....	112
4.3.3	Produção de energia e balanço energético da cultura da soja	122
4.3.4	Desempenho econômico da cultura da soja	126
4.3.5	Balanço energético e econômico das UPAS da cultura da soja	130
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

1 INTRODUÇÃO

Os cenários agrícolas contemporâneos têm mostrado a alta demanda por energia para incrementar e viabilizar os processos produtivos da agropecuária, além de suas interfaces econômicas e ambientais que encadeiam a ênfase na qualidade e produtividade nos diferentes sistemas de produção. Nesse conflito, entre a busca da sustentabilidade e de novos padrões de consumo, no que tange a produção em longo prazo, verifica-se a necessidade de entender os fluxos de energia e dos ciclos de matéria, elementos estruturais da produtividade ambiental.

Deste modo, as análises energéticas devem revestir-se, portanto, de igual importância para o planejamento da atividade agrícola, juntamente com a análise econômica, sendo talvez aquela que traduza de forma privilegiada as principais conjunturas de sustentabilidade das unidades de produção.

A análise ecológico-energética objetiva a comparação do desempenho energético entre unidades produtivas e procura uma abordagem no sentido de interligar os parâmetros energéticos aos econômicos, sociais e culturais, na gestão dos recursos naturais dos sistemas socioeconômicos. Um sistema tecnologicamente adequado, que busca maior eficiência na utilização da energia não-renovável e no lucro, somente poderá ser estabelecido mediante uma racionalização das atividades executadas na propriedade (IGUE, 1980).

Assim, torna-se oportuno que esses estudos ultrapassem a mera aprovação do balanço energético, à medida que novas práticas culturais sejam adotadas e ajudem a elucidar o quanto se tem relegado, distorcido e marginalizado as evidências dos excessivos gastos energéticos relativos ao processo das cadeias produtivas atuais. A pouca ênfase dada às abordagens científicas e de estudos comparativos tem ofuscado o desafio crítico conceitual que os potenciais de cada cultura poderiam trazer para a teoria e para a prática das ciências em geral.

Assim, as principais questões que corroboram para o melhor entendimento do estudo e norteiam essa pesquisa são as análises das eficiências energéticas e culturais, bem como os balanços energéticos, em contraposição aos resultados econômicos das respectivas propriedades.

Com a finalidade de somar esforços nesta perspectiva, a presente dissertação tem por objetivo geral analisar a matriz energética de três cultivos característicos das unidades de produção de grãos do RS, trigo, arroz e soja.

Para responder esta questão, o trabalho adotou os seguintes objetivos específicos:

a) Analisar a importância dos diferentes componentes da matriz energética das culturas do trigo, arroz e soja em unidades de produção tecnificadas do RS.

b) Estimar os resultados econômicos dos cultivos de trigo, arroz e da soja, analisando o peso relativo das diferentes variáveis que compõem a renda agrícola destas atividades.

c) Comparar os balanços energéticos, as eficiências culturais, energéticas e econômicas das culturas estudadas.

Em relação aos aspectos metodológicos, a opção foi de investigar unidades de produção que adotam sistemas produtivos tecnificados, onde se desenvolve a agricultura de precisão e a utilização controlada de recursos naturais, como a água.

Assim, a importância da pesquisa desses sistemas de produção deve-se a necessidade de estudos que ultrapassem a discussão acerca da produtividade física, observando outras variáveis e critérios capazes de mensurar, quantificar e analisar as atuais práticas deste modelo de desenvolvimento agrícola, o que ele realmente conserva. Quais suas práticas de controle frente aos recursos naturais e qual sua relação com o balanço e a eficiência energética.

Assim, esta pesquisa enfatizou a avaliação do balanço energético das principais culturas de valor econômico do Estado do Rio Grande do Sul, trigo, arroz e soja, desconsiderando a cultura do milho que embora com grande importância no Estado, na região em que se desenvolveu o estudo, nos anos em questão, teve pouca expressividade, devido aos constantes prejuízos causados pelas estiagens. Foram observados os sistemas de plantio convencional e o sistema mix¹, que é uma variante do sistema pré-germinado com elementos do sistema convencional, para a

¹ Sistema mix: Este sistema é uma variante do sistema pré-germinado. Através de operações mecânicas de preparo antecipado do solo estimula-se a germinação das sementes de plantas daninhas. Cerca de 15-20 dias antes da semeadura deve ser feita a dessecação da cobertura vegetal e a inundação do solo. Um dois pontos importantes a ser observado neste sistema é o desenvolvimento da cobertura vegetal. Ela deve ser a mínima possível, pois o excesso não permite que as sementes pré-germinadas atinjam o solo e a decomposição de muita matéria orgânica dentro da água gera produção de ácidos orgânicos que interferem negativamente no desenvolvimento das sementes. (ver IRGA, 2005, pg. 45-46).

cultura do arroz com a integração lavoura-pecuária, e plantio direto para as culturas da soja e do trigo, nos distritos conhecidos como Geribá, Capané e Seival, municípios de Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul/RS. As propriedades escolhidas são vinculadas a uma cooperativa agrícola e de assistência técnica da região.

A pesquisa foi do tipo exploratório a partir de estudos de multicaso, com uso de pesquisa bibliográfica, análises de laboratório e entrevistas com os produtores. Os cálculos foram realizados considerando o consumo energético disponibilizado com mão-de-obra, sementes, fertilizantes e agrotóxicos (herbicida, inseticida, fungicida) máquinas e equipamentos, além dos combustíveis (óleos lubrificantes, graxas e óleo diesel). Desta forma, foram determinadas as equações para a base de cálculos, tendo como referência os trabalhos desenvolvidos por SERRÃO e OCÁCIA, (2006). Para a determinação dos resultados econômicos das atividades estudadas foi utilizada a teoria do Valor Agregado (BROSSIER et al., 1989; DEFUMIER, 2007; SILVA NETO et al.; 1998; LIMA et al., 2001). O valor agregado é uma medida que procura distinguir a geração de bens e serviços da sua distribuição entre os diferentes agentes que participam da produção.

Em relação à estrutura da presente dissertação, além desta introdução, a mesma está estruturada em quatro capítulos. O primeiro capítulo, 'Referencial teórico', procurou resgatar os estudos da temática, bem como explicar os conceitos que sustentam a metodologia do trabalho.

O segundo capítulo versa sobre a 'Metodologia' onde estão detalhados os passos metodológicos adotados para alcançar os objetivos do trabalho. Neste capítulo, além dos esclarecimentos acerca do método, estão explicitadas as equações utilizadas.

O terceiro capítulo expõe os 'Resultados e discussões', onde são apresentados os principais resultados da pesquisa, bem como a análise das tabelas e dos resultados das equações gerados.

No último capítulo, 'Considerações finais', é apresentada uma avaliação do alcance dos objetivos do trabalho, bem como retomados os seus principais avanços. Por fim, a partir das referidas avaliações, é sugerida a possível continuidade e ampliação desta linha de pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Panorama Energético Nacional e a Agricultura Moderna

O Balanço Energético Nacional de 2007 (BEN) informa que o consumo brasileiro de energia em 2006 atingiu 202,90 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep). Considerando-se as projeções do International Energy Outlook 2007 - IEO de um crescimento de consumo de energia de 2,7% ao ano, entre o período de 2004 a 2030, o país consumirá 381,21 milhões de tep em 2030. Em 2006, o consumo de energia por habitante no Brasil foi de 1,09 tep por habitante. Os 202,9 milhões de tep consumidos pelo Brasil em 2006 correspondem a 89,7% da Oferta Interna de Energia - OIE, sendo um consumo 3,3 vezes superior ao verificado em 1970.

Dados do Balanço Energético Anual Brasileiro – BEM (Ministério de Minas e Energia, 2009) indicam que a demanda total de energia no Brasil, em 2008, atingiu 251,5 milhões de tep, valor este 5,3% superior à demanda existente em 2007 e que representa um consumo per capita de 1,34 tep, frente aos 1,29 tep existentes em 2007. Contudo, ainda apresenta valor inferior à média mundial que é de 1,8 tep/ha e muito inferior à média dos países da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), ou seja, o grupo de países mais industrializados da economia de mercado, que é de 4,7 tep/hab.

De acordo com o IEO 2007, o consumo mundial de energia em 1990 foi de 8,75 bilhões de tep (347,3 quadrilhões de Btu²). Em 2004, esse valor atingiu 11,26 bilhões de tep. Considerando-se uma taxa de crescimento média de 1,8% no período 2004 a 2030, podemos estimar que em 2030 o consumo mundial seja de 17,68 bilhões de tep. Isso representa um crescimento de 57% no mercado mundial de energia.

Nessas estimativas, a agricultura moderna ou convencional, que tem como base o uso de agrotóxicos, envolvendo grandes dispêndios de energia para sua transformação, tem em contrapartida a crise alimentar, que em 2008 trouxe um primeiro vislumbre dos problemas que estão surgindo com os picos de produção

² Btu - Unidade Térmica Britânica

global de petróleo. Como a quantidade total anual de óleo fisicamente capaz de ser extraído da terra começa a diminuir ao longo das décadas seguintes, a agricultura pode encontrar-se dependente de um recurso escasso e caro. Em igual período, os mercados de commodities do mundo atingiram seu maior nível em 30 anos, os preços dos alimentos dispararam e sua escassez se agravou, levando a distúrbios que afetam mais de 40 países (HELLWINKEL e UGARTE, 2009).

Da mesma forma, esses autores salientam que, com a desaceleração econômica mundial a partir de finais de 2008, tanto a energia quanto os preços dos alimentos de commodities recuaram de sua margem de alta. Contudo, as previsões de produção convencionais de petróleo em declínio sugerem que é apenas uma questão de tempo, antes que os preços do petróleo subam mais uma vez. Desta maneira, novas crises alimentares podem surgir, principalmente pelo aumento dos custos de entrada, denominados inputs.

A agricultura, bem como o setor da indústria, tem ao longo do século passado obtido grandes vantagens com a extração e refino do petróleo, matéria-prima com alto poder calorífico dentro das energias não-renováveis. Assim, com base nessas energias, o sistema industrial agrícola tem sustentado sua alta escala de produção, com o objetivo de alimentar uma população crescente. Contudo, as evidências indicam que esta estratégia é pouco adequada para enfrentar os desafios ambientais do século 21. Nesse sentido, é imprescindível que nas próximas décadas, as práticas agrícolas se tornem menos dependentes da energia fóssil, alcancem maior eficiência à medida que oportunizem o uso das energias renováveis no processo de regeneração da qualidade e fertilidade dos solos, além de atender as necessidades de alimentação humana, com maior equilíbrio no uso dos recursos naturais.

Conforme Gliessmann (2000, p.509) a "modernização" agrícola das últimas décadas tem sido basicamente um processo de adição de quantidades cada vez maiores de energia na agricultura, visando o aumento da produtividade dos grãos. Contudo, a maior parte desse aporte de energia adicional vem, diretamente ou indiretamente, de combustíveis fósseis não-renováveis. Além disso, o retorno do investimento de energia na agricultura convencional não é favorável: em muitas culturas, investimos mais energia do que conseguimos de volta como alimento. A forma de agricultura adotada hoje, com o uso cada vez mais intensivo de energia,

acarreta no comprometimento da fertilidade do solo, na perda de mesofauna e de organismos sensíveis que compõem a estrutura física e biológica do solo.

Como observaram Serra et al. (1979), a produtividade de uma dada cultura é resultante da associação de diversos fatores fundamentais, como o clima, solo e variedades adaptadas às características edafoclimáticas de cada região. Entretanto, a produção agrícola é altamente dependente da energia investida na cultura, presente na utilização de insumos, no emprego de máquinas e equipamentos, na infra-estrutura física e nos gastos com mão-de-obra, fatores que se sobrepõem na agricultura moderna. (COMITRE,1993).

Assim, a modernização dos setores agrícola, industrial e de transportes, apoiada no modelo dos países desenvolvidos, necessita cada vez mais de recursos energéticos, sejam eles de fontes renováveis ou não, conforme (COMITRE, 1993). No entanto, Goldemberg (1981) salienta que uma "fonte alternativa" das mais interessantes para o país, sem dúvida, é a economia de energia. E para tornar mais eficiente o uso de energia é preciso conhecer as especificidades dos processos que as utilizam. Nesses processos existem pontos de estrangulamento que podem ser identificados dentro de uma perspectiva energética.

Assim, busca-se, à semelhança de uma auditoria contábil, realizar uma auditoria energética, cujo objetivo é determinar de que forma a energia entra no sistema e o que ocorre com ela nos diversos estágios do processo. Nesse sentido, o estudo da eficiência energética³ é fundamental para se detectar mudanças no consumo de energia, sem a qual não pode haver planejamento energético.

2.2 A Energia e os Agroecossistemas: Balanços Energéticos

A energia é um componente básico dos ecossistemas e da biosfera como um todo, pois fundamentalmente, os ecossistemas captam e transformam essa energia, muito bem compreendida no processo realizado pela fotossíntese. Assim, pode-se dizer que a energia flui constantemente numa mesma direção através dos ecossistemas (GLIESSMANN, 2000).

³ Eficiência energética: segundo RISOURD (1999), representa a relação entre o somatório das energias brutas dos produtos pelo somatório das energias não renováveis. (ver JASPER et al., 2010, pg.398).

A agricultura, em essência, é a manipulação humana da captação e fluxo de energia em ecossistemas. Os seres humanos usam agroecossistemas para converter energia solar em formas particulares de biomassa - formas que podem ser usadas como alimento, ração, fibra e combustível.

Em todos os agroecossistemas, desde o preparo do solo, semeadura, manejo e colheita, identificados na agricultura primitiva até os agroecossistemas intensamente alterados pela agricultura mecanizada de hoje, requer-se um aporte de energia humana, além daquela oferecida pelo sol. Este aporte é necessário, em parte, devido à remoção intensiva de energia dos agroecossistemas na forma de material colhido. Mas ele também é necessário porque um agroecossistema deve, até certo ponto, desviar-se e opor-se aos processos naturais. Assim, os seres humanos podem intervir de várias maneiras. Entre estas, através dos tratamentos culturais, desde o controle de plantas invasoras, no manejo de pragas e doenças, no processo de irrigação, no cultivo do solo, atividades tradicionais de lavoura, pois estas atividades requerem trabalho e gasto energético.

2.2.1 Os tipos de energia

A energia, provinda de fontes externas ou internas, é o substrato essencial para a operação e conservação de todos os sistemas. Este enunciado vale tanto para a Biosfera, quanto para os biomas e ecossistemas terrestres, e aplicam-se também aos sistemas antrópicos, entre eles os sistemas agrícolas. Assim sendo, considerando que tudo é energia, porém em diversas formas de estado, organização ou manifestação, a medição da energia pode constituir um padrão de medida dos estoques e fluxos que existem nos ecossistemas (ODUM, 1996).

No mundo físico e em ecossistemas, a energia move-se constantemente de um lugar para outro e muda de forma. Como isso ocorre é descrito pelas leis da termodinâmica. De acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, também conhecida como o Princípio da Conservação de Energia, ela não é criada nem destruída, não importa que transferências ou transformações ocorram na sua distribuição, o seu total permanece inalterado, e toda ela pode ser contabilizada. Por exemplo, a energia térmica e a energia luminosa, criadas pela queima de lenha

(mais a energia potencial dos produtos resultantes) são iguais à energia potencial da lenha e do oxigênio antes de queimarem.

A Segunda Lei da Termodinâmica afirma que, quando a energia é transferida ou transformada, parte dela é convertida em uma forma que não pode mais ser passada adiante e não fica disponível para realizar trabalho. Esta forma degradada de energia é calor, que é simplesmente o movimento desorganizado de moléculas. A segunda lei da termodinâmica significa que sempre há uma tendência na direção de maior desordem ou entropia. Para opor-se à entropia e para criar ordem, em outras palavras, torna-se necessário gastar energia.

O efeito da segunda lei pode ser visto em um ecossistema natural, à medida que a energia é transferida de um organismo para outro na forma de alimento, grande parte dela é degradada em calor pela atividade metabólica, com um aumento líquido de entropia. Em outro sentido, os sistemas biológicos não parecem ajustar-se à segunda lei da termodinâmica, porque são capazes de fazer isso por causa do constante aporte energético de fora do sistema, na forma de energia solar.

Dessa forma, torna-se intrínseco que todo processo energético tem perdas, alterando a situação anterior e conseqüentemente gerando impactos no ambiente, pois a realidade física não pode contradizer as leis da entropia e da termodinâmica. Assim, uma maneira para classificar itens do balanço energético pode ser representada através do Quadro 2.2.1.

Uma análise dos fluxos de energia em qualquer sistema requer medir o uso da energia. Embora toda a energia contida no alimento consumido originalmente venha do sol, precisa-se de energia adicional para produzi-lo no contexto de um agroecossistema. Essa energia adicional vem na forma de trabalho humano, animal, nas máquinas e nos insumos utilizados. Assim, são exemplos, a energia utilizada para a fabricação das máquinas e equipamentos, bem como todos os insumos que englobam sementes, fertilizantes (como adubos e corretivos de solo), além de agrotóxicos (como herbicidas, fungicidas e inseticidas). De outra maneira, também podem ser citados os combustíveis que oneram a maior parte das atividades agrícolas, incluindo desde o manejo do solo, os tratos culturais, irrigação, colheita até o transporte para comercialização. Desta forma, é importante verificar todos estes insumos energéticos para entender os custos de energia da produção agrícola e para desenvolver uma base para seu uso mais eficiente na agricultura.

QUADRO 2.2.1 – Classificação das fontes energéticas:

Fontes		Energia Primária	Energia secundária
Não-renováveis	Fosséis	Carvão mineral	Termoeletricidade, calor, combustível para transporte
	Nuclear	Petróleo e derivados, gás natural, materiais fósseis	Termoeletricidade, calor
Renováveis	“tradicionais”	Biomassa primitiva: lenha de desmatamento	Calor
	“convencionais”	Potenciais hidráulicos de médio e grande porte	Hidreletricidade
	“modernas” (ou “novas”)	Potenciais hidráulicos de pequeno porte; Biomassa “moderna”: lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais)	Biocombustíveis (etanol, biodiesel, termoeletricidade, calor)
		Outros Energia solar Geotermal Eólica Maremotriz e das ondas	Calor, eletricidade, fotovoltaica Calor e eletricidade eletricidade

Fonte: Goldemberg e Lucon, 2008, pag. 69

Quanto maior o esforço sobre o meio ambiente para modificar os processos naturais para a produção de alimentos, maior a quantidade de energia cultural exigida. A energia é necessária para manter um sistema com baixa diversidade, para limitar a interferência das atividades físicas e químicas do sistema, a fim de

manter crescimento e desenvolvimento ótimos dos organismos cultivados, repercutindo na qualidade do produto e no seu rendimento.

Aportes maiores de energia cultural possibilitam produtividade mais alta. Porém, não existe uma relação de um para um entre esses dois fatores. Quando o aporte de energia cultural é muito alto, o "retorno" do "investimento" de energia cultural frequentemente é mínimo. Como o que sai de um agroecossistema pode ser medido em termos de energia, pode-se avaliar a eficiência de uso no agroecossistema com um índice, a quantidade de energia contida na biomassa colhida em relação à quantidade de energia cultural exigida para produzi-la. Em todos os agroecossistemas, esse índice varia desde aqueles em que sai mais energia do que entra, até nos quais os aportes de energia são maiores do que a saída.

Em agroecossistemas mecanizados, no entanto, aportes muito altos de energia indireta de fonte industrial substituem a maior parte da energia direta de fonte biológica, possibilitando altos níveis de rendimento, mas reduzindo muito a eficiência do uso de energia. Na produção de grãos como milho, trigo e arroz, esses agroecossistemas podem render de 1 a 3 calorias de energia de alimento por caloria de energia cultural.

A análise energética quantifica, de maneira estimada, a energia diretamente consumida e/ou indiretamente utilizada (como parte integrante do fluxo energético global), em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo (HESLES, 1981). É um processo de avaliação das "entradas" (inputs) e "saídas" (outputs) de energia de agroecossistemas, para posterior e concomitante interação com análises em outros campos do conhecimento (BUENO, 2002).

2.2.2 Classificação das entradas de energia

A FAO (1976) classificou os recursos energéticos em renováveis e não-renováveis. Assim, os recursos energéticos renováveis compreendem os produtos originários do processo fotossintético como biomassa em geral, lenha e dejetos agrícolas; energia solar, hídrica, eólica, das marés e geotérmica. Recursos energéticos não-renováveis compreendem os combustíveis fósseis como carvão mineral, petróleo e gás natural e os combustíveis nucleares, conforme figura 1.

Do ponto de vista da forma com que os recursos energéticos se apresentam na natureza, Macedônio e Picchioni (1985) consideram energia primária as fontes provindas da natureza na sua forma direta, como a energia luminosa provinda do sol, a energia química provinda do petróleo, a energia mecânica provinda do vento ou da água, entre outras. A energia secundária é considerada aquela derivada da energia primária que passa por um centro de transformação. Por exemplo, o óleo diesel e os pesticidas é energia química secundária, derivada da energia química primária do petróleo encontrado na natureza. Os sistemas secundários preconizam maior dispêndio de energia, promovendo grandes desequilíbrios entre as relações naturais e o meio ambiente.

Para Santos et al. (2001), os sistemas de produção agrícola precisam ser energeticamente sustentáveis, uma vez que são sistemas abertos e a quantidade de energia que entra deve ser preferencialmente igual ou menor à que sai. Essa preocupação foi demonstrada por Carmo e Comitre (1991), sobre a tendência de apresentação do alto conteúdo em capital físico e energético nas tecnologias agrícolas dominantes. Também ratifica o posicionamento de Heichel (1980), no qual o maquinário, o consumo direto de combustíveis e fertilizantes nitrogenados compõem, a maior entrada de energia nos processos produtivos agrícolas convencionais.

De maneira mais detalhada, Carmo e Comitre (1993) consideram energia de origem biológica, a humana, a animal, os resíduos de animais e a da agroindústria, o material genético de propagação, os alimentos para os animais, a adubação verde e a cobertura morta. Já a energia de origem fóssil, segundo as autoras, é considerada aquelas encontradas nos produtos e subprodutos do petróleo, como combustíveis, lubrificantes, graxas, adubos químicos e agrotóxicos e para a energia de origem industrial, como as contidas nos tratores e equipamentos agrícolas (tração mecânica e animal) e na energia elétrica.

Quanto aos fluxos de energia existentes no processo de produção agrícola, Malassis (1973) considerou três categorias: fluxos externos, internos e perdidos ou reciclados. Entretanto, Comitre (1993) afirma que existem dificuldades práticas para a quantificação do fluxo perdido ou reciclado, assim como compensações entre as energias perdidas e as recicladas. Para a autora, o fluxo externo é aquele aplicado aos ecossistemas agrícolas, constituindo-se de dois tipos básicos de energia, a saber: energia direta e energia indireta. O fluxo interno é a energia contida na

produção, ou seja, gerada pelo próprio ecossistema agrícola. O fluxo perdido ou reciclado é formado pelas energias não utilizadas durante o processo produtivo, mais aquelas não aproveitadas pelo homem.

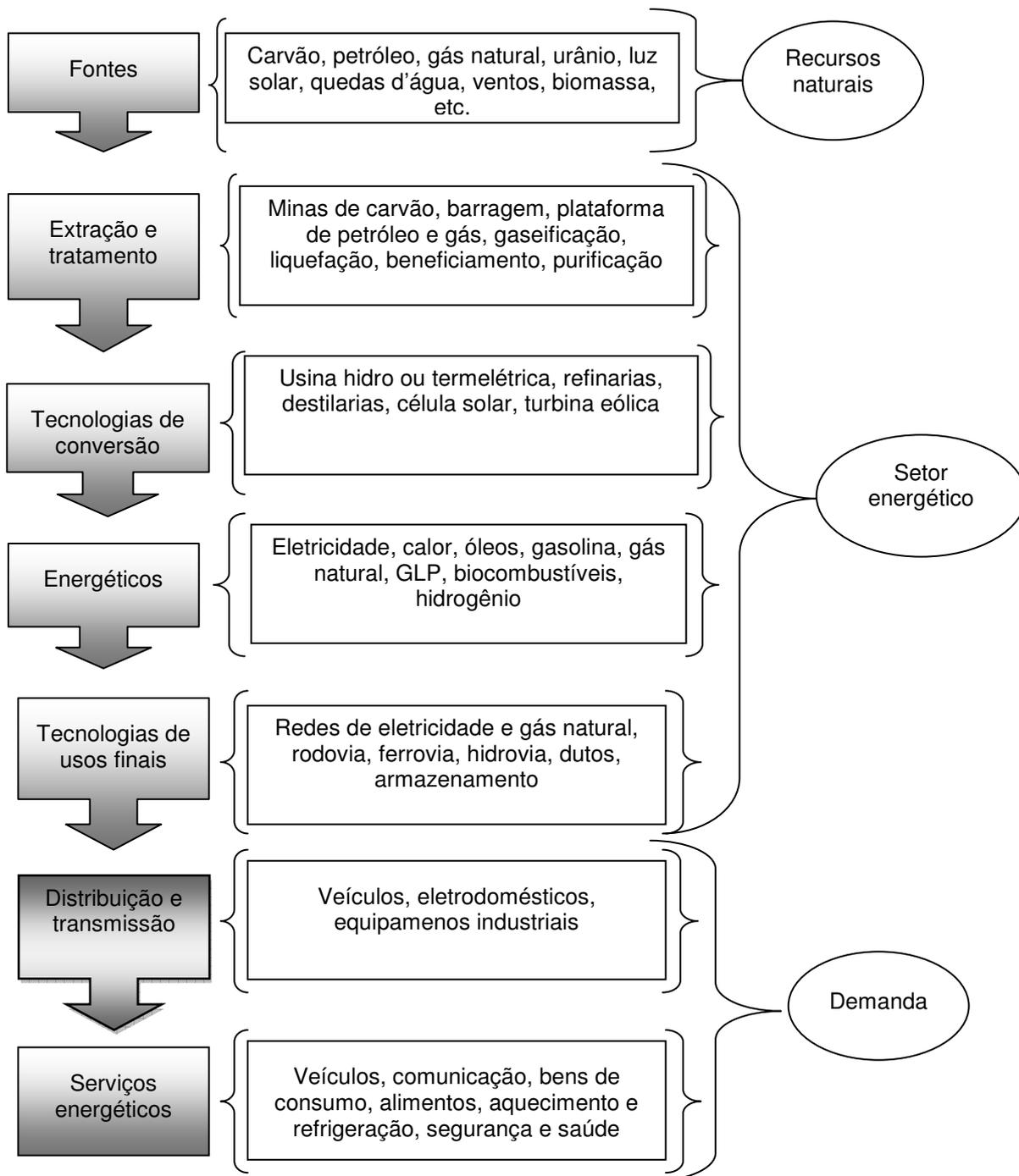


Figura 1 – Ciclo de vida de um sistema energético.

Compartilha da mesma classificação Ulbanere (1988), que classifica como energia direta o conteúdo energético dos combustíveis e lubrificantes. E, a energia indireta o conteúdo dos demais insumos e maquinaria, tais como: sementes, corretivos, fertilizantes, agrotóxicos, tratores, colheitadeiras, implementos e equipamentos. Neste estudo, o trabalho humano não foi contabilizado.

Para Bueno (2002), as análises de fluxos energéticos se dão em nível de ecossistemas, isto é, enfoques de avaliação da estabilidade de agroecossistemas pelas entradas de energia associadas às suas saídas em forma de calor e biomassa produzida. O autor apoiou seus estudos na classificação de fluxos energéticos adotados por Comitre (1993), já que ambos trabalham em regiões semelhantes, onde as formas de entrada de energia no agroecossistema, como mão-de-obra, sementes e trabalho animal, são consideradas de origem biológica; óleo diesel, lubrificantes e graxas são de origem fóssil; e ambas (biológica e fóssil) são consideradas energia do tipo direta. Máquinas, implementos, corretivo de solo, adubos químicos e agrotóxicos foram considerados formas de energia de origem industrial do tipo indireta. Zanini et al. (2003) afirmaram que a maioria dos autores que trabalham com balanço energético de sistemas agrícolas classifica a energia consumida no processo produtivo também sob duas formas: direta e indireta (DOERING III et al., 1977; DELEAGE et al., 1979; ZUCCHETTO & JANSSON, 1979; CASTANHO FILHO e CHABARIBERY, 1983; ULBANERE & FERREIRA, 1989; PELLIZZI, 1992; COMITRE, 1993; CLEVELAND, 1995; CAMPOS, 2001; e CAMPOS al., 2003).

Assim, quantificar a energia consumida no sistema de produção de uma cultura não é tarefa fácil, pois depende de muitos fatores. Neste sentido, é necessário estimar a energia consumida em todo o processo produtivo.

2.3 O Perfil Energético da Agricultura Brasileira

A agricultura calcada na maior escala produtiva tem como principal entrave o alto custo de energia, devido às grandes quantidades de insumos utilizados, contribuindo com a queda e conseqüentemente gerando um balanço energético pouco expressivo e muitas vezes deficitário.

O aumento da produtividade, com a adoção de novas tecnologias pode ser uma alternativa para aumentar a produção de uma propriedade, mas não necessariamente para aumentar a renda agrícola e eficiência energética. A prática da integração lavoura-pecuária pode ser uma dessas alternativas, considerando a melhor disposição das atividades agrícolas, bem como sua viabilidade, além das possíveis contribuições ambientais, seja pela reciclagem de nutrientes ou pela prática natural no controle de insetos.

2.3.1 Perfil energético da cultura do trigo

O trigo (*Triticum vulgare*) é a mais importante cultura cerealífera no mundo atual, seu significado na alimentação humana é evidenciado no pão, que representa um dos alimentos mais completos e saudáveis, dos que estão ao alcance da humanidade (ABITRIGO, 2009). Os registros sobre o surgimento desta cultura datam de antes de Cristo. No Brasil, desenvolveu-se primeiramente com os imigrantes portugueses que introduziram seu cultivo nos municípios de São José do Norte e Rio Grande, identificados nos estudos de Pons (1998), mas tomou corpo com a vinda dos colonizadores europeus para o continente americano (BRUM e HECK, 2005).

A produção de trigo representa cerca de 30% da produção mundial de cereais. O cultivo do trigo é tão disseminado pelo mundo inteiro que em qualquer mês do ano ele é colhido em alguma parte do planeta. Dos tipos de trigo cultivados, o trigo comum, por sua importância, representa mais de 90% da produção mundial. No Brasil, cultiva-se genericamente o trigo comum (*Triticum aestivum*). (MIRANDA, 2007).

Entre as regiões brasileiras, a região Sul apresenta as melhores condições para o desenvolvimento do cereal em relação às outras, sendo o Rio Grande do Sul o pioneiro na produção de trigo e, juntamente com o Paraná, correspondem por 90% da produção do país.

Em meados de 1950, com o fim da Segunda Guerra Mundial e o avanço nos processos de industrialização, ocorre uma ampla modernização no setor agropecuário, fato este observado pelo incremento no uso de máquinas e

implementos agrícolas, intensificados pela Revolução Verde, além dos pacotes de subsídios oferecidos pelo governo.

O desenvolvimento tecnológico da agricultura fez-se acompanhar por um crescimento no consumo de energia pelos agroecossistemas. As técnicas de produção que surgem com a revolução verde vêm apresentando um aumento nos gastos energéticos, os quais não estão sendo acompanhados proporcionalmente pelo aumento de produção (GLIESSMAN, 2000).

No início da década de 1970 esgotou-se a expansão da lavoura de trigo no Rio Grande do Sul. De 1972 em diante ocorreu acentuado declínio desta cultura no Estado, motivado principalmente pela baixa produtividade e pelas freqüentes frustrações de safras (BRUM e HECK, 2005). De fato, trata-se de uma lavoura extremamente delicada e insegura, considerando as variações climáticas, geadas, bem como a alta incidência de doenças, entre elas a ferrugem, além de algumas pragas. Desta forma, o rendimento torna-se muito frágil, tanto do ponto de vista econômico como energético, pelo incremento de controles externos ao processo produtivo, aumentando a carga de insumos, resultando em uma relação negativa no rendimento/dispêndio.

A análise de desempenho da produção de trigo no mundo desperta apreensões fundamentadas quanto aos indicadores de área cultivada, de produtividade e de volumes colhidos. Em estudos referentes ao rendimento médio, decorrentes de 37 anos (1950/1986), pode-se perceber que em apenas sete deles o rendimento médio no RS ultrapassou 1.000 quilos por hectare, sendo que o índice mais elevado de produtividade ocorreu em 1986, com 1.376 quilos por hectare, evidenciados por BRUM e MÜLLER, (2008). Nessa perspectiva, a adição de outros elementos, visando o aumento de produtividade, pode ocasionar uma baixa eficiência energética pelos *inputs* energéticos da cultura.

A partir do momento que a soja ganha espaço como commodity agrícola, o cultivo do trigo perde amplo espaço no território gaúcho, dados estes confirmados em pesquisa realizada por Jacobsen (2000), onde em 1985 o número de agricultores que cultivavam trigo era de 83.245, com área média de 11,44 hectares por produtor. Uma década após, 1995/96, o número de tricultores reduziu em mais de 50%, chegando a atingir o número de 33.677, com área média colhida de 9,89 hectares. No Censo Agropecuário de 1995/96, considerando a totalidade das terras que formam os estabelecimentos, identificou-se que 15.774 produtores de trigo (46,84%

do total) estavam em imóveis de até 20 hectares, e a área média colhida com trigo foi de 3,06 hectares. Em estabelecimentos de até 50 hectares estavam 27.914 dos produtores (82,89%), com 37,95% da área colhida e 33,21% da produção (1.203 quilos/hectare). A área média colhida de trigo por esse grupo foi de 4,53 hectares. Por sua vez, produtores com imóveis de 50 a menos de 100 hectares representaram 9,79% do total, colhendo 14,66% da área (média de 14,82 hectares), e foram responsáveis por 13,53% da produção (1.268 quilos/hectare). Os demais, com estabelecimentos cuja área é igual ou maior que 100 hectares, que somam 2.465 triticultores (7,32%), colheram 47,38% da área com trigo no Estado (63,99 hectares por estabelecimento) e 53,26% da produção (1.543 quilos/hectare).

