

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ANÁLISE AGRONÔMICA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA PARA A
REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

LUIZ GUSTAVO FLOSS

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Agronomia da Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
da UPF, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Área de
Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo/RS, março de 2008.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ANÁLISE AGRONÔMICA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA PARA A
REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

LUIZ GUSTAVO FLOSS

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller

Co-orientador: Prof. Dr. Elmar Luiz Floss

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Agronomia da Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
da UPF, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Área de
Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo/RS, março de 2008.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PRODUÇÃO VEGETAL

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Análise agrônômica, econômica e energética de sistemas de produção agrícola para a região norte do Rio Grande do Sul”

Elaborada por

LUIZ GUSTAVO FLOSS

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: __/__/____
Pela Comissão Examinadora

Dr. Walter Boller
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dr. Vilson Antonio Klein
Coord. Prog. Pós-Graduação Agronomia

Dr. Elmar Luiz Floss
Co-Orientador
Universidade de Passo Fundo

Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Diretor FAMV

Dr. Luís Sangoi
Universidade do Estado de Santa Catarina

Dr. Renato Levien
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CIP – Catalogação na Publicação

-
- F641a Floss, Luiz Gustavo
Análise agronômica, econômica e energética de sistemas de produção agrícola para a região norte do Rio Grande do Sul / Luiz Gustavo Floss. – 2008.
101 f. : il. color. ; 25 cm.
- Orientação: Prof. Dr. Walter Boller.
Co-orientação: Prof. Dr. Elmar Luiz Floss.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2008.
1. Agronomia. 2. Produtividade agrícola – Rio Grande do Sul.
3. Economia agrícola. 4. Rotação de cultivos. I. Boller, Walter, orientador.
II. Floss, Elmar Luiz, co-orientador. III. Título.
- CDU : 631.153.3
-

Catalogação: bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luiz Gustavo Floss, engenheiro agrônomo, formado em 13 de janeiro de 2001 pela Universidade de Passo Fundo.

Iniciou suas atividades profissionais em fevereiro de 2001, assessorando produtores rurais, cooperativas e empresas do agronegócio nas áreas agrônômica e de gestão de empresas rurais através de empresa própria, a FLOSS Consultoria e Assessoria em Agronegócios Ltda, exercendo essa função até a presente data.

Em 2001, iniciou Curso de Especialização em Administração Rural, Pós-Graduação *Lato Sensu*, na Universidade Federal de Viçosa, MG, tendo concluído em julho de 2003.

Em abril de 2004, iniciou Curso de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – Lei no. 10.267, habilitação profissional, na Universidade Federal de Santa Maria, RS, com conclusão em junho de 2004.

Em março de 2006, iniciou o curso de pós-graduação em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, em nível de mestrado, na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela vida e saúde;

A minha família, pela compreensão e esforços despendidos durante a realização do curso;

A Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UPF;

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos professores Dr. Walter Boller e Dr. Elmar Luiz Floss pela orientação, confiança, incentivo, profissionalismo e amizade demonstrada ao longo do curso;

Aos docentes do curso de Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária pelos ensinamentos transmitidos;

Ao estagiário Leonardo Rosso pela ajuda e decisiva paciência na condução dos ensaios;

Ao Edemir Rosso e sua família pela ajuda na área experimental, além da amizade e confiança;

A todas as pessoas que, por diversas maneiras, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	1
Abstract.....	2
1 Introdução.....	4
2 Revisão de literatura.....	7
2.1 Aspectos energéticos na agricultura.....	7
2.1.1 Conceito de balanço de energia.....	7
2.1.2 Conceito de energia.....	8
2.1.3 Conceito de agricultura.....	8
2.1.4 Formas de energia que interferem na produção	
vegetal.....	9
2.1.4.1 Energia solar.....	9
2.1.4.2 Energia fóssil.....	12
2.1.4.2.1 Energia direta.....	12
2.1.4.2.2 Energia indireta.....	13
2.1.4.3 Energia proveniente da biomassa.....	14
2.1.4.4 Energia contida no trabalho animal.....	14
2.1.4.5 Energia correspondente ao trabalho humano...	15
2.1.5 Balanço energético parcial.....	15
2.1.6 Alternativas para otimizar balanços de energia na	
agricultura.....	17
2.1.6.1 Agricultura conservacionista.....	17
2.1.6.2 Rotação de culturas.....	18
2.1.6.3 Mecanização agrícola.....	19

2.1.6.4 Redução de perdas na colheita e no armazenamento.....	19
2.1.6.5 Outras alternativas.....	20
2.2 Rotação de culturas.....	20
2.2.1 Objetivos e importância da rotação de culturas.....	21
2.2.2 Efeitos sobre o controle de doenças.....	23
2.2.3 Efeitos sobre o controle de plantas daninhas.....	24
2.2.4 Efeitos sobre o controle de pragas.....	25
2.2.5 Efeitos sobre as propriedades físicas do solo.....	26
2.2.6 Efeitos sobre as propriedades químicas do solo.....	29
2.2.7 Efeitos sobre as propriedades biológicas do solo.....	33
2.2.8 Efeitos sobre a conservação do solo.....	34
3 Material e métodos.....	36
3.1 Localização e condições climáticas.....	36
3.2 Delineamento experimental.....	41
3.3 Variáveis analisadas.....	43
3.3.1 Caracterização da área da produção.....	43
3.3.2 Indicadores econômicos.....	44
3.3.2.1 Receita total.....	45
3.3.2.2 Custos de produção.....	45
3.3.2.3 Margem operacional.....	47
3.3.3 Cálculo dos índices energéticos.....	48
3.4 Análise estatística.....	50
4 Resultados e discussão.....	51
4.1 Área da Produção.....	51
4.1.1 Experimento realizado pós-soja.....	51