Desta forma, a leitura que se faz da cultura pela oscilação dos mercados e pelo baixo rendimento originado principalmente pelas variações climáticas que ocorrem durante o manejo, é que a mesma está altamente atrelada a outros cultivos, com o objetivo de reduzir os fluxos de energia e manter a viabilidade do produto no mercado. Visto isso, podem-se diminuir os gastos referentes à mão-de-obra, máquinas e equipamentos, bem como dinamizar o uso do solo, reduzindo as perdas de nutrientes, partículas do solo através da sua cobertura, durante o inverno.

Contudo, o trigo, apesar das dificuldades de comercialização e viabilidade econômica, continua sendo produzido na Região Sul do Brasil. Em 2009 sua produção representou cerca de metade das necessidades nacionais do cereal. No Rio Grande do Sul, a produção de trigo teve seu auge na década de 70. A área cultivada e a quantidade de grãos produzida decresceram significativamente nos últimos anos e, atualmente, o estado é o segundo maior produtor nacional. As regiões produtoras de trigo, em número de quatro, concentram-se principalmente no norte do Estado e são responsáveis por 56,3% da produção estadual: região da Produção (16,3%), do Noroeste Colonial (15,5%), do Alto Jacuí (13,1%) e Missões (11,3%), segundo o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2003). Apesar do decréscimo de produção e área plantada, o trigo é a principal cultura de inverno nos estabelecimentos rurais de grãos no sul do Brasil.

Estudos realizados no Brasil com a cultura do trigo por Berardi (1978) revelaram que as utilizações de insumos que demandam altas quantidades de energia incrementaram mais os resultados do que os obtidos a partir de insumos de baixas quantidades de energia. Fato este atribuído aos investimentos tecnológicos,

as oportunidades que o acesso ao crédito oficial e a capitalização em períodos desfavoráveis das safras de verão.

Pimentel et al. (1983), em trabalho de comparação entre os sistemas convencional e orgânico, observaram u quatro culturas (milho, trigo, batata e maçã), encontrando eficiência energética de 29 - 70% maior no trigo e milho, no sistema orgânico. Nesse mesmo estudo, o coeficiente energético adotado para as sementes de trigo foi de $13,828 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

Em dados obtidos no trabalho conduzido por Zentner et al. (1984) sobre conversão e balanço energético, em 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, com 12 anos de cultivo, mostra diferenças significantes para conversão energética, nos sistemas com um inverno sem trigo ($0,93 \text{ Mcal.ha}^{-1}$) e com dois invernos sem trigo ($0,97 \text{ Mcal.ha}^{-1}$). Contudo, em avaliação de 18 anos sobre o mesmo sistema de plantio direto, este autor não encontrou diferenças significativas para a cultura do trigo.

Em 1987, Quesada et al. (1987) relataram análises de balanço energético para algumas espécies separadamente. Para conversão e balanço energético, os autores obtiveram os seguintes valores para trigo: 1,89 e $316.014 \text{ Mcal.ha}^{-1}$.

Em outros experimentos de plantio direto e com rotação de culturas para trigo, realizados durante o período de dez anos, na região de Passo Fundo, RS, desenvolvidos por Santos et al. (1995), com índices de produtividade cultural, sob preparo convencional de solo não verificaram diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas para trigo. Os mesmo autores, em sistemas de rotação de cultura de cevada e trigo, em plantio direto, determinaram índices de produtividade cultural de trigo de 1,20 a $1,24 \text{ Mcal.ha}^{-1}$.

Já em estudos realizados por Santos et al. (1996a) com cevada e, Santos et al. (1996b) com trigo na região de Guarapuava, PR, durante dez anos, sob sistema plantio direto, observaram índices de produtividade cultural mais elevados nos sistemas de rotação, em comparação a essas monoculturas. Nesses estudos, não havia espécies pastejadas.

Santos et al. (2001) desenvolveram avaliação da conversão e balanço energético de sete sistemas de rotação de culturas (aveia branca, cevada, ervilhaca, linho, tremoço e trigo), durante nove anos, em Passo Fundo-RS. Estes autores mostraram, que estes sistemas, para a maioria dos anos, foram energeticamente mais eficientes do que as rotações trigo/soja ou pousio/soja.

Estudos realizados por Gollmann et al. (2004) na cultura do trigo em diferentes locais do estado do Paraná, demonstraram que houve diferenças no balanço energético nas propriedades em Cascavel e em Palotina, apresentando valores de 3,22 MJ e de 1,81 MJ, respectivamente. Os autores relacionam parte da diferença às variações climáticas encontradas nas regiões, em período de enchimento de grãos.

2.3.2 Perfil energético das lavouras de arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento, constituindo-se alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas (SANTOS, 2010). É uma cultura que apresenta grande capacidade de adaptação a diferentes condições de solo e clima, pois está classificada no grupo de plantas C-3, adaptada ao ambiente aquático. Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social para os povos das nações mais populosas da Ásia, África e América Latina.

Em países como Ásia e Oceania, onde vivem 70% da população total dos países em desenvolvimento e cerca de dois terços da população subnutrida mundial, o cultivo do arroz tornou-se uma estratégia importante nas questões referentes à segurança alimentar. Atualmente, o arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção e responde pelo suprimento de 20% das calorias consumidas na alimentação de pessoas no mundo. Segundo estimativas, até 2050 haverá uma demanda para atender ao dobro desta população. Em comparação com as demais culturas, o arroz se destaca em segundo lugar em extensão de área cultivada e é superado apenas pelo trigo

O Brasil se destaca como o maior produtor fora do continente asiático, estando entre os dez principais produtores mundiais de arroz, com aproximadamente 11 a 13 milhões de toneladas. O Brasil produz aproximadamente 82% da produção do Mercosul, seguido pelo Uruguai, Argentina e, por último, o Paraguai, com menos de 1% do total. São considerados dois grandes ecossistemas para a cultura, que são os de várzeas e os de terras altas, englobando todos os

sistemas de cultivo de arroz no país, sendo os principais: irrigado por inundação e o de sequeiro. (EMBRAPA Arroz e Feijão, 2010).

O arroz é um dos alimentos mais consumidos no Brasil, destinado essencialmente ao consumo humano, tendo um consumo médio de 45 kg/pessoa/ano. É a terceira maior cultura cerealífera do mundo, sendo ultrapassado apenas pelo milho e trigo. O milho é o grão com maior volume produzido no mundo, correspondendo a 33% (CEPEA, 2003). Além da importância nacional tem uma expressão mundial que serve de base alimentar de mais de 3 bilhões de pessoas no mundo, sendo cultivados anualmente 158 milhões de hectares de arroz, produzindo 662 milhões de toneladas de grãos em casca, o que corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação humana (FAGUNDES, 2011).

A produção mundial de arroz na safra 2006/07, segundo a FAO (2008) foi de 635 milhões de toneladas de arroz em casca, o equivale em média a 423 milhões de toneladas do produto beneficiado. Na safra de 2007/08, o Brasil cultivou 2.874.900 hectares de arroz, onde foram produzidos 12.059.600 toneladas, alcançando uma produtividade média de 4.195 kg por hectare, conforme (CONAB, 2009).

Nessa perspectiva, o Rio Grande do Sul contribui com 61,04% da produção total do país, seguido de Santa Catarina, Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e Pará, que juntos somam 26% da produção nacional nesse período (CONAB, 2009).

A área cultivada no Rio Grande do Sul é de 1 milhão de ha, representando 61% da área nacional, juntamente com Santa Catarina que tem aproximadamente 150 mil ha cultivados, totalizam 70% da área nacional, por este motivo estes dois estados são considerados estabilizadores do mercado brasileiro. No ano de 2008 o Rio Grande do Sul colhendo 1.065.357 ha de arroz, com uma produtividade média de 6.886 kg/ha, totalizando 7.336.443 toneladas de produto em solo gaúcho (IBGE, 2009).

No Rio Grande do Sul o arroz é produzido em 133 municípios localizados na metade sul do Estado, onde 232 mil pessoas vivem direta e indiretamente da atividade. O setor agroindustrial opera, atualmente, com 350 indústrias de beneficiamento e responde por quase 50% do beneficiamento do arroz no País. Segundo o último levantamento efetivado pelo IRGA (2006), 18,5 mil pessoas participam da produção da safra 2004/05, sendo 11,9 mil produtores e 6,6 mil parceiros ou proprietários de terra. O tamanho médio das lavouras era de 144,7 ha, com cerca de 60% da área cultivada em terras arrendadas.

A cobertura superficial encontrada na cultura de arroz passa por diferentes fases ao longo do ano, alternando períodos de solo nu e coberto, bem como inundado e seco. Assim o balanço de energia tende a mudar substancialmente para as diferentes superfícies e sistemas de manejo do solo. Em diversas pesquisas avaliaram-se os efeitos do cultivo e das práticas de manejo nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos inundados (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990; SILVA e MIELNICZUK, 1998). Mudanças nessas propriedades é em grande parte, consequência de alterações na estrutura do solo (DREES, 1994). A erosão do solo pode ser reflexo em superfície, de modificações que ocorrem em profundidade, em geral de ordem estrutural (RUELLAN, 1988).

Situação semelhante encontra-se nas lavouras de arroz irrigado, vinculados com a possibilidade de ocorrer uma maior erosão do solo, contaminação da água superficial e lençol freático, pelo acúmulo dos agrotóxicos, além da redução na qualidade da água e, conseqüente eutrofização dos canais e das vias aquáticas. Assim, os impactos tornam-se amplos e difusos, à medida que atingem os solos, a vegetação, a fauna, as terras silvestres, a pesca, o clima, e naturalmente para as populações humanas (BANCO MUNDIAL, 1991).

O Banco Mundial tem indicado que, nos grandes projetos de irrigação, alguns dos potenciais impactos ambientais incluem: a saturação, a salinização e a erosão dos solos, a proliferação de doenças transmitidas pela água e, maior contaminação das águas superficiais pelo uso excessivo de agrotóxicos. Somando-se a estes, enfrenta grandes problemas oriundos da eutrofização das águas, que acarretam em danos ambientais, nas populações que vivem nas proximidades, bem como o reassentamento ou mudança nos estilos de vida das populações ribeirinhas.

Assim, a sustentabilidade⁴ destes agroecossistemas está intimamente relacionada às práticas de manejo adotadas, aos fatores intrínsecos e extrínsecos

⁴ Sustentabilidade: A sustentabilidade visa pesquisar, analisar e produzir de forma equilibrada sobre o consumo de riquezas e os recursos naturais e agrícolas, e a produção e preservação dos mesmos. Para a sustentabilidade agrícola busca dados referentes à geração de renda, impostos, divisas, geração de empregos e valorização da mão-de-obra. Há três dimensões na sustentabilidade agrícola, a primeira lida com os fatores climáticos, mercadológicos, política de comercialização e métodos de promoção do lucro para o produtor. A segunda é referente à sustentabilidade social, na implementação de um sistema de produção que assegure os direitos trabalhistas e adequação das condições de trabalhos. A terceira etapa é referente à sustentabilidade ambiental do sistema produtivo. Nesse contexto, a rentabilidade da produção agrícola não deve gerar perdas ecológicas. A sustentabilidade econômica deve estar equilibrada com as ações sobre o meio ambiente. Assim, a sustentabilidade ambiental, deve respeitar as exigências da conservação de uma Área de Proteção

(fenômenos naturais) do processo de produção agrícola, bem como suas especificidades que podem sofrer alterações antrópicas. Desta forma, várias abordagens têm sido utilizadas para amenizar os possíveis impactos ambientais ocasionados pela produção agrícola. Entre essas, as tecnologias de experimentação desenvolvidas pela rotação de culturas, plantio direto e uso de cobertura do solo, são práticas importantes. À medida que elas diminuem a demanda por energia e água, ao reduzir o processo de evaporação, aumentam o teor de carbono do solo, melhoram a estrutura do solo, aumentam as populações de minhoca e combatem a erosão eólica e hídrica, conforme especifica (VERNETTI JUNIOR et al., 2009).

De maneira semelhante, a manipulação desses agroecossistemas depende do grau de alteração e do impacto sofrido para produzir, bem como o que deve ser removido do solo, colocado ou corrigido. Assim, estabelecem-se as entradas de energia requeridas pelo sistema de produção.

Em pesquisas realizadas pela Embrapa, (2009) demonstram que na metade sul do estado, a cultura do arroz irrigado está diretamente relacionado ao sistema agropastoril, integrado com gado de leite ou gado de corte, também conhecido pela integração lavoura-pecuária, orientado pelo sistema de sucessão de cultura vegetal/animal ou rotação. Desta forma, para esses estudos os balanços energéticos tornam-se bem diferenciados, à medida que se acrescenta outros indicadores, como a carga animal e ganho de peso vivo.

Essa prática é adotada por muitos agricultores, visando o maior controle de plantas invasoras, bem como o seu principal infestante, o arroz-vermelho. Atrelado a elas está o melhor aproveitamento de máquinas e equipamentos, além da otimização da mão-de-obra, quebra do ciclo de pragas e doenças e melhor rendimento da cultura.

De outro modo, estudos de Verneti Jr. et al. (2009) orientam que o cultivo de forrageiras de inverno em áreas de várzea pode contribuir na forma de restos vegetais mantidos na superfície do solo, na manutenção da umidade do mesmo e no incremento de matéria orgânica, além de diminuir a necessidade de aplicação de fertilizantes, decorrente do aproveitamento da adubação aplicada anteriormente.

Em estudos desenvolvidos por Teixeira et al. (2007), em sistemas comparativos de arroz convencional e de transição para arroz orgânico, em assentamento no entorno da Estação Ecológica do TAIM, observando o balanço energético⁵ e econômico para esses sistemas de produção, as conclusões apresentadas referem-se a baixa produtividade apresentada pelo sistema em transição, contudo, os custos apurados são 29,5% menores, ao passo que a agregação de valor é 42,7% maior, em relação ao sistema convencional.

Para a cultura do arroz, os estudos descritos por Pimentel et al., (1979) apontam a alta relação do trabalho manual e sementes, contabilizados nos dispêndios energéticos, sendo encontrados no rendimento/dispêndio a relação de 7:1, utilizando apenas o trabalho manual em (1955), ao passo que nas Filipinas essa relação cai de 3:1, com uso de trabalho manual e animal. E, para os Estados Unidos (EUA) essa relação passa de 1,6:1, justificando o maior emprego de máquinas e combustíveis, com menor dependência de mão-de-obra manual, bem como o melhor rendimento em horas de trabalho. Contudo, apresenta uma baixa eficiência energética, à medida que se emprega maiores quantidades de energia de origem fóssil no sistema de produção.

De outra forma, na relação apresentada por Quesada (1986) os valores de consumo energético empregados em mão-de-obra para as culturas de soja, trigo, fumo, arroz e milho oscilaram entre 0,5 e 5,0% do total do dispêndio energético.

Contudo, em trabalhos mais recentes identificados por Serrão e Ocácia (2006), este índice pode variar entre 10 a 12 h de trabalho diário, nas lavouras de arroz principalmente no sistema de plantio convencional, onde se deve trabalhar a terra, antes do plantio, embora para este estudo faz-se adoção do sistema mix. O índice energético utilizado para essa cultura foi o apresentado por Pimentel (1983), com valor de 30,34 MJ.kg⁻¹.

⁵ Balanço de energia: Os balanços globais de massa e de energia são transformados em energia, pela transformabilidade solar, que é a taxa de equivalência de um certo tipo de energia em unidades de energia solar. Esse procedimento permite comparar diferentes capacidades de incorporação de energia ao produto final usando a energia solar como padrão (TEIXEIRA et al. 2007, p. 320).

2.3.3 Perfil energético da cultura da soja

A soja (*Glycine max (L) Merrill*) cultivada hoje, tornou-se bem diferente das plantas rasteiras cultivadas por seus ancestrais, na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Yangtse, na China. O seu melhoramento aconteceu com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. Assim, sua contribuição na dieta alimentar da antiga civilização chinesa era tal que a soja, juntamente com o trigo, arroz, centeio e milho, era considerada um grão sagrado, com direito a cerimoniais ritualísticos na época do plantio e da colheita. (EMBRAPA, 2000).

Desde a sua introdução no Brasil, a soja tem sido conduzida com alto nível técnico em todas as suas operações. Mesmo assim, vem passando por diversas mudanças, como alterações nas técnicas de manejo, a exemplo do sistema de semeadura direta, e também nas áreas de cultivo.

Por causa do mercado favorável, a cultura se expandiu da Região Sul para o Sudeste do Brasil, atingindo até o norte do País. A soja é hoje a segunda cultura em área plantada no Brasil e, no âmbito mundial, o país é o segundo maior produtor dessa leguminosa, passando a China.

A soja surgiu no Rio Grande do Sul no início do século passado e até aproximadamente no ano de 1950 foi muito utilizada nas propriedades rurais na alimentação de suínos, considerando seu alto índice protéico. Após um grande incentivo por ações políticas, a soja deslança no mercado interno e externo, com bons preços, fomentando a adesão de um grande número de produtores, com visíveis incrementos na sua infraestrutura física.

Com o estabelecimento do programa oficial de incentivo à triticultura nacional em meados de 1950, a cultura da soja foi igualmente incentivada, por ser, desde o ponto de vista técnico, uma leguminosa sucedendo uma gramínea, e quanto ao econômico, pelo melhor aproveitamento das máquinas, implementos, infraestrutura e mão-de-obra. (EMBRAPA, 2000). As áreas, além de permanecerem cobertas na sucessão trigo/soja, ganham incremento pelas vantagens ofertadas no sistema de rotação de culturas, que inibe ou estimula os diferentes organismos do solo, bem como a diversidade biológica e um maior equilíbrio entre pragas e doenças.

Assim, a cultura da soja se alastrou rapidamente para o norte, favorecida pelo clima e relevo, o que resultou para a realidade contemporânea, o cerrado brasileiro ser responsável por mais de 50% da produção nacional e 13% da produção mundial. A cadeia produtiva da soja é de suma importância para a economia brasileira, considerada como principal fonte de proteína para a indústria da alimentação animal. Consta-se também que a produção de soja tem crescido de forma suficiente para atender a demanda total por esse produto (PINAZZA, 2007). A soja se configurou nessas duas últimas décadas como o principal produto agrícola brasileiro, sendo de fundamental importância na balança comercial, responsável por 35% das exportações totais brasileiras, dando ao Brasil a posição de segundo maior produtor do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

A soja se apresenta como uma das poucas culturas que não encontra barreiras alfandegárias na União Européia. Isso foi predeterminado pelos Estados Unidos no Plano Marshall⁶, na época, era disparado o maior produtor de soja do mundo, sendo que nos dias atuais disputa essa liderança com o Brasil.

O seu valor nutricional de alta qualidade assemelha-se à da carne bovina, leite e ovos, o que a tornaria viável do ponto de vista ecológico pelo menor consumo de recursos naturais, além dos inúmeros benefícios a saúde humana, principalmente para a mulher, com o controle da menopausa, e com a menor oxidação das células. No entanto, o que se questiona é a maneira como esta produção está sendo realizada, se desenvolvendo dentro de uma lógica de exclusão e de degradação ambiental, o que se configura no mínimo como uma contradição. (JUNIOR et al., 2009).

Becker e Egler (1998) revelam que hoje se abrem novas fronteiras agrícolas para a soja, com o desenvolvimento da agricultura mecanizada. Este cultivo adentra com rapidez no território Amazônico, entre outros, o que só agrava os problemas de desmatamento. Porém, os fazendeiros não inserem esta cultura de início nas terras desmatadas, é o gado que abre o caminho para o posterior cultivo da soja.

⁶ Plano Marshall visto como um aprofundamento da Doutrina Truman, conhecido oficialmente como Programa de Recuperação Européia, foi o principal plano dos Estados Unidos para a reconstrução dos países aliados da Europa nos anos seguintes à Segunda Guerra Mundial. A iniciativa recebeu o nome do Secretário do Estado dos Estados Unidos, George Marshall. O plano permaneceu em operação por quatro anos fiscais a partir de julho de 1947. Quando o plano foi completado, a economia de cada país participante, com a exceção da Alemanha, tinha crescido consideravelmente acima dos níveis pré-guerra. Também é visto como um dos primeiros elementos da integração européia, já que anulou barreiras comerciais e criou instituições para coordenar a economia em nível continental. (WIKIPÉDIA, 2011).

Em termos de expressão espacial no território brasileiro, de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), as principais participações em termos de ocupação da lavoura de soja são dos estados do Mato Grosso (29,8%), do Paraná (19,9%), do Rio Grande do Sul (13,1%), de Goiás (11,1%), do Mato Grosso do Sul (7,8%), de Minas Gerais (4,2%) e da Bahia (4,1%), que juntos representam 90% da produção nacional desta oleaginosa.

A soja, por ser commodity agrícola, tem seu preço fixado pelo mercado internacional com base na oferta e demanda mundial. Oscilações no preço podem acarretar prejuízo para produtores ou consumidores. O atual modelo de produção da soja também exige elevado grau de mecanização em todas as etapas de produção, o que favorece os grandes produtores, a concentração de capital e de terras (PIMENTEL et al., 2007).

A soja é produzida em um sistema de agricultura moderna industrial, baseado no uso de energia fóssil, insumos industriais, fertilizantes químicos, agrotóxicos, mecanização, pouca mão-de-obra, variedades geneticamente modificadas de alto potencial produtivo além de muitos outros recursos não-renováveis (CAVALETT, 2008).

No estado do Rio Grande do Sul houve uma forte reestruturação das cooperativas agrícolas ligadas a esta produção, assim como uma forte concentração das indústrias que processam o grão. O agroecossistema que a produção da soja está inserida no RS reproduz a necessidade da mensuração de índices capazes de captar as diversas relações de fluxos de energia no sistema agrícola. Nesse sentido, a abordagem energética complementa, de maneira singular, outras abordagens no âmbito social, cultural e político. Desta forma, análises mais aprofundadas podem contribuir com o manejo de agroecossistemas, principalmente no tocante ao item sustentabilidade.

2.3.4 Perfil energético das máquinas e equipamentos

Nos processos agrícolas atuais, o perfil energético das máquinas e equipamentos tem agregado quantidades significativas de energia no seu processo de produção. Assim, discutem-se alguns estudos que retratam as diferentes formas

empregadas para o cálculo da energia contida nas máquinas e equipamentos agrícolas.

No trabalho de Doering & Peart (1977), identificados por Serra et al. (1979), avaliou positivamente o conceito de valor adicionado, no qual o coeficiente calórico final não inclui o valor energético da matéria-prima adquirida pela fábrica. Para Castanho Filho e Chabaribery (1982), utilizaram a reprodução do método da depreciação energética, ao qual o valor da máquina depreciada linearmente até zero sobre a vida útil do equipamento. Já para Doering III (1980) essa classificação estende-se para três categorias, a saber: o somatório da energia contida na matéria-prima; a energia de fabricação da maquinaria; e a energia contida nas peças de reparo e manutenção durante a vida útil da mesma.

Em estudos de Tsatsarelis (1993) na Grécia, observando os requerimentos energéticos em diferentes itinerários técnicos na produção de trigo, utilizou-se o valor de $142,7 \text{ MJ.kg}^{-1}$, como a energia total embutida nas máquinas.

Macedônio e Picchioni (1985), ao desenvolverem metodologia para o cálculo de consumo de energia fóssil na produção agropecuária, tomando como exemplo as culturas de trigo e soja no estado do Paraná, determinaram o coeficiente energético por tonelada de trator, colhedora e implementos agrícolas utilizados a partir do peso, vida útil e pela Demanda Específica de Energia (DEE), chegando aos valores de $1.669 \times 10^4 \text{ kcal.t}^{-1}$ para tratores e colhedoras e de $1.367 \times 10^4 \text{ kcal.t}^{-1}$ para implementos e outros equipamentos não motorizados.

Da mesma forma que Campos (2001), adota os mesmos índices de Macedônio e Picchioni (1985), ao proceder o balanço energético global de duas espécies de forrageiras envolvidas na pecuária leiteira intensiva na região de Coronel Pacheco, estado de Minas Gerais.

Em estudos de Beber (1989), adaptando a equação proposta por Hoffmann et al. (1984), essa determinação foi expressa, através da equação: $(\text{kg}) \text{ depreciados} = \text{massa (kg)} - 10\%(\text{kg}) / \text{vida útil (h)} \times \text{tempo de utilização (h)}$.

Para Bueno (2002), investigando a migração energética das máquinas e equipamentos para um agroecossistema milho, durante as fases de cultivo e colheita mecanizada da cultura, chegou ao valor de $250,5 \text{ MJ.ha}^{-1}$.

Para este estudo a determinação da energia agregada nas máquinas e equipamentos é empregado o método da depreciação energética proposto por Doering et al. (1977) e discutido em Comitre (1993), em que a energia de fabricação,

reparo e manutenção das máquinas e equipamentos é contabilizada em MJ.ha⁻¹, sendo acrescidos do valor residual que corresponde a 20% do novo. Com objetivo de melhorar os valores energéticos e dimensionar o uso dos equipamentos, onde na maioria das vezes, ultrapassam o tempo de vida útil atribuído pelos fornecedores, pois o agricultor também “cultiva” seus bens e instrumentos de trabalho.

A energia utilizada para a produção do trator, da colheitadeira e em pneus é de 14.604,92 MJ/t, 12.991,44 MJ/t e 85.690 MJ/t, respectivamente. De outro modo, o quadro de máquinas e equipamentos tem demonstrado uma constante evolução, à medida que se utilizam vários implementos acoplados em uma única máquina (trator), por exemplo, aumentando sua funcionalidade, bem como as reduções nos dispêndios energéticos, na depreciação e no valor residual desta variável.

Assim, busca-se a maior eficiência no uso e nas operações que envolvem estes procedimentos, com base em outros estudos descrevem-se as principais operações realizadas.

Para as atividades desenvolvidas com tratores agrícolas, principalmente na fase de implantação das lavouras de arroz, onde a sistematização das áreas necessita de maior quantidade de horas máquinas, os pneus são lastreados (com uma porcentagem de água) com volume de até 3/4, além da adoção de peças metálicas colocadas nas rodas de tração e no pára-choque do trator, diminuindo gastos com combustível. Assim, foi adotada uma média de peso para os pneus, nas atividades que precisavam ser lastreados, refletindo em maior eficiência no uso. Para os lastros das peças metálicas traseiras foi utilizado o peso de 60 kg cada, já para a parte dianteira do trator, o peso foi de 40 kg cada, oferecendo menos dificuldade de manuseio. As referências utilizadas foram às encontradas nas respectivas máquinas e nos catálogos de pneus agrícolas.

O cuidado na distribuição dos pesos deve-se ao fato de gerar instabilidade no trator, o que representa compactação do solo, pelo excesso de peso, perdas de velocidade e potência observadas na queda de produtividade e no maior consumo de combustíveis.

2.3.5 Perfil energético dos insumos

Entre os fertilizantes químicos, os adubos nitrogenados destacam-se por geralmente serem adicionados em maiores quantidades, quando comparados aos potássicos e fosfatados. Além disto, eles consomem maior quantidade de energia na forma de petróleo para sua manufatura. No Brasil, o consumo de fertilizantes químicos NPK aumentou significativamente a partir do final da década de 60, alcançando, em 1995, o consumo de aproximadamente 11 milhões de toneladas (IBGE, 2006). Certamente isso representa um importante item do consumo de energia nos agroecossistemas do país, equivalendo a, aproximadamente, 9 milhões de toneladas de combustível fóssil.

A energia demandada pelos fertilizantes e corretivos é calculada em função da quantidade utilizada e do índice de energia. O índice energético adotado para o calcário é de $0,17 \text{ MJ.kg}^{-1}$, conforme Comitê (1993), e representa a energia gasta para produzi-lo. Assim, as quantidades de energia acumuladas para a extração e processamento industrial dos nutrientes do fertilizante formulado consideradas são de $61,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$; $6,96 \text{ MJ.kg}^{-1}$ e $4,64 \text{ MJ.kg}^{-1}$, respectivamente para o nitrogênio, fósforo e potássio.

2.3.6 Perfil energético dos combustíveis

O consumo de combustível nas operações agrícolas pode apresentar variação em uma mesma operação, pois depende dos fatores clima, topografia, tipo de solo, profundidade de trabalho, tamanho e forma da área de trabalho, habilidade do operador e outros. No Brasil, que é um país de dimensões continentais, é difícil considerar valores exatos de gastos, por isso toma-se como base valores médios.

Utilizaram-se os valores de poder calorífico do combustível, segundo o Balanço Energético Nacional, correspondente a $37,8 \text{ MJ.l}^{-1}$, $35,94 \text{ MJ.l}^{-1}$ e 39 MJ.l^{-1} , respectivamente, para o óleo diesel, lubrificantes e graxas (SERRÃO e OCÁCIA, 2006). Para quantificar a energia fóssil utilizada em cada atividade agrícola multiplicaram-se os valores em litros ou em quilograma de combustíveis, graxa e lubrificante utilizados pelos seus respectivos coeficientes energéticos.

As operações de preparo do solo, manejo da cultura e colheita foram sistematizadas na contabilidade das horas trabalhadas com cada equipamento agrícola para realizar o trabalho, referente a um hectare de área, estendendo-se para o total da área amostrada ou cultivada, com o objetivo de determinar a eficiência das variáveis observadas, em unidades energéticas.

Para este estudo, a unidade utilizada foi a do Sistema Internacional, ou seja, o Joule e alguns dos seus múltiplos, principalmente megajoules (MJ). Onde: 1 cal = 4,1868 J; 1 cal = 0,0000041868 MJ; 1.000 cal = 1 kcal = 4186,8 J; 1 kcal = 0,0041868 MJ. A sistematização e apresentação final dos dados foram aproximadas em duas casas decimais, o dispêndio final pode ser expresso em MJ x ha⁻¹.

2.3.7 Perfil energético da mão-de-obra

Os processos agrícolas que enfatizam o uso da mão-de-obra são discutidos por vários autores na ótica da contabilidade energética. Contudo, preconizam-se, desde meados da história da agricultura esses requerimentos de energia pelos coletores nômades e caçadores, seja na cocção de alimentos ou nas calorias ingeridas para manter as atividades diárias. Contemporaneamente as tecnologias de ponta e a agricultura de precisão têm diminuído, e muito, a necessidade de mão-de-obra no setor agrícola, o que acarreta na variação destes índices. Cabe ressaltar que a opção por poupar mão-de-obra é inadequada à realidade do espaço rural brasileiro, onde este é um fator de produção abundante.

Assim, busca-se problematizar a composição dos índices existentes na literatura, com as situações vivenciadas no campo, observando as variáveis intrínsecas que subjetivam esse aparato de informações, mas que são de extrema importância, à medida que se enfatizam os aspectos socioeconômicos e as informações técnicas.

No resgate de algumas pesquisas como as de Odum (1967), verifica-se a adoção da unidade calórica de trabalho humano em 175 kcal h⁻¹ para o cultivo de grãos em agroecossistema semipastoril. Na mesma linha, em estudos realizados por Pimentel (1979) outros fatores foram levantados, como uma maior diferenciação para atividades agrícolas específicas, dando ênfase aos trabalhos realizados com

animais, onde a média das atividades foi de $2,2 \text{ MJ.ha}^{-1}$, nesse estudo foi contabilizado atividades externas ao trabalho.

Também colaboram com a questão Castanho Filho e Chabaribery (1982), ao traçarem o perfil energético da agricultura no Estado de São Paulo e adotarem, para uma jornada de trabalho de 8 horas, o valor de 525 kcal h^{-1} . Segundo estudos realizados por Comitre (1993) para o mesmo estado, o valor encontrado foi considerado alto para as condições nutricionais brasileiras. Este estudo, ao contabilizar a energia despendida pelo trabalho humano, adotou o valor de $263,75 \text{ kcal/hora}$ ou $2,11 \text{ Mcal/dia}$.

Alguns autores, entre eles Risoud (1999), Campos (2001) e Salla (2008) reconhecem que a maneira de contabilizar o trabalho realizado pelas atividades humanas em termos calóricos, bem como sua inclusão em matrizes energéticas, está longe de representar um consenso. Entretanto, a importância da mão-de-obra, em países periféricos e em agroecossistemas não convencionais é indiscutível para eles.

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida foi do tipo exploratório a partir de estudos de multicaso, ou seja, casos múltiplos com uso de pesquisa bibliográfica, análises de laboratório e entrevistas aos produtores.

A pesquisa bibliográfica concentrou-se na revisão sobre questão energética a cerca das principais culturas de importância econômica para o Estado do Rio Grande do Sul, dentre elas trigo, arroz e soja. Também foi pesquisada a relação entre as disponibilidades e oportunidades agregadas a estes sistemas de produção, observando as variáveis intrínsecas ofertadas na melhoria dos processos produtivos, assim como as questões ambientais.

As entrevistas para levantamento de dados sobre manejo da lavoura, insumos e maquinário utilizados foram realizadas através de visitas às propriedades. As coletas de dados amostrais da cultura foram acompanhadas, na maioria das vezes, pela equipe técnica da cooperativa e produtor. As características de produção, o padrão tecnológico de desenvolvimento, as exigências físicas de insumos, máquinas e equipamentos, bem como a produtividade da cultura apresentadas nesta etapa foram obtidos, através de entrevistas com os produtores e com auxílio do departamento técnico da cooperativa.

3.1 O local do Estudo: A Cooperativa Triticola Caçapavana – COTRISUL

O presente estudo foi realizado em três unidades de produção agropecuárias vinculadas à Cooperativa Triticola Caçapavana – COTRISUL, localizadas no município de Caçapava do Sul-RS, distante 100 km de Santa Maria. As áreas contempladas pela pesquisa foram os distritos de Capané, Geribá e Seival, tendo como limites os municípios de Cachoeira do Sul e Lavras do Sul, durante os anos agrícolas de 2007 e 2008. Os motivos da escolha desta região foram: o conhecimento prévio da mesma; a disponibilidade dos produtores em fornecer as informações e participar de maneira efetiva na disponibilidade dos dados econômicos e culturais; as informações socioeconômicas, bem como a

disponibilidade da equipe técnica da cooperativa em acompanhar e colaborar com a pesquisa de campo.

3.2 Os Casos Estudados

Em algumas áreas, os estudos de casos múltiplos foram considerados uma “metodologia” diferente dos estudos de caso único. Por exemplo, a antropologia e a ciência política desenvolveram um conjunto de fundamentos lógicos para realizar o que está sendo chamado de estudos “comparativos” (ou de casos múltiplos). Estes estudos são considerados parte integrante do estudo de caso, porém sendo mais específico, à medida que se tornam mais robustos (YIN, 2001).

Assim, a partir das características dos estudos de casos múltiplos e da sua adequação ao contexto deste estudo, optou-se pela sua utilização na metodologia visando caracterizar e informar as principais variáveis dispostas nos sistemas de produção escolhidos. Nestes estudos de casos múltiplos, as unidades de produção escolhidas são diferenciadas pelos sistemas de produção adotados, o que implica na não generalização de seus resultados, mas em sua utilização como suporte e ferramenta para outros estudos, já que não são considerados “unidades de amostragem”. Cabe aqui referenciar as “generalizações analíticas”, proposta por Yin (2005), que considera as variantes entre o estudo de caso propriamente dito e o estudo de casos múltiplos. Estes estudos de casos múltiplos apresentam vantagens e desvantagens distintas em comparação aos estudos de casos únicos, entre elas predomina algumas evidências mais convincentes, à medida que se considera como experimentos múltiplos e replicações de metodologias já testadas, diferente de uma analogia equivocada do passado, quando se considerava erroneamente que os casos múltiplos eram semelhantes aos respondentes múltiplos em um levantamento, ou seja, seguindo a lógica da amostragem, transcrita por (MILES e HUBERMAN, 1994; FACHIN, 2001 e YIN, 2005).

Neste sentido, busca-se justificar a escolha de casos múltiplos pela variabilidade de situações encontradas a campo e pela diversidade de relações existentes no âmbito de um sistema de produção. Mesmo nos casos em que uma atividade agrícola é responsável por grande parte da rentabilidade de uma unidade de produção agropecuária (UPA), esta situação pode ser, e geralmente é, viabilizada

por outras atividades interligadas direta ou indiretamente com ela, garantindo o funcionamento da UPA como um todo. Assim, a ótica de estudos de casos múltiplos orienta para a opção, ou análise da possibilidade, de fazer novos experimentos e observações, sejam eles por replicação literal ou por uma replicação teórica.

A pesquisa com base no estudo de casos múltiplos possibilita avaliar e analisar os coeficientes energéticos encontrados nos casos estudados. Além disto, ela considera a correlação entre as variáveis de mão-de-obra, sementes, máquinas e equipamentos, agrotóxicos, fertilizantes e combustíveis empregados para o estabelecimento da cultura agrícola, bem como as saídas de energia expressa nos grãos e matéria-seca, além das vantagens e desvantagens da integração lavoura-pecuária.

Foram escolhidas três UPAs com as seguintes características:

UPA A: Cultivo de arroz irrigado, através do sistema mix, adotado pelo IRGA (Instituto Riograndense de Arroz), juntamente com o sistema de integração lavoura-pecuária. Ainda cultiva soja, no sistema de plantio direto, e azevém.

UPA B: Cultivo de arroz irrigado, através do sistema mix, adotado pelo IRGA, bem como sistema de integração lavoura-pecuária. Ainda cultiva soja, no sistema de plantio direto, e azevém.

UPA C: Cultivo de trigo no inverno, sistema de plantio direto, além da cultura de soja, sistema de plantio direto.

As coletas de dados foram realizadas através de visitas às propriedades, em busca de informações sobre o sistema de produção adotado, a dinâmica da propriedade, bem como a coleta dos dados amostrais que expressam as variáveis C e N que participam do processo de produção. As visitas, entrevistas e coleta de dados culturais foram realizadas no período de novembro de 2007 a maio de 2009.

Assim as análises laboratoriais foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da UFSM. Na etapa agrícola foi identificada a área de lavoura, observando as características representativas como relevo, topografia e declividades da área, estas levantadas por mapas temáticos da região ocupados pela cultura. A coleta de dados foi determinada conforme o tamanho da área cultivada e a declividade do terreno, sendo que as amostras foram coletadas com o auxílio de um facão, para não danificar o material, e uma fita métrica. Desta forma, foram realizadas quatro sub-amostras com 1 metro linear cada, compondo uma amostra a cada 4 metros lineares da cultura distribuídos na área amostral,

sendo retirada toda a parte aérea da planta, cortando-a rente ao solo, onde está concentrada a matéria-seca e o grão. As amostras foram coletadas no “ponto de colheita”, conforme índices agronômicos, onde o grão apresenta um maior índice calórico. Na seqüência elas foram levadas para o laboratório, onde foram separadas em matéria-seca (MS) e grãos, pesadas, e logo após secas em estufa a 65°C. Após este processo as amostras foram trituradas e levadas para o analisador elementar modelo FlashEA 1112 da marca Thermo Electron, a uma temperatura de 900°C para determinar os valores de carbono (C) e nitrogênio (N), conforme descrito no trabalho de (NELSON e SOMMERS, 1982).

3.3 Os Cálculos Energéticos e Métodos de Conversão

A eficiência da propriedade está ligada ao total de calorias produzidas, que por sua vez estão diretamente associadas a sua produção e a tecnologia empregada, conforme Carmo et al. (1988), sendo identificadas pela relação carbono (C) e nitrogênio (N), encontrados na matéria-seca e grãos.

Considerou-se o consumo energético disponibilizado com mão-de-obra, sementes, fertilizantes e corretivos, agrotóxicos (herbicida, inseticida, fungicida) máquinas e equipamentos, além dos combustíveis (óleos lubrificantes, graxas e óleo diesel). Desta forma, são disponibilizadas as equações para a base de cálculos, conforme trabalho desenvolvido por Serrão e Ocácia, (2006).

3.3.1 Equação da mão-de-obra

A energia despendida pelo trabalho humano é obtida pela equação abaixo, a qual relaciona a quantidade de horas trabalhadas de cada implemento, desde o estabelecimento da cultura, manejo de aplicações como agrotóxicos, fertilizantes e demais insumos, bem como a colheita, por hectare, observando o índice energético. Neste trabalho, considerou-se que o gasto energético horário de um homem é de 1,22 MJ, conforme a referência de (SERRÃO e OCÁCIA, 2006).

$$E_{MO} = h \cdot i_{MO} \quad (3.3.1)$$

Em que:

E_{MO} = consumo total de energia por hectare para a mão-de-obra, em $MJ.ha^{-1}$;

h = período de tempo trabalhado em um hectare, em $h.ha^{-1}$;

i_{MO} = índice de gasto de energia, igual a $1,22 MJ.h^{-1}$.

3.3.2 Equações das sementes

Para a determinação da energia referente às sementes é utilizada a equação abaixo (3.3.2), que relaciona a quantidade de sementes utilizada com a energia contida no grão. O índice energético para o grão de arroz, soja e trigo conforme o trabalho de Pimentel (1979; 1983) é $30,34 MJ.kg^{-1}$, $33,44 MJ.kg^{-1}$ e $13,83 MJ.kg^{-1}$ respectivamente.

$$E_S = q \cdot i_s \quad (3.3.2)$$

Em que:

E_S = consumo total de energia por hectare para a semente, em $MJ.ha^{-1}$;

q = quantidade de semente utilizada em um hectare, em $kg ha^{-1}$;

i_s = índice de energia, igual aos utilizados na pesquisa $30,34 MJ.kg^{-1}$; $33,44 MJ.kg^{-1}$ e $12,56 MJ.kg^{-1}$.

3.3.3 Equações dos fertilizantes e corretivos

Para a determinação da energia referente aos fertilizantes e corretivos foi utilizada a equação abaixo:

$$E_{FC} = \sum_1^n q_i \cdot i_c \quad (3.3.3)$$

Em que:

E_{FC} = consumo total de energia por hectare para os fertilizantes e corretivos, em $MJ.ha^{-1}$;

q_i = quantidade do insumo utilizado em um hectare, em $kg.ha^{-1}$;

i_c = índice de energia, em MJ.kg^{-1} ;
 n = número de insumos.

3.3.4 Equação dos agrotóxicos

Para a verificação da energia dos inseticidas, herbicidas e fungicidas gastos, utilizou-se a equação 3.3.4, que considera o volume do insumo e a energia embutida.

$$E_A = \sum_1^n v \cdot i_a \quad (3.3.4)$$

Em que:

E_A = consumo total de energia por hectare para os agrotóxicos, em MJ.ha^{-1} ;

v = volume do insumo utilizado em um hectare, em l.ha^{-1} ;

i_a = valor energético dos agrotóxicos, em MJ.l^{-1} .

n = número de insumos.

Utilizaram-se os valores energéticos dos agrotóxicos dados por Pimentel (1980), comentados por Comitre (1993), de $147,01 \text{ MJ.l}^{-1}$, $271,70 \text{ MJ.l}^{-1}$ e $184,46 \text{ MJ.l}^{-1}$, respectivamente, para os herbicidas, fungicidas e inseticidas.

3.3.5 Equações das máquinas e equipamentos

Para a determinação da energia agregada nas máquinas e equipamentos foi empregado o método da depreciação energética proposto por Doering *et al.* (1977) e discutido em Comitre (1993), em que a energia de fabricação, reparo e manutenção das máquinas e equipamentos é contabilizada na equação 3.3.5.

$$x = \frac{E_{fme} + E_r + E_{fp} + E_m}{\frac{\text{vidaútil}}{\text{ha}}} \quad (3.3.5)$$

Em que:

E_{ME} = consumo total de energia por hectare para as máquinas e equipamentos, em $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$;

E_{fme} = energia utilizada na fabricação resultante da multiplicação do peso das máquinas ou equipamentos pela energia gasta na sua produção;

E_r = energia gasta para reparos, correspondente a 5% de E_{fme} ;

E_{fp} = energia utilizada na fabricação dos pneus resultante da multiplicação do peso dos pneus pela energia gasta na sua produção;

E_m = 12% do valor da soma de E_{fme} ,

E_r , E_{fp} , a título de manutenção;

ha = área, em hectares.

A energia utilizada para a produção do trator, da colheitadeira e em pneus é de 14.604,92 MJ/t, 12.991,44 MJ/t e 85.690 MJ/t, respectivamente. Os valores médios de peso e vida útil para as máquinas e equipamentos são representativos para a cultura do arroz, soja e trigo.

3.3.6 Equação dos combustíveis

Para a determinação da energia despendida pelo combustível, empregou-se a equação (3.3.6).

$$E_C = \sum_1^n v \cdot P_{CIC} \quad (3.3.6)$$

Em que:

E_C = consumo total de energia por hectare para os combustíveis, em $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$;

v = volume de combustível utilizado em um hectare, em $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$;

P_{CIC} = poder calorífico do combustível, em $\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$.

Para este estudo utilizaram-se os valores de poder calorífico do combustível, segundo o Balanço Energético Nacional, que correspondente a 37,8 $\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$, 35,94 $\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$ e 39 $\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente, para o óleo diesel, lubrificantes e graxas, diferindo dos valores relatados por Comitê, (1993) que adota os índices de 43,93 $\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$, 35,940 $\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$ e 49,22 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

3.3.7 O cálculo dos valores econômicos

O método escolhido para a análise econômica é a do Valor Agregado, que é uma medida que procura distinguir a geração de bens e serviços da sua distribuição entre os diferentes agentes que participam da produção. Desta forma, são disponibilizadas as equações para a base de cálculos, conforme metodologia desenvolvida por Neumann e Silveira, (2010).

Assim, o Valor Agregado é determinado pela fórmula:

$$\mathbf{VAL = PB - CI - D}$$

Onde:

VAL = Valor Agregado Líquido.

PB = Produção Bruta.

CI = Consumo Intermediário.

D = Depreciação.

3.3.7.1 Produto Bruto (PB)

É a expressão em valor monetário de toda produção física e de serviços gerados exclusivamente pela UPA durante um ciclo de produção (geralmente um ano). Neste sentido, são considerados no Produto Bruto todos os serviços e produtos finais, tais como: a produção vendida; a produção estocada; a produção consumida pela família; a produção doada; a produção destinada ao pagamento de serviços a terceiros; a variação do rebanho animal; a remuneração de serviços prestados para terceiros.

3.3.7.2 Consumo Intermediário (CI)

Expresso pelo valor dos bens e serviços consumidos no decorrer do ciclo de produção, tais como: sementes, agroquímicos, combustíveis, despesas com a manutenção de máquinas e instalações, corretivos, alimentação animal, transportes, etc. São considerados intermediários por que são integralmente incorporados ao

produto (a atividade) no curto prazo. Trata-se daquilo consumido no processo de produção, não sendo aproveitados para outro ciclo produtivo.

3.3.7.3 Depreciação (D)

Corresponde à fração de valor dos meios de produção que não são integralmente consumidos do decorrer de um ciclo produtivo, mas no decorrer de vários ciclos. A depreciação é um custo (indireto) que se calcula sobre os ativos fixos depreciables (máquinas e equipamentos, instalações, matrizes, etc.) a fim de que, quando estes se esgotarem, a UPA tenha os recursos para a sua reposição.

3.3.7.4 Valor Agregado Líquido (VAL)

Expressa um valor completamente novo gerado pelo processo produtivo agrícola desenvolvido por uma unidade de produção. Demonstra a importância econômica e social desta unidade para a sociedade, pois expressa a contribuição da UPA para o aumento da riqueza gerada para a sociedade.

3.3.7.5 Distribuição do valor agregado - DVA

Corresponde à parte da riqueza gerada (VAL) e que é distribuída a outros agentes que participaram diretamente ou indiretamente no processo produtivo, como é caso dos salários pagos para a mão-de-obra contratada, os gastos com arrendamento, os juros pagos para os financiamentos de custeio, os impostos e taxas do governo.

3.3.7.6 Renda agrícola - RA

Corresponde a parte da riqueza gerada (VAL) pelo processo produtivo agrícola que fica com o produtor, para a remuneração de seu trabalho e de suas necessidades.

3.3.7.7 Eficiência econômica

O cálculo da eficiência econômica representa a relação entre o que foi produzido e o custo total da produção, ou seja, retrata o indicador de eficiência econômica, demonstrando a contribuição em percentual de cada unidade monetária investida.

3.3.8 O cálculo do balanço energético

Para os cálculos de balanço energético agropecuário as variáveis utilizadas foram as encontradas no balanço energético da respectiva cultura, desempenhadas ao longo de cada ano agrícola, onde se observou os valores/índices de produtividade de grãos por hectare, índice de energia disponível no grão em quilos, a energia produzida em grãos por hectare, identificados como as “saídas” de energia. Além da energia consumida por hectare, identificada como “entradas” que engloba todos os gastos energéticos incorporados no ano agrícola como: mão-de-obra, sementes, máquinas e equipamentos, fertilizantes (adubos e calcário), agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas), combustíveis (óleos, graxas e lubrificantes).

3.3.9 O cálculo da eficiência cultural

Para os cálculos da eficiência cultural, segue-se a mesma metodologia proposta para o balanço energético, entretanto, dividem-se as saídas de energia

pelas suas respectivas entradas. E, os resultados são identificados pelo retorno da unidade calórica disponibilizada na produção agrícola.

3.3.10 O cálculo da eficiência energética

A determinação da eficiência energética é importante instrumento no monitoramento da análise energética da cultura, à medida que atenta para a quantidade de energia fóssil empregada no sistema de produção.

Nos cálculos da eficiência energética, emprega-se a variável resultante do balanço energético, auferindo sua relação com as energias de origem fóssil e assim, demonstrando a quantidade de energia fóssil demandada pela cultura. De outra forma, como especifica Risoud (1999), a eficiência energética traduz a relação entre o somatório das energias brutas dos produtos/somatório das energias não-renováveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na seqüência será apresentado o balanço energético de cada cultura, com as respectivas descrições das Unidades de Produção Agrícola, nas quais as culturas de trigo, arroz e soja se inserem e o sistema de produção adotado. Ainda serão descritas as principais características de manejo, implantação e condução, além dos dados de produtividade, os dispêndios energéticos e o desempenho econômico de cada sistema de produção.

4.1 O Balanço Energético da Cultura do Trigo

4.1.1 Descrição da unidade de produção agrícola estudada (UPA C)

A unidade de produção agrícola (UPA C) onde foi realizado o estudo da cultura do trigo situa-se na região da Cordilheira, distrito de Capané, município de Cachoeira do Sul, no RS. Caracteriza-se por ser uma propriedade mecanizada. A área utilizada na unidade de produção para o cultivo do trigo é de 300 ha, sendo a referência para o presente estudo uma gleba de 54 ha.

Essa propriedade é caracterizada por um sistema de produção que intercala o binômio trigo-soja no seu cultivo, no período de inverno e verão, respectivamente. Na gleba estudada é utilizado o sistema de plantio direto há oito anos e, a cada três anos, é realizada rotação de cultura, com o milho.

A UPA C possui um grande parque de máquinas e equipamentos distribuídos entre colhedoras, tratores, pulverizadores e plantadeiras, etc. Para efeitos de análise energética e econômica da área amostral, ou seja, os 54 ha foi considerada a proporção em relação à área total para a qual são utilizadas as máquinas e equipamentos, bem como da mão-de-obra empregada na propriedade. O quadro de mão-de-obra disponível para a UPA é formado por oito funcionários permanentes.

Para as instalações foram considerados galpões de alvenaria, madeira e mistos, além da sede da propriedade. As atividades desenvolvidas na unidade de produção agrícola vão desde o manejo das áreas de cultivo, como plantio, tratos

culturais, manutenção de máquinas e equipamentos, controle químico, reparo de estradas e instalações, em períodos de menor demanda das culturas.

A cultura do trigo, em sistema de plantio direto, comporta o itinerário técnico descrito na seqüência. Inicialmente é realizada uma aplicação de herbicida para dessecar as plantas invasoras, seguida pelo tratamento das sementes para o plantio. Ao longo do desenvolvimento da cultura, o manejo dos tratamentos culturais refere-se ao controle de doenças e insetos-praga, com aplicação de fungicida e inseticida, respectivamente. Após a colheita, o cereal é transportado até a cooperativa, onde é armazenado, passando por um processo de limpeza, classificação e certificação de parte das sementes que serão utilizadas para o próximo plantio.

As observações da cultura do trigo foram realizadas em duas safras agrícolas: a safra de 2007 e a de 2008.

No primeiro ano safra de 2007, foram realizadas as seguintes operações: após a colheita da soja na área, realizou-se a dessecação por meio de herbicida de ação sistêmica, com os seguintes princípios ativos *Glifosato e sal de isopropilamina*, na dosagem de $2,1 \text{ l.ha}^{-1}$. As sementes utilizadas para o plantio foram tratadas com fungicida, com princípio ativo *Carbendazin*, na quantidade de $0,3 \text{ l.ha}^{-1}$. As sementes utilizadas para a instalação da cultura foram da variedade *FUNDACEP 50*, com poder germinativo de 90% a 98% de pureza, na quantidade de 170 kg.ha^{-1} . E, para a adubação de base, utilizou-se de 250 kg.ha^{-1} de adubação N - P_2O_5 - K_2O , fórmula 09-23-30 e 120 kg.ha^{-1} de uréia, com 45% de N. Na área de estudo, utilizou-se na operação de semeadura uma plantadeira da marca SEMEATO, modelo SSM – 27, com tempo médio de plantio de 1 h.ha^{-1} , com potência de 105 cv. Para as operações de pulverização e tratamentos culturais, onde se utiliza o trator, foram empregadas as quantidades de $0,6 \text{ l.ha}^{-1}$ para a aplicação de fungicida, com o princípio ativo *Tebuconazol e Trifloxystrobina* e para aplicação de inseticida, utilizou-se de $0,8 \text{ l.ha}^{-1}$ do princípio ativo *Metamidofós*. Para este itinerário foram utilizados os tratores nos modelos TM 7020, TM 150 e dois TS 100, para os respectivos anos 2008, 2006, 2004 e 1994, todos os modelos são (4x4), sendo que a potência dos dois primeiros são de 149 cv e dois últimos de 105 cv. Também foi utilizado um pulverizador de barras da marca Jacto, modelo 2000 I, ano 2001.

O tempo gasto por hectare para realizar cada uma das operações do itinerário técnico equivale a uma hora para o plantio, duas horas para as operações

que envolvem aplicação de herbicida, inseticida e fungicida. Ainda, conforme o relato do produtor é utilizado uma hora para aplicação de uréia e duas horas e meia para a colheita por hectare, nessas condições de campo, maquinários e mão-de-obra. Na colheita do trigo, foram utilizados os seguintes equipamentos: colhedoras todas da linha New Holland nos modelos TC 59, TC 57, TC 55 e 1530, anos 2005, 2003, 1994 e 1978, respectivamente, sendo as três primeiras com gabine. A eficiência de cada uma das colhedoras em hectares por hora de trabalho equivale respectivamente a 3,5; 2,5; 2 e 1 ha.h⁻¹. E, um caminhão para transporte, modelo F14000, ano de 1987, com capacidade de 13 t e outro caminhão Mercedes, modelo 1113, ano 1976, com capacidade de 15 t e, ambos com truque.

Os gastos referentes a combustíveis são contabilizados da seguinte forma: para as operações de plantio são utilizados 17 l.ha⁻¹, para as operações realizadas com o trator essa perspectiva fica entorno de 10 l.ha⁻¹ e para a colheita utiliza-se 20 l.ha⁻¹. Para essas operações o tempo gasto com mão-de-obra, normalmente prevalecem às oito horas diárias, exceto no período de colheita que as atividades chegam a até doze horas diárias.

No segundo ano safra 2008, as operações e o itinerário técnico repetem-se, contudo há algumas mudanças em relação às dosagens utilizadas, tanto para sementes, quanto para os insumos que viabilizam o estabelecimento da cultura. Nessas diferenças ressalta-se a quantidade de sementes utilizadas que diminui para 160 kg.ha⁻¹, a adubação de base permaneceu a mesma quantidade, mas a fórmula N - P₂O₅ - K₂O passou para 05-20-20. Na aplicação de fungicida, diminui a dosagem do princípio ativo *Tebuconazol* e *Trifloxystrobrina* para 0,5 l.ha⁻¹, já para o inseticida e acaricida com ação de contato, sendo o principal princípio ativo o *Endossulfam* foi necessário aumentar a dosagem para 1 l.ha⁻¹.

4.1.2 Dispendios energéticos da cultura do trigo

Os resultados observados na Tabela 4.1.2.1, em relação aos gastos energéticos da cultura do trigo referentes aos dois anos agrícolas, mostraram que, dentre as variáveis avaliadas, foi identificada pouca diferença no consumo de energia entre as duas safras. Destacam-se o aumento de agrotóxicos e fertilizantes, embora a área de plantio tenha permanecido a mesma. Essas diferenças podem

estar diretamente relacionadas às variações climáticas, à necessidade de maior controle de pragas em função do maior volume de aplicação de inseticidas e herbicidas no último ano agrícola, bem como à reposição de nutrientes no solo, através dos fertilizantes.

Entre os componentes responsáveis pelos maiores gastos energéticos, destacam-se os fertilizantes e os combustíveis, responsáveis por mais de 70% do consumo de energia. Os fertilizantes, identificados pela energia indireta e de ordem industrial que entram no sistema de produção, ou seja, os elementos pouco ou não-disponíveis no solo como nitrogênio, fósforo, potássio e calcário, respondem por 38,90% do consumo energético total. Destaca-se o alto consumo de N, utilizado tanto nas aplicações de base como de cobertura, respondendo por 79,62% da energia aportada pelos fertilizantes. Já os combustíveis totalizam 33,64% do consumo energético total, divididos entre óleo diesel, lubrificantes e graxas, distribuídos nas operações realizadas com o trator. Entre elas, os tratos culturais, com dessecação e plantio da cultura, aplicações de inseticidas e fungicidas, através de pulverizações e, por fim, colheita e transporte.

Os agrotóxicos têm uma expressão de 5,48%, da energia aportada na cultura do trigo, sendo que, destes, 49,85% referem-se ao uso de herbicidas, forma mais utilizada hoje para dessecação ou capina química, no sistema de plantio direto. Este sistema permite o controle de plantas invasoras com diferentes princípios ativos, e mantém a cobertura do solo. Perde-se, entretanto, na seleção de inimigos naturais e no desequilíbrio do agroecossistema que se torna cada vez mais dependente de “novas moléculas” para manter o equilíbrio de pragas e ervas invasoras. Para complementar este número são realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas, que chegam a 23,83% e 26,32%, do gasto econômico com os agrotóxicos.

Merece menção também o baixo consumo de energia das máquinas e equipamentos de 1,86%, aos quais estão distribuídos em colhedoras, tratores, plantadeira, pulverizador e seus respectivos pneus que contemplam o cálculo de eficiência energética, visualizados na Tabela 4.1.2.1, e também o baixo consumo energético da mão-de-obra, que não ultrapassa 1% do valor total. Assim, na questão energética demonstra-se a eficiência empregada nas máquinas e equipamentos, tendo uma boa diluição no restante das atividades realizadas na UPA. Em relação à mão-de-obra, por tratar-se de uma propriedade muito mecanizada, a produtividade

referente ao trabalho também é grande, ou seja, uma pessoa dá conta de uma área ampla.

O gasto energético com sementes foi responsável pelo consumo de 20,05% das entradas, embora o poder calorífico de 13,83 MJ.ha⁻¹ encontrado no grão, seja relativamente pequeno, em comparação a outras culturas. Contudo, a produtividade do trigo foi de 2.580 Kg.ha⁻¹, bem superior a média do RS que fica entorno de 1.984 Kg.ha⁻¹.

De outra forma, o valor energético encontrado no grão, além da elevada contribuição na alimentação humana, serve de base alimentar para animais, através do complemento encontrado pelas concentrações de carboidratos, gorduras e proteínas que compõem a massa do grão, podendo ser estimado pela energia bruta.

Tabela 4.1.2.1 – Estrutura de dispêndios energéticos do trigo cultivado em sistema de plantio direto, no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Descrição	Energia 2007	Energia 2008	Energia/ ha - 2007	Energia/ ha - 2008	Média	Percentual (%)
Agrotóxicos	33.442,69	33.967,67	619,31	629,03	624,17	5,48
Combustíveis	206.126,86	207.324,36	3.817,16	3.839,34	3.828,25	33,64
Fertilizantes	225.605,09	252.525,60	4.177,87	4.676,40	4.427,14	38,90
Mão-de-obra	428,22	428,22	7,93	7,93	7,93	0,07
Máquinas e equipamentos	11.418,02	11.418,02	211,44	211,44	211,44	1,86
Sementes	126.959,40	119.491,20	2.351,10	2.212,80	2.281,95	20,05
Total	603.980,27	625.155,08	11.184,82	11.576,95	11.380,88	100,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra (2007 e 2008).

No primeiro ano do estudo foi realizada uma aplicação de calcário, conforme identificado na tabela 4.1.2.2. Este fato onerou apenas os custos econômicos, de maneira isolada, pois os gastos energéticos foram pouco significativos, à medida que se contabiliza a eficiência deste processo pela síntese e disponibilidade de outros nutrientes para o sistema planta-solo-raiz como (K, Ca, Mg, N, S, B e P). Outro fator que favorece esta situação é a melhor conversão da acidez do solo, que possibilita a melhor capacidade de troca catiônica e diminui significativamente os teores H⁺ e Al⁺³ ativos na solução do solo (PRIMAVESI, 1981).

A aplicação de N, na fórmula comercial de uréia, totalizou 79,62%, ou seja, 179.625,60 MJ.ha⁻¹, soma-se a este, o valor de 5,31% ou 11.975,04 MJ.ha⁻¹, referentes a adubação de (N - P₂O₅ - K₂O), energia disponibilizada na forma indireta e industrial. Diferente do segundo ano, observado na tabela 4.1.2.3, onde o aporte energético com adubação de (N - P₂O₅ - K₂O) foi mais intenso, representando 16,47% dos gastos energéticos, o equivalente a 41.580 MJ.ha⁻¹. Para essas referências, adotou-se o coeficiente energético para N de 61,60 MJ.ha⁻¹, conforme Serrão e Ocácia, (2006).

Tabela 4.1.2.2 – Dispêndios energéticos de fertilizantes do trigo cultivado em sistema de plantio direto, no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007.

Fertilizantes 2007	Quantidade kg.ha ⁻¹	Índice de Energia	Consumo de energia/ha	Consumo total de energia*	Percentual (%)
Nitrogênio (uréia)**	54,00	61,60	3.326,40	179.625,60	79,62
Nitrogênio (N-P-K)***	3,60	61,60	221,76	11.975,04	5,31
Fósforo	9,20	6,96	64,03	3.457,73	1,53
Potássio	12,00	4,64	55,68	3.006,72	1,33
Calcário	3.000,00	0,17	510,00	27.540,00	12,21
Total			4.177,87	225.605,09	100,00

* Gleba de 54 hectares (54 ha). ** Uréia com 45% de N. *** Quantidade de N proporcional a fórmula do adubo. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2007.

Em relação ao aporte energético gasto nos dois anos agrícolas, difere a quantidade de calcário empregada, embora a gasto energético represente 27.540,00 MJ.ha⁻¹, esse valor foi a terceira maior rubrica dos fertilizantes, devido ao baixo índice energético encontrado no calcário, que corresponde a 0,17 MJ.kg⁻¹.

Tabela 4.1.2.3 – Dispêndios energéticos de fertilizantes do trigo em sistema de plantio direto, cultivados no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2008.

Fertilizantes 2008	Quantidade kg.ha ⁻¹	Índice de Energia	Consumo total de energia*	Consumo de energia/ha	Percentual (%)
Nitrogênio (uréia)**	54,00	61,60	179.625,60	3.326,40	71,13
Nitrogênio (N-P-K)***	12,50	61,60	41.580,00	770,00	16,47
Fósforo	50,00	6,96	18.792,00	348,00	7,44
Potássio	50,00	4,64	12.528,00	232,00	4,96
Total			252.525,60	4.676,40	100,00

* Gleba de 54 hectares (54 ha). ** Uréia com 45% de N. *** Quantidade de N proporcional a fórmula do adubo. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2008.

Embora, prevaleça um elevado gasto energético nos dois anos de estudo, sob o sistema plantio direto com rotação de culturas (milho) e a média de produção da UPA seja de 43 sacas por hectare (sc.ha^{-1}) nos últimos sete anos, autores como Hetz e Melo (1997), Santos et al. (2007), relatam que o acréscimo no rendimento das culturas (milho e trigo) e, conseqüentemente, da eficiência energética do sistema plantio direto, aumentam com o passar do tempo. Contudo, Santos et. al., (2007) em estudos experimentais, comparando diferentes sistemas em Passo Fundo, no RS, relatam que para o sistema de monocultivos de trigo/soja, em períodos de inverno/verão, essa conversão energética mostrou-se menos eficiente. Outro fator que onera a eficiência energética, em sistemas de monocultivos de cereais, é a alta incidência de doenças, provenientes da elevada umidade relativa e aumento da disponibilidade hídrica, no período de inverno. Em estudos formatados por Pellizzi, (1992) com cereais na região da Itália, o consumo de energia pode chegar entre 1% e 3%.

Da mesma forma, para autores como Zentner et al., (1991), Burt et al., (1994), Heranz et al., (1995), Borin et al., (1997), Santos et al., (2007), que em estudos comparando sistemas de plantio, a maior conversão energética no sistema plantio direto em relação aos sistemas de preparo convencionais de solo, pode ser explicada, em parte, pela redução das demandas energéticas propiciadas pela diminuição no número de operações agrícolas. E, conseqüentemente, pela eficiência no uso de máquinas e a baixa relação de mão-de-obra, o que para a maioria das regiões do RS e do país, esse fator social tem trazido algumas sequelas, como o êxodo rural e o empobrecimento do campo.

Tabela 4.1.2.4 – Dispendios energéticos de máquinas e equipamentos na safra agrícola de trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007 e 2008.

Máquinas e equipamentos 2007/2008	Tipo	Índice de Energia	Peso das máquinas	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Energia manutenção	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	TM: 7020	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8	9.661,2	10	15.335,2	10,7	577,30
Trator	TM:150	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8	9.661,2	10	15.335,2	10,7	577,30
Trator	TS: 100	14.604,9	2400	35.051,8	1.752,6	4.416,5	10	7.010,4	4,9	263,91
Trator	TS: 100	14.604,9	2400	35.051,8	1.752,6	4.416,5	10	7.010,4	4,9	263,91
Colheitadeira	TC:59 C/GAB.	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1	18.824,6	15	29.880,3	13,9	749,91
Colheitadeira	TC:57 C/GAB.	12.991,4	10500	136.410,1	6.820,5	17.187,7	15	27.282,0	12,7	684,70
Colheitadeira	TC:55C/GAB.	12.991,4	8640	112.246,0	5.612,3	14.143,0	15	22.449,2	10,4	563,41
Colheitadeira	1530	12.991,4	6500	84.444,4	4.222,2	10.640,0	15	16.888,9	7,8	423,86
Pulverizador	Jacto 2000 I	14.604,9	1500	21.907,4	1.095,4	2.760,3	10	4.381,5	3,1	164,94
Plantadeira	Semeato SSM-27	14.604,9	5.600	81.787,6	4.089,4	10.305,2	15	16.357,5	7,6	410,52
Pneus	18X26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	18X26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	18X26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	18X26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	18X26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	23x26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	23x26	85.690	1.052	90.146			10		12,9	695,41
Pneus	30,5x32	85.690	1.576	135.047			10		19,3	1041,79
Pneus	96,5x24	85.690	560	47.993			10		6,9	370,23
Pneus	14x9x24	85.690	693	59.414			10		8,5	458,33
Total									211,4	11.418,0

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2007 e 2008.

Nessa perspectiva, discutem-se as relações referentes ao uso das máquinas e equipamentos, além da mão-de-obra, nos dois anos agrícolas, expostos na tabela 4.1.2.4, onde para efeitos de cálculo foi utilizado o valor integral, ou seja, área própria mais área arrendada, totalizando 700 ha. Na mão-de-obra foram contabilizados oito funcionários permanentes, dispensando contratos adicionais, em época de maior demanda (plantio e colheita).