4.1.2 Experimento realizado pós-milho.....	58
4.2 Análise econômica.....	63
4.2.1 Experimento realizado pós-soja.....	63
4.2.2 Experimento realizado pós-milho.....	68
4.3 Análise energética.....	74
4.3.1 Experimento realizado pós-soja.....	74
4.3.2 Experimento realizado pós-milho.....	82
5 Conclusões.....	91
6 Referências bibliográficas.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Análise de solo das áreas de realização dos experimentos.....	44
2	Coeficientes econômicos utilizados nos experimentos.....	46
3	Coeficientes energéticos utilizados nos experimentos.....	49
4	Rendimento de grãos das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007.....	52
5	Rendimento de grãos de soja após as culturas econômicas no período de inverno/ primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007....	53
6	Rendimento de grãos de milho após as culturas econômicas no período de inverno/ primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007....	55
7	Rendimento de grãos das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.....	58
8	Rendimento de grãos de soja após as culturas econômicas no período de inverno/ primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.	60
9	Rendimento de grãos de feijão após as culturas econômicas no período de inverno/ primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.	62

10	Análise econômica das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007.....	63
11	Análise econômica da soja após as culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007....	65
12	Análise econômica do milho após as culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007....	66
13	Análise econômica dos sistemas de produção subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007....	67
14	Análise econômica das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.....	69
15	Análise econômica da soja após as culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.	70
16	Análise econômica do feijão após as culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.	71
17	Análise econômica dos sistemas de produção subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007.	73
18	Entrada (IN) e saída (OUT) de energia na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007.....	74
19	Margem e eficiência energética na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007.....	75

20	Entrada (IN) e saída (OUT) de energia na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007...	77
21	Margem e eficiência energética na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007.....	77
22	Entrada (IN) e saída (OUT) de energia na produção de milho após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007...	79
23	Margem e eficiência energética na produção de milho após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007.....	80
24	Análise energética dos sistemas de produção, subseqüentes à soja, safra 2006/2007.....	82
25	Entrada (IN) e saída (OUT) de energia na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007.....	83
26	Margem e eficiência energética na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007.....	84
27	Entrada (IN) e saída (OUT) de energia na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho soja, safra 2006/2007.....	85
28	Margem e eficiência energética na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007.....	86
29	Entrada (IN) e saída (OUT) de energia na produção de feijão após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007.....	87

30	Margem e eficiência energética na produção de feijão após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007.....	88
31	Análise energética dos sistemas de produção, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Temperatura mínima média do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	37
2	Temperatura mínima média do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	37
3	Temperatura máxima média do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	38
4	Temperatura máxima média do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	38
5	Temperatura média do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	39
6	Temperatura média do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	39
7	Precipitação do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	40
8	Precipitação do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).....	40
9	Sucessão de culturas no experimento após soja.....	41
10	Sucessão de culturas no experimento após milho.....	42

ANÁLISE AGRONÔMICA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA PARA A REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

Luiz Gustavo Floss¹; Walter Boller²; Elmar Luiz Floss³

RESUMO – A agricultura deve analisar os sistemas de produção e não somente as culturas isoladamente, com necessidade de verificar as sucessões culturais adequadas que contemplem alta produtividade, rentabilidade e energia. O objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados agronômicos, econômicos e energéticos de sistemas de produção agrícola com diferentes culturas nas safras de inverno e verão, sob o sistema de semeadura direta, definindo o melhor sistema de produção para a Região Norte do Rio Grande do Sul. Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro instalado sobre soja e o segundo sobre milho, com culturas de inverno/primavera (pousio, cobertura verde, nabo/trigo, trigo, aveia-branca, canola, girassol e ervilha) e posteriormente com culturas de verão (soja, milho e feijão). Tanto no experimento sobre soja como sobre milho, o maior rendimento de grãos foi no tratamento com trigo, cultivado após cobertura verde de nabo forrageiro entre a cultura de verão da safra anterior e a semeadura do trigo, resultando em maior retorno

¹ Mestrando em Agronomia, área de concentração produção vegetal. Universidade de Passo Fundo – RS.

² Orientador, Eng.-Agr., Dr. Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF.

³ Co-orientador, Eng.-Agr., Dr. Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF.

econômico e alta produção de palha para o sistema de semeadura direta. O maior rendimento de grãos da soja foi sobre o cultivo de cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro). Semeaduras de milho realizadas na primeira época sobressaíram-se (sobre ervilha e cobertura verde – aveia-branca+nabo), mostrando a importância da época de semeadura. A semeadura de canola sobre a palha de milho não foi bem sucedida devido a não estabelecer população de plantas suficiente para alto rendimento de grãos. Os sistemas de produção que melhor representam os três requisitos (rendimento de grãos, margem operacional e margem energética), foram soja – ervilha – milho, soja – cobertura verde (aveia-branca e nabo) – milho e milho – nabo/trigo – soja.

Palavras-chave: sistemas de produção, rendimento de grãos, energia, resultado econômico

AGRONOMIC, ECONOMIC AND ENERGETIC ANALYSIS OF AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS FOR THE NORTH REGION OF RIO GRANDE DO SUL STATE

ABSTRACT – Agriculture needs to analyze production systems and not only cultures separately, in order to verify suitable cultural successions that complete high productivity, rentability and energy. The objective of this work is to evaluate agronomic, economic and energetic results of agricultural production systems with different cultures in winter and summer crops under direct sowing system, defining the best production system to the North Region of Rio Grande do Sul State, Brazil. Two experiments were accomplished,

once the first one being soybeans growing, and the second one on corn growing, with winter/spring cultures (fallow, green coverage, turnip/wheat, wheat, white oat, sunflower and peas) and subsequently with summer cultures (soybeans, corn and beans). In the soybeans experiment as well as in corn, the bigger grain yields were obtained in the treatment with wheat, which had as green coverage the turnip forage between summer culture of previous crop and wheat sowing, resulting in greater economic return and high straw production to the direct sowing system. Greater grain yield of soybeans was after green coverage growing (white oat + turnip). Corn sowing achieved in the first period stood out (over peas and green coverage), showing the importance of the time of sowing. Canola sowing on corn straw can not be carried out due to suitable plant population is not established to generate stability. Production systems that better represent the three requirements (grain yield, operational and energetic margin), were soybeans – peas – corn, soybeans – green cover – corn and corn – turnip/wheat – soybeans.

Key words: production systems, grains yield, economic result, energy

1 INTRODUÇÃO

A população mundial depende da produção de alimentos para sua sobrevivência, sendo de extrema relevância, em especial no Brasil, onde existe a maior fronteira agrícola ainda não explorada do mundo.

No Brasil, existem várias regiões de produção de grãos, dentre elas o Estado do Rio Grande do Sul. Segundo o IBGE (2008), o Brasil produziu cerca de 133 milhões de toneladas de grãos no ano de 2007, da qual o Rio Grande do Sul foi responsável por cerca de 17%.

A Região Norte do Rio Grande do Sul é tipicamente produtora de grãos, tendo como principais culturas: trigo, aveia, soja e milho, destinados seus produtos para a subsistência, alimentação animal, exportação e transformação agroindustrial. Cerca de 10% da área agricultável da região adota rotação de culturas com milho no verão, e cerca de 20% com trigo no inverno. Isso demonstra a falta de sistemas de rotação de culturas corretos, pois se utiliza a cultura da soja no verão como principal cultura.

Devido aos fatores de produção (terra, máquinas, benfeitorias, mão-de-obra, insumos e capital), cada vez mais caros, falta de subsídios agrícolas e de uma clara política agrícola, os produtores rurais dependem de um sistema agrícola eficiente, que lhes garanta renda suficiente para a manutenção da propriedade e de sua família, e assim não haja mais êxodo rural.

O clima regional permite o cultivo em duas épocas distintas durante o ano, as quais são as épocas de primavera/verão e de outono/inverno, o produtor deve ter condições de optar pelas culturas

que lhe gerem o maior retorno econômico durante todo o ciclo agrícola.

Assim, optou-se por analisar diversas culturas econômicas e de cobertura verde durante o inverno e o verão para definir o melhor sistema de produção em função da melhor rotação de culturas e o manejo das culturas, que tenha o maior retorno econômico para a propriedade rural, e o maior retorno energético sustentável.

Atualmente, os produtores rurais e as indicações técnicas refletem a necessidade isolada de cada uma das culturas econômicas, analisando individualmente o seu manejo, por muitas vezes colocadas dentro de uma propriedade rural como uma verdadeira monocultura.

O sistema de semeadura direta está consolidado como a forma de manejo do solo de maior consenso, mas ainda existem problemas que devem ser resolvidos, principalmente sobre os efeitos e conseqüências da sucessão de determinadas culturas, do ponto de vista do produtor rural, que deve ter alternativas econômicas concretas.

A hipótese é de que com o cultivo de diferentes culturas de inverno e a introdução da cultura de milho no verão, aumente a rentabilidade e quantidade de energia produzida por área cultivada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados energéticos e econômicos de diferentes sistemas de produção a partir de diferentes culturas nas safras de inverno e verão, sob o sistema de semeadura direta, definindo o melhor sistema de produção para a Região Norte do Rio Grande do Sul, analisando o rendimento de grãos, resultado econômico e balanço energético, através do efeito das culturas de verão (soja e milho) sobre as culturas de inverno (trigo,

aveia-branca, canola, girassol e ervilha) e destas sobre as culturas de verão do ano posterior (soja, milho e feijão).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Com o aumento da importância das culturas de lavouras de grãos e o conseqüente aumento da produtividade, muitas pesquisas e estudos foram realizados para determinar os melhores manejos para as culturas econômicas como soja, milho, feijão, trigo, aveia-branca, canola, girassol e ervilha.

Na busca da eficiência técnica, os sistemas de manejo das culturas foram pouco estudados sob o ponto de vista econômico e energético, havendo a necessidade da verificação dos efeitos dos manejos através da rotação de culturas nos resultados dos sistemas de produção.

2.1 Aspectos energéticos na agricultura

2.1.1 Conceito de balanço de energia

Balanço de energia pode ser definido como sendo a identificação e a quantificação de todas as possíveis entradas e saídas de energia em determinado processo produtivo (ULBANERE, 1989). Este autor destaca que o termo balanço parcial de energia é limitado a determinadas partes do fluxo de energia em um sistema de produção, como por exemplo, a quantificação da energia fóssil gasta para produzir um certo produto agrícola, sem levar em conta outras formas de energia, como a solar.

2.1.2 Conceito de energia

Existem muitas definições de energia, apesar de ninguém conseguir ver a energia, pode-se avaliar a energia pelos seus efeitos, que são visíveis e mensuráveis. Goldemberg (1979) define energia como sendo a capacidade de realizar trabalho. Algumas unidades usuais para quantificar energia são: Joule, kgm, Btu, cal, kcal e Mcal. Neste trabalho, a unidade utilizada será a quilocaloria (kcal) que pode ser entendida como a quantidade de energia gasta para elevar a temperatura de 1 kg de água, de 14,5 para 15,5 graus Celsius.