Tabela 4.1.2.5 – Dispêndios energéticos da mão-de-obra do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007 e 2008.

Nº de funcionários 2007/2008	Atividades Máquinas	Horas /dia	Índice Energia homem MJ	h.ha ⁻¹	Energia Mão de obra	Área Total ha	Total Gasto energia
8	Trator	12	1,22	4,00	4,88	54	263,52
8	Colheitadeira	12	1,22	2,50	3,05	54	164,70
Total							428,22

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2007 e 2008.

A quantidade de sementes utilizadas para o estabelecimento da cultura ficou na média de 165 kg.ha⁻¹, identificados pela tabela 4.1.2.6, considerando as duas safras agrícolas e, contabilizando um custo energético, em relação as fontes biológicas de energia, entre 126.959,40 MJ.ha⁻¹ e 119.491,20 MJ.ha⁻¹, referentes a gleba de 54 ha, para o primeiro e segundo ano agrícola, respectivamente.

Tabela 4.1.2.6 – Dispêndios energéticos das sementes do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Sementes	Quantidade kg.ha ⁻¹	Índice de Energia	Consumo Total/ha	Gasto Total energia
Ano 2007	170	13,83	2.351,10	126.959,40
Ano 2008	160	13,83	2.212,80	119.491,20

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2007 e 2008.

Os dispêndios energéticos contabilizados pelo consumo de agrotóxicos sofreram redução para as variáveis que englobam herbicidas e fungicidas e acréscimos para o volume de inseticidas empregados, de uma safra a outra. Essa

variação pode ser justificada em função das diferenças climáticas, disponibilidade hídrica e variações pluviométricas de um ano para o outro, além de fatores relacionados ao próprio manejo da cultura.

Tabela 4.1.2.7 – Dispêndios energéticos de agrotóxicos no trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safra 2007 e 2008.

Ano	Agrotóxicos	Quantidade	Índice de Energia	Gasto energia/ha	Gasto total energia	Porcentagem de energia
2007	Herbicidas	2,1	147,01	308,72	16.670,93	49,85
	Fungicidas	0,6	271,70	163,02	8.803,08	26,32
	Inseticidas	0,8	184,46	147,57	7.968,67	23,83
Total 2007				619,31	33.442,69	100,00
2008	Herbicidas	2,1	147,01	308,72	16.670,93	49,08
	Fungicidas	0,5	271,70	135,85	7.335,90	21,60
	Inseticidas	1	184,46	184,46	9.960,84	29,32
Total 2008				629,03	33.967,67	100,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2007 e 2008.

Em relação aos dispêndios energéticos com os combustíveis, a maior contribuição refere-se ao óleo diesel que contabiliza 204.120,00 MJ.ha⁻¹, ao passo que para lubrificantes e graxas somados os valores energéticos não chegam a 4 mil MJ.ha⁻¹.

Tabela 4.1.2.8 – Dispêndios energéticos de combustíveis do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Ano	Combustíveis	Quantidade	Volume (l.ha ⁻¹)	Poder calorífico MJ.l ⁻¹	Energia dos combustíveis MJ.ha ⁻¹	Energia dos combustíveis MJ.Total
2007	Óleo Diesel	5.400	100	37,80	3.780,00	204.120,00
	Lubrificantes	54	1	35,94	35,94	1.940,76
	Graxas	32,4	0,6	39,00	23,40	1.263,60
Total 2007					3.839,34	207.324,36
2008	Óleo Diesel	5.400	100	37,80	3.780,00	204.120,00
	Lubrificantes	32,4	0,6	35,94	21,56	1.164,46
	Graxas	21,6	0,4	39,00	15,60	842,40
Total 2008					3.817,16	206.126,86

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes à safra 2007 e 2008.

4.1.3 Produção de energia e análise do balanço energético da cultura do trigo

Os dados apresentados na Tabela 4.1.3.1 referem-se ao levantamento de campo, proposto inicialmente por esta pesquisa, com o intuito de verificar os índices encontrados na literatura sobre balanço energético.

Embora essa perspectiva não tenha sido contemplada nas práticas de campo, devido às incoerências metodológicas na escolha dos elementos a serem qualificados e quantificados, algumas proporções e correlações podem ser realizadas como parte do material coletado. Dessa forma, chama-se a atenção a variável matéria-seca, “palhada” ou resteva, quanto à disponibilidade ofertada por cultura, seja para cobertura e conservação do solo, como complemento alimentar na integração lavoura-pecuária ou, mais recentemente, como integrante do processo de biorrefinaria.

Mesmo que ela seja disponibilizada como cobertura do solo, ou compondo o sistema de integração lavoura-pecuária, como veremos em outras UPAs. Sabe-se, entretanto, que esta palhada pode evitar alguns danos físicos do solo, como erosão, desagregação de partículas, perda da camada superficial por escoamento e, conseqüente, formação de valas, entre outros. Além, do incremento de carbono (C) no solo o que pode viabilizar processos mais amplos, contemplando normas de mercado e certificações de comercialização, por exemplo, a ISO 14001.

Tabela 4.1.3.1 – Dados de laboratório da pesquisa de campo da safra agrícola de trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Trigo	Amostra	Peso MS (g)	Peso Grãos (g)	%C na MS	% N na MS	%C no Grão	% N no Grão
UPA C	1	301,70	295,70	42,10	57,90	36,50	57,90
	2	391,41	392,10	43,20	56,80	35,82	56,80
	3	449,66	445,20	43,10	56,90	36,10	56,90
	4	406,60	403,20	42,80	57,20	37,74	57,20
	5	254,20	245,30	43,00	57,00	35,75	57,00
Média		360,71	356,30	42,84	57,16	36,38	57,16

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Com uma média das amostras de $360,71\text{g.m}^{-1}$ em base seca e, uma quantidade de energia que pode ser estimada, observando as variáveis, carbono (C) e nitrogênio (N), além de outros indicadores que contemplam os principais elementos de determinação de biomassa. Por exemplo, a base dos compostos inorgânicos (CHON) que, além dos elementos já citados, acrescentam-se hidrogênio (H) e oxigênio (O).

Os estudos realizados até hoje geralmente comentam a necessidade do desenvolvimento das pesquisas com balanços energéticos, no sentido de buscar meios para que estes tenham maior relação com a região, diferindo de aspectos globais e da agricultura proposta por outros países, com características bem diferentes do Brasil. Em longa percepção, o que ainda não oportuniza nossas particularidades que para cada território e região, têm sua eficiência cultural, disponibilidade hídrica, diferenças climáticas, de solo, incidência de maior ou menor radiação, o que logo se traduz em energia disponível e trabalho, permitindo maior segurança e acuracidade no planejamento dos dispêndios de energia.

Os dados referentes à produtividade por hectare da cultura do trigo estão representados na tabela 4.1.3.2, onde os valores alcançados superam a média do Rio Grande do Sul, com uma produtividade de $2.580,00\text{ kg.ha}^{-1}$. Esta produtividade corresponde a $35.681,40\text{ MJ.ha}^{-1}$, empregados como energia no sistema produtivo de trigo.

Tabela 4.1.3.2 – Produção de energia por hectare de trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá em Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Variáveis	UPA C
Índice energia disponível Grãos/Kg	13,83
Produtividade Kg/ha	2.580,00
Energia consumida/ha	11.380,88
Energia Produzida em Grão/ha	35.681,40

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Para a análise do balanço energético, identificado na tabela 4.1.3.3, foram quantificadas as energias produzidas para a obtenção do grão, a energia consumida

para o estabelecimento da cultura, entre energias diretas e indiretas, além da eficiência energética e cultural.

Em relação aos gastos energéticos, a energia consumida por hectare, ou seja, os gastos referentes às entradas de energia (“inputs”) correspondem a 11.380,08 MJ.ha⁻¹. Estes são originários principalmente de fontes industriais e fósseis de energia, com um débito contabilizado que efetiva 24.300,52 MJ.ha⁻¹, ou seja, saldo energético positivo.

Tabela 4.1.3.3 – Balanço energético, eficiência energética, eficiência cultural da cultura do trigo, por hectare.

Variáveis	Propriedade C
Energia Produzida em Grão/ha (MJ) A	35.681,40
Energia consumida/ha (MJ) B	11.380,88
Balanço energético (MJ) A- B	24.300,52
Eficiência energética BE/F*	9,35
Eficiência cultural A/B	3,13

F* Fontes de energia fósseis. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

A eficiência cultural encontrada foi de 3,13 indicando que, para cada unidade calórica disponibilizada na produção do trigo, o retorno para o sistema foi de 2,13 unidades. No aspecto de eficiência energética, a cultura do trigo obteve o equivalente a 9,35, demonstrando a quantidade de energia fóssil demandada pela cultura.

Merece menção o aporte energético, preferencialmente de fontes externas e não-renováveis. Contudo, o sistema agrícola demonstra à medida que contempla as exigências de eficiência cultural e energética, tendo atingido energia cultural superior a 24 mil MJ.ha⁻¹. De outra forma, para cada unidade utilizada de energia fóssil, o retorno é de 8,35 unidades de energia na produção de trigo.

Assim, a determinação da energia consumida para este sistema de produção agrícola contabilizou basicamente variáveis que compõem os fluxos de energia indireta de fonte industrial. Para Gollmann et al. (2004), o aproveitamento de maneira eficiente desta energia pode, a médio e longo prazo, garantir a estabilidade e a elevação da produtividade das espécies em exploração. Embora, perceba-se a

grande dicotomia, entre a eficácia produtiva e a redução nas perdas energéticas, novos critérios e metodologias de avaliação podem e devem ser incluídas.

De outra forma, estudos realizadas em Passo Fundo-RS, por Santos et al. (2001), na avaliação de sete sistemas de rotação de culturas (aveia branca, cevada, ervilhaca, linho, tremoço e trigo), durante nove anos, realizaram avaliação da conversão e balanço energético, mostrando que estes sistemas, para a maioria dos anos, foram energeticamente mais eficientes do que as rotações trigo/soja ou pousio/soja. Contudo, em pesquisas comparativas entre sistema convencional e orgânico, desenvolvido em área experimental, por Pimentel et al. (1983), observaram-se as culturas de milho, trigo, maçã e batata, sendo que o trigo e o milho apresentaram melhor eficiência energética em sistema orgânico. Ademais, Gollmann et al. (2004) também desenvolveram estudos comparativos em sistemas de produção agrícola convencional e orgânica, na região de Cascavel – PR, com conversões de 3,22 e 1,81, respectivamente.

Em trabalho conduzido em sistemas de rotação de culturas para trigo, em doze e dezoito anos de plantio direto, no Canadá, Zentner et al. (1984, 1989) identificaram uma conversão energética significativa de $0,93 \text{ Mcal.ha}^{-1}$ para $0,97 \text{ Mcal.ha}^{-1}$, em espécies pastejadas, entre os sistemas estudados, somente no primeiro período.

Outro fator que chama a atenção em estudos mais recentes é o aumento da eficiência energética e produtividade cultural do sistema trigo associada a outras culturas. Em estudos com cevada e trigo, desenvolvidos por Santos et al. (2001), em plantio direto, determinaram-se índices de produtividade cultural de trigo entre 1,20 a $1,24 \text{ Mcal.ha}^{-1}$. Valores mais altos de conversão foram encontrados pelos autores Quesada et al. (1987), onde obtiveram os seguintes valores para trigo: 1,89 e $316.014 \text{ Mcal.ha}^{-1}$.

4.1.4 Desempenho econômico da cultura do trigo

O desempenho econômico é composto das seguintes variáveis: produto bruto (PB), consumo intermediário (CI), valor agregado bruto (VAB), valor agregado líquido (VAL), depreciação (D), distribuição do valor agregado (DVA) e renda

agrícola (RA). Estes itens identificam os cálculos de viabilidade econômica da cultura do trigo que compõem o sistema de produção da UPA C.

O Produto Bruto (PB) representa o valor monetário da produção em grãos alcançada no decorrer de cada ciclo produtivo (safras), que no caso da UPA em questão foi de R\$ 54.432,00, conforme demonstra tabela 4.1.4.1, alcançando um valor de R\$ 1.008,00 por ha, que comparado aos demais cereais analisados representa um valor bastante baixo, conforme é demonstrado na tabela 4.1.4.2, explicado em grande medida em função do preço do cereal.

Já o Consumo Intermediário (CI) representa o valor monetário de todos os bens e serviços integralmente consumidos no ciclo produtivo para a formação do Produto Bruto. A UPA, como pode ser observada na tabela 4.1.4.1, teve um CI de R\$ 44.004,60, resultando um valor de R\$ 814,90 por ha, portanto, muito próximo ao valor alcançado em termos de PB/ha.

Tabela 4.1.4.1 – Variáveis que compõem os resultados econômicos do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Variáveis	Valor (R\$)
Produto Bruto – PB	54.432,00
Consumo Intermediário – CI	44.004,60
Valor Agregado Bruto – VAB (PB – CI)	10.427,40
Depreciação – DEP (6,67%* do PB)	3.630,61
Valor Agregado Líquido – VAL (VAB – DEP)	6.796,79
Distribuição do Valor Agregado – DVA	28.785,01
Renda Agrícola – RA (VAL – DVA)	-21.988,22

* Índice de amortização. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

O resultado é em um VAB/ha bastante baixo, de R\$ 193,10/ha, conforme tabela 4.1.4.2, principalmente se comparado com o desempenho das outras culturas. O alto CI é, em grande medida, explicado pelos gastos com os adubos e agrotóxicos utilizados com a cultura. Nesta perspectiva, na tabela 4.1.4.1 identificam-se alguns elementos no consumo intermediário do trigo que passam por este processo de transformação, entre eles, sementes, fertilizantes e os respectivos serviços que contemplam o preparo, estabelecimento e manejo da cultura.

Tabela 4.1.4.2 – Indicadores de resultados econômicos do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Variáveis	Valor (R\$)
Área de Produção (ha)	54,00
Produção realizada em sacos	2.268,00
Média p/ha (sc)	42,00
Valor da comercialização	24,00
PB/ha	1.008,00
CI/ha	814,90
VAB/ha	193,10
VAL/ha	125,87
CT/ha	882,13
Eficiência econômica (PB/CI)	1,14
Renda/ha	-407,19
Renda s/ arrendamento/ha	-215,19

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

A Depreciação (D) representa o valor monetário dos bens que não são integralmente consumidos no decorrer de uma única safra agrícola (máquinas, equipamentos, instalações), mas no decorrer de várias safras. Assim, o valor representa a fração da amortização necessária para a reposição desses bens. Para a presente análise foi utilizado como referência à depreciação como sendo equivalente a 6,67% do produto bruto (PB) do trigo.

Os indicadores dispostos na tabela 4.1.4.2 constituem-se de elementos importantes para a melhor compreensão das dinâmicas empregadas pelo produtor, através de parâmetros como valor agregado (VA) que identifica as riquezas advindas da unidade de produção agrícola, bem como as interações de eficiência técnica e econômica por meios distintos que contemplam o processo de produção.

Para as discussões do valor agregado líquido (VAL), consideraram-se para o cálculo as reduções explícitas pelo consumo intermediário e pela depreciação das instalações, máquinas e implementos. No caso, a unidade de produção agrega R\$ 125,87 por hectare com o cultivo do trigo, um valor positivo, embora relativamente baixo se comparado com as demais culturas. Este baixo desempenho é também retratado no indicador de eficiência econômica (a relação entre o que foi produzido com o custo total da produção), o mais baixo das culturas estudadas (1,14). Desta maneira, significa que, para cada unidade monetária investida, o retorno é de 0,14 (14%).

Tabela 4.1.4.3 – Consumo Intermediário do trigo, cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

Descrição	Tipo	Unidade	Quantidade/ha	Valor/un	Custo/ha	Valor total (R\$)
Semente	Fundacef	kg	150	0,9	135	7.290,00
	Adubo 09.23.30	kg	250	1.200,00	300	16.200,00
Fertilizantes	Uréia 45.00.00	kg	100	1.100,00	110	5.940,00
	Agroquímicos					0,00
	Herb. <i>Glifosate</i>	litros	1	21	21	1.134,00
	Fung. <i>Triadimenol</i>	litros	0,32	75	24	1.296,00
Agrotóxicos	Fung. <i>Tebuconazol</i> , <i>Trifloxystrobina</i>	litros	0,6	75	45	2.430,00
	Herb. <i>Iodosulfuron-metil</i>	kg	0,1	449	44,9	2.424,60
Subtotal I					679,90	36.714,60
	Dessecação	oper.	1	10	10	540,00
	Preparo do solo					0,00
	Semead/ Adubação	oper.	1	45	45	2.430,00
	Aplic.adub.cobert.	oper.	1	10	10	540,00
	Herbic.2 aplic.	oper.	1	10	10	540,00
	Inset. aplic.					0,00
Serviços	Fungic.aplic.	oper.	1	10	10	540,00
	Irrigação					0,00
	Colheita	oper.	1	45	45	2.430,00
	Transport.int.	oper.	1	5	5	270,00
	Insumos					
	Manutenção de máquinas					0,00
Subtotal II					135	7.290,00
Total I+ II					814,9	44.004,60

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

O Consumo Intermediário (CI) corresponde a R\$ 814,90 por hectare, aos quais comportam os gastos referentes a sementes, agrotóxicos, fertilizantes e os serviços dispendidos tanto no manejo de lavoura quanto na manutenção de máquinas, equipamentos e instalações. De outra forma, torna-se bastante evidente a dependência de insumos externos a UPA, aumentando o valor empregado para o CI.

Para o cálculo da renda agrícola, deve-se levar em conta a distribuição do valor agregado (DVA), que corresponde à parte da riqueza gerada na unidade de produção a ser repartida entre os vários agentes que intervêm no processo de produção. Isso se deve ao fato de quando esses agentes possuem parte do capital

investido, assumem parte dos riscos ou trabalham direta ou indiretamente no processo produtivo.

Tabela 4.1.4.4 – Distribuição do Valor Agregado do trigo cultivado em sistema de plantio direto no Geribá, Cachoeira do Sul/RS, safras 2007 e 2008.

DVA	Unidade	Valor
Mão-de-obra	20%	14.560,00
Financiamento	8%	2.605,07
Funrural	2,3%	1.251,94
Arrendamento	8 sc/ha	10.368,00
Total		28.785,01

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Desta forma, as variáveis que compõem o DVA correspondem aos impostos, pagamento de mão-de-obra (salários), financiamentos, arrendamentos e juros de empréstimos. Nessa perspectiva, no cultivo em questão, a participação da mão-de-obra e do arrendamento alcançou índices bastante expressivos, em relação aos custos contabilizados no DVA, totalizados em quase 80% do valor total, identificados na tabela 4.1.5.4. Esses percentuais exprimem a remuneração paga pelo agricultor, à medida que identifica as despesas do mesmo para a obtenção dos meios de produção (terra, capital, trabalho), bem como a parte recolhida pelos governos como contribuição para a sociedade, conforme especificam Neumann e Silveira, (2010).

Assim, a renda agrícola (RA) está atrelada em partes com o valor agregado que permite remunerar o trabalho familiar e, eventualmente, investir na unidade de produção. Desta forma, este indicador permite avaliar a capacidade de reprodução socioeconômica da unidade de produção e suas potencialidades de desenvolvimento. A renda do cultivo do trigo resultou em um valor negativo de R\$ - 21.988,22 ou R\$ -407,19 por hectare, explicado em grande medida pelo baixo preço do cereal e pelo alto valor dispêndio com o CI e com o DVA. É importante observar que mesmo que não seja considerada uma parte significativa do DVA, expresso pelos custos do arrendamento das terras, a renda continua negativa R\$ 215,19 por hectare, demonstrando a baixa eficiência econômica da atividade.

Entretanto, é importante relativizar o resultado alcançado, uma vez que o trigo deveria ser analisado de maneira integrada com a cultura sucessora, ou seja, a soja. A análise deste binômio (trigo/soja) provavelmente resulte em indicadores econômicos mais favoráveis aos cultivos do trigo.

4.1.5 Análise do balanço energético e econômico da cultura do trigo

A produção do trigo analisada na UPA C dependeu, fundamentalmente, de fontes de energia indiretas e industriais, particularmente os fertilizantes químicos. Estes contribuíram com 38,90% do total do dispêndio energético, sendo que os índices adotados para nitrogênio, fósforo, potássio e calcário são os informados por Serrão e Ocácia (2006) e Comitre (1993), $61,60 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, $6,96 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, $4,64 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, e $0,17 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente. Estes valores diferem um pouco dos adotados por Bueno, (2002), pois este autor adiciona aos valores $0,50 \text{ MJ}$, devido ao transporte marítimo da importação (ANDA, 2009).

Em todas as etapas, houve baixo consumo de energia na forma de trabalho humano. Neste trabalho, os valores baixos ocorreram devido às características do sistema em questão, que considera somente a mão-de-obra para as atividades mecanizadas.

Em relação à análise econômica, cabe destacar que mesmo o valor agregado líquido (VAL) sendo considerado baixo, R\$125,87, ele ainda é positivo, demonstrando que a cultura do trigo agrega valor à sociedade.

É importante destacar que a eficiência energética cultural encontrada foi de 3,13 indicando uma agregação energética de 213%, enquanto que a eficiência econômica foi de 1,14, o que representa 14% de agregação em termos de valor monetário.

4.2 O Balanço Energético da Cultura do Arroz Irrigado

4.2.1 Descrição das UPAs estudadas

As unidades de produção onde foi estudada a cultura de arroz irrigado são a UPA A e a UPA B, considerando que ambas as unidades desenvolvem as duas culturas.

4.2.1.1 Descrição da UPA A

A unidade de produção agrícola A, localiza-se no município de Caçapava do Sul, mais especificamente na região conhecida por Seival. Essa região tem como característica predominante áreas de várzea para o cultivo do arroz, onde a maioria das propriedades é abastecida pela Barragem do Seival.

A unidade de produção está constituída de uma empresa com vínculo familiar, composta por seis parceiros familiares e oito funcionários permanentes, os quais realizam todas as atividades desenvolvidas na mesma. Utiliza-se de um elevado aporte tecnológico, visualizada pelo parque de máquinas e equipamentos, bem como a superfície de área útil onde são desenvolvidos os principais cultivos de ordem econômica. As áreas destinadas aos cultivos de soja e arroz, somadas chegam a 700 ha, sendo cultivados 400 ha e 300 ha para cada cultivo, respectivamente. A referência para o presente estudo do arroz irrigado foi uma gleba de 54,20 ha.

A unidade de produção caracteriza-se por adotar, nas áreas onde são desenvolvidas as culturas, o sistema integrado lavoura/pastagem/pecuária. As áreas são alternadas entre próprias e arrendadas, com práticas de manejo rotacional e de recuperação das áreas trabalhadas. No caso específico do arroz irrigado, a área é própria e a rotação é realizada ora com pousio, ora com pastejo do gado. Desta forma, é feito um manejo diferenciado, devido ao potencial hídrico que a área exerce para o cultivo.

A propriedade possui um parque de máquinas e equipamentos, o qual é distribuído na gama de atividades que contemplam o planejamento dos itinerários

técnicos de suas atividades produtivas. O parque de máquinas está distribuído entre tratores e colheitadeiras e, para as pulverizações, utilizam-se serviços da aviação agrícola. Entre as operações desenvolvidas, estão as relacionadas com preparo das áreas para cultivo de soja, arroz e pastagens anuais, manejo das culturas, aplicações e controle de pragas, doenças e plantas invasoras, colheita, transporte, reparo de máquinas e equipamentos, manejo de irrigação e eletrificação rural.

Da mesma forma que na UPA C (trigo), os cálculos de análise econômica e energética foram diluídos pelo total de área cultivada, para as variáveis máquinas e equipamentos, bem como para a de mão-de-obra.

De igual teor, as instalações se caracterizam por construções de moradia em alvenaria para os funcionários que permanecem na propriedade, galpões e oficinas em alvenaria e madeira, além da sede da propriedade.

A disponibilidade dos recursos hídricos para essa unidade de produção agrícola esta vinculada a Barragem do Seival, vertentes de água e açudes, contemplando as disponibilidades e oportunidades hídricas que o sistema de produção oferece, em especial, a irrigação por gravidade que diminui os custos advindos pelo uso do óleo diesel, nos motores de bombeamento de água.

O tipo de cultivo adotado é o sistema mix, com sistematização do solo em desnível (em curvas de nível), o que favorece as práticas de cultivo mínimo que envolve as operações de gradagem, plaina e entaipamento e, por conseguinte, as menores perdas dos agregados do solo, contribuindo com a redução do custo inicial e melhorando a drenagem superficial do solo (IRGA, 2005).

Desta forma, atenta-se para a reconstituição do itinerário técnico do arroz irrigado. Assim, são mencionadas na sequência as informações relatadas pelos produtores, referentes às várias operações que contemplam o tipo de sistematização adotada para o manejo de água, os tratamentos culturais. Entre eles, pode-se citar a sistematização do solo em desnível, controle de plantas invasoras pelo manejo de água e aplicação de herbicida para dessecação de ervas daninhas. As sementes são primeiramente tratadas, antes do plantio, reduzindo ataques de insetos-praga que afetam a cultura em sua fase inicial de implantação, em especial, a bicheira-da-raiz, uma das principais pragas da cultura, a qual demanda grandes aportes de inseticidas no seu controle.

Durante o desenvolvimento da cultura, as operações que englobam a aplicação de inseticidas, em sua fase inicial, são realizadas com tratores. Já em

estádios vegetativos mais desenvolvidos, dá-se preferência para a aviação agrícola que contempla e agrega o maior número de funções, as quais estão diluídas na segunda aplicação de uréia, favorecendo o enchimento de grão em estágio de algodão, bem como a aplicação de inseticida fisiológico e/ou sistêmico para controle da lagarta, além de aplicação de fungicida. Ressaltam-se, por fim, as práticas culturais referentes à colheita, ao transporte e armazenagem dos grãos, que são depositados na cooperativa, observando à qualidade do grão, a cultivar, as operações realizadas, a classificação e divisão das áreas de produção para sementes e indústria, o que difere no ponto de colheita.

A seguir serão descritas as observações referentes à cultura, do arroz-irrigado, para as duas safras agrícolas, acompanhadas por este estudo.

As atividades que contemplam a implantação da cultura do arroz são desenvolvidas por um longo período que antecede a semeadura da cultura. Essas práticas são realizadas através de cultivo mínimo, operacionalizadas com tratores que têm uma lastragem adaptada para essas práticas em áreas alagadas, já que estas favorecem o controle de plantas invasoras, em especial, o arroz vermelho. Merecem destaque as alternativas de cunho tecnológico, adaptadas a maquinários não tão modernos, como descritos pelo produtor: “Trator acoplado com antena e receptor a laser, com objetivo de riscar o solo, favorecendo os sulcos e o entaipamento”. Para o primeiro ano agrícola (safra 2007/2008) foram realizadas as seguintes operações que compõem o itinerário técnico: primeiramente, realizou-se a sistematização das áreas em desnível, após realizou-se a adubação de base, com a incorporação de 180 kg.ha^{-1} de N - P_2O_5 - K_2O , na fórmula 9-23-29. Na seqüência foi feita a dessecação por meio de herbicidas sistêmicos *Imazetapir* e *Imazapique*, na dosagem de 1 l.ha^{-1} mais um piretróide *Lambda-cialotrina*, na dosagem de $0,10 \text{ l.ha}^{-1}$ no controle de insetos-praga do solo. Para a instalação da cultura, as sementes utilizadas foram da variedade *IRGA CL 422*, com poder germinativo entre 90% e 98% de pureza, na quantidade de 120 kg.ha^{-1} , com sementes tratadas com *Fipronil*, na proporção de $0,1 \text{ ml.kg}^{-1}$. E para adubação de cobertura utilizaram-se de 200 kg.ha^{-1} de N, na fórmula de uréia, juntamente com a aplicação da segunda dessecação, com formulação de *Sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina* na dosagem de 1 l.ha^{-1} .

Na segunda safra agrícola (2008/2009) foram realizadas as mesmas operações iniciais de preparação do solo, aplicação de dessecante, adubações de

base e cobertura, bem como os demais tratos culturais para controle de pragas e doenças.

No que tange ao manejo de dessecação para a primeira aplicação, utilizou-se a dosagem de $2,5 \text{ l.ha}^{-1}$, com formulação de *Sal de isopropilamina de N-fosfometil glicina*, para controle de plantas invasoras e arroz vermelho, logo após, realizou-se a adubação de base, com a adição de 200 kg.ha^{-1} de N - P_2O_5 - K_2O , na fórmula 5-20-20. Para as sementes permanece a mesma cultivar, ou seja, *IRGA CL 422*, porém, com menor quantidade por hectare 110 kg.ha^{-1} , seguindo o mesmo tratamento de sementes, com *Fipronil*, na proporção de $0,1 \text{ ml.kg}^{-1}$. Na primeira aplicação de herbicida realizada com trator, utilizou-se as formulações de *Imazetapir* e *Imazapique* na dosagem de 1 l.ha^{-1} , juntamente com herbicida de ação sistêmica encontrado na fórmula química *Metsulfurom metílico*, na dosagem de 5 g.ha^{-1} , óleo mineral, na dosagem de $0,250 \text{ l.ha}^{-1}$ e inseticida *Lambda-cialotrina*, na dosagem de $0,100 \text{ l.ha}^{-1}$, para controle da lagarta, em estágio vegetativo da cultura. Para a segunda aplicação, com aviação agrícola os insumos utilizados foram: fungicida de ação sistêmica, com a seguinte composição *Trifloxistrobina* e *Propiconazol*, na dosagem de $0,6 \text{ l.ha}^{-1}$, inseticida de ação sistêmica na composição de *Tiametoxam* e *Lambda-cialotrina*, na dosagem de $0,2 \text{ l.ha}^{-1}$ e óleo mineral, na dosagem de $0,5 \text{ l.ha}^{-1}$.

Na área de estudo, utilizou-se na operação de semeadura uma plantadeira da marca Stara Sfil, modelo SS – 9000, ano 2000, com tempo médio de plantio de uma hora para cada hectare e meio $1/1,5 \text{ h.ha}^{-1}$, com potência de 105 cv. Para as operações de manejo cultural, a primeira aplicação foi realizada com trator e a segunda foi através de aviação agrícola.

Neste itinerário foram utilizados os cinco tratores, da marca Massey Ferguson, nos modelos MF 299 (4x4), com potência nominal média de 120 cv, para os respectivos anos 2006, 2002, 2001, 2000 e 1999, e outros três tratores, também da marca Massey Ferguson, modelo MF 299 (4x2), com potência nominal entre 85 a 90 cv, sendo que o mais antigo corresponde ao ano de 1975, com adaptações de antena à layser. Ainda, utilizou-se de esteiras de arroz, com aproximadamente 800 kg, motores elétricos que contemplam o conjunto de atividades desempenhadas na lavoura, com capacidade de bombeamento para 8 m de altitude e redes elétricas que melhor viabilizam a irrigação das lavouras.

Nas operações desempenhadas com uso de trator, o tempo gasto com mão-de-obra foi contabilizado em 5 h.ha^{-1} divididos entre sistematização de área, semeadura, dessecação e aplicação de inseticida, acrescentando-se a este o tempo de colheita que equivale a $2,5 \text{ ha.h}^{-1}$ hectares por hora, nessas condições de campo, maquinários e mão-de-obra, conforme informa o produtor.

Na colheita do arroz-irrigado foram utilizados os seguintes equipamentos: colheitadeiras da marca John Deere, modelo John Deere 7100 e da marca New Holland, modelo Clayson 4040, anos 1995 e 1987, respectivamente. A eficiência de cada uma das colheitadeiras está distribuída em horas de trabalho por hectare, que equivale respectivamente a 3,3; e 1 h/ha, ou seja, 30% desta eficiência. E um caminhão para transporte, na marca Mercedes, modelo Mercedes 1525, ano de 1989, com capacidade de 22 t, além da contratação de fretes.

Os gastos referentes a combustíveis são contabilizados por hectare, englobando todas as operações, que vão desde a sistematização das áreas, o plantio, passando pelas operações realizadas com o trator como a dessecação e os tratamentos culturais, a aviação agrícola, até a colheita do grão, que somadas, conforme especifica o produtor, consomem 101 l.ha^{-1} , ou seja, cento e um litros por hectare. Para essas operações o tempo gasto com mão-de-obra passa de oito horas diárias (8 h/dia), nos períodos de sistematização e de colheita, quando as atividades oscilam entre dez e doze horas diárias.

4.2.1.2 Descrição da UPA B

A referida unidade de produção situa-se na região do Geribá no município de Cachoeira do Sul, no RS. Caracteriza-se por ser uma propriedade mecanizada e dispor de áreas arrendadas para desenvolver seus cultivos. A área utilizada para o cultivo de arroz irrigado é de 150 ha, sendo que a referência para o presente estudo foi de uma área de 60 ha, toda ela disposta em patamares (sistematizada).

Em relação às disponibilidades de água, a UPA é abastecida pelo Rio Irapuá. Contudo, com a previsão de seca para safra de 2007, foi planejada menor área de cultivo, respeitando as disponibilidades hídricas, para manejo de irrigação das lavouras. Ainda assim o produtor utiliza de um açude, com capacidade de irrigação para 35 ha, conforme prescreve a outorga de liberação para uso e manejo de água.

O consumo de combustíveis nas lavouras de arroz, devido ao manejo proposto no sistema de irrigação, é um aspecto que leva os produtores a adotar sistemas mais limpos energeticamente, melhorando tanto a eficiência energética quanto a econômica. Assim, para o manejo de irrigação, a área foi dividida em duas partes: em uma delas foi utilizado o sistema elétrico no processo de bombeamento de água, e na outra o sistema tradicional de irrigação a óleo diesel.

As terras de arroz da UPA B são arrendadas. Esta unidade se caracteriza por um sistema de produção que intercala áreas de integração lavoura-pecuária, com períodos de pastagens e culturas anuais, no período de inverno e verão. Na gleba estudada é utilizado o sistema mix para cultivo de arroz, caracterizando-se por manejos de dessecação para controle de arroz vermelho, bem como períodos de pousio e sistematização de área, para controle de plantas daninhas que competem com a cultura e diminui a quantidade de água utilizada.