2.1.3 Conceito de agricultura

A agricultura é a atividade mais importante para garantir a sobrevivência da humanidade. Pode-se definir agricultura como sendo a arte, a ciência e o negócio de produzir e comercializar alimentos (de origem vegetal e animal), fibras e produtos energéticos (MIALHE, 1974).

Portanto, sem a agricultura, a espécie humana jamais teria atingido os níveis populacionais da atualidade. Para Pimentel e Hall (1984), antes do desenvolvimento da agricultura, os seres humanos obtinham seus alimentos da caça, da pesca e da coleta de frutos e outros produtos vegetais (extrativismo), sendo necessária uma área em torno de 1000 ha para garantir a alimentação de uma pessoa durante o ano todo. Segundo dados do IBGE (2008), a população brasileira estimada no ano de 2007 foi de aproximadamente 190 milhões habitantes, com cerca de 10% dessa população no meio rural. Sendo

que a área ocupada com agricultura na safra 2006/2007 foi estimada em 57.739.289 ha, portanto em média cada pessoa no meio rural cultiva 3 ha, e necessita de 0,3 ha para garantir a sua alimentação durante todo o ano no Brasil.

No caso dos Estados Unidos, devido o fato de consumirem muita energia fóssil, justifica-se a procura de fontes renováveis de energia e o esforço em melhorar a eficiência energética dos processos de produção (PALMA, 2001).

2.1.4 Formas de energia que interferem na produção vegetal

2.1.4.1 Energia solar

É a forma mais importante de energia para a produção agrícola, uma vez que influi em todos os fenômenos atmosféricos, bem como nos processos biológicos. Neste aspecto, destaca-se a fotossíntese, que pode ser considerada o único processo através do qual a energia do ambiente pode ser incorporada pelos seres vivos e, ao mesmo tempo, representa a maior indústria de transformação de matérias-primas do planeta.

A luz solar que incide sobre o globo terrestre é aproveitada via redução do dióxido de carbono pelos elétrons da água, processo este desenvolvido pelas plantas na fotossíntese (GOOD e BELL, 1980).

Estima-se que por meio da fotossíntese sejam produzidas aproximadamente 170 bilhões de toneladas de matéria seca ao ano, a partir de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ e energia solar. Os produtos resultantes deste

processo são glicose, que incorpora 674 kcal de energia solar.mol⁻¹ e o O₂, que garante a respiração dos seres vegetais e animais (MAGALHÃES, 1985). O mesmo autor considera ainda, que o processo de fotossíntese apresenta uma eficiência de conversão de energia muito baixa, variando entre 0,5% nas regiões semi-áridas e 4,5% em florestas tropicais pluviais. Nas áreas agrícolas, a eficiência da bioconversão de energia solar em energia química fica em torno de 0,7%, sendo uma média de saída de energia de 3.200 kcal.m⁻².ano⁻¹. Algumas áreas de cana-de-açúcar atingem a eficiência de 4% e de 6% em arroz irrigado.

O método do balanço de energia se fundamenta no princípio da conservação da energia, conforme Villa Nova apud Cunha e Bergamaschi (1994). No caso de sistemas cultivados, dependendo da representatividade temporal e espacial, alguns componentes podem ser desprezados, resultando na equação geral composta pelo saldo de radiação (**Rn**), fluxo de calor latente (**LE**) e sensível (**H**) na atmosfera e pelo fluxo de calor sensível no solo (**S**).

A solução da equação do balanço de energia (**Rn + LE + H + S = O**) é obtida através de medições do saldo de radiação (**Rn**) e do fluxo de calor no solo (**S**) e de estimativas dos fluxos turbulentos **LE** e **H**, a partir da razão **H/LE**, proposta por Bowen (1926), determinada via medições de gradientes psicrométricos sobre a cultura.

A partir das medições instantâneas de **Rn**, **S**, **TS** e **TU** e considerando-se a equação simplificada do balanço de energia de um sistema cultivado (equação 1), calcula-se os fluxos turbulentos de calor latente (**LE**) e sensível (**H**) na atmosfera, empregando-se o

método da razão de Bowen (**B**), através das equações 3 e 4, respectivamente.

$$Rn + LE + H + S = 0$$

$$B = \frac{H}{LE} \quad (2)$$

$$LE = - \left(\frac{Rn + S}{1 + B} \right) \quad (3)$$

A razão de Bowen (**B**) foi determinada a partir da equação apresentada:

$$H = -(Rn + LE + S) \quad (4)$$

$$B = \left(\frac{s + \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\Delta TU}{\Delta T} - 1 \right)^{-1} \quad (5)$$

onde, ΔTU e ΔT são as diferenças de temperaturas entre os termopares úmidos e entre os termopares secos, respectivamente, nos dois níveis considerados, sendo o coeficiente $[(s + \gamma)/\gamma]$ obtido em função da temperatura média úmida entre os dois níveis.

O coeficiente $[(s + \gamma)/\gamma]$ foi calculado considerando-se a constante psicrométrica (γ) de $0,66 \text{ mb} \cdot \text{C}^{-1}$ e a equação da tangente à curva de pressão de saturação de vapor d'água no ar (s) ($\text{mb} \cdot \text{C}^{-1}$), em função da temperatura (T), apresentada por Wright apud Cunha e Bergamaschi (1994):

$$s = 33,8639 [0,05904(0,00738 T + 0,8072)^{-3,42 \cdot 10^3}] \quad (4)$$

2.1.4.2 Energia fóssil

A agricultura moderna ou contemporânea é dependente de insumos que, na maior parte são derivados do petróleo ou sua obtenção depende do consumo de petróleo. A partir do momento em que o petróleo passou a ser um dos fatores de produção mais escassos para o desenvolvimento de um país (JOBIM FILHO, 1980), o seu uso racional passou a ser prioridade em todos os setores da economia nacional. Para racionalizar o uso deste combustível não renovável, é necessário estudar de que modo ele pode ser utilizado para que seja alcançada a máxima eficiência energética e os balanços energéticos são instrumentos importantes para atingir este objetivo.

Os itens que serão descritos a seguir, baseiam-se nos métodos para elaboração de balanços de energia na agricultura, descritos em Pimentel (1980) e Ulbanere (1989).

2.1.4.2.1 Energia direta

Considera-se como entrada de energia direta no processo de produção agrícola o óleo diesel ($9.120 \text{ kcal.L}^{-1}$), o óleo lubrificante ($9.205 \text{ kcal.L}^{-1}$) e as graxas ($10.320 \text{ kcal.kg}^{-1}$).

Estes valores energéticos são multiplicados pelos respectivos consumos por unidade de área, para fins de obter a quantidade de energia gasta por unidade de área, no processo de produção agrícola.

2.1.4.2.2 Energia indireta

Neste item são considerados os fatores de produção empregados na agricultura, normalmente denominados insumos modernos. Considera-se, para fins de balanço energético a quantidade de energia necessária para o seu processamento, fabricação, conservação, transporte e aplicação, quando for o caso.

a) Maquinaria agrícola

Para calcular, a quantidade de energia embutida nas máquinas e nos implementos agrícolas, leva-se em conta a demanda específica de energia (DEE) por tonelada, gasta na sua fabricação, a sua vida útil e o tempo de utilização por unidade de área.

b) Energia contida no material genético

Leva-se em conta a quantidade de energia gasta para produzir, processar, armazenar e transportar sementes, mudas ou outras formas de propagação vegetal e a respectiva quantidade empregada por unidade de área.

c) Energia contida nos fertilizantes

Leva-se em conta apenas os três macronutrientes principais, ou seja, nitrogênio ($15.247 \text{ kcal.kg}^{-1}$), fósforo ($3.340 \text{ kcal.kg}^{-1}$) e potássio ($2.340 \text{ kcal.kg}^{-1}$) e as respectivas quantidades aplicadas por unidade de área.

d) Energia embutida nos defensivos agrícolas

Dependendo do princípio ativo, a energia embutida no processo de síntese dos defensivos agrícolas, pode assumir valores que podem variar entre 13.810 e 109.520 kcal.kg⁻¹.

2.1.4.3 Energia proveniente da biomassa

Conforme o caso, poderia ser levada em conta a quantidade de energia proveniente da biomassa (lenha, cascas de grãos ou outras formas) consumida, por exemplo para gerar calor destinado a secagem de produtos agrícolas. Neste sentido, Quesada et al. (1987), salientam que a secagem de grãos, é geralmente feita com lenha, mas poderia ser realizada com o aproveitamento do poder calorífico contido pelas cascas de arroz (4.170 kcal.kg⁻¹), que correspondem a 10% da produção de grãos desta cultura.

2.1.4.4 Energia contida no trabalho animal

Há muitas situações em que os animais domésticos (asinimos, bovinos, eqüinos e muares) representam a principal fonte de potência para realizar os trabalhos na agricultura. Estes podem ser empregados para tração de implementos, transporte de cargas e até mesmo para transporte de passageiros no meio rural.

Para fins de balanço energético, deve-se levar em conta o tempo de trabalho dos animais por unidade de área, a alimentação e os medicamentos e os produtos utilizados para construir o seu abrigo.

2.1.4.5 Energia correspondente ao trabalho humano

É relativamente difícil avaliar com precisão a quantidade de energia empregada na forma de trabalho humano. Pimentel (1984) considerou a quantidade de energia associada ao trabalho humano, como uma função do consumo per capita de energia de uma população. Com esta informação, calcula-se a quantidade de energia gasta por unidade de área, de acordo com o tempo de trabalho necessário para atender às necessidades de uma cultura.

A energia do trabalho humano é empregada em atividades manuais, manejo de animais de tração, operação de máquinas agrícolas e, até mesmo na administração da empresa agrícola.

A atividade administrativa, ou seja, o gerenciamento do negócio agrícola deverá merecer, doravante, maior atenção por parte dos responsáveis pela agricultura.

A quantidade de consumo *per capita* histórico do homem desde o homem primitivo até o homem tecnológico foi relatada por Mialhe (1980). Os hábitos vão se especializando e desenvolvendo, mudando o consumo de energia, que vai crescendo com o desenvolvimento da sociedade na modernidade, o qual mostra que o homem primitivo consumia 2.000 kcal.dia⁻¹ e o homem tecnológico consome 230.000 kcal.dia⁻¹.

2.1.5 Balanço energético parcial

Em experimentos conduzidos por Ulbanere (1989), o balanço de energia da cultura do milho foi positivo e cada unidade de

energia de origem fóssil investida na produção de milho foi revertida em 4,08 unidades de energia, contidas nos grãos de milho colhidos.

Conforme Pimentel e Hall (1984), a taxa de entrada de energia para a saída de energia é de 1:1,7 em milho. Segundo Pimentel (2003), a produção de etanol a partir da cultura do milho requer 29% mais energia devido a maior erosão causada ao solo e maior uso de inseticidas, herbicidas e fertilizante nitrogenado comparada com outras culturas, sendo que os Estados Unidos possuem um subsídio de US\$ 1 bilhão para a produção de etanol a partir de milho. O autor recomenda, que a prioridade ética para o milho seja a produção de alimentos para humanos e animais, em detrimento à produção de combustível.

Os resultados obtidos com canola no Chile demonstraram uma demanda de 3.500 a 3.900 Mcal.ha⁻¹, com uma produção de 13.308 Mcal.ha⁻¹, com uma eficiência energética de 4,41 a 5,00, com melhores resultados em plantio direto, segundo Hetz et al. (1994).