O sistema mix é uma variante do sistema pré-germinado, pois possibilita operações mecânicas de preparo antecipado do solo, favorecendo a germinação de sementes, principalmente antes das plantas invasoras e do arroz vermelho. Passada esta etapa, de 15 a 20 dias antes da semeadura, é feita a dessecação da cobertura vegetal e, após a entrada de água para encharcamento do solo.

O destaque a ser observado e controlado é o desenvolvimento da cobertura vegetal, que deve ser a mínima possível, para não competir com as sementes pré-germinadas na procura de espaços no solo, bem como a elevada decomposição de matéria-orgânica provoca a liberação de ácidos orgânicos que podem ser prejudiciais no desenvolvimento das sementes (IRGA, 2005).

A sistematização do solo é realizada em nível, favorecendo a disposição em quadros, onde é nivelado, com um planejamento estratégico, nos processos de manutenção, entradas de máquinas e tratos culturais. Como vantagens esse sistema apresenta: melhor distribuição de água, pois permite uma irrigação uniforme desde o seu estabelecimento, além de facilitar o manejo de plantas invasoras, contribuir com a redução da perda de nutrientes no solo, melhor controle de pragas e doenças, e da oscilação da temperatura do solo e da água. Desta forma, a uniformidade das áreas da cultura tem como vantagem o melhor aproveitamento do solo, com a redução das áreas de taipa e, conseqüente redução de insumos (IRGA, 2005).

A UPA B dispõe de uma ampla estrutura física que viabiliza todo o processo de produção, contemplando desde a distribuição das áreas arrendadas, disposição do parque de máquinas e equipamentos agrícolas, galpões, moradia, balança e transporte, até a unidade de recebimento, armazenamento e secagem. Sendo que o parque de máquinas está distribuído entre colhedoras, tratores, pulverizadores, plantadeiras e implementos em geral. Contudo, para efeitos de análise energética e econômica para as variáveis mão-de-obra e máquinas e equipamentos foram contabilizados o total da área agrícola da UPA.

Para as instalações foram considerados galpões de alvenaria, madeira e mistos, além da sede da propriedade. As atividades desenvolvidas na unidade de produção agrícola contemplam o manejo das áreas de cultivo, como plantio, tratos culturais, manutenção de máquinas e equipamentos, controle químico, reparo de estradas e instalações, em períodos de menor demanda das culturas.

A cultura do arroz irrigado, em sistema mix de plantio, comporta o seguinte itinerário técnico, que começa com a sistematização da área em nível e com maior dispêndio de máquinas nas atividades iniciais para nivelamento das áreas e divisões de quadro, bem como a construção de pontos de drenagens e irrigação. Na sequência, faz-se a aplicação de herbicida para a dessecação das plantas invasoras e arroz vermelho, com solo encharcado.

Após a entrada de água, realizam-se as operações com tratamento de sementes para efetuar o plantio. Desta forma, estabelece-se a lâmina de água que tem como função manter a temperatura da planta e do solo, controle de invasoras, melhoria da sanidade da planta e a disponibilidade de nutrientes. Por conseguinte, as operações são uma pequena drenagem, adubação de base e nova aplicação de dessecante.

No desenvolvimento da cultura, o manejo dos tratos culturais referem-se ao controle de doenças e insetos-praga, com aplicação de fungicida e inseticida, respectivamente, além dos cuidados necessários para manter a lâmina de água em períodos importantes da cultura.

Nesse sentido, apresenta-se a composição das operações que participaram do estabelecimento da cultura nas duas safras agrícolas estudadas. Primeiramente, realizou-se aplicação de calcário, na proporção de $1.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, na sequência adubação de base, com incorporação de $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, na fórmula 9-23-29. Para adubação de cobertura, realizaram-se as operações a lanço, na

proporção de 200 kg.ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, na fórmula 45-00-00 e aviação agrícola, na proporção de 60 kg.ha⁻¹ de N- P₂O₅-K₂O, na fórmula 45-00-00.

Na dessecação, aplicou-se o herbicida, *Imazatapir* na dosagem de 1,1 l.ha⁻¹ mais *óleo mineral*, na dosagem de 0,250 l.ha⁻¹ e herbicida sistêmico na fórmula química *Metsulfurom metílico*, na quantidade de 3,3 g.ha⁻¹. As sementes utilizadas foram a cultivar *IRGA CL 422*, na proporção de 110 kg.ha⁻¹, as quais receberam tratamento preventivo contra o ataque de pragas e doenças, no estágio de desenvolvimento da plântula e vegetativo da cultura. A quantidade foi de 0,1 ml.kg⁻¹, com o princípio ativo *Fipronil*.

Para o controle de insetos-praga, fez uso de inseticidas, com os seguintes princípios ativos e proporções: aplicação de *Cipermetrina*, na dosagem de 0,100 l.ha⁻¹, juntamente com o inseticida piretróide a base de *deltametrina*, com princípio ativo do *Fipronil*, na dosagem de 60 mg.ha⁻¹ e *Metafós*, na dosagem de 1 l.ha⁻¹. E para as aplicações de fungicida, utilizaram-os princípios ativos de *Trifloxistrobina* e *Propiconazol*, na quantidade de 0,750 ml.ha⁻¹.

Na segunda safra agrícola (2008/2009) foram realizadas as mesmas operações iniciais de preparação do solo, aplicação de dessecante, adubações de base e cobertura, bem como os demais tratamentos culturais para controle de pragas e doenças, exceto aplicação de calcário.

Para a sistematização foram utilizados dois tratores que compõem o parque de máquinas, da marca John Deere, modelo 6300, com potência de 105 cv, ano de 1999 e 2000, outro marca Valmet, modelo 1180, com potência de 120 cv e dois da marca Ford, modelos 6610 e 7610, com potências de 85 cv e 105 cv, anos de 1984 e 1989, respectivamente. Acoplados a estes, fazem parte três grades e uma plaina, ambas do ano 2001.

Na área de estudo, utilizaram-se na operação de semeadura duas plantadeiras da marca Semeato, modelo TDMG, ano 1997, após foram realizadas operações com uso de pulverizador da marca Jacto modelo Coral 2000 litros, eletroeletrônico, com regulagem controlada de vazão, ano 2004. Para as operações de manejo cultural, a primeira aplicação foi realizada com trator e a segunda, através de aviação agrícola.

Nas operações desempenhadas com uso de trator, o tempo gasto com mão-de-obra foi contabilizado em 5 h.ha⁻¹ divididos entre sistematização de área, semeadura, dessecação e aplicação de inseticida, acrescentando-se a este, o tempo

de colheita que equivale a $2,5 \text{ h.ha}^{-1}$, por hectare, nessas condições de campo, maquinários e mão-de-obra, conforme informa o produtor.

Na colheita, do arroz-irrigado foram utilizados os seguintes equipamentos: duas colhedoras SLC-6200, nos anos de 1986 e 1992. A eficiência de cada uma das colheitadeiras corresponde a $1,3 \text{ ha.h}^{-1}$, com rendimento médio de dez dias para a colheita completa da área, já as semeadoras tem uma eficiência de 1 ha.h^{-1} e rendimento de 15,7 ha.dia com duas plantadeiras. Para o transporte, utiliza-se de caminhão, da marca Mercedes Bens, ano de 1976, além de três graneleiros, com capacidade de (4.000 kg) e outro com capacidade de 18.000 kg.

Os gastos referentes a combustíveis são contabilizados por hectare, englobando todas as operações que vão desde a sistematização das áreas até a colheita do grão. No detalhamento dessas etapas, contabilizam-se os gastos com combustíveis empregados nas atividades relacionadas com a cultura.

Dessa forma, utilizou-se de 12 l.ha^{-1} de combustível para o preparo do solo, já para o plantio e as aplicações de inseticida e fungicida foram empregadas a quantidade de 8 l.ha^{-1} e, para as operações de colheita utilizou-se de 11 l.ha^{-1} , finalizando com o transporte que consome $1,3 \text{ l.ha}^{-1}$, repetindo-se para as duas safras agrícolas, diferindo apenas pela quantidade de área total plantada.

Para essas operações o tempo gasto com mão-de-obra, são os mesmos referenciados por essa cultura na UPA A.

4.2.2 Dispêndios energéticos da cultura do arroz irrigado

As variáveis que orientam as discussões sobre a matriz energética da cultura do arroz, referentes aos dois anos agrícolas, estão dispostas na tabela 4.2.2.1. Como resultado desses dispêndios, ressalta-se a significativa contribuição dos fertilizantes, para ambas as UPAs. Na UPA A, o gasto energético com os mesmos corresponde a $6.015,10 \text{ MJ.ha}^{-1}$, para as duas safras estudadas. Já para a UPA B, essa proporção chega a $12.231,84 \text{ MJ.ha}^{-1}$, no ano de 2007 e, em 2008, a uma leve redução para $10.152,84 \text{ MJ.ha}^{-1}$. Dito de outra forma, a contribuição dos fertilizantes nos dispêndios energéticos totais para cada uma das UPAs foi de 36,92% (na média) da UPA A, ao passo que na UPA B a participação foi de 53,66% em 2007 e de 51,85% no ano de 2008.

Na ordem de contribuição dos gastos energéticos, os combustíveis participam em média com 4.658,52 MJ.ha⁻¹, totalizando um percentual de 28,50% dos gastos totais para a UPA A. Em relação a UPA B, identificou-se um dispêndio energético com os combustíveis de 5.023,85 MJ.ha⁻¹, correspondendo a 23,71%. Essa diferença pode estar condicionada ao processo de irrigação adotado, pois na UPA B, a rede de energia elétrica contempla grande parte das lavouras.

Para a cultura de arroz irrigado, ressalta-se que a etapa de implantação requer vastas operações e dispêndios de energia no processo de sistematização das áreas até o plantio, com a utilização intensiva no aporte de máquinas e insumos, principalmente óleo diesel.

Tabela 4.2.2.1 Estrutura de dispêndios energéticos do arroz irrigado cultivados em sistema mix de produção, na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.

ARROZ	UPA A (MJ. ha ⁻¹)				UPA B (MJ. ha ⁻¹)			
	2007	2008	Média	%	2007	2008	Média	%
Agrotóxicos	946,75	1.065,67	1.006,21	6,18	1.082,90	1.082,90	1.082,90	6,05
Combustíveis	4.648,77	4.668,27	4.658,52	28,59	5.023,85	5.023,85	5.023,85	28,06
Fertilizantes	6.015,10	6.015,10	6.015,10	36,92	12.231,84	10.152,84	7.905,99	44,16
Mão-de-obra	13,42	13,42	13,42	0,08	13,42	13,42	13,42	0,07
Máq. e equip.	959,60	959,60	959,60	5,89	1.107,16	728,39	917,77	5,13
Sementes	3.640,80	3.640,80	3.640,80	22,34	3.337,40	2.578,90	2.958,15	16,52
Total	16.224,43	16.362,86	16.293,65	100,00	22.796,57	19.580,31	17.902,09	100,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Merece menção a participação atribuída a fertilizantes, combustíveis e agrotóxicos que, somados, atingem um percentual de 71,69% do total dos gastos energéticos na UPA A e 81,64% na UPA B. Assim, acentua-se a dependência de recursos não-renováveis na matriz energética do sistema de produção de arroz irrigado. E, desta forma, ganham importância as políticas que norteiam os indicadores ou limites de “contaminação” refletida pelo Código das Águas.

No que tange a participação dos combustíveis, identificados na tabela 4.2.2.2, os dispêndios energéticos são essencialmente de óleo diesel. A UPA A apresenta um elevado índice energético de 248.958,49 MJ.ha⁻¹, o que equivale a 98,80% do total dos gastos dos combustíveis, sendo uma pequena contribuição para

lubrificantes e graxas, contabilizados para viabilizar os processos mecânicos e de manutenção de máquinas e equipamentos.

Tabela 4.2.2.2 Dispendios energéticos de combustíveis do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.

UPA	Combustíveis	Quant.	Vol. (l.ha ⁻¹)	Poder calorífico MJ.l ⁻¹	Energia dos combustíveis MJ.ha ⁻¹	Energia dos combustíveis MJ.Total
UPA A 2007	Óleo Diesel	36.455	121,52	37,80	4.593,33	248.958,49
	Lubrificantes	54,2	1	35,94	35,94	1.947,95
	Graxas	27,1	0,5	39,00	19,50	1.056,90
Total					4.648,77	251.963,33
UPA A 2008	Óleo Diesel	36.455	121,52	37,80	4.593,33	248.958,49
	Lubrificantes	54,2	1	35,94	35,94	1.947,95
	Graxas	54,2	1	39,00	39,00	2.113,80
Total					4.668,27	253.020,23
UPA B 2007/2008	Óleo Diesel	19.670	131,13	37,80	4.956,714	297.402,84
	Lubrificantes	150	1	35,94	35,94	2.156,40
	Graxas	120	0,8	39,00	31,2	1.872,00
Total					5.023,85	301.431,24

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Em semelhante proporção está a UPA B, onde o óleo diesel responde por 98,67% dos gastos com combustíveis, e o restante divide-se em graxas e lubrificantes. A diferença em litros por hectare nas UPAs atribuiu-se a maior quantidade de operações realizadas com trator e colhedora, bem como na eficiência em horas por hectare relacionadas para cada uma delas, conforme descrição do itinerário técnico.

As sementes empregadas na cultura dispõem de um índice energético elevado de 30,44 MJ.kg⁻¹, com participação representativa na matriz produtiva, alcançando o patamar de 3.640,80 MJ.kg⁻¹, o que representa 22,44% do total de energia gasta para a UPA A, identificadas na tabela 4.2.2.3. Contudo, nessa rubrica não está incluído o tratamento de sementes que contabiliza nos agrotóxicos (inseticidas).

Tabela 4.2.2.3 Dispendios energéticos de sementes do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e na UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, nas safras 2007 e 2008.

UPA	Quantidade kg.ha ⁻¹	Consumo Total/ha	Total ha Cultivados	Gasto Total energia
UPA A 2007/2008	120	3.640,80	54,2	197.331,36
UPA B 2007	110	3.337,40	60	200.244,00
UPA B 2008	85	2.578,90	60	154.734,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Na UPA B, a quantidade de sementes plantadas por hectare é menor, o que justifica as diferenças energéticas de 3.337,40 MJ.ha⁻¹. Assim, a participação dessa variável é de 14,64% na matriz energética do arroz, para o ano de 2007. Para o ano de 2008 houve uma redução na quantidade de sementes ofertadas por hectare, além da menor oferta da área agrícola relacionada com a capacidade de irrigação das lavouras. Essa alteração apresenta-se sobre o índice de 2.578,90 MJ.ha⁻¹, diferindo em percentual de participação energética, com 13,17%.

Essa relação acentua-se à medida que a energia advinda da semente tem grande participação de fontes externas, fomentadas pelo emprego de alta carga energética de fertilizantes e de combustíveis de origem fóssil.

No item máquinas e equipamentos, as diferenças são primeiramente entre unidades de produção, sendo que na UPA A o gasto energético é de 959,60 MJ.ha⁻¹ e na UPA B é de 917,77 MJ.ha⁻¹, com participação de 5,89% e de 4,33%, respectivamente para o total da energia dispendida. A ênfase dada ao papel tecnológico mostra-se importante, à medida que orienta todo o processo de produção, desempenhando um maior número de operações por área, com menor quantidade de funcionários.

A energia estimada para as máquinas e os equipamentos agrícolas, transformada em demanda específica de energia, utilizada nesta fase e no processo de sistematização, encontra-se disposta nas tabelas 4.2.2.4, 4.2.2.5 e 4.2.2.6 que correspondem a UPA A, UPA B, safra 2007 e UPA B safra 2008, respectivamente.

Tabela 4.2.2.4 – Dispendios energéticos de máquinas e equipamentos da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A em Caçapava do Sul, safras 2007.

Máquinas e equip.*	Tipo	Índice de Energia	Peso das máq.	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Peso dos Pneus	Energia fabricação pneus	Energia manut.	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	24,9	1.352,03
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	24,9	1.352,03
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	24,9	1.352,03
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	24,9	1.352,03
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	24,9	1.352,03
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	24,9	1.352,03
Trator	MF 299 4X2 90cv	14.604,9	4932	72.031,5	3.601,6			9.076,0	10	14.406,3	23,4	1.270,13
Trator	MF 299 4X2 90cv	14.604,9	4932	72.031,5	3.601,6			9.076,0	10	14.406,3	23,4	1.270,13
Trator	MF 299 4X2 90cv	14.604,9	4932	72.031,5	3.601,6			9.076,0	10	14.406,3	23,4	1.270,13
Colheitadeira	John Deere 1175 2000	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1			18.824,6	15	29.880,3	32,4	1.756,27
Colheitadeira	John Deere 1175 2008	12.991,4	10500	136.410,1	6.820,5			17.187,7	15	27.282,0	29,6	1.603,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	14x9x24	85.690				1.152	98.715		10		32,9	1.783,44
Pneus	14x9x24	85.690				1.152	98.715		10		32,9	1.783,44
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Pneus	18X26	85.690				2.380	203.942		10		68,0	3.684,55
Total											959,6	52.010,3

* Área de produção de 300 ha. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Tabela 4.2.2.5 – Dispendios energéticos de máquinas e equipamentos da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, safra 2007.

Máquinas e equip.*	Tipo	Índice de Energia	Peso das máq.	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Peso dos Pneus	Energia fabricação pneus	Energia manut.	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	J Deere 6300 105 cv 99	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,15	10	15.335,2	49,9	2993,42
Trator	J Deere 6300 105 cv 00	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,15	10	15.335,2	49,9	2993,42
Trator	Valmet 1180 120cv 94	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,15	10	15.335,2	49,9	2993,42
Trator	Ford 6610 85cv 84	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,15	10	15.335,2	49,9	2993,42
Trator	Ford 7610 105cv 89	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,15	10	15.335,2	49,9	2993,42
Colheitadeira	SLC 6200 92	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1			18.824,60	15	29.880,3	64,8	3888,42
Colheitadeira	SLC 6200 86	12.991,4	10500	136.410,1	6.820,5			17.187,68	15	27.282,0	59,2	3550,30
Plantadeira	Semeato TDMG 97	14.604,9	3470	50.679,1	2.534,0			6.385,56	15	10.135,8	22,0	1319,00
Plantadeira	Semeato TDMG 97	14.604,9	3470	50.679,1	2.534,0			6.385,56	15	10.135,8	22,0	1319,00
Pulverizador	electro eletrônico reg. controle vazão	14.604,9	6700	97.853,0	4.892,6			12.329,47	15	19.570,6	42,4	2546,78
Pulverizador	electro eletrônico reg. controle vazão	14.604,9	6700	97.853,0	4.892,6			12.329,47	15	19.570,6	42,4	2546,78
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		60,1	3605,83
Pneus	96,5x24	85.690				560	47.993		10		32,0	1919,73
Pneus	96,5x24	85.690				560	47.993		10		32,0	1919,73
Total											1.107,2	66.429,40

* Área de produção de 150 ha. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Tabela 4.2.2.6 – Dispendios energéticos de máquinas e equipamentos da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, safra 2008.

Máquinas e equip.	Tipo	Índice de Energia	Peso das máq.	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Peso dos Pneus	Energia fabricação pneus	Energia manut.	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	john deere 6300 105 cv 99	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	32,8	1969,35
Trator	john deere 6300 105 cv 00	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	32,8	1969,35
Trator	valmet 1180 120cv 94	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	32,8	1969,35
Trator	ford 6610 85cv 84	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	32,8	1969,35
Trator	ford 7610 105cv 89	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	32,8	1969,35
Colheitadeira	SLC 6200 92	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1			18.824,6	15	29.880,3	42,6	2558,17
Colheitadeira	SLC 6200 86	12.991,4	10500	136.410,1	6.820,5			17.187,7	15	27.282,0	38,9	2335,72
Plantadeira	Semeato TDMG 97	14.604,9	3470	50.679,1	2.534,0			6.385,6	15	10.135,8	14,5	867,76
Plantadeira	Semeato TDMG 97 electro eletrônico	14.604,9	3470	50.679,1	2.534,0			6.385,6	15	10.135,8	14,5	867,76
Pulverizador	reg. controle vasão electro eletrônico	14.604,9	6700	97.853,0	4.892,6			12.329,5	15	19.570,6	27,9	1675,51
Pulverizador	reg. controle vasão	14.604,9	6700	97.853,0	4.892,6			12.329,5	15	19.570,6	27,9	1675,51
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	18X26	85.690,0				1.052	90.146		10		39,5	2372,26
Pneus	96,5x24	85.690,0				560	47.993		10		21,0	1262,98
Pneus	96,5x24	85.690,0				560	47.993		10		21,0	1262,98
Total											728,4	43.703,60

* Área de produção de 228 ha. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Para análise de máquinas e equipamentos nas UPAs, verifica-se o aporte tecnológico dispendido em tratores, colhedoras e principalmente em pneus. Este último tem uma participação significativa na contabilização energética, fato também atribuído ao seu elevado índice de energia, atingindo a proporção de 85.690 MJ.ha⁻¹.

Em relação às práticas adotadas na UPA A, o gasto energético com tratores nessa matriz variou de 959,60 MJ.ha⁻¹ a 1.014,02 MJ.ha⁻¹, a contribuição das colhedoras em maior proporção foi 1.317,20 MJ.ha⁻¹, totalizando uma rubrica de 24.030,86 MJ.ha⁻¹. Estes são diluídos pelo total de área agrícola e pelo manejo adequado, com o objetivo de manter uma margem de eficiência nas máquinas e equipamentos.

A UPA B mostrou um índice energético de total para máquinas e equipamentos de 66.429,40 MJ.ha⁻¹, distribuídos entre tratores, colhedoras, plantadeiras, pulverizador e pneus, para o ano de 2007. Para o ano de 2008, a contribuição energética foi de 43.703,60 MJ.ha⁻¹, relativamente menor em função da redução na área plantada. Outro fator que merece menção é o residual de máquinas e equipamentos que contempla 20% do valor novo.

Tabela 4.2.2.7 – Dispendios energéticos da mão-de-obra do arroz irrigado em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.

UPA	Nº de func.	Tipo de Máquinas	Horas/dia	Energia homem MJ	h.ha ⁻¹	Energia Mão de obra	Área Total ha	Total Gasto energia
UPA A	14	Trator	12	1,22	8,00	9,76	54,2	528,99
2007/2008	14	Colheitadeira	12	1,22	3,00	3,66	54,2	198,37
Total								727,36
UPA B	6	Trator	12	1,22	8,00	9,76	60	585,60
2007/2008	6	Colheitadeira	12	1,22	3,00	3,66	60	219,60
Total								805,20

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Nessa perspectiva, relaciona-se o dispêndio energético da mão-de-obra, ao qual possui função inversa na participação e contribuição do sistema agrícola. Em termos de energia a UPA A participa com 13,42 MJ.ha⁻¹, ou seja, setenta e uma vezes menor ao descrito nas máquinas e equipamentos, ou seja, 0,08% do total da energia empregada no cultivo de arroz. Paralelo a essa resposta energética está a

UPA B que apresenta a mesma quantidade calórica, porém com menor percentual de participação, 0,06% do total. Esta pequena diferença entre elas, basicamente atribuída à relação do total de funcionários, área produtiva e potencial de implementos agrícolas. Essa proporção, disposta em conjunto com os implementos agrícolas (máquinas e equipamentos), pode atingir um índice superior a 73 MJ.ha^{-1} , por unidade de área.

Os valores energéticos atribuídos à mão-de-obra das UPAs, identificados na tabela 4.2.2.7, são próximos àqueles dispendidos nas operações de sistematização, semeadura e colheita, pois são as atividades com maior demanda em horas de trator e colhedora.

Tabela 4.2.2.8 – Dispendios energéticos de agrotóxicos do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.

UPA 2007/2008	Agrotóxicos	Quantidade	Índice de Energia	Gasto energia/ha	Gasto total energia
UPA A 2007	Herbicidas	5,11	147,01	751,22	40.716,18
	Fungicidas	0	271,70	0,00	-
	Inseticidas	1,06	184,46	195,53	10.597,60
Total				946,75	51.313,78
UPA A 2008	Herbicidas	5,11	147,01	751,22	40.716,18
	Fungicidas	0,75	271,70	203,78	11.044,61
	Inseticidas	0,6	184,46	110,68	5.998,64
Total				1.065,67	57.759,43
UPA B 2007/2008	Herbicidas	4,65	147,01	683,60	41.015,79
	Fungicidas	0,75	271,70	203,78	12.226,50
	Inseticidas	1,06	184,46	195,53	11.731,66
Total				1.082,90	64.973,95

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Na UPA A, a participação média da contribuição dos agrotóxicos frente à relação dos custos energéticos foi de $1.006,21 \text{ MJ.ha}^{-1}$, o que equivale ao percentual de 6,18% da energia gasta, aos quais estão incluídos herbicidas, fungicidas e inseticidas. Na sequência, a UPA B apresenta o índice de $1.082,90 \text{ MJ.ha}^{-1}$, para os dois anos agrícolas. Contudo, o percentual de participação aumenta no segundo ano agrícola, passa de 4,75% a 5,53%.

A participação dos agrotóxicos está disposta na tabela 4.2.2.6, que mostra a participação dos herbicidas, fungicidas e inseticidas, respectivamente. Os

percentuais de participação são de 79,35% com herbicidas e 20,65% com inseticidas, para o ano de 2007, na UPA A. O fato da mesma não utilizar fungicida no primeiro ano, não refletiu em menores índices de produtividade. Em relação ao segundo ano, os percentuais são de 70,50%, 19,12% e 10,38%, para herbicida, fungicida e inseticida, respectivamente. Da mesma forma, verificam-se igual distribuição dos gastos energéticos para ambas as UPAs, diferindo na percentagem de participação. Na UPA B, esse percentual divide-se em 63,12%, 18,81% e 18,05%, respectivamente. Percebe-se o maior uso de inseticida na UPA B.

A grande diferença dos gastos energéticos apontados nas UPAs, e que desequilibra a participação da operação de adubação frente aos fertilizantes, referiu-se ao conteúdo energético dos adubos formulados. Existe uma disparidade tanto entre as unidades de produção, como entre os anos agrícolas da UPA B.

Tabela 4.2.2.9 – Dispendios energéticos de fertilizantes do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, safras 2007 e 2008.

UPA	Fertilizantes	Quant. kg.ha ⁻¹	Índice de Energia	Consumo de energia/ha	Total de ha Cultivados	Consumo total de energia
UPA A 2007/2008	Nitrogênio (uréia)	90	61,60	5.544,00	54,2	300.484,80
	Nitrogênio (N-P-K)*	5	61,60	308,00	54,2	16.693,60
	Fósforo	12,7	6,96	88,39	54,2	4.790,85
	Potássio	16,1	4,64	74,70	54,2	4.048,96
	Calcário	0	0,17	0,00	54,2	-
Total				6.015,10	54,20	326.018,20
UPA B 2007	Nitrogênio (uréia)	90	61,60	5.544,00	60	332.640,00
	Nitrogênio (N-P-K)*	102	61,60	6.283,20	60	376.992,00
	Fósforo	11,5	6,96	80,04	60	4.802,40
	Potássio	15	4,64	69,60	60	4.176,00
	Calcário	1500	0,17	255,00	60	15.300,00
Total				12.231,84	60,00	733.910,40
UPA B 2008	Nitrogênio (uréia)	56,25	61,60	3.465,00	60	207.900,00
	Nitrogênio (N-P-K)*	102	61,60	6.283,20	60	376.992,00
	Fósforo	11,5	6,96	80,04	60	4.802,40
	Potássio	15	4,64	69,60	60	4.176,00
	Calcário	0	0,17	0,00	60	-
Total				9.897,84	60,00	593.870,40

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Desta forma, deve-se levar em consideração o itinerário técnico apresentado pela UPA B, a mesma utiliza maiores quantidades de adubação, tanto de base e principalmente na forma de cobertura, como pode ser visualizado pela tabela 4.2.2.9. Assim, a sua contribuição nas “entradas” de energia, representada por $549.616,80 \text{ MJ.ha}^{-1}$, para 2007, é mais elevada do que a da UPA A, que responde com um aporte energético de $326.018,20 \text{ MJ.ha}^{-1}$.

A diferença em parte é explicada pela aplicação de calcário, no primeiro ano, na UPA B, contribuindo com $15.300 \text{ MJ.ha}^{-1}$. Esta diferença, entretanto, não se repete em relação aos índices energéticos, pois o calcário apresenta um índice muito baixo, $0,17 \text{ MJ.ha}^{-1}$, ao passo que o nitrogênio (N) apresenta índice energético de $61,60 \text{ MJ.ha}^{-1}$. Dito de outra maneira, em forma de dispêndio energético e de extração de recursos não-renováveis, o impacto ocasionado por este recurso é maior.

No ano de 2008 essa proporção é mais equilibrada em relação aos gastos totais da UPA B, com $399.102,00 \text{ MJ.ha}^{-1}$, ao passo que a UPA A repete a quantidade de energia gasta nas operações. Ambas contribuem com um número expressivo de N, na fórmula de NPK ou uréia, com uma média que varia de 92,27% a 97,29% para a UPA B e UPA A, dos gastos com fertilizantes, exatamente nessa ordem, ou seja, a UPA A utiliza maiores quantidades de N total para viabilizar o cultivo do arroz.

A contribuição do elemento fósforo no dispêndio energético dos fertilizantes é de 1/4, em relação à UPA A e UPA B, para o primeiro ano agrícola. No segundo ano essa relação é de 1/3. Contudo, o gasto energético de $66.528,00 \text{ MJ.ha}^{-1}$ é maior pela proporção de insumos investidos, na UPA B, no ano de 2007 e para o ano de 2008 houve redução, sendo empregados $41.580,00 \text{ MJ.ha}^{-1}$ para esse elemento. Essa diferença, quanto às proporções, pode-se dizer que está diretamente relacionada à fórmula de NPK 9 – 23 – 29 utilizada.

Em comparação às duas unidades de produção agrícola, as diferenças acentuam-se à medida que se extrapola para variáveis que podem contribuir com o maior ou menor gasto de fertilizantes, em especial a quantidade de nutrientes. Em manejo similar, as duas trabalham com a integração lavoura-pecuária. A primeira, ao longo dos dez anos de plantio direto, desenvolve esta atividade casada com a lavoura e sistema de pousio alternado com pastagens de azevém em conjunto com a carga animal. Estudos de Alvarenga et al., (2007) apontam para os benefícios que

esse sistema proporciona ao solo, respeitando a carga animal e a oferta de forragem, para a reciclagem de nutrientes.

Diferem apenas os valores empregados com calcário, que mesmo com uma calagem pesada, refletem em uma participação energética pequena, com 2,78%. Além de apresentar um bom índice de conversão energética, pois sua incorporação no solo é percebida por vários ciclos de produção, favorecendo a disponibilidade de outros nutrientes a planta, bem como o controle de algumas intoxicações por alumínio e ferro.

4.2.3 Produção de energia e balanço energético da cultura do arroz irrigado

Para a produção de energia na cultura do arroz utilizam-se duas informações importantes, a primeira atenta para a estimativa do potencial de uso da palhada, quantificada pelos retornos benéficos ao sistema produtivo e as condições de sustentabilidade ambiental. A segunda de cunho mais produtivista e social, à medida que salientam o resultado energético produzido no grão, dando ênfase as questões de soberania alimentar, através da quantificação calórica. A ênfase dada a essa variável, remete-se aos possíveis potenciais de sustentabilidade, observados nos critérios de sustentabilidade discutidos pelo Protocolo de Kyoto, através da quantificação da queima de carbono, bem como no potencial de produção energética adotado em países da Europa Ocidental.

Nessa perspectiva, os dados apresentados na tabela 4.2.3.1, remetem ao trabalho de campo, que de maneira geral expressa a média de matéria-seca ofertada em gramas por metro linear. Nessa condição de campo, a quantidade média encontrada de matéria-seca foi de $470,16 \text{ g.m}^{-1}$, nos dois anos agrícolas, para UPA A e na mesma proporção a UPA B com $472,85 \text{ g.m}^{-1}$.

Com igual propósito, contabiliza-se a produtividade do arroz, que foi de 6.800 kg.ha^{-1} na UPA A, com repetição de resultados para as duas safras agrícolas, e potencial produtivo acima do indicado pelo Instituto Riograndense do Arroz – IRGA de 6.000 kg.ha^{-1} , para essa região. Com índice de energia de $30,44 \text{ MJ.ha}^{-1}$, as “saídas” de energia foram creditadas na forma de grãos com $206.312,00 \text{ MJ.ha}^{-1}$, após ser investidos $16.224,43 \text{ MJ.ha}^{-1}$, considerado as “entradas”.

Tabela 4.2.3.1 – Dados de laboratório da pesquisa de campo da safra agrícola de arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e na UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, nas safras 2007 e 2008.

Arroz	Amostra	Peso MS (g)	Peso Grãos (g)	%C na MS	% N na MS	%C no Grão	% N no Grão
UPA A	1	643,79	675,26	43,10	56,90	38,30	56,90
	2	619,20	498,31	42,53	57,47	38,72	57,47
	3	356,66	364,07	42,65	57,35	37,35	57,35
	4	358,78	348,04	41,81	58,19	36,98	58,19
	5	372,37	406,89	43,00	57,00	37,42	57,00
Média		470,16	458,51	42,62	57,38	37,75	57,38
UPA B	1	535,40	753,85	41,55	58,45	38,12	58,45
	2	377,15	459,82	42,30	57,70	37,83	57,70
	3	558,04	563,92	43,10	56,90	37,68	56,90
	4	384,25	500,02	42,90	57,10	38,12	57,10
	5	509,43	694,78	43,05	56,95	37,23	56,95
Média		472,85	594,48	42,58	57,16	37,80	57,42

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Para a análise do balanço energético, identificado na tabela 4.2.3.1 foram quantificadas as energias produzidas na forma de grãos pela diferença encontrada na energia consumida para o estabelecimento da cultura, em cada unidade de área. Desta forma, o total de energia por hectare encontrada no grão de arroz foi de 190.698,35 MJ.ha⁻¹, para a UPA A, ao passo que a UPA B participa com um índice energético de 189.089,91 MJ.ha⁻¹, contraponto os resultados iniciais, onde algumas diferenças eram mais acentuadas.