O trigo em monocultura apresentou menores índices energéticos de produtividade cultural (1.935 kg.Mcal⁻¹) do que este cereal em rotação por um (2.200 kg.Mcal⁻¹), dois (2.240 kg.Mcal⁻¹) e três invernos (2.251 kg.Mcal⁻¹), em trabalhos realizados por Santos (1992).

A utilização de culturas de cobertura implicou em investimento energético parcial, para a implantação da cultura do feijão, da ordem de 2,2 a 6,0 vezes superior ao requerido pelo preparo convencional em solo sob pousio, de acordo com Boller (1996).

2.1.6 Alternativas para otimizar balanços de energia na agricultura

Diversas medidas podem e devem ser tomadas para melhorar a eficiência energética da produção primária. Evidentemente, estas também apresentam seus respectivos custos energéticos, o que deve ser devidamente computado, para verificar qual o seu efeito na relação custo/benefício da atividade a que se destinam. As principais medidas são relatadas a seguir.

2.1.6.1 Agricultura conservacionista

Compreende a adoção de uma série de medidas que visam permitir uma agricultura estável e duradoura, sem comprometer excessivamente os recursos naturais envolvidos. Dentre estas, pode-se destacar o controle da erosão do solo, o seu uso adequado e a adoção de práticas conservacionistas.

A Sociedade de Agronomia do Rio Grande do Sul estimou que no ano de 1985 as perdas de solo em 5.800.000 ha cultivados, na região Norte do Rio Grande do Sul, foram da ordem de 242.400.000 t, o que equivale a $41,8 \text{ t.ha}^{-1}$. Isso significa a perda de uma camada fértil de 3 mm de espessura em toda a área cultivada no período de um ano, ou a 121.000 ha de terras férteis (2% da área cultivada).

O estudo de diferentes sistemas de manejo do solo também trouxe resultados relacionados com perdas de nutrientes e energia por unidade de área, mostrando que os sistemas caracterizados pela menor mobilização do solo (cultivo mínimo e plantio direto)

resultam em menores perdas de energia na forma de nutrientes, conforme Portella (1985).

2.1.6.2 Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma das mais importantes práticas para garantir as características desejáveis ao solo por longo tempo. Através dela estimula-se a diversidade biológica no solo rompendo-se os ciclos de pragas, moléstias e plantas daninhas, que em caso de monocultura encontram condições favoráveis para seu desenvolvimento.

Esta prática pode ser realizada com culturas protetoras do solo, reduzindo assim a erosão; culturas fixadoras de nitrogênio, que permitem reduzir os gastos com fertilizantes nitrogenados, que representam um dos maiores gastos de energia na produção de culturas como o milho; ou até mesmo com culturas produtoras de energia, para reduzir a dependência energética de uma propriedade rural (IAPAR, 1991).

Os efeitos de uma cultura protetora e recuperadora do solo sobre o rendimento de milho foram relatados em IAPAR (1991), destacando que o solo recuperado com adubo verde, sem adubação nitrogenada, produziu o mesmo rendimento de milho que o solo degradado que recebeu 120 kg de nitrogênio por hectare, mostrando ser possível uma significativa economia de energia fóssil, na forma de nitrogênio ($15.247 \text{ kcal.kg}^{-1} \text{ N} * 120 \text{ kg.ha}^{-1} = 1.829.640 \text{ kcal.ha}^{-1}$).

As rotações de cultura que incluem linho e cereais para forragem possuem menor eficiência energética, mesmo com a

utilização de maior fertilização na cultura do trigo para a produção de grãos, de acordo com Zentner et al. (1989).

2.1.6.3 Mecanização agrícola

A mecanização agrícola constitui o emprego de máquinas para facilitar o trabalho do homem, frente à produção de alimentos, e aumentar a produtividade do seu trabalho. Quando usada sem os devidos critérios técnicos, pode contribuir sensivelmente para o desperdício de energia no meio rural. Da mesma forma, a mecanização racional, o cultivo mínimo e o plantio direto, assim como a mecanização supra-empresarial são alternativas que podem trazer considerável economia de energia, além de outros benefícios ao agricultor, permitindo gastar o mínimo necessário, sem deixar de realizar as operações agrícolas nos momentos adequados (PORTELLA, 1985).

Verifica-se que os sistemas de manejo do solo que compreendem menor número de operações, além de requerer um menor consumo de energia, também apresentam uma melhor eficiência na conversão de energia fóssil em energia contida nos alimentos produzidos (MESQUITA et al., 1983).

2.1.6.4 Redução de perdas na colheita e no armazenamento

A necessidade de redução de perdas na colheita e no armazenamento é fundamental para diminuição das perdas de energia. Neste sentido, Ulbanere (1989) na cultura do milho, no Estado de São

Paulo, estimou perdas na colheita do milho o equivalente a 110% da energia fóssil gasta para produzir a mesma cultura.

2.1.6.5 Outras alternativas

Existem outras possibilidades para melhorar a eficiência da conversão de energia pelas plantas cultivadas e das propriedades rurais. Dentre estas, destacam-se o uso de material genético melhorado e de boa qualidade, controle integrado de pragas, moléstias e plantas daninhas, racionalização do uso da água e da energia elétrica nos projetos de agricultura irrigada, integração lavoura-pecuária e integração de sistemas de produção de alimentos e energia.

As políticas energéticas para o setor agrícola devem seguir as orientações da política nacional, de acordo com Gorgatti Netto e Dias (1984). Suas diretrizes são: a) Aumentar a oferta de recursos energéticos renováveis via biomassa; b) Reduzir o consumo de energia não renovável na agricultura; e, c) Racionalizar a utilização da energia evitando desperdícios e usando fontes limpas de energia, tanto na agricultura como na agroindústria.

2.2 Rotação de culturas

O solo em seu estado natural possui algumas características inerentes ao ambiente onde está. Entre eles, a vegetação predominante pode determinar mudanças nas propriedades do solo, e como conseqüência, na agricultura deve-se objetivar um melhor

condicionamento deste solo com culturas que viabilizem economicamente todo o sistema.

Sob o ponto de vista agrônomo, na rotação de culturas, pode-se verificar melhor aproveitamento de nutrientes, melhor controle de plantas daninhas, pragas e moléstias, e sobretudo, a manutenção dos níveis de matéria orgânica. Conseqüentemente, melhor controle da erosão do solo, aumento da fertilidade, melhor equilíbrio físico, químico e biológico do solo, melhor distribuição da mão-de-obra ao longo do ano, melhor aproveitamento das máquinas e maior estabilidade econômica para o agricultor (NOLLA,1982; DERPSCH, 1993).

A rotação de culturas, fundamentada em espécies de inverno, tem contribuído para aumentar a estabilidade e os rendimentos da cultura do trigo devido à diminuição da severidade de doenças nesta cultura (Reis e Baier apud DERPSCH, 1993). Devido a diminuição de doenças, houve aumento da área de plantio direto com efeitos positivos sobre o rendimento da soja, aveia e milho (DICK e VAN DOREN, 1985).

2.2.1 Objetivos e importância da rotação de culturas

Os princípios nos quais se baseia o planejamento de um esquema de rotação são os seguintes (DERPSCH, 1986): cultivo alternado de culturas com diferentes capacidades de retirar nutrientes do solo, com sistema radicular capaz de alcançar diferentes profundidades; cultivo alternado de culturas suscetíveis a certas moléstias ou pragas, por outras mais resistentes; sucessão planejada de

espécies que levam em conta todo o efeito positivo ou negativo de uma cultura sobre as seguintes. Estes efeitos podem ter sua origem por alelopatia, ou substâncias tóxicas fornecidas com os adubos; aumento do teor de matéria orgânica no solo; desenvolvimento diferenciado dos sistemas radiculares; estrutura do solo; microrganismos, nematóides ou umidade residual do solo; alternância do cultivo de culturas que tendem a exaurir o solo, com culturas que contribuem para melhorar sua fertilidade; cultivos alternados de culturas com diferentes necessidades de mão-de-obra, máquinas, equipamentos e água em diferentes épocas, no decurso do ano agrícola.

Alguns requisitos no planejamento de sistemas de rotação de culturas que devem ser estabelecidos (PONS e GONÇALVES, 1978): o esquema de rotação de acordo com o sistema de plantio adotado, deve ser flexível para permitir, se necessário, uma mudança na escolha das culturas, em decorrência de flutuação climática ou de preços. Essa maior flexibilidade poderá ser conseguida nos esquemas baseados num grupo de culturas rentáveis; no uso adequado de fertilizantes minerais, inclusive a utilização na cobertura morta são medidas essenciais à manutenção da fertilidade do solo; deve ser levada em consideração a melhor utilização da mão-de-obra, tratores e máquinas durante o ano, evitando que ocorram o picos de trabalho em determinadas épocas; a sucessão de culturas deve ser prática, exequível e rentável; correta seqüência das culturas evitando plantio contínuo de gramíneas ou de leguminosas, não semeando em sucessão plantas com efeito comum na seletividade de plantas daninhas, de pragas ou de moléstias, e de exigências nutritivas e reservando as melhores culturas antecessoras economicamente mais rentáveis.

O efeito da rotação de culturas no inverno foi demonstrado por Santos e Reis (1995), com aumento de rendimento de grãos de trigo quando esta cultura possuía 2 ou 3 anos de aveia intercalar, gerando aumento de até 17% em comparação com a monocultura.

2.2.2 Efeitos sobre o controle de doenças

A determinação da potencialidade de controle de doenças pelas práticas culturais de rotação de culturas e de manejo do solo é importante para uma rotação de culturas sustentável.

Os patógenos vulneráveis ao controle são alvos de estudo, como por exemplo, os agentes causais de podridões radiculares e os de manchas foliares (REIS, 1996).

Para isso, é importante avaliar a quantidade de restos culturais que permanecem na superfície do solo após a colheita até após o preparo do solo, o tempo necessário para a mineralização, quais os patógenos associados aos resíduos, sua densidade de inóculo e o período de sobrevivência, nas fases saprofítica, e livre no solo.

Estas quantificações permitem determinar quais os patógenos controláveis pelas práticas culturais, quando um cereal de inverno pode retornar a ser cultivado na mesma área e qual o intervalo de rotação de culturas que deve ser observado para a produção econômica de grãos.

Também é igualmente importante a quantificação dos efeitos das práticas culturais na evolução e na intensidade das manchas foliares em cereais de inverno.

2.2.3 Efeitos sobre o controle de plantas daninhas

O manejo das culturas de inverno, para cobertura do solo, deve ser realizado de forma a permitir a implantação das culturas de verão, antes da germinação das plantas daninhas, conforme Fernandes et al. (1991). Por esta razão, recomendam que a semeadura das culturas para cobertura do solo deve ser realizada em épocas que permitam o seu florescimento antes deste período. Os autores mencionam, ainda, que dentre as culturas de inverno, a aveia tem produzido maiores quantidades de massa seca, destacando-se pela maior eficiência no controle de gramíneas como papuã (*Brachiaria plantaginea*).