Tabela 4.2.3.2 – Balanço energético, do arroz irrigado cultivado em sistema mix de produção na UPA A e na UPA B em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul RS, nas safras 2007 e 2008.

Variáveis	UPA A	UPA B
Índice energia disponível Grãos/Kg	30,44	30,44
Energia Produzida em Grão/ha	206.992,00	206.992,00
Energia consumida/ha	16.293,65	17.902,09
Balanço energético	190.698,35	189.089,91

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Em relação aos gastos energéticos das UPAs, a energia consumida por hectare corresponde a 16.293,65 MJ.ha⁻¹, para a UPA A e de 17.902,09 para a UPA B, demonstrando a pouca diferença existente entre o tipo de sistema produtivo de ambas, identificadas na tabela 4.2.3.2. A matriz energética que compõe este sistema é composta basicamente de fontes de energia direta, as quais participam com maior percentual, destacando as de origem fósseis e industrial, representadas pelos fertilizantes (adubações de base e cobertura) e agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas).

A diferença observada para a energia consumida nas UPAs não se traduz para o total de energia produzida em grãos por hectare, expresso em um saldo energético positivo de 206.992,00 MJ.ha⁻¹. Contudo, a participação das fontes biológicas, como mão-de-obra tem uma contribuição pouco significativa, em relação à percentagem total do agroecossistema arroz. Desta forma, percebem-se os limites, imposta pela quantificação de entradas e saídas de energia, dada a complexidade do manejo proposto por essa cultura, seja pelas horas empregadas na sistematização das áreas plantadas, quanto pelos demais tratamentos culturais.

Desta forma, a eficiência cultural encontrada para a cultura do arroz na UPA A resultado da média das duas safras, foi de 12,68. Assim, para cada uma das unidades de energia empregadas na produção do arroz, houve um retorno de 11,68 unidades de energia. De outra forma, a média da eficiência energética produzida por essa UPA foi de 48,25. Em resposta a uma unidade de energia fóssil empregada, o retorno é de 47,25 unidades de energia para a referida produção.

Tabela 4.2.3.3 – Produção de energia por hectare do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA A e na UPA B, em Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul, nas safras 2007 e 2008.

ARROZ	UPA A		UPA B	
	2007	2008	2007	2008
Produtividade kg/ha	6.800,00	6.800,00	6.962,50	6.600,00
Índice energia disponível Grãos/Kg	30,34	30,34	30,34	30,34
Energia consumida/ha (a)	16.224,43	16.362,86	22.796,57	19.580,31
Energia Produzida em Grão/ha (b)	206.312,00	206.312,00	211.242,25	200.244,00
Eficiência cultural (b/a)	12,72	12,61	9,27	10,23
Eficiência energética	44,38	44,19	42,05	39,86

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Na mesma relação de eficiência cultural e energética, identificam-se os resultados da UPA B, com 9,27 para o primeiro ano, com retorno de 8,27 para cada unidade investida. Para o segundo ano, ocorreu uma melhor eficiência cultural, 10,23 e maior retorno por cada unidade de energia investida na produção de 9,23.

A eficiência energética da UPA B foi de 42,05 e 39,86 nas respectivas safras de 2007 e 2008, com retorno de 41,05 e 38,86, para cada unidade utilizada de energia fóssil, conforme a sequência das safras. Assim, as eficiências energéticas agregam 472% na UPA A e 410% na UPA B.

4.2.4 Desempenho econômico da cultura do arroz irrigado

O cálculo do desempenho econômico foi realizado apenas na UPA B, tendo como referência os resultados da área total de produção, ou seja, 228 ha no primeiro ano de plantio. No segundo ano houve redução de área, devido à estimativa de seca, além da necessidade de maior controle da água.

Tabela 4.2.4.1 – Variáveis que compõem os resultados econômicos do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.

Variáveis	Valor (R\$)
Produto Bruto – PB	1.015.968,00
Consumo Intermediário – CI	377.555,87
Valor Agregado Bruto – VAB (PB – CI)	638.412,13
Depreciação – DEP (6,67%* do PB)	68.069,86
Valor Agregado Líquido – VAL (VAB – DEP)	570.342,27
Distribuição do Valor Agregado – DVA	338.272,00
Renda Agrícola – RA (VAL – DVA)	232.070,27

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008. * Índice de amortização.

Desta forma, as variáveis que compõem os resultados econômicos da safra agrícola de arroz irrigado estão dispostas na tabela 4.2.4.1. O produto bruto (PB) da UPA B corresponde a R\$ 1.015.968,00 e está relacionado com o valor bruto gerado na produção de grãos obtido no ciclo produtivo das safras de 2007 e 2008. Em relação, ao produto bruto (PB) por hectare essa proporção atinge um valor de R\$

6.773,12 que comparado ao cereal trigo, por exemplo, eleva-se em seis vezes o total por hectare. Dito de outra forma, o PB também é elevado em função da alta produtividade por hectare, que corresponde a 211,66 sacos.ha⁻¹. Dessa maneira, percebe-se a necessidade de trabalhar o agroecossistema da UPA como um todo, observando o ciclo produtivo anual, mesmo que a cultura do arroz irrigado apresente uma boa produtividade e rentabilidade por área produzida.

Na variável consumo intermediário (CI) o valor encontrado foi de R\$ 377.555,87, que corresponde às entradas para realizar o cultivo, identificadas na tabela 4.2.4.2 principalmente pelos insumos, sementes, combustíveis, transporte, manutenção de máquinas e equipamentos.

O Consumo Intermediário/ha (CI/ha) é de quase 1/3 do valor do PB/ha, com valor estimado de R\$ 1.655,95 e a variável de maior contribuição foi a dos combustíveis, correspondendo a R\$ 72.800,00 do gasto total, ademais o restante do valor foi distribuído em gastos relativos à energia elétrica, sementes, insumos para o desenvolvimento da cultura, transporte, operações de secagem, além de reformas e manutenções (tabela 4.2.4.2). De outra forma, esta variável dá uma noção da relação dos gastos empregados para a constituição do produto bruto (PB).

O Valor Agregado Bruto expressa a relação entre o somatório do Produto Bruto (PB) e o somatório do Consumo Intermediário (CI), ou seja, o VAB resulta da subtração do CI do PB (PB-CI). Para o VAB o valor total é de R\$ 638.412,13, alcançando um valor agregado bruto/ha (VAB/ha) de R\$ 2.800,05, demonstrando a boa eficácia técnica alcançada pela propriedade.

A determinação dos custos indiretos relacionados ao uso de bens, que foram parcialmente consumidos no decorrer do processo produtivo (amortização das instalações, máquinas e equipamentos), foi feita através da referência técnica que estima a depreciação desses bens em 6,67% do total do PB, no caso, totalizando o valor de R\$ 68.069,86.

O Valor Agregado Líquido (VAL), que é de R\$ 3.802,28 para cada unidade de área, representa um valor alto, sendo um bom indicador da eficiência econômica alcançada pela cultura. Em termos de eficiência econômica, a UPA apresenta um índice de 2,28, como resultado da relação entre o produto bruto total investido e o total dos custos (CI + Dep).

Tabela 4.2.4.2 – Consumo Intermediário do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivados na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.

Consumo Intermediário	Unidade	Quant.	Valor/un	Valor total (R\$)
Combustível de operações de lavoura	litro	35000	2,08	72.800,00
Combustível de Irrigação	litro	1000	2,08	2.080,00
Energia elétrica de irrigação Jeribá-Rio	kWH	6.321,00	0,22	1.390,62
Energia elétrica secadeira-Seival 05/07 a 05/08-50%	KWh	7.480,00	0,21	1.570,80
Energia elétrica Secadeira-Geribá 07/07 á 05/08	KWh	35.173,00	0,28	9.989,13
Energia elétrica de irrigação Geribá-Segundo	KWh	13.001,00	0,22	2.860,22
Lenha para secadeira	metros	200,00	21,00	4.200,00
Sementes	saco	575	40,00	23.000,00
Fung. Trat. Sementes <i>Carboxin e Thiram</i>	litro	58	38,00	2.204,00
Adubação de Base 02.28.20	Kg	10000	0,92	9.200,00
Adubação de cobertura cloreto de potássio	Kg		0,63	0,00
Adubação de cobertura Uréia (unifertil 40.0.0)	Kg	16000	0,83	13.280,00
Adubação de Cobertura Uréia (Cotrisul 46.0.0)	Kg	32500	1,17	37.862,50
Adubação de Base 09.23.29 n-fós	Kg	30000	0,96	28.800,00
Herbicida <i>Glifosate</i>	litro	220	19,00	4.180,00
Herbicida <i>Nicosulfuron</i>	litro	5	58,00	290,00
Herbicidas <i>Glifosato, sal de isopropilamina</i>	litro	1700	11,80	20.060,00
Herbicida <i>Etoxisulfurom</i>	frasco	4	100,00	400,00
Herbicida <i>Pyrazosulfuron-ethyl</i>	frasco	4	200,00	800,00
Herbicida <i>Metsulfurom metílico</i>	gramas	1270	1,65	2.095,50
Oleo Mineral	litro	260	6,60	1.716,00
Óleo Vegetal	litro		7,20	0,00
Agente espumante trilha 1%	litro	10	38,00	380,00
Inseticida <i>Etiprole</i>	frasco	38	40,50	1.539,00
Inseticida <i>Fipronil</i>	frasco	62	95,00	5.890,00
Inseticida <i>Cipermetrina e Xileno</i>	litro	1	29,10	29,10
Inseticida <i>Permetrina</i>	litro	12	36,60	439,20
Inseticida <i>Lambda-cialotrina</i>	litro	34	50,50	1.717,00
Inseticida <i>Metamidofós</i>	litro	200	12,60	2.520,00
Inseticida <i>Metafós</i>	litro	240	12,60	3.024,00
Fungicidas <i>Trifloxistrobina e Propiconazol</i>	litro	174	93,70	16.303,80
Fungicida Artea	litro	12	85,00	1.020,00
Aviação (Uréia R\$ 25,00)	ha	198	25,00	4.950,00
Aviação (Herbicidas R\$ 21,00)	ha	99	21,00	2.079,00
Aviação (Inseticidas R\$ 20,00)	ha	235	20,00	4.700,00
Aviação (fungicidas R\$ 22,00)	ha	239	22,00	5.258,00
Frete 100 viagensx300 p/viagem a Caçapava	saco	937	32,00	29.984,00
Transporte interno 480 cargas 660kmx1,50p km	saco		32,00	0,00
Secagem (2,5% sobre a produção)	saco	794	32,00	25.408,00
Reformas e manutenções (3,33% SP)	saco	1048	32,00	33.536,00
Total				377.555,87

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008, disponibilizados pelo produtor.

A UPA apresenta a distribuição do valor agregado (DVA) bastante alto de R\$ 338.272,00, com ênfase para os arrendamentos de terra e água, além das taxas de juros, financiamentos, aguador e salários.

A maior fatia de participação do DVA corresponde ao arrendamento da terra, que efetiva a proporção de 4.500 sacos por ano, considerando a média de venda esperada por saco de R\$ 32,00 cada, o total deste custo é de R\$ 144.000,00, conforme tabela 4.2.4.3.

Tabela 4.2.4.3 – Distribuição do Valor Agregado do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.

Descrição	Tipo	Unidade	Quant.	Valor/un	Valor total
PB Produto Bruto		saco	31749	32,00	1.015.968,0
Total					1.015.968,0
DEP Depreciação (6,67% SP)		saco	2127,18	32,00	68.069,86
Total					68.069,86
DVA Aguador -participação 680 sacos (6 funcionários)		saco	680	32,00	21.760,00
DVA Administrador (0,5% sobre produção)		saco		32,00	0,00
DVA Taxas (CDO,Funrural,licenciamento) 3,3%SP		saco	1048	32,00	33.536,00
DVA Juros Encargos Cooperativa (67.389 div. p/2 lavouras)		saco		20,00	
DVA Juros Encargos Bancos (670.000 x10%)		saco	2094	32,00	67.008,00
DVA Juros sobre empréstimo (1,7% SP)		saco		32,00	0,00
DVA Juros sobre capital próprio (2,3%SP)		saco		32,00	0,00
DVA Terra (15% arrendamento)		saco	1687	32,00	53.984,00
DVA Água (5% arrendamento)		saco	562	32,00	17.984,00
DVA Arrendamento Fixo 4.500 sacos / ano		saco	4500	32,00	144.000,00
DVA Salários (8,15%S/P)		saco		20,00	0,00
DVA Juros pagos sobre compra de Uréia Conv. Sicredi		13,50%			
Total					338.272,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

A renda agrícola por hectare foi de R\$ 1.547,14, e da mesma forma, se não for considerado o valor do arrendamento, eleva-se significativamente a renda agrícola para R\$ 2.489,29/ha, demonstrando o significativo potencial de renda com o cultivo do arroz.

Essa UPA está constituída para a produção vegetal do binômio arroz e soja, bem como da integração lavoura-pecuária, usufruindo de alguns benefícios dessas

práticas, pela interação dos fatores sociais com a mão-de-obra, a relação econômica e ambiental, acumulados ao longo da cadeia de produção. A trajetória da evolução da UPA demonstra a divisão das atividades e operações agrícolas desenvolvidas, além dos objetivos propostos pelo produtor à medida que se integra o ciclo de produção. Nessa perspectiva, o produtor prioriza a agricultura de precisão, com maior controle de recursos, devido ao predomínio das glebas e subdivisão dos patamares em função das avaliações referentes às características e adequação do manejo.

Tabela 4.2.4.4 – Indicadores de resultados econômicos do arroz irrigado, em sistema mix de produção, cultivado na UPA B, em Cachoeira do Sul, nas safras 2007 e 2008.

Variáveis	Valor
Área de Produção	150
Produção realizada em sacos	31.749,00
Média p/ha	211,66
Valor esperado para comercialização	32,00
PB/ha	6.773,12
Custo total CI/ha	2.517,04
VAB/ha	4.256,08
VAL/ha	3.802,28
CT/ha	2.970,84
Eficiência econômica (PB/CT)	2,28
Renda/ha	1.547,14
Renda sem o arrendamento/ha	2.489,29

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Assim, novamente remete-se aos resultados econômicos que contempla e transforma todos estes serviços em valores finais positivos, dado os cuidados adotados. Em relação ao consumo total por hectare (CT/ha), o valor encontrado para essa cultura foi de R\$ 2.970,84 em contrapartida o produto bruto por hectare (PB/ha) é de R\$ 6.773,12, o que garante um alto retorno por capital investido, observados pela elevada produtividade e pela escala de produção praticada. De outra forma, a contabilidade desses valores é fragilizada pelos significativos valores pagos ao arrendamento das terras e o preço ofertado pelo produto.

4.2.5 Análise do balanço energético e econômico das UPAS de arroz irrigado

O consumo intermediário (CI) está diretamente relacionado à energia consumida por hectare, pois contemplam as necessidades do ciclo produtivo, imbricadas entre os manejos culturais, aplicações de fertilizantes, agrotóxicos, bem como manutenção de máquinas e equipamentos.

Outros itens que apresentaram semelhante composição na matriz energética e econômica foram a disposição entre a participação da mão-de-obra e das máquinas e equipamentos. Mesmo que energeticamente essa relação seja inversa e pouco significativa, à medida que se contempla grandes proporções de área agrícola trabalhada por um homem, tornando o dispêndio em termos de valores, relativamente pequeno.

Cabe-se aqui ressaltar que a comparação será feita para a UPA B, na qual foram coletados os dados econômicos para a primeira safra agrícola. Em relação aos indicadores apresentados para essa cultura, a relação que se faz para a eficiência econômica é a relação entre o total do produto bruto pelo custo total (PB/CT), que equivale, em termos de balanço energético ao indicador de eficiência cultural.

Os resultados mostram que a eficiência econômica do arroz foi de 2,28, indicando uma boa rentabilidade por área de produção, ao passo que se somado essa atividade com a soja e a integração lavoura-pecuária, os índices econômicos e energéticos podem ser potencializados, através da conversão de grãos e peso vivo. Da mesma forma que os resultados encontrados pela eficiência cultural de 12,41 em média, demonstra que a cada unidade de energia empregada na produção de arroz, o retorno é de 11,41 unidades de energia. Já para a eficiência energética, essa relação foi de 42,05 representando que, para cada unidade utilizada de energia fóssil empregada, o retorno é de 41,05 unidades de energia na produção de arroz irrigado.

4.3 O Balanço Energético da Cultura da Soja

4.3.1 Descrição da UPAs estudadas

As unidades de produção escolhidas para o estudo da cultura da soja são as mesmas estudadas na cultura do arroz (UPA A e B) e do trigo (UPA C), contudo as glebas onde foram feitas as coletas de dados nem sempre são as mesmas. Desta maneira, será apresentada cada UPA, com seu respectivo itinerário técnico da cultura em estudo.

4.3.1.1 Descrição do itinerário técnico da UPA A

A localização desta unidade de produção agrícola, UPA A, como já foi descrito no cultivo de arroz irrigado, localiza-se no município de Caçapava do Sul, mais especificamente na região do Seival. Contudo, para o estudo da cultura de soja, embora esteja incluída na mesma unidade de produção, a gleba estudada, caracteriza-se pelo uso do sistema plantio direto há mais de dez anos, intercalados pela integração lavoura-pecuária.

Para a reconstituição do itinerário técnico da soja, a partir do relato oral dos produtores, foram detalhadas todas as operações que contemplam seu manejo cultural. A caracterização das operações iniciou-se pela aplicação de herbicida para dessecação da resteva das pastagens e plantas invasoras para implantação da cultura e, após, no estágio vegetativo da soja para o controle de plantas indesejáveis. Entre essas operações é realizado o tratamento das sementes, como prevenção ao ataque de pragas e doenças no estágio de desenvolvimento inicial da cultura. Durante o desenvolvimento da cultura, as operações que englobam a aplicação de inseticidas referem-se principalmente ao controle de insetos-pragas, como a lagarta e o ácaro, bem como aplicação esporádica de fungicida, para controle preventivo da ferrugem asiática, ao longo do estágio produtivo e reprodutivo da cultura.

Ressalta-se, por fim, os manejos culturais referentes à colheita, ao transporte e armazenagem dos grãos, que são depositados na cooperativa, conforme

classificação e divisão das áreas de produção para sementes e produção de óleo, o que difere no ponto de colheita.

Para o primeiro ano agrícola (safra de 2007), foram realizadas as seguintes operações que compõem o itinerário técnico: primeiramente, realizou-se a dessecação por meio de herbicida, com princípio ativo do *Glifosate*, na dosagem de $2,5 \text{ l.ha}^{-1}$. Para a instalação da cultura, as sementes utilizadas foram da variedade *CODETEC 214*, com poder germinativo entre 90% e 98% de pureza, na quantidade média de 50 kg.ha^{-1} , ou seja, 14 grãos por metro linear, com espaçamento entre linhas de 45 cm. As sementes utilizadas para o plantio foram tratadas com inoculante, na quantidade de $0,1 \text{ l.ha}^{-1}$. E, para adubação de base, utilizou-se de 280 kg.ha^{-1} de adubação N - P_2O_5 - K_2O , fórmula 0-30-15, juntamente com a aplicação da segunda dessecação, com a mesma formulação e princípio ativo. Para controle da lagarta foram realizadas três aplicações, sendo a primeira de inseticida fisiológico, com princípio ativo *Triflumurom*, na dosagem de $0,3 \text{ l.ha}^{-1}$, juntamente com a aplicação de um inseticida sistêmico, com princípio ativo *Metamidofós*, na dosagem de 1 l.ha^{-1} , além de fungicida sequencial. Na segunda aplicação, repete-se a dosagem inicial e, na terceira aplicação, utilizam-se as quantidades de $0,3 \text{ l.ha}^{-1}$ de fungicida sistêmico, com os seguintes princípios ativos *Azoxistrobina* e *Ciproconazole* e, para a aplicação de inseticida utilizou-se de $0,2 \text{ l.ha}^{-1}$ do princípio ativo *Tiametoxam* e *Lambda-cialotrina*. Na operação de semeadura utilizou-se uma plantadeira da marca Stara Sfil, modelo SS – 9000, ano 2000, com tempo médio de plantio de uma hora por um hectare e meio $1\text{h}/1,5 \text{ ha}$, com potência de 105 cv. Para as operações de manejo cultural, a primeira aplicação foi realizada com trator e as duas últimas, através de aviação agrícola.

Para este itinerário foram utilizados os cinco tratores, da marca Massey Ferguson, nos modelos MF 299 (4x4), com potência nominal média de 120 cv, para os respectivos anos 2006, 2002, 2001, 2000 e 1999, e outros três tratores, também da marca Massey Ferguson, no modelo MF 299 (4x2), com potência nominal entre 85 a 90 cv, sendo que o mais antigo corresponde ao ano de 1975, com adaptações de antena à layser.

Nas operações desempenhadas com uso de trator, o tempo gasto com mão-de-obra foi contabilizado em 5 h.ha^{-1} divididos entre plantio, dessecação e aplicação de inseticida e fungicida, acrescentando-se a este, o tempo de colheita que equivale

a $2,5 \text{ h.ha}^{-1}$, nessas condições de campo, maquinários e mão-de-obra, conforme informa o produtor.

Na colheita da soja foram utilizados os seguintes equipamentos: colheitadeiras, da marca John Deere, modelo John Deere 7100 à marca New Holland, no modelo Clayson 4040, anos 1995 e 1987, respectivamente. A eficiência de cada uma das colheitadeiras está distribuída em hectare por horas de trabalho, o que equivale respectivamente a $3,3 \text{ ha.h}^{-1}$ e 1 ha.h^{-1} . No transporte é utilizado, um caminhão da marca Mercedes, modelo Mercedes 1525, ano 1989, com capacidade de 22 t, além da contratação de fretes.

Os gastos referentes a combustíveis são contabilizados por hectare, englobando todas as operações, que vão desde o plantio, passando pelas operações realizadas com o trator como a dessecação e os tratos culturais, a aviação agrícola, até a colheita desta leguminosa, que somadas conforme especifica o produtor, consomem 101 l.ha^{-1} . Para essas operações o tempo gasto com mão-de-obra normalmente prevalece às oito horas diárias, exceto no período de colheita, quando as atividades chegam a até doze horas diárias.

No segundo ano agrícola (safra 2008), todas as operações de aplicação são realizadas com trator, o itinerário técnico repete-se, sendo utilizada a mesma quantidade de área para o plantio, contudo há algumas mudanças em relação às dosagens utilizadas, as quais serão pontuadas a seguir. Para a segunda aplicação de dessecante, reduz-se a dosagem para 2 l.ha^{-1} , da mesma forma que para a segunda e terceira aplicação de inseticida, muda-se o princípio ativo para *Metamidofós*, com dosagens de $0,8 \text{ l.ha}^{-1}$ e 1 l.ha^{-1} , respectivamente, repetindo-se as aplicações conjuntas de fungicidas, adicionadas com óleo mineral, na dosagem de $0,5 \text{ l.ha}^{-1}$ por aplicação. Essas mudanças estão relacionadas à alta incidência de ataque de lagarta no estágio produtivo da cultura, encontradas desde o período vegetativo até a formação e enchimento de grão, no estágio reprodutivo.

A quantidade de sementes utilizadas passa a 55 kg.ha^{-1} e a aplicação de fungicida, para efeito de tratamento, utilizou-se a dosagem de $0,55 \text{ l.ha}^{-1}$, com os seguintes princípios ativos *Metalaxyl-M + Fludioxonil*, na adubação de base diminuiu para 200 kg.ha^{-1} de N - P_2O_5 - K_2O na fórmula 0-14-23.

4.3.1.2 Descrição do itinerário técnico da UPA B

A unidade de produção agrícola UPA B, localiza-se no município de Cachoeira do Sul, distrito de Geribá. A área utilizada para o cultivo de soja é de 220 ha, sendo que a referência para o presente estudo foi de uma área de 60 ha.

A composição das operações que compõem o itinerário técnico para essa cultura é a mesma para as duas safras. Primeiramente, realizou-se a dessecação por meio de herbicida, com princípio ativo *Glifosate*, na dosagem de 3 l.ha⁻¹, com três aplicações, distribuídas nos tratos culturais de controle de plantas invasoras. Para a instalação da cultura, as sementes utilizadas foram da variedade *CODETEC 214*, com ciclo tardio de 133 dias e poder germinativo entre 90% e 98% de pureza, na quantidade média de 55 kg.ha⁻¹.

Para adubação de base, utilizou-se 200 kg.ha⁻¹ de adubação N - P₂O₅ - K₂O, na fórmula 0-28-20, juntamente com a aplicação da segunda dessecação, com a mesma formulação e princípio ativo. Para controle da lagarta foram utilizadas duas aplicações, sendo a primeira de inseticida fisiológico, com princípio ativo *Triflumurom*, na dosagem de 0,050 l.ha⁻¹, juntamente com a aplicação de um inseticida sistêmico, com princípio ativo do *Metamidofós*, na dosagem de 1 l.ha⁻¹, além de fungicida sistêmico, com os seguintes princípios ativos *Azoxistrobina* e *Ciproconazole*, na dosagem de 0,360 l.ha⁻¹. Na segunda aplicação, repete-se a dosagem inicial, exceto o fungicida que tem ação mesostêmica e sistêmica na sua aplicação e cujos princípios ativos são *Cyproconazol* e *Trifloxystrobina*, na dosagem de 0,300 l.ha⁻¹. Na terceira aplicação, utilizou-se a mesma dosagem de fungicida.

Dando sequência na disposição das operações desenvolvidas com maquinários, utilizou-se do parque de máquinas que contemplam dois tratores da marca John Deere, modelo 6300, potência de 105 cv, anos de 1999 e 2000, outro da marca Valmet, modelo 1180, potência de 120 cv e dois da marca Ford, nos modelos 6610 e 7610, nas potências de 85 cv e 105 cv, nos anos de 1984 e 1989, respectivamente. Acoplados a estes, fazem parte três grades e uma plaina, ambas do ano de 2001.

As operações de semeadura foram realizadas com duas plantadeiras da marca Semeato, modelo TDMG, ano de 1997, após foram realizadas operações com uso de pulverizador da marca Jacto modelo Coral 2000 litros, eletroeletrônico, com

regulagem controlada de vazão, ano de 2004. Para as operações de manejo cultural, a primeira aplicação foi realizada com trator e a segunda, através de aviação agrícola.

Nas operações desempenhadas com uso de trator, o tempo gasto com mão-de-obra foi contabilizado em 5 h.ha^{-1} divididos entre dessecação de área, semeadura, dessecação e manejo dos tratos culturais (operações de aplicação de inseticidas e fungicidas), acrescentando-se a este, o tempo de colheita que equivale a $1,3 \text{ h.ha}^{-1}$, por hectare, totalizando em média dez dias de colheita, nessas condições de campo, maquinários e mão-de-obra, conforme informa o produtor.

Na colheita da soja foram utilizados os seguintes equipamentos: duas colhedoras SLC - 6200, nos anos de 1986 e 1992. A eficiência de cada uma das colheitadeiras correspondem a $1,3 \text{ ha.h}^{-1}$, com rendimento médio de dez dias para a colheita completa da área, já as semeadoras têm uma eficiência de 1 h.ha^{-1} e rendimento de 15,7 ha.dia com duas plantadeiras. Para o transporte, utiliza-se de caminhão, da marca Mercedes Bens, ano de 1976, além de três graneleiros, com capacidade de 4.000 kg e outro com capacidade de 18.000 kg.

Os gastos referentes a combustíveis são contabilizados por hectare, englobando todas as operações que vão desde a dessecação das áreas até a colheita do grão. No detalhamento dessas etapas, contabilizam-se os gastos com combustíveis empregados nas atividades relacionadas com a cultura. Dessa forma, utilizou-se 3 l.ha^{-1} de combustível para a dessecação da cobertura verde, para o plantio, observando a margem de ha.hora, gastam-se em média de $2,08 \text{ l.ha}^{-1}$, para essas operações, ampliadas para as aplicações de fungicida e inseticida. Para as operações de colheita utilizou 11 l.ha^{-1} , finalizando com o transporte que consome 3 l.ha^{-1} , repetindo-se para as duas safras agrícolas, diferindo apenas pela quantidade de área total plantada.

Para essas operações o tempo gasto com mão-de-obra não passa de oito horas diárias, exceto nos períodos de plantio e de colheita, quando as atividades oscilam entre dez e doze horas diárias.

As terras plantadas com a cultura da soja na UPA B são arrendadas, na proporção de 3 sacos.ha^{-1} , para áreas lavoura e de 5 sacos.ha^{-1} , para áreas de pastagem e integração lavoura-pecuária.

4.3.1.3 Descrição do itinerário técnico da UPA C

A unidade de produção agrícola UPA C já foi descrita para a cultura do trigo, da mesma forma, permanece as coordenadas de localização, área, infra-estrutura física, maquinários e mão-de-obra. A área utilizada na unidade de produção para o cultivo da soja é de 700 ha, sendo que a referência para o presente estudo foi uma gleba de 60 ha.

Cabe lembrar as características deste sistema de produção intercaladas pelo binômio trigo-soja, rotacionadas a cada três anos, com a cultura do milho.

A cultura da soja, em sistema de plantio direto, comporta o seguinte itinerário técnico, que começa com aplicação de herbicida para a dessecação da cultura precedente, após são realizadas as operações com tratamento de sementes para o plantio e, ao longo do desenvolvimento da cultura, o manejo dos tratos culturais, referem-se ao controle de doenças e insetos-praga, com aplicação de fungicida e inseticida, respectivamente. Após a colheita, a leguminosa é transportada até a cooperativa, onde é armazenada, sofrendo um processo de limpeza, classificação e certificação de parte das sementes que serão utilizadas para o próximo plantio.

No primeiro ano (safra de 2007) foram realizadas as seguintes operações: após a colheita do trigo na área, realizou-se a dessecação por meio de herbicida de ação sistêmica, com os seguintes princípios ativos *Glifosato* e *Sal de isopropilamina*, na dosagem de 2 l.ha⁻¹. As sementes utilizadas para o plantio foram tratadas com *Fipronil*, e fungicida *Metalaxyl-M + Fludioxonil*, na quantidade de 0,3 l.ha⁻¹. As sementes utilizadas para a instalação da cultura foram da variedade *CODETEC 214*, com poder germinativo de 90% e 95% de pureza, na quantidade de 60 kg.ha⁻¹. E, para a adubação de base, utilizou-se de 200 kg.ha⁻¹ de adubação N - P₂O₅ - K₂O, fórmula 02-20-30. Neste cultivo, utilizou-se na operação de semeadura uma plantadeira da marca SEMEATO, modelo SSM – 27, com tempo médio de plantio de 1h por hectare 1h/ha, com potência de 105 cv. Para as operações de pulverização e tratos culturais, onde se utiliza o trator foram empregadas às quantidades de 0,6 l.ha⁻¹ para a aplicação de fungicida, com os seguintes princípios ativos *Tebuconazol* e *Trifloxystrobina* e para aplicação de inseticida, utilizou-se de 0,8 l.ha⁻¹ de *Metamidofós*, princípio ativo. Para este itinerário foram utilizados os tratores nos modelos TM 7020, TM 150 e TS 100, para os respectivos anos 2008, 2006, 2004 e

1994, todos os modelos são (4x4), sendo que a potência dos dois primeiros são de 149 cv e dois últimos de 105 cv. E, o pulverizador de barras da marca Jacto, modelo 2000 I, ano 2001.

O tempo gasto por hectare para realizar cada uma das operações do itinerário técnico, equivale a uma hora e meia para o plantio, três horas para as operações que envolvem aplicação de herbicida, inseticida e fungicida, mais duas horas e meia para a colheita, por hectare, nessas condições de campo, maquinários e mão-de-obra, conforme informa o produtor. Para a colheita da soja, foram utilizadas as mesmas colheitadeiras que compõem o itinerário do trigo, sendo os modelos TC 59, TC 57, TC 55 e 1530, da linha New Holland. Da mesma maneira, para as atividades de transporte do grão.

Os gastos referentes a combustíveis são contabilizados da seguinte forma: para as operações de plantio são utilizados 12 l.ha^{-1} , para as operações realizadas com o trator essa perspectiva fica entorno de 7 l.ha^{-1} e para a colheita utiliza-se 14 l.ha^{-1} . Para essas operações o tempo gasto com mão-de-obra, normalmente prevalece às oito horas diárias, exceto no período de colheita que as atividades chegam a até doze horas diárias.

No segundo ano (safra 2008) as operações e o itinerário técnico repetem-se, contudo, há algumas mudanças em relação às dosagens e aplicações utilizadas. Primeiramente, referem-se à aplicação de calcário 2.500 kg.ha^{-1} , para correção de acidez e melhor aproveitamento dos nutrientes ofertados no item fertilizantes, além de diminuir as reações com Al_{+3} trocável para a planta. A quantidade de sementes foi de 50 kg.ha^{-1} , diminuindo a quantidade em relação à safra anterior e, para a adubação de base a quantidade utilizada foi de 250 kg.ha^{-1} , na fórmula N - P_2O_5 - K_2O e proporção de 02-25-25, para cada elemento químico. Em relação aos insumos utilizados nesse período, as mudanças foram em relação às dosagens e alguns princípios ativos. Na aplicação de fungicida foi realizada uma aplicação, ao invés de duas, porém com o mesmo princípio ativo e dosagem. E, para as aplicações que envolvem inseticidas, na safra de 2008 foram realizados a dosagem de $0,3 \text{ l.ha}^{-1}$, para o princípio ativo *Triflumurom*, 2 l.ha^{-1} para o princípio ativo *Metamidofós* e a dosagem de $0,300 \text{ l.ha}^{-1}$ para o inseticida com princípio ativo *Lambdacyhalothrin*, sendo que todos eles foram aplicados para o controle da lagarta da soja, principal inseto-praga da cultura.

4.3.2 Dispendios energéticos das UPAs da cultura da soja

A construção da matriz energética da cultura da soja iniciou-se pela definição do agroecossistema, caracterizado pelo período focado, detalhando-se, em seguida, o itinerário técnico percorrido, sendo elaboradas, a seguir, as entradas operacionais. Os itens que compõem a matriz de exigência física da cultura foram transformados em coeficientes energéticos, conforme especifica a metodologia, respeitando-se, as orientações referentes às medidas de volumes ou quilogramas, calculados pelos respectivos índices energéticos.

Tabela 4.3.2.1 – Estrutura de dispêndios energéticos da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

SOJA	UPA A			UPA B			UPA C		
	2007	2008	%	2007	2008	%	2007	2008	%
Agrotóxicos	1.799,93	1.799,93	22,81	2.445,10	2.445,10	27,51	987,98	641,83	13,74
Combustíveis	3.866,37	3.866,37	49,00	3.529,75	3.529,75	39,71	2.509,15	2.803,86	44,78
Fertilizantes	99,06	99,06	1,26	143,84	143,84	1,62	200,80	590,28	6,67
Mão de obra	9,15	9,15	0,12	9,15	9,15	0,10	9,15	9,15	0,15
Máq. e equip.	443,37	443,37	5,62	754,88	754,88	8,49	229,07	205,57	3,66
Sementes	1.672,00	1.672,00	21,19	2.006,40	2.006,40	22,57	2.006,40	1.672,00	31,00
Total	7.889,89	7.889,89	100,00	8.889,12	8.889,12	100,00	5.942,56	5922,69	100,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

O sistema foi delimitado de forma a englobar as atividades relativas à dessecação, semeadura e colheita da soja, incluindo todos os processos produtivos, gastos energéticos embutidos nas respectivas atividades. Os resultados contemplados na tabela 4.3.2.1, em relação aos gastos energéticos da cultura da soja referentes aos dois anos agrícolas, na UPA A, mostraram que, dentre as variáveis avaliadas, os valores energéticos empregados para o desenvolvimento da cultura foram os mesmos, repetindo-se também a quantidade de área para o cultivo. O aporte energético investido em energia direta, advindas de fontes de energia fóssil, como óleo diesel, lubrificante e graxa, na área de estudo, corroboram com as estimativas apresentadas por Bonny, (1993).

Tabela 4.3.2.2 – Dispêndios energéticos de fertilizantes da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

UPA	Fertilizantes	Quantidade kg.ha ⁻¹	Índice de Energia	Consumo de energia/ha	Total de ha Cultivados	Consumo total de energia
UPA A 2007/2008	Nitrogênio (uréia)	0	61,60	0,00	54,2	-
	Nitrogênio (N-P-K)*	0	61,60	0,00	54,2	-
	Fósforo	10,7	6,96	74,47	54,2	4.036,38
	Potássio	5,3	4,64	24,59	54,2	1.332,89
	Calcário	0	0,17	0,00	54,2	-
Total				99,06	54,20	5.369,27
UPA B 2007/2008	Nitrogênio (uréia)	0	61,60	0,00	60	-
	Nitrogênio (N-P-K)*	0	61,60	0,00	60	-
	Fósforo	14	6,96	97,44	60	5.846,40
	Potássio	10	4,64	46,40	60	2.784,00
	Calcário	0	0,17	0,00	60	-
Total				143,84	220,00	8.630,40
UPA C 2007	Nitrogênio (uréia)	0	61,60	0,00	60	-
	Nitrogênio (N-P-K)*	1	61,60	61,60	60	3.696,00
	Fósforo	10	6,96	69,60	60	4.176,00
	Potássio	15	4,64	69,60	60	4.176,00
	Calcário	0	0,17	0,00	60	-
Total				200,80	60,00	12.048,00
UPA C 2008	Nitrogênio (uréia)	0	61,6	0,00	60	-
	Nitrogênio (N-P-K)*	0,8	61,6	49,28	60	2.956,80
	Fósforo	10	6,96	69,60	60	4.176,00
	Potássio	10	4,64	46,40	60	2.784,00
	Calcário	2500	0,17	425,00	60	25.500,00
Total				590,28	60	35.416,80

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Neste estudo, a ênfase é dada aos combustíveis, em especial, o óleo diesel que com as graxas e lubrificantes, contribuem com 49% do gasto energético da cultura, sendo que do total empregado em energia fóssil, 99,57% corresponde ao óleo diesel.

No que tange a matriz energética que compõe este agroecossistema, entre as variáveis que desempenham maiores gastos energéticos destacam-se os combustíveis e os agrotóxicos, com 49% e 22,81%, respectivamente, sendo responsáveis por mais de 70% do consumo de energia. No entanto, o uso de fertilizantes para essa cultura apresenta uma queda expressiva na participação dos dispêndios energéticos, representando somente 1,26% para os dois anos agrícolas. De maneira semelhante na UPA B os gastos com fertilizantes representam 1,62%,

ao passo que a UPA C apresenta maior diferença, com 3,38% do seu gasto total, conforme tabela 4.3.2.2.

Em síntese, para essa cultura os gastos referentes a fertilizantes são normalmente evidenciados para os adubos, com ênfase para fósforo e potássio, devido à soja ser uma leguminosa e ter uma baixa exigência de nitrogênio, já que ela faz simbiose com as micorrizas do solo. Dessa forma, os índices energéticos desses elementos são considerados baixos, em relação ao nitrogênio que apresenta $61,60 \text{ MJ.kg}^{-1}$. Assim, justifica-se a pouca participação dos fertilizantes para essa cultura, contudo na UPA C, o aporte energético é maior para os dois anos, sendo que para o primeiro ano investe o dobro de energia em relação à UPA A. E, para o segundo ano a diferença acentua-se basicamente pela aplicação de calcário, que quase triplica o índice energético, passando de $200,80 \text{ MJ.ha}^{-1}$, no ano de 2007, para $590,28 \text{ MJ.ha}^{-1}$, no ano de 2008.

O custo energético para fertilizantes, na UPA C, na forma de nitrogênio correspondeu a 30,7%, ou seja, $3.696,00 \text{ MJ.ha}^{-1}$ e, para os demais elementos, fósforo e potássio, a margem fica em 34,7%, embora os índices calóricos e volumes empregados sejam diferentes, a energia gasta foi a mesma para cada um.

Entretanto, a relação combustível e agrotóxico permanece na mesma linha de importância, dada a composição da matriz energética do agroecossistema soja, para as três UPAs estudadas. Desta forma, o dispêndio energético empregado em combustíveis na UPA B é de 39,71%, já para a UPA C a média para ambos os anos foi de 44,78%. Soma-se a estes, na mesma ordem, os agrotóxicos que correspondem com 27,51% na UPA B. Ao passo, que na UPA C houve uma redução inversão na energia dispendida para agrotóxicos de 16,63% para 10,84%. Assim, para as UPAs A e B, essa rubrica foi a que potencializou mais a composição da matriz energética da soja, diferindo da UPA C.

Assim, os dispêndios apresentados pela UPA C demonstram que os gastos energéticos referentes à cultura da soja, para os anos agrícolas em estudo concentram-se nas variáveis combustíveis e sementes. Merece atenção o percentual de contribuição dado pela energia fóssil, advinda dos combustíveis, com participação média de 44,78% do total de dispêndio energético empregado nesse agroecossistema, participação semelhante foi encontrada em trabalhos realizados por Quesada et al. (1987), com valor de 46,5% para essa cultura, no Rio Grande do Sul.

Tabela 4.3.2.3 – Dispêndios energéticos dos combustíveis da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

UPA	Combustíveis	Quantidade	Volume (l.ha ⁻¹)	Poder calorífico MJ.l ⁻¹	Energia dos combustíveis MJ.ha ⁻¹	Energia dos combustíveis MJ.Total
UPA A 2007/2008	Óleo Diesel	5.520	101,85	37,80	3.849,74	208.656,00
	Lubrificantes	16,2	0,30	35,94	10,78	584,38
	Graxas	8,1	0,15	39,00	5,85	317,07
Total					3.866,37	209.557,45
UPA B 2007/2008	Óleo Diesel	5.520	92,00	37,80	3.477,60	208.656,00
	Lubrificantes	176	0,80	35,94	28,75	1.725,12
	Graxas	132	0,60	39,00	23,40	1.404,00
Total					3.529,75	211.785,12
UPA C 2007	Óleo Diesel	3.900	65,00	37,80	2.457,00	147.420,00
	Lubrificantes	48	0,80	35,94	28,75	1.725,12
	Graxas	36	0,60	39,00	23,40	1.404,00
Total					2.509,15	150.549,12
UPA C 2008	Óleo Diesel	3.900	65	37,80	2.457,00	147.420,00
	Lubrificantes	54	9	35,94	323,46	19.407,60
	Graxas	32,4	0,6	39,00	23,40	1.404,00
Total					2.803,86	168.231,60

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Da mesma forma na UPA C, no espaço representado pelos combustíveis, o óleo diesel alcança mais de 90% desse percentual, atingindo valores irrisórios para graxas e lubrificantes. O alto consumo de combustíveis está diretamente relacionado às operações que englobam o manejo da cultura e são realizadas com tração mecânica, entre elas, preparação do solo, dessecação, plantio, aplicações de fungicidas e inseticidas, são as que demandam maiores quantidades de energia fóssil para a produção de grãos.

Observou-se que o consumo de energia direta relacionada aos combustíveis foi de 150.549,12 MJ.ha⁻¹, para a primeira safra agrícola (2007/2008) e 168.231,60 MJ.ha⁻¹, para o segundo ano da safra agrícola (2008/2009), pelo maior número de operações realizadas, principalmente em relação a aplicação de agrotóxicos. Esta situação é justificada pelas mudanças climáticas e a maior incidência de pragas e doenças, que atrasaram o plantio e colheita da cultura, aumentando as aplicações de fungicidas e inseticidas.

Em meio, as discussões de sustentabilidade dos recursos não-renováveis, a matriz energética que se apresenta, têm como característica, a alta dependência da

variável combustível. Assim, a participação dessa variável dentro do agroecossistema soja nas UPAs estudadas contempla um gasto total energético de 24.030,90 MJ.ha⁻¹, na UPA A, 45.292,80 MJ.ha⁻¹, para a UPA B e 13.744,40 MJ.ha⁻¹, para a UPA C. Essa relação é de 1/2, na UPA B que apresenta o maior dispêndio energético, em contraposição a UPA C, que tem o menor consumo energético e comparativamente a maior disparidade em proporção de 1/3 na contabilização energética, no que tange a UPA B.

Tabela 4.3.2.4 – Dispendios energéticos de máquinas e equipamentos, da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA A, safras 2007 e 2008.

Máquinas e equipamentos	Tipo	Índice de Energia	Peso das máquinas	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Peso dos Pneus	Energia fabricação pneus	Energia manutenção	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	18,7	1014,02
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	18,7	1014,02
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	18,7	1014,02
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	18,7	1014,02
Trator	MF 299 4X4 120cv	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	18,7	1014,02
Trator	MF 299 4X2 90cv	14.604,9	4932	72.031,5	3.601,6			9.076,0	10	14.406,3	17,6	952,60
Trator	MF 299 4X2 90cv	14.604,9	4932	72.031,5	3.601,6			9.076,0	10	14.406,3	17,6	952,60
Trator	MF 299 4X2 90cv	14.604,9	4932	72.031,5	3.601,6			9.076,0	10	14.406,3	17,6	952,60
Colheitadeira	John Deere 7100	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1			18.824,6	15	29.880,3	24,3	1317,20
Colheitadeira	Clayson 4040	12.991,4	10200	132.512,7	6.625,6			16.696,6	15	26.502,5	21,6	1168,30
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	14x9x24	85.690				693	59.414		10		14,9	805,05
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		22,5	1221,47
Pneus	14x9x24	85.690				693	59.414		10		14,9	805,05
Total											443,4	24.030,9

* Área de produção 400 ha. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Tabela 4.3.2.5 – Dispendios energéticos de máquinas e equipamentos, da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA B, safras 2007 e 2008.

Máquinas e equip.	Tipo	Índice de Energia	Peso das máq.	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Peso dos Pneus	Energia fabricação pneus	Energia manut.	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	J Deere 6300 105 cv 99	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	34,0	2.040,97
Trator	J Deere 6300 105 cv 00	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	34,0	2.040,97
Trator	Valmet 1180 120cv 94	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	34,0	2.040,97
Trator	Ford 6610 85cv 84	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	34,0	2.040,97
Trator	Ford 7610 105cv 89	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	34,0	2.040,97
Colheitadeira	SLC 6200 92	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1			18.824,6	15	29.880,3	44,2	2.651,19
Colheitadeira	SLC 6200 86	12.991,4	10500	136.410,1	6.820,5			17.187,7	15	27.282,0	40,3	2.420,65
Plantadeira	Semeato TDMG 97	14.604,9	3470	50.679,1	2.534,0			6.385,6	15	10.135,8	15,0	899,32
Plantadeira	Semeato TDMG 97	14.604,9	3470	50.679,1	2.534,0			6.385,6	15	10.135,8	15,0	899,32
Pulverizador	electro eletronico reg. controle vasão	14.604,9	6700	97.853,0	4.892,6			12.329,5	15	19.570,6	28,9	1.736,44
Pulverizador	electro eletronico reg. controle vasão	14.604,9	6700	97.853,0	4.892,6			12.329,5	15	19.570,6	28,9	1.736,44
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10	0,0	41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	96,5x24	85.690				560	47.993		10		21,8	1.308,90
Pneus	96,5x24	85.690				560	47.993		10		21,8	1.308,90
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		41,0	2.458,52
Total											754,9	45.292,80

*Área de produção 220 ha. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008

Tabela 4.3.2.6 – Dispêndios energéticos de máquinas e equipamentos, da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA C, safras 2007 e 2008.

Máquinas e equip.	Tipo	Índice de Energia	Peso das máq.	Energia de fabricação	Energia gasta reparos	Peso dos Pneus	Energia fabricação pneus	Energia manut.	Vida útil	Residual de Máquinas	Consumo de Energia Total MJ.ha ⁻¹	Consumo de Energia Total
Trator	TM:150	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	10,7	641,44
Trator	TM: 7020	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	10,7	641,44
Trator	985	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	10,7	641,44
Trator	MF: 85	14.604,9	5250	76.675,8	3.833,8			9.661,2	10	15.335,2	10,7	641,44
Colheitadeira	TC:59 C/GAB.	12.991,4	11500	149.401,6	7.470,1			18.824,6	15	29.880,3	13,9	833,23
Colheitadeira	TC:57 C/GAB.	12.991,4	10500	136.410,1	6.820,5			17.187,7	15	27.282,0	12,7	760,77
Colheitadeira	TC:55C/GAB.	12.991,4	8640	112.246,0	5.612,3			14.143,0	15	22.449,2	10,4	626,01
Colheitadeira	1530	12.991,4	6500	84.444,4	4.222,2			10.640,0	15	16.888,9	7,8	470,95
Plantadeira	Semeato SSM-27	14.604,9	5.600	81.787,6	4.089,4			10.305,2	15	16.357,5	7,6	456,14
Pulverizador		14.604,9	1500	21.907,4	1.095,4			2.760,3	10	4.381,5	3,1	183,27
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	18X26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	96,5x24	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	14x9x24	85.690				693	59.414		10		8,5	509,26
Pneus	23x26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	23x26	85.690				1.052	90.146		10		12,9	772,67
Pneus	30,5x32	85.690				1.576	135.047		10		19,3	1.157,54
Total											229,1	13.744,40

*Área de produção 700 ha. Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Em menores proporções, máquinas e equipamentos correspondem a 3,66% da média do total de energia, para a UPA C, de 5,62% para a UPA A e de 8,49% para a UPA B. A menor participação foi para a UPA C que, neste caso, exprime a melhor relação quantidade de hectares por hora máquina manejados, identificados nas tabelas 4.3.2.4 para a UPA A, tabela 4.3.2.5 para a UPA B e tabela 4.3.2.6 para a UPA C.

Tabela 4.3.2.7 – Dispendios energéticos da mão-de-obra da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

UPA	Nº de funcionários	Tipo de Máquinas	Horas/dia	Energia homem MJ	h.ha ⁻¹	Energia Mão de obra	Área Total ha	Total Gasto energia
UPA A	14	Trator	8	1,22	5,00	6,10	54,2	330,62
2007/2008	14	Colheitadeira	8	1,22	2,50	3,05	54,2	165,31
Total								495,93
UPA B	6	Trator	12	1,22	5,00	6,10	60	366,00
2007/2008	6	Colheitadeira	12	1,22	2,50	3,05	60	183,00
Total								549,00
UPA C	8	Trator	12	1,22	5,00	6,10	60	366,00
2007/2008	8	Colheitadeira	12	1,22	2,50	3,05	60	183,00
Total								549,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

A participação das energias diretas e de fontes biológicas verificada nas sementes contempla 31% do total de energia consumida no sistema, já para a variável mão-de-obra essa proporção é de 0,15%, fazendo uma correlação direta entre a agricultura altamente mecanizada com problemas de cunho social, resultantes da menor oferta de emprego no campo. De outra forma, a energética social, disponibilizada pelo conteúdo calórico da mão-de-obra frente às grandes empresas, propicia a necessidade de buscar novos índices para essa variável, além de máquinas e equipamentos.

Assim, a questão social, torna-se altamente deficitária, no montante das contaminações de solo, dispostas por este tipo de manejo, fomentadas pela ampla participação das energias de fonte indireta.

Como já mencionado, a produção da soja analisada dependeu, fundamentalmente, de fontes de energia fósseis e biológicas, representadas pelos

combustíveis e pelas sementes, respectivamente. Desta forma, apresenta tendência semelhante aos trabalhos de Bueno, (2002), e diferindo um pouco das demais UPAs, sendo que a UPA A participa com 21,19% e a UPA B com 22,57% do dispêndio total empregado.

Tabela 4.3.2.8 – Dispêndios energéticos das sementes da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

UPA	Sementes	Quantidade kg.ha ⁻¹	Índice de Energia	Consumo Total/ha	Total ha Cultivados	Gasto Total energia
UPA A 2007/2008	Soja	50	33,44	1.672,00	54,2	90.622,40
UPA B 2007/2008		60	33,44	2.006,40	60	120.384,00
UPA C 2007		60	33,44	2.006,40	60	120.384,00
UPA C 2008		50	33,44	1.672,00	60	100.320,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Nessa relação, o índice calorífico encontrado no grão é de 33,44 MJ.ha⁻¹ e a proporção de energia gerada em sementes para cada UPA corresponde a 90.622,40 MJ.ha⁻¹, na unidade A, 120.384,00 MJ.ha⁻¹, na unidade B e na unidade C como difere a quantidade empregada por safra, utilizou-se a média de 110.352,00 MJ.ha⁻¹, demonstradas pelas diferenças empregadas por unidade de área, bem como o elevado valor calórico encontrado nos grãos geneticamente modificados ou “melhorados”.

Os agrotóxicos têm uma expressão de 22,81% dos gastos energéticos, sendo que, destes 44,07%, referem-se ao uso de inseticidas para o controle da lagarta da soja, onde o ataque do inseto-praga possui um amplo ciclo de reprodução, podendo encontrá-las desde o estágio vegetativo até o estágio reprodutivo, atingido a formação e enchimento de vagens. Em número similar estão os herbicidas, contribuindo com 40,84% dos gastos energéticos empregados com os agrotóxicos, em decorrência do controle de plantas invasoras, técnica adotada no sistema de plantio direto.

Tabela 4.3.2.9 – Dispendios energéticos dos agrotóxicos da soja, em sistema de plantio direto, cultivados nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

UPA	Agrotóxicos	Quantidade	Índice de Energia	Gasto energia/ha	Gasto total energia
UPA A 2007/2008	Herbicidas	5	147,01	735,05	39.839,71
	Fungicidas	1	271,70	271,70	14.726,14
	Insecticidas	4,3	184,46	793,17	42.990,25
Total				1.799,93	97.556,10
UPA B 2007/2008	Herbicidas	9	147,01	1323,09	79.385,40
	Fungicidas	1,38	271,70	374,94	22.496,76
	Insecticidas	4,05	184,46	747,06	44.823,78
Total				2.445,10	146.705,94
UPA C 2007	Herbicidas	2	147,01	294,02	17.641,20
	Fungicidas	1,4	271,70	380,38	22.822,80
	Insecticidas	1,7	184,46	313,58	18.814,92
Total				987,98	59.278,92
UPA C 2008	Herbicidas	2	147,01	294,02	17.641,20
	Fungicidas	0,737	271,70	200,24	12.014,57
	Insecticidas	0,8	184,46	147,56	8.854,08
Total				641,83	38.509,85

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Assim a quantidade de energia empregada para essa rubrica tornou-se bastante ampla para as UPAs estudadas, sendo contabilizados para os menores gastos o valor energético de 641,83 MJ.ha⁻¹, na UPA C, até um elevado dispendio verificados na soma energética de 2.445,10 MJ.ha⁻¹, para a UPA B, diferindo dos extremos, encontra-se a UPA B que participa com 1.799,93 MJ.ha⁻¹, do gasto total. Detalhadamente essas proporções são compostas basicamente pelo uso de inseticidas no controle da lagarta, seguido de aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, que tomaram maiores proporções, no segundo ano de cultivo.

4.3.3 Produção de energia e balanço energético da cultura da soja

Para a produção de energia o resultado corresponde aos valores identificados pela produtividade e o coeficiente energético da respectiva cultura, sendo que na UPA C o índice de produtividade da cultura foi de 2.580 kg.ha⁻¹. O coeficiente energético utilizado é de 33,44 MJ.kg⁻¹, sugeridos por Pimentel e Patzek, (2005),

contabilizando um total de energia produzida no grão por hectare de 86.275,20 MJ.ha⁻¹. A quantidade de energia consumida por hectare para o agroecossistema soja contabilizou em 5.932,62 MJ.ha⁻¹, e a diferença expressa por esses aportes de energia foram identificadas pelo balanço energético positivo de 80.342,55 MJ.ha⁻¹.

Ao passo que na UPA B a produtividade apresentada é de 3.300 kg.ha⁻¹, alcançando um total de energia produzida no grão por hectare de 110.352,00 MJ.ha⁻¹. E as “entradas” de energia consumida no processo produtivo são de 8.889,12 MJ.ha⁻¹, subtraindo-se com as “saídas”, representadas pela energia produzida em grãos por hectare, resulta no balanço energético do sistema produtivo de 101.462,88 MJ.ha⁻¹.

Da mesma maneira, apresentam-se os resultados encontrados na UPA A que tem como valor energético total das “saídas”, de 110.552,64 MJ.ha⁻¹, para as duas safras agrícolas. E o registro de “entradas” foi de 7.889,89 MJ.ha⁻¹, possibilitando um balanço energético positivo de 102.662,75 MJ.ha⁻¹, verificados na tabela 4.3.3.1.

Tabela 4.3.3.1 – Produção de energia da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

SOJA	UPA A		UPA B		UPA C	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Produtividade kg/ha	3.312,00	3.300,00	3.300,00	3.300,00	2.580,00	2.580,00
Índice energia disponível Grãos/Kg	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44
Energia Produzida em Grão/há (a)	110.753,28	110.352,00	110.352,00	110.352,00	86.275,20	86.275,20
Energia consumida/ha (b)	7.889,89	7.889,89	8.889,12	8.889,12	5.942,56	5.922,69
Balanço energético (a-b)		102.662,75		101.462,88		80.342,55
Eficiência Cultural (a/b)	14,04	13,99	12,41	12,41	14,52	14,57
Eficiência Energética	28,65	28,54	31,26	31,26	34,38	30,77

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Desta forma, demonstra-se a relação deste sistema produtivo, no tocante das culturas, onde as maiores quantidades de energia produzida (balanço energético) foram nas UPAs A e B, as quais trabalham com os sistemas de arroz/pousio/gado e soja/pastagem/gado, rotacionando as áreas de cada um dos seus cultivos principais, identificadas por este estudo.

Para o cálculo da eficiência cultural, as relações “saídas” versus “entradas” são representadas com a média dos respectivos índices de energia cultural das UPAs, em que a UPA A alcança 14,02, a UPA B 12,41 e a UPA C 14,54, dada as devidas proporções, a cada unidade de energia investida retorna ao sistema de produção o equivalente a 13,02; 11,41 e 13,54, para as respectivas UPAs, sendo atribuída melhor relação de eficiência cultural, justamente pela UPA C que apresentou menor quantidade de energia consumida por hectare entre as três UPAs, reforçando a boa relação do binômio trigo/soja, já discutidos anteriormente.

No que configura as eficiências energéticas apresentadas por cada UPA, cabe lembrar a sua ligação com as fontes de origem fóssil que compõem esse cálculo, representadas pelos combustíveis empregados no ciclo produtivo. Assim, o valor médio deste indicador para a UPA A é de 28,59, ao passo que na UPA B é de 31,26 e com uma melhor relação à UPA C, com 32,96. De igual teor, todo o investimento disposto em energia fóssil pelas UPAs, reverte-se em unidade de energia para a produção da soja, sendo identificados os retornos de 27,59; 30,26 e 31,96 para as respectivas UPAs, conforme sua sequência.

De maneira similar, os resultados são semelhantes para as demais culturas estudadas, sendo que o principal estrangulamento das UPAs atribui-se aos combustíveis, onerando acentuadamente as operações e os resultados finais. Quanto ao desempenho agrícola versus o desenvolvimento, sem completar o sentido globalizado da palavra, acrescida por “sustentável”, dada a exterioridade das fontes não-renováveis, este recurso é o mais representativo, na composição das matrizes energéticas estudadas.

Assim, com o passar do tempo, busca-se novas formas de estimar a produção e o consumo de energia para as operações que compõem os sistemas agrícolas, reafirmando a necessidade de estudos de balanço energético, evidenciadas pelas análises de autores como Mesquita et al. (1982); Quesada et al. (1987); Costabeber (1989); Bueno et al. (2000) e Zanini et al. (2003), os quais reforçaram o estudo deste processo. Também, atenta-se para a necessidade de incorporar novos elementos na constituição dos indicadores, oriundos deste estudo, bem como a comparação de todo o agroecossistema estudado.

Nesse sentido, apresentam-se na tabela 4.3.3.2 novos resultados quanto à participação da matéria-seca para esse sistema de produção, dando ênfase a necessidade de incorporar essa rubrica na contabilização do balanço energético

agrícola. Como menção, os benefícios gratuitos e de contenção dos desequilíbrios sentidos, como exemplos, citam-se a proteção a micro e mesofauna do solo, bem como a melhor infiltração de água que essas práticas podem trazer em longo prazo, contribuindo com a possível recarga das águas superficiais, conforme Nishijima, (2009).

Dessa forma, os índices apresentados por cada UPA são para a UPA A o valor médio gerado de $612,22 \text{ g.m}^{-1}$, para a UPA B o valor é de $1.104,17 \text{ g.m}^{-1}$, ao passo que na UPA C o valor é de $791,46 \text{ g.m}^{-1}$, demonstrado um pouco do potencial gerado por essa variável.

Tabela 4.3.3.2 – Dados de laboratório da pesquisa de campo da safra agrícola de soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

UPA		Peso MS (g)	Peso Grãos (g)	%C na MS	% N na MS	%C no Grão	% N no Grão
A	1	527,44	411,40	41,50	59,50	38,00	62,00
	2	633,24	538,25	40,90	59,10	37,70	62,30
	3	678,48	590,28	42,60	57,40	37,40	62,60
	4	609,71	548,74	42,10	57,90	36,90	63,10
Média	2,5	612,22	522,17	41,78	58,48	37,50	62,50
B	1	739,63	765,74	41,30	58,70	36,10	63,90
	2	1.208,53	977,28	40,20	59,80	37,50	62,50
	3	1.381,96	980,54	42,10	57,90	37,30	62,70
	4	1.155,86	1.157,43	41,20	59,80	36,40	63,60
	5	1.034,86	759,06	40,90	59,10	37,90	62,10
Média	3	1.104,17	928,01	41,14	59,06	37,04	62,96
C	1	679,89	897,78	41,60	58,40	37,80	62,20
	2	953,44	1.023,44	40,90	59,10	38,40	61,60
	3	678,48	1.018,39	41,40	58,60	36,90	63,10
	4	854,02	962,07	41,30	58,70	37,50	62,50
Média	2,5	791,46	975,42	41,30	58,70	37,65	62,35

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

De outra forma, as oportunidades advindas da reciclagem de nutrientes, pela incorporação da matéria seca, favorecendo os processos químicos e biológicos do solo. Os teores de carbono (C) possuem elevada participação, principalmente na ligação dos compostos orgânicos, ocasionados pela economia de carbono, que essas análises podem fomentar ao mesmo tempo em que ajudam a mitigar riscos e desequilíbrios.

4.3.4 Desempenho econômico da cultura da soja

Para o cálculo do desempenho econômico da cultura da soja, a unidade de produção agrícola analisada foi a UPA B, com área equivalente de 241,32 ha. Desta forma, observam-se as variáveis dispostas na tabela 4.3.4.1, que demonstram as potencialidades e os principais condicionantes e limitantes deste sistema de produção. Primeiramente, identificadas pelo produto bruto (PB), no valor de R\$ 422.403,87, que expressa o total do valor gerado na produção, bem como o consumo intermediário (CI) de R\$ 142.882,79 que contribui com uma parcela deste somatório, à medida que viabiliza o ciclo produtivo nas suas ações, oportunizadas por sementes, combustíveis, insumos, manutenção de máquinas e equipamentos, transportes, aplicações aéreas e secagem da produção, conforme demonstra a tabela 4.3.4.2. A proporção encontrada para o consumo intermediário por hectare (CI/ha) é de R\$ 592,09, a menor das culturas estudadas, identificando um bom aproveitamento no manejo agrícola adotado. Dito de outra forma, a eficácia técnica do que se gasta está identificada pela diferença do consumo intermediário (CI) e do produto bruto (PB), sendo retratadas pelo valor agregado bruto por hectare (VAB/ha) que corresponde a R\$ 1.158,30.

Tabela 4.3.4.1 – Variáveis que compõem os resultados econômicos da soja, em sistema de plantio direto, cultivados na UPA B, safras 2007 e 2008.

Variáveis	Valor Total	Valor 60 ha
Produto Bruto	422.403,87	105.023,34
Consumo Intermediário	142.882,79	35.525,31
VAB	279.521,08	69.498,03
Depreciação	28.300,98	7.036,56
VAL	251.220,11	62.461,47
DVA	109.060,43	27.115,97
Renda	142.159,68	35.345,50

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

No que tange ao produto bruto (PB), este valor eleva-se, à medida que aumenta a relação de produtividade, para esta cultura o resultado por hectare foi de 2.439 kg.ha⁻¹. A relação consumo intermediário (CI) e produto bruto (PB) é de

praticamente de 1/3, ou seja, para cada unidade monetária dispendida com o (CI) resultam três unidades de (PB). E, como resultado desse processo, o valor agregado bruto (VAB) alcançado foi de R\$ 279.521,08, representando uma eficácia técnica de 1.158,30 de VAB/ha.

Tabela 4.3.4.2 – Consumo Intermediário da soja, em sistema de plantio direto, cultivado na UPA C, safras 2007 e 2008.

Consumo Intermediário	Unidade	Quant.	Valor/un	Valor total (R\$)	Valor 60 ha
Combustível de operações de lavoura	litro	7785,38	2,08	16.193,59	4.026,25
Combustível de Irrigação	litro			0,00	0
Energia elétrica de irrigação	kWH			0,00	0
Sementes	Kg	15000	0,75	11.250,00	2.797,11
Insumos Adubo de base 02.28.20	Kg	50000	0,92	46.000,00	11.437,06
Adubação de Base Cotrisul 02.26.16	Kg	4000	0,89	3.560,00	885,13
Inoculante	litro	40	19,60	784,00	194,92
Adubação de cobertura <i>Organomineral</i>	litro	200	8,60	1.720,00	427,64
Calcário	t	162,5	40,00	6.500,00	1.616,11
Herbicida <i>Glifosato, sal de isopropilamina</i>	litro	1120	12,60	14.112,00	3.508,70
Herbicida <i>Metsulfurom metílico</i>	gramas		1,55	0,00	0
Óleo mineral	litro	60	6,60	396,00	98,45
Óleo Mineral	litro	60	7,00	420,00	104,42
Óleo Mineral	litro	240	0,10	24,00	5,96
Agente espumante trilha 1%	litro		42,60	0,00	0
Inseticida <i>Triflumurom</i>	litro	10	177,00	1.770,00	440,07
Inseticida <i>Cypermethrin</i>	litro		34,00	0,00	0
Inseticida <i>Esfenvalerate e Fenitrothion</i>	litro	31	54,00	1.674,00	416,21
Inseticida <i>Cipermetrina e Xileno</i>	litro	12	29,10	349,20	86,82
Inseticida <i>Metamidofós</i>	litro	140	14,00	1.960,00	487,31
Inseticida <i>Metafós</i>	litro	220	14,00	3.080,00	765,78
Inseticida <i>Abamectina (ácaro)</i>	litro	25	99,00	2.475,00	615,36
Inseticida <i>Fipronil (Trat. Sem.)</i>	litro		416,00	0,00	0
Inseticida <i>Endosulfan</i>	litro		14,70	0,00	0
Fungicida <i>Azoxistrobina e Ciproconazolel</i>	litro	120	145,40	17.448,00	4.338,14
Fungicida <i>Tiofanato metílico</i>	litro	60	58,00	3.480,00	865,24
Fungicida <i>Thiophanate methyl (Trat. Sem.)</i>	litro	18	22,00	396,00	98,45
Fungicida <i>Tebuconazole</i>	litro		61,00	0,00	0
Aplicações Aéreas R\$ 21,00 p/ha	há	22	21,00	462,00	114,86
Fretes R\$ 0,75p/saco de 50 kg.	saco	11772	0,75	8.829,00	2.195,17
Transporte interno(0,9% SP)	saco		0,75	0,00	0
Secagem(6,0% sobre a produção)	saco		43,06	0,00	0
Reformas e manutenções (3,33% SP)	saco	326,67	0,00	0,00	0
Total				142.882,79	35.525,31

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

De outra maneira, também é utilizado como comparativo, à medida que faz uma proposição na sua relação com a depreciação (D), que neste sistema de produção gasta o equivalente a R\$ 28.300,98. O produto da diferença entre a depreciação e o valor agregado bruto gera o valor agregado líquido (VAL), que contempla o valor de R\$ 251.220,11 para o total da área plantada com essa cultura e, mais especificamente R\$ 1.041,02 por unidade de área, ou seja, o potencial de contribuição de valor agregado. Dessa leitura resultam os preceitos da eficiência econômica da UPA, identificados pela melhor relação do produto bruto (PB) com o custo total (CT) que para a cultura da soja foi de 2,47.

Na perspectiva de melhor identificar os limitantes do processo produtivo, estão detalhadas na tabela 4.3.4.3 as variáveis incluídas na distribuição do valor agregado (DVA), que totalizam a soma de R\$ 109.060,43. Para essa rubrica, os valores dispostos contemplam os encargos financeiros necessários para o pagamento de juros oriundos do processo de produção, bem como os impostos, seguros e taxas, além do pagamento da mão-de-obra empregada e do arrendamento das terras e da água. Dada sua importância, também pode ser identificado como tudo aquilo que o produtor precisa buscar de fora de seus meios de produção, para dar continuidade ao sistema de produção.

Tabela 4.3.4.3 – Distribuição do Valor Agregado (DVA) da soja, em sistema de plantio direto, cultivados nas UPAS A, B e C, safras 2007 e 2008.

Tipo	Unidade	Quant.	Valor/un	Valor Total	Valor 60 há
Juros pagos sobre compra cloreto conv. Sicredi	13,50%			1.707,75	424,60
Juros pagos sobre compra adubo conv. Sicredi	13,50%			6.063,66	1.507,62
Participação funcionários 2% s/produção.	saco	196	43,06	8.439,76	2.098,39
Administrador (0,5% sobre produção)	saco		43,06	0,00	0
Taxas (CDO, Funrural, Royalti) 4,3%SP	saco	421,83	43,06	18.164,27	4.516,22
Juros encargos Coop. (67.389 div.p/ 2 lavouras)	saco		26,31		0
Juros encargos Bancos (160.000x10%)	saco	371,57	43,06	15.999,80	3.978,07
Juros sobre empréstimo (1,7% SP)	saco		43,06	0,00	0
Juros sobre capital próprio (2,3%SP)	saco		43,06	0,00	0
Terra (8% arrendamento)	saco	901,87	43,06	38.834,52	9.655,52
Água (8% arrendamento)	saco		43,06	0,00	0
Salários(8,15%S/P)	saco	461	43,06	19.850,66	4.935,51
Total				109.060,43	27.115,97

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Desta forma, os principais limitantes do sistema de produção ficaram concentrados em terra, capital e insumos, diferindo das perspectivas tradicionais que determina o trabalho como sendo a terceira variável “limitante”. Dito de outra forma, à medida que se aposta em tecnologias que agregam um amplo papel no espaço produtivo, abrangendo maiores quantidades de hectare por hora de trabalho, reduz-se significativamente a participação da mão-de-obra.

Assim, a renda total da UPA B, para a cultura da soja, é de R\$ 142.159,68 diluídos nos 241,32 hectares. Em melhor comparação, utilizam-se valores proporcionais a uma unidade de área que corresponde a R\$ 589,09, demonstrando a boa rentabilidade deste sistema, verificados na tabela 4.3.4.4. De outro modo, retirando-se a parcela do arrendamento, a renda passa para R\$ 750,02, explicitando um bom retorno para assegurar o desenvolvimento da UPA, conforme trabalhos desenvolvidos por NEUMANN e SILVEIRA, (2010).

Tabela 4.3.4.4 – Indicadores de resultados econômicos da soja, em sistema de plantio direto, cultivado nas UPA B, safras 2007 e 2008.

Variáveis	Valor Total	Valor 60 ha
Área de Produção	241,32	60
Produção realizada em sacos	9.809,66	2.439,00
Média p/ha	40,65	40,65
Valor esperado para comercialização	43,06	43,06
PB/ha	1.750,39	1.750,39
Custo total CI/ha	592,09	592,09
VAB/ha	1.158,30	1.158,30
VAL/ha	1.041,02	1.041,02
CT/ha	709,36	709,36
Eficiência Econômica (PB/CT)	2,47	2,47
Renda/ha	589,09	142.159,68
Renda s/ arrendamento/ha	750,02	180.994,20

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Desta forma, a eficiência econômica apresentada para essa cultura é de 2,47, mostrando um índice favorável e positivo de 147%, frente aos custos totais empregados na produção de soja.

4.3.5 Balanço energético e econômico das UPAS da cultura da soja

No que tangem aos aspectos econômicos e energéticos que merecem menção para as UPAs estudadas na cultura da soja, retratam-se aqui os dispêndios e investimentos empregados em combustíveis, fertilizantes e sementes.

Em relação a máquinas e equipamentos, a UPA C apresenta melhor aproveitamento nesta variável e na mão-de-obra empregada no sistema de produção. Em comparação as três UPAs, a variável mão-de-obra permanece constante, indicando um baixo dispêndio de energia nessa forma de trabalho. Esses valores retratam o elevado processo de mecanização em sistemas de monocultivos, à medida que envolve uma maior quantidade de hectares por hora de trabalho humano.

A análise energética e econômica restringe-se a UPA B, em menção a apenas esta apresentar o cálculo econômico. Desta forma, para os indicadores de eficiência energética foi encontrado o valor de 31,26, indicando que para cada unidade de energia fóssil empregada no sistema de produção, o retorno energético é de 30,26. Ao passo que para a eficiência econômica o valor é de 2,47, totalizando um retorno de 1,47, ou seja, a cultura da soja retorna a sociedade e ao sistema de produção 147%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das variáveis definidas a priori “energéticas” e “econômicas” evidenciadas em cada agroecossistema estudado, configura-se o ponto de partida sobre a síntese dos resultados que englobam cada um dos sistemas de produção, bem como suas particularidades. Nessa prerrogativa, busca-se responder os principais objetivos propostos por este trabalho.

Desta forma, a energia total consumida representada pelas “entradas” culturais para o cultivo do trigo, arroz e soja foram respectivamente: 11.380,88 MJ.ha⁻¹, 17.097,87 MJ.ha⁻¹ e 7.570,54 MJ.ha⁻¹. Assim, pode observar-se que a cultura do arroz irrigado apresenta maior dispêndio energético enquanto que a cultura da soja só necessita 44% desta energia. Ainda assim, chama-se a atenção para as diferenças energéticas empregadas para cada sistema de produção e as consequências diluídas a médio e longo prazo pelo acúmulo de insumos, frente às contaminações primárias do solo, do ar e principalmente da água, dadas a magnitude de energia necessária para produção.

De maneira geral, as variáveis que mais competem no dispêndio energético total, para a composição desta matriz são os combustíveis seguidos dos fertilizantes, agrotóxicos e sementes. Assim, a participação da mão-de-obra é bastante pequena, quanto à dimensão de área plantada e do aporte tecnológico empregado para os agroecossistemas estudados.

Tabela 5.1 – Média dos dispêndios energéticos, por hectare das culturas de trigo, arroz e soja, safras 2007 e 2008.

Variáveis	Trigo		Arroz		Soja	
	Energia	%	Energia	%	Energia	%
Agrotóxicos	624,17	5,48	1.044,55	6,11	1.686,64	22,28
Combustíveis	3.828,25	33,64	4.841,19	28,31	3.350,88	44,26
Fertilizantes	4.427,14	38,90	6.960,54	40,71	212,81	2,81
Mão de obra	7,93	0,07	13,42	0,08	9,15	0,12
Máquinas e equipamentos	211,44	1,86	938,69	5,49	471,86	6,23
Sementes	2.281,95	20,05	3.299,48	19,30	1.839,20	24,29
Total	11.380,88	100,00	17.097,87	100,00	7.570,54	100,00

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Para as culturas do arroz e do trigo, a variável de maior contribuição foram os fertilizantes, com proporção de 40,71% e de 38,90% dos gastos totais do dispêndio energético. No caso da cultura da soja os fertilizantes representaram somente 2,81% do total dos dispêndios energéticos. Essa diferença está diretamente ligada às formulações de adubação com nitrogênio (N), que são significativa para as culturas de arroz e trigo, que são gramíneas, e praticamente ausente no caso da soja, uma leguminosa. Além da quantidade empregada, o índice calórico do nitrogênio é elevado, que representa $61,60 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, ao passo que no fósforo, potássio e calcário os índices energéticos apresentam menor quantidade calórica de $6,96 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, $4,64 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, e $0,17 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Outra variável importante na matriz dos dispêndios energéticos das culturas analisadas foi a significativa participação dos combustíveis fósseis em todas elas. Na soja representou 44,26% dos dispêndios totais, já na cultura do trigo foi de 33,64% e no arroz de 28,31%.

Para a soja o segundo maior dispêndio energético foi representado pelas sementes com 24,29%, fonte biológica, para o trigo representou 20,05%, ao passo que essa mesma variável contribui com 19,30% dos dispêndios totais da cultura do arroz irrigado. Nessa perspectiva, a soja apresenta índice energético de $33,44 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, o arroz de $30,34 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ e o trigo de $13,83 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, com menor contribuição. Contudo, em valor absoluto para as sementes, a participação da soja é menor com $1.839,20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ que o trigo com $2.281,95 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ e o arroz com $3.299,48$.

Em menores proporções do dispêndio energético, a energia indireta de fonte industrial ocupada pelos agrotóxicos participa com 5,48% e 6,11%, para o agroecossistema trigo e arroz, respectivamente. Ao passo que para a cultura da soja essa variável participa com 22,28% do custo energético total. Nesse caso, as diferenças justificam-se para a soja, à medida que requer maiores quantidades de aplicações de herbicidas e inseticidas nas UPAs.

No âmbito das energias indiretas, a participação de máquinas e equipamentos para a cultura do trigo e arroz, tem proporções de 1,86% e 5,49%, enquanto a soja participa com 6,23%. Em menor percentual de participação para todos os agroecossistemas estudados a mão-de-obra corresponde a 0,07% referente à cultura do trigo, eleva-se a 0,08% para o arroz e 0,12% para a soja dos dispêndios totais. Os tratos culturais na cultura da soja constituem o maior número de

aplicações nas pulverizações e também demonstra o maior percentual no uso das máquinas, além da aviação aérea que potencializa os gastos com combustíveis.

A relação dos balanços energéticos encontrados para a cultura do trigo é de 24.300 MJ.ha⁻¹, para o arroz o valor energético é de 188.929,69 MJ.ha⁻¹, ao passo que a soja apresenta índice de 94.822,86 MJ.ha⁻¹, todos os sistemas apresentam valores positivos. Essa disparidade, no caso do trigo em parte é explicada pela menor eficiência cultural e em parte ao índice energético do grão. Já as diferenças entre as culturas da soja e do arroz irrigado, atribuem-se fundamentalmente a grande quantidade de energia produzida por unidade de área para o caso do arroz, apesar da eficiência cultural ser maior para a soja.

Desta forma, a relação da energia produzida com a que foi gasta na produção determina a eficiência cultural de cada uma das culturas. Nesta perspectiva, o trigo é o que apresenta menor resultado de 3,13, o arroz responde por 12,12, e a soja tem o melhor índice com 13,66. De outro modo, para cada uma das unidades de energia empregadas nos respectivos sistemas de produção, houve um retorno de 2,13; 11,12 e 12,66 unidades de energia. Já a eficiência energética foi de 9,32; 42,62 e 30,81, em reposta a uma unidade de energia fóssil empregada, o retorno foi de 8,32; 41,62 e 29,81 unidades de energia para as referidas produções de trigo, arroz e soja.

Na dimensão das variáveis que compõem a renda agrícola do trigo destaca-se a pouca diferença, em termos de valores monetários, entre o produto bruto e consumo intermediário o que resulta em baixo Valor Agregado Bruto por hectare VAB/ha, de R\$ 193,10. Considerando-se ainda a amortização do capital fixo (depreciação) o Valor Agregado Líquido (VAL) que a UPA gera por unidade de área com a cultura do trigo é pouco expressivo, totalizando o valor de R\$ 125,87 e uma eficiência econômica de 1,14, ou seja, a cultura do trigo contribui com um retorno de 14%, ao sistema de produção e a sociedade.

O oposto dessa relação acontece para a cultura do arroz, onde ambos os valores gerados para o PB/ha é de R\$ 4.456,00 também influenciado pela alta produtividade do arroz que corresponde a 132,25 sacos.ha⁻¹. Assim, o VAB/ha é de R\$ 2.800,05, demonstrado a boa eficácia técnica alcançada pela propriedade. De maneira intermediária, a cultura da soja apresenta um PB/ha de R\$ 1.750,39 e um VAB/ha de R\$ 1.158,30, aqui o CI é baixo de R\$ 592,09, justificando a boa eficácia técnica encontrada pelo VAB.

Tabela 5.2 – Valores médios das variáveis que compõem a análise dos resultados econômicos das culturas de trigo, arroz e soja, safras 2007.

Variáveis	Trigo	Arroz	Soja
Área de Produção	54,00	228,00	60,00
Produção realizada em sacos	2.268,00	31.749,00	2.439,00
Média p/há	42,00	139,25	40,65
Valor esperado para comercialização	24,00	32,00	43,06
PB/há	1.008,00	4.456,00	1.750,39
Custo CI/há	814,90	1.655,95	592,09
VAB/há	193,10	2.800,05	1.158,30
VAL/há	125,87	2.501,50	1.041,02
CT/há	882,13	3.438,15	709,36
Renda/há	-407,19	1.017,85	589,09
Eficiência Econômica (PB/CT)	1,14	2,28	2,47

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

O valor agregado líquido (VAL) que é de R\$ 2.501,50 para o arroz, R\$ 1.041,02 para a soja e de R\$ 125,87 para o trigo em cada unidade de área, representando um bom indicador da eficiência econômica alcançada, nas duas primeiras culturas. Nesta perspectiva a eficiência econômica alcançadas pelas culturas, considerada pela relação entre o produto bruto total e o total dos custos, identificada pela soma do consumo intermediário e a depreciação, a soja apresenta uma eficiência de 2,47, ao passo que o arroz 2,41 e o trigo somente 1,14. O que significa que para cada unidade monetária investida direta ou indiretamente no processo de produção do arroz irrigado, soja e trigo, respectivamente o retorno para a sociedade é de 1,41, 1,47 e 0,14.

Apesar da agregação de valor, medido através do VAL, ser positiva em todas as culturas, à renda agrícola da cultura do trigo, resultou em um valor negativo de R\$ -407,19 por hectare, diferentemente dos valores encontrados para arroz de R\$ 1.017,85 e para a soja de R\$ 589,09. Estes resultados da renda obtida diferem significativamente aos do valor agregado em função da parte da riqueza gerada ser distribuída a outros agentes que participam direta ou indiretamente desses resultados, como os bancos através dos financiamentos, o dono das terras, através dos arrendamentos, o governo, através dos impostos.

De outra forma, menciona-se a boa relação entre as ferramentas metodológicas do balanço energético e as utilizadas pela análise econômica, sintetizadas na tabela 5.3. Assim, percebe-se uma boa analogia entre os

indicadores: de energia produzida com o produto bruto; da energia consumida com o consumo intermediário; do balanço energético com o valor agregado líquido alcançado; da eficiência cultural com a eficiência econômica.

Desta maneira, a cultura da soja que apresenta os melhores indicadores de eficiência cultural e de eficiência econômica, sendo eles de 13,66 e 2,47, respectivamente. Entretanto, é na cultura do arroz irrigado que se alcança os maiores valores absolutos, em relação ao balanço energético e, também ao valor agregado por unidade de área com a atividade, explícitos em grande parte pela alta energia produzida e o alto produto bruto por unidade de área. Em relação à cultura do trigo, é onde se encontra as mais baixas eficiências, tanto no aporte cultural representado pelo valor de 3,14, quanto no aporte econômico de 1,14. Esses valores, em partes são explicados pela baixa quantidade de energia produzida, bem como pelo baixo produto bruto gerado.

Tabela 5.3 - Comparação entre os indicadores que compõem a análise dos resultados energéticos e econômicos das culturas de trigo, arroz e soja, safras 2007 e 2008.

Variáveis/Valores médios	Trigo	Arroz	Soja
Energia Produzida/ha (energética)	35.681,40	206.027,56	102.393,28
Produto Bruto/ha (econômica)	1.008,00	4.456,00	1.750,39
Energia Consumida/ha (energética)	11.380,89	17.097,87	7.570,54
Custo Total/ha (econômica)	882,13	3.438,15	709,36
Balanço energético/ha	24.300,52	188.929,70	94.822,74
Valor Agregado Líquido/ha	125,87	2.501,50	1.041,02
Eficiência Cultural	3,14	12,12	13,66
Eficiência Econômica	1,14	2,28	2,47

Fonte: Síntese dos dados de campo, referentes às safras 2007 e 2008.

Dado o equilíbrio do agroecossistema, considerando as variáveis energéticas e econômicas, é preciso atentar aos fatores deficitários dessas práticas, ao qual a metodologia adotada, tornou-se insuficiente, principalmente no que se refere à relação máquinas e equipamentos versus mão-de-obra, onde os índices atuais não refletem a totalidade dos gastos energéticos reproduzidos pela mão-de-obra.

Ao pensar nas projeções futuras, referentes a este estudo, faz menção à necessidade de um olhar mais voltado à complexidade dos agroecossistemas em

estudo, procurando observar os limites e potencialidades das atividades em conjunto, ou seja, os sistemas de produção como um todo, associando as diferentes atividades vegetais e animais. Em especial é importante atentar para uma melhor definição da integração lavoura-pecuária, para o acúmulo no ganho de peso vivo e as melhores interações que este sistema dispõe, fomentando novas estratégias de (re) planejamento das UPAs.

Cabem ainda estudos mais detalhados do benefício da matéria-seca “palhada”, no sistema de produção, bem como a análise do grão, através da real contribuição de sua composição energética. Ainda assim, atenta-se ao custo-benefício desses sistemas de produção e o impacto causado no bioma pampa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABITRIGO. **Órgão governamental**. Disponível em: <www.abitrigo.com.br>. Acesso em fevereiro de 2010.

ABITRIGO. Trigo: Saúde e energia. ITAL Instituto de Tecnologia de Alimentos – Relatório Final, **Documento Técnico Científico**. Abril, 2009. Campinas – SP. Acesso em: novembro de 2010. Disponível em : < <http://www.trigoesaude.com.br/links-uteis/trigo-saude-energia-final.pdf>>

ALVARENGA, R. C., NETO, M. M. G., RAMALHO, J. H., GARCIA, J. C., CASTRO, A. A. D., Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. ISSN 1518-4269. **Circular Técnica**, 93. Sete Lagoas, MG Dezembro, 2007.

ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Estatísticas: Produção nacional de fertilizantes intermediários e importação de fertilizantes intermediários. São Paulo, 2009. Disponível em: <www.anda.org.br/estatisticas.aspx>. Acesso em: agosto 2010.

Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, XXVI **Reunião** da Cultura do Arroz Irrigado. – Santa Maria: SOSBAI, 2005.

ATLAS SOCIOECONOMICO DO RIO GRANDE DO SUL, 2003. Disponível em: < http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/indice_mapas.asp?menu=331> Acesso em outubro 2009.

BANCO MUNDIAL. **Libro de consulta para evaluación de impacto ambiental**. Banco Mundial. Vol. II Lineamientos Sectoriales. Washington, DC. 1991.

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

BERARDI, G. M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. **Agro-Ecosystems**, v.4, 1978, p.367-376.

BECKER, B. K; EGLER, C. A. G.: **Brasil: Uma nova organização mundial na economia-mundo**. 3ª ed. Rio de Janeiro: editora Bertrand Brasil, 1998.

BONNY, S. Is agriculture using more and more energy ? A French case study. **Agricultural Systems**, Kidlington, v.43, n.1, p.51-66, 1993.

BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.40, n.3/4, p.209-226, 1997.

BROSSIER, J.; CHIA, E.; MARSHALL, & E.; PETIT, M. Recherches en gestion: vers une theorie de la gestion de l'exploitation agricole. In: BROSSIER, J.; VISSAC, B. & BROSSIER, J., VISSAC, B. & LE MOIGNE J. L. **Modelisation Systemique et Systeme Agricole: Decision et Organisation**. INRA, Paris, 1989, 365p.

BRUM, A. L.; HECK, C. R. **Economia internacional: uma síntese da análise teórica**. Ijuí: UNIJUÍ, 2005.

BRUM, A. L.; MÜLLER, P. K. **A competitividade do trigo brasileiro diante da concorrência Argentina**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2006.

_____. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Rev. Econ. Sociol. Rural** [online]. 2008, vol.46, n.1, pp. 145-169. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0032008000100007> Acesso em: dezembro de 2009.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. Itaperá, 2002. 146f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

BURT, E.C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. **Transactions of the Asae**, St. Joseph, v. 37, n. 3, p. 759-762, 1994.

CALEGARI, A. Manejo de adubação verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2, 1992, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão, 1992. p.104-116.

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

CAPELETTO, G. J.; MOURA, G. H. Z. **Balanço Energético do Rio Grande do Sul 2005-2007.** Porto Alegre, Grupo CEEE / Secretaria de Infra-Estrutura e Logística do Rio Grande do Sul, 2008.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, 14:99-105, 1990.

CARMO, M.S.; COMITRE, V.; DULLEY, R. D. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. **Rev. Agricultura** em São Paulo, São Paulo, v.35, n.1, p.87-97, 1988.

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.131-49.

CARMO, M. S., COMITRE, V., GABRIEL, L. R. A ., THEMEN, J. I. Eficiência energética na produção agrícola e do refino do óleo de amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 31, 1993, Ilhéus. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1993. p.605-17.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. Perfil energético da agricultura paulista. **Rev. Agricultura** em São Paulo, São Paulo, v.30, tomos 1 e 2, p. 63-115, 1982.

CASTRO, O.M. de, DE MARIA, I.C. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.17, n.3, p.471-477, 1993.

CAVALETT, O., ORTEGA, E. Emergy assessment of biodiesel from conventional, organic, and agroecological soybean. In: V Biennial Emergy Research Conference, Gainesville. **Emergy Synthesis 5: Theory and Applications of the Emergy Methodology**, Gainesville, USA, 2008.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Editora Vozes, 2006.

CEPEA – Centro de estudos avançados na economia aplicada. Padrão da inserção brasileira no mercado internacional de grãos. 2007. Disponível em < <http://online.unisc.br/seer/index.php/cepe/article/viewFile/1549/1154>>, Acesso em outubro de 2010.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity 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 filière soja na região de Ribeirão Preto – SP**. Campinas, 1993. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

COMITRE, V. A questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.12, p.29-35, 1995.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Estudos de prospecção de mercados. 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/d0137017babb4acfd60b29cf534b609a.pdf>>, Acesso em: julho de 2010.

DEFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola**: manual para especialistas. Salvador: EDUFBA, 2007.

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

DE MORI, C. **Mensuração do desempenho produtivo de unidades de produção agrícola considerando aspectos agroeconômicos e agroenergéticos**. 1998. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

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

DOERING III, O C.; CONSIDINE, T. J.; HARLING, C. E. **Accounting for tillage equipment and other analysis in agriculture**, West Lafayette Indiana Agricultural Experiments Station, Purdue University, 1977.

DREES, L.R.; KARATHANASIS, A.D.; WILDING, L.P.; BLEVINS, R.L. Micromorphological characteristics of long-term no-till and conventionally tilled soils. Soil Science Society of America **Journal**, v.58, p.508-517, 1994.

DUARTE, R. **Pesquisa qualitativa**: reflexões sobre o trabalho de campo. Cad. Pesqui. [online].2002, n.115, pp.139-154. Acesso em maio de 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-15742002000100005&script=sci_arttext&tIng=es>

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Marco referencial de ILPF. **Especial** Embrapa, p. 6, dez. 2009. Acesso em: out. 2010. Disponível em: <<http://www.cnpq.org.br/arquivos/integlavpecflo.pdf>>

_____. **Informações Técnicas** para a Cultura do Arroz Irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, 2008.

_____. Importância econômica, agrícola, alimentar do arroz. Sistemas de Produção, 3. ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica Nov./2005. Acesso em: maio de 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/ca p01.htm>>

EMBRAPA Arroz e Feijão. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Acesso em abril de 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/htm>>

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p. 2000

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva. 2001.

FAGUNDES, L. F. Potencialidades e limites da produção de arroz orgânico, no projeto de assentamento Viamão. **Monografia** em andamento do Curso de Graduação em Geografia UNESP/INCRA (Proneira). FCT-UNESP, 2011.

FAO. **O estado mundial de la agricultura y la alimentacion**. Roma: FAO, 1976. 158p.

FERREIRA, W.A.; ULBANERE, R.C. Análise do balanço econômico para a produção de milho no estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.4, n.2, p.8-18, 1989.

FGV/IPEA. **Fatores que afetam a competitividade da cadeia do trigo**. (Centro de Estudos Agrícolas). Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1998.

GLIESSMANN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

GOLDEMBERG, J., LUCON, O., **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 3ed. Ver. Ampl. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

GOLLMANN, P. et al. **Energy inputs and outputs in the wheat production at different localizations**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. Acesso em: agosto, 2009. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000100029&lng=en&nrm=abn>.

GOMES, A da S. et al. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40p. (Embrapa Clima Temperado. **Documentos**, 169).

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

HEICHEL, G. H. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 27-33.

HELLWINCKEL, G.; UGARTE, D., et al. "**Sixty Billion Gallons by 2030: Economic and Agricultural Impacts of Ethanol and Biodiesel Expansion**" American Journal of Agricultural Economics, American Agricultural Economics Association, vol. 89(5), pages 1290-1295, December, 2009.

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

HOFFMANN, R., ENGLER, J. J. C., THAME, A. C. M. **Administração da empresa agrícola**. 2a edição. São Paulo: Pioneira, 1984. 325p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 2006. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>. Acessado em: 14 de maio de 2008.

IBGE. 2009. Produção Agrícola Municipal 2008. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.ibge.com.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavouratemporaria2008>> Acessado em: 11 de outubro de 2008.

IRGA, Instituto Riograndense do Arroz. **A cultura do arroz no Brasil**. Editores, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. – 2 ed. Ver. Ampl. – Santo Antônio de Góias: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000p. ISBN 85-7437030-4

JACOBSEN, L.A. **Diagnóstico rápido da cadeia de trigo no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Ed. Embrapa, 2000.

JASPER, S., BIAGGIONI, M. A. M., SILVA, P. R. A., SEKI, A. S., BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Rev. Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.395-403, maio/jun. 2010.

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

LIMA, A. P., BASSO, N., NEUMANN, P. S. et al., **Administração da Unidade de produção Familiar**: Modalidades de Trabalho com Agricultores. 2.ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2001, 222p.

LINCOLN, Y. S.; DENZIN, N. K. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2ª Ed. 2006.

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. **Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária**. v. 1. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura, 1985.

MALASSIS, L. **Économie Agro-alimentaire I**: Économe de la consommation et de la production agro-alimentaire. Paris: Cujas, 1973. 437p.

MESQUITA, C.M.; ROESSING, A.C.; GAZZIERO, D.L.P. Consumo de energia e avaliação técnico-econômica de sistemas de produção de soja. In: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, 2., 1981. Brasília. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, v.1, p.525-538, 1982.

MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas**: o caso de Santa Catarina. Florianópolis, 1986, 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1986.

MELO, D.; PEREIRA, J.O.; SOUZA, E.G.; FILHO, A.G.; NÓBREGA, L.H.P.; NETO, R.P. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do oeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.2, p.173-178, 2007.

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. Michael; **Qualitative data analysis**. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc. 1994.

MIRANDA, M.; MARCHIORO, N. P. X. **Primeiro treinamento em análise ecoenergética de sistemas agrícolas**. Curitiba: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, 1985.

MIRANDA, J. R. Sustentabilidade Agrícola e Biodiversidade Faunística - O caso do cultivo orgânico de cana-de-açúcar. Campinas: **Embrapa** Monitoramento por Satélite, 2007. Acesso em: fev. 2011. Disponível em: <<http://www.biodiversidade.cnpm.embrapa.br>>.

NELSON; SOMMERS. **Methods of soil analyses**. (Agronomy; no.9. Bibliography: pt.2, p. Includes Index: Cap. 29 Total carbon, organic carbon, and organic matter. P 539-577.; Cap. 31 Nitrogen – total p. 595-622, 1982. ISBN 0-89118-072-9(pt.2).

NEUMANN, P.S.; SILVEIRA, P.R.C. **Apostila** do Curso de Especialização em Agricultura Familiar Camponesa e Educação do Campo – Gestão da Unidade de Produção Agrícola Familiar, UFSM, 2010, p.66.

NISHIJIMA, T. **Apostila** do Curso de Especialização em Educação Ambiental - Água e Solos – EAD, UFSM, 2009, p.79

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. p. 63-82.

ODUM, H. T. **The world food problem**. Washington, DC: 1967. v. 2, 94 p.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of agricultural engineering research**, London, v.52, n.1, p.111-119, 1992.

PIMENTEL, D., HURD, L. E., BELLOTTI, A.C., FORSTER, M. J., OKA, I. N., SHOLES, O. D., WHITMAN, R. J. Food production and the energy crises. **Science**, New York, v. 182, p. 9-443, 1973.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food, energy and society**. Edward Arnold (publishers) Ltd. London, 1979.

PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton : CRC Press, 1980.

PIMENTEL, D., BERARDI, G., FAST, S. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n.9, p.359 - 372, 1983.

PIMENTEL, A. E. B., BUENO, O. C., SIMON, E. J., ESPERANCINI, M. S. T. Soberania energética na agricultura familiar – o caso do assentamento área III – Fazenda Pirituba II – Itaberá (SP), 2007. Versão eletrônica. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A3-077.pdf>> Acessado em: maio de 2010.

PINAZZA, Luiz Antônio, (Coord.). **Cadeia Produtiva da Soja**. Brasília. IICA, MAPA/SPA, 2007.

PONS, M. A. **História da Agricultura**. Caxias do Sul: Maneco – Livraria & Editora, 1998. 240 p.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**: agricultura em regiões tropicais. ISBN: 85-213-0004-2. São Paulo, Ed. Livraria Nobel S.A. p.541, 1981.

QUESADA, G. M. **Balances energéticos agropecuários**: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. Santa Maria: FINEP/UFSM, 1986. 30p. (relatório final).

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

QUESADA, G.M.; BEBER, J. A. C. Energia e mão-de-obra. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.11, n.62, p.21-26, 1990.

REIS, L. B., SILVEIRA, S. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora da USP, 2004.

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

RIVALDO, O.F. **Energia na agricultura**. In: LEVON, Y.(Org.). Pesquisa agropecuária, questionamentos, consolidação e perspectivas. Brasília : EMBRAPA, 1988. p.267-268.

ROMANELLI, L. T. **Modelagem do balanço energético na alimentação suplementar para bovinos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de Concentração em Máquinas Agrícolas. Piracicaba/SP: ESALQ, 2002.

RUELLAN, A. Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1988. p. 405-414.

SALLA, D. A. **Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu/SP: UNESP, 2008.

SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 354-374.

SANTOS, H.P.; REIS, E. M. Rotação de culturas em Guarapuava XVII : eficiência energética dos sistemas de rotação de culturas para cevada, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.7, p.1075-1081, 1994.

_____. Rotação de culturas Guarapuava, PR. Brasil. XVI. Eficiência energética dos sistemas de rotação de culturas com trigo, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.215-222, 1995.

SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; SANDINI, I. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.10, p.721-727, out. 1996a

SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; WOBETO, C. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas com trigo, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.277-282, abr. 1996b

SANTOS, H.P. Conversão e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p.191-198, 2001.

_____. Efeito de práticas culturais na conversão e no balanço energéticos. **Rev. Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.299-306, 2007.

SATO, M.; BUENO, O.C.; ESPERANCINI, M.S.T. Análise energética da cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em sistema de sequeiro: estudo de caso. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.23, n.1, p.90-98, 2008.

SERRA, G. E.; HEEZEN, A. M.; MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. **Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. Brasília, DF: Secretaria de Tecnologia Industrial – Ministério da Indústria e Comércio, 1979. 86p.

SERRÃO, A. A., OCÁCIA, G.C., Produção de biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. **Revista Liberato**, 2006. Disponível em:
<<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0102080713361119.pdf>> Acesso em: maio de 2009.

SILVA, J. A. da. Produção familiar, pós-modernidade e capitalismo. EMATER, **Revista Agroecologia Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.1, n1, jan./mar.2000.

SILVA, I. de F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.311-317, 1998.

SILVA NETO, B., BASSO, D., LIMA, A. P., Sistemas de produção da Região de Três de Maio (RS): 1) história agrária e diferenciação social dos agricultores; 2) Tipologia e situação atual dos agricultores. In: **Encontro** da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção. Florianópolis, 26 a 28 de maio, 1998.

TEIXEIRA, G. G.; CARVALHO, R. V.; COSTA, J. A., Análise econômica e energética num sistema integrado de produção de arroz irrigado em transição para cultivo orgânico. **Rev. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 319-324, jul-set, 2007

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

ULBANERE, R.C. **Análise dos balanços energético e econômico relativa à produção e perda de grãos de milho no Estado de São Paulo**. 1988. 127 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

ULBANERE, R. C.; FERREIRA, W. A. Análise do balanço energético para a produção do milho no Estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.4, n.1, p. 35-42, 1989.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

VERNETTI JUNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, Set. 2009. Acesso em: Janeiro 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000600012&lng=en&nrm=iso>.

WIKIPÉDIA. Plano Marshall. Acesso em: jan. 2011. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Plano_Marshall>

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

_____. **Estudo de caso**. Planejamento e métodos. Tradução Daniel Grassi. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. M. V.; DALMOLIN, M. F. S.; CAMPOS, A. T. de; KLOSOWSKI, E. S. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, PR, v. 25, n. 2, p. 249-253, 2003.

ZENTNER, R. P.; CAMPBELL, D. W. & CAMPBELL, C. A. Energy consideration of crop rotation in Southwestern Saskatchewan. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v.26, n.1, p.25-29, 1984.

ZENTNER, R. P.; STUMBORG, M. A.; CAMPBELL, C. A. Effect of crop rotations and fertilization on energy balance in typical production systems on the Canadian prairies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 25, n. 2-3, p. 217-232, 1989.

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