A cobertura morta do solo com resíduos produzidos pelas culturas anteriores é muito importante no controle de plantas daninhas, conforme Almeida (1991). Este efeito pode ser atribuído ao impedimento físico da camada vegetal e a possíveis efeitos alelopáticos resultantes da decomposição da cobertura vegetal.

Durante a decomposição do material vegetal que constitui a cobertura morta do solo, são liberados compostos orgânicos contidos nas células vegetais, sendo que alguns dos quais possuem propriedades alelopáticas, ou seja, atuam sobre outras espécies vegetais, afetando seu comportamento, de acordo com Almeida (1988). O autor salienta que a manifestação da ação alelopática das coberturas mortas requer que a produção e a liberação de toxinas sejam altas e suficientes para atingir a concentração mínima letal para as plantas daninhas que se pretende controlar, o que depende da quantidade de palha produzida.

2.2.4 Efeitos sobre o controle de pragas

A degradação física e química dos solos, que envolve a perda de sua estrutura por erosão, compactação ou desagregação, bem como a diminuição da fertilidade, por redução de compostos assimiláveis ou matéria orgânica, pode relacionar-se diretamente com a diminuição das populações da macrofauna subterrânea, ou com a perda de espécies ecologicamente estratégicas para a regulação dos ciclos da matéria e da energia dentro do solo, segundo Lavelle apud Morón (2004).

A simplificação de ecossistemas já simples originalmente em sistemas intensivos de monocultivo promove a diminuição gradativa da diversidade dos insetos de solo, incluindo os rizófagos, os saprófagos, seus predadores e parasitóides. Em oposição, a simplificação de ecossistemas complexos destrói por completo a estrutura das comunidades primárias e deixa vazios importantes por tempo indefinido nas rotas de fluxo de matéria e energia dentro do solo. Se os solos são profundos e ricos desde a origem, com aportes recentes de sedimentos, como pode ocorrer nos vales e planícies costeiras, sobretudo próximos aos centros de atividade geológica, a recuperação do equilíbrio na fauna de insetos pode ser mais rápida; porém, se os solos são rasos e pobres, produto de rochas antigas intemperizadas ou metamórficas, com escassas deposições de sedimentos e estão afastados dos centros de atividade geológica, a recuperação da fauna de insetos edafícolas pode ser muito demorada, ocorrendo mudanças muito importantes em relação à sua etapa

anterior, principalmente se o processo ocorre sem proteção contra a insolação direta (MORÓN, 2004).

Em geral, as práticas agrícolas tendem a reduzir a diversidade de organismos presentes no solo em comparação com o seu ambiente natural. Entretanto, essa mudança pode ser benéfica para algumas espécies, do ponto de vista quantitativo, resultando em altas densidades populacionais, como acontece com certas pragas de solo. Do mesmo modo, certas práticas agrícolas podem favorecer um aumento populacional de organismos benéficos, ou, ainda, possibilitar o estabelecimento de novas espécies no sistema (BENTO et al., 2004).

O plantio direto favoreceu o surgimento de novas pragas e reduziu a importância de outras. É o caso de várias pragas de soja que tiveram aumentada a sua população com a adoção do plantio direto, como *Sternechus subsignatus*, o tamanduá-da-soja; *Myochrous armatus*, o cascudinho-da-soja; diversas espécies de corós (*Phyllophaga* spp. entre outras), *Scaptocoris castanea* e *S. carvalhoi*, espécies do percevejo castanho, piolhos de cobra, lesmas e caramujos. Por outro lado, a lagarta elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), teve sua importância diminuída com o plantio direto em razão deste sistema proporcionar uma superfície mais compacta e úmida, condição que desfavorece essa praga (Salvadori et al. apud BENTO et al., 2004).

2.2.5 Efeitos sobre as propriedades físicas do solo

Dependendo da espécie, época de semeadura, espaçamento e densidade populacional pode haver efeito físico direto sobre o solo. Um efeito importante é o da formação de agregados, cuja

estabilidade depende da matéria orgânica, atividade microbiana, processo de umedecimento e de secagem do solo.

Na utilização do solo para a agricultura, em função do seu manejo e uso, as propriedades físicas serão alteradas, segundo Kochhann (1996). Apesar do preparo do solo ser uma das práticas agrícolas que mais influencia nas propriedades físicas do solo, o uso adequado de diferentes espécies no ciclo da rotação de culturas pode ter grande influência nesta propriedade do solo. Através de um uso adequado do solo, pode-se modificar algumas de suas propriedades tais como: estabilidade de agregação (esta propriedade garante menos problemas de secamento superficial); taxa de infiltração e retenção de água no solo; e, redução da densidade do solo, seja pela agregação de partículas ou pelo trabalho de organismos (insetos e anelídeos) e microrganismos, melhorando a capacidade de infiltração de água no solo, de acordo com Sá e Molin (1994).

Os restos culturais também diminuem a perda de água e o impacto das gotas de chuva, auxiliando o controle da erosão. O mesmo autor cita também outras vantagens como: aumento da emergência das plântulas pela redução da formação da “crosta” e secamento da superfície do solo; e no fazer rotação de culturas, estar-se-á diversificando espécies, tipos de sistemas radiculares, trabalhando, com materiais de decomposição mais rápidos e outros mais lentos, conseqüentemente, interferindo também na textura, densidade, porosidade e condutividade hidráulica do solo.

As culturas incidem diretamente na formação e estabilização dos agregados, sendo a estabilidade e a distribuição do tamanho de agregados maiores em sistemas de cultivo que aportam

material orgânico e cobrem o solo durante todo o ano. De acordo com Wohlenberg et al. (2004), as seqüências de culturas influem diferenciadamente na agregação do solo, dependendo da época do ano e tempo de estabelecimento dos sistemas de culturas. Silva et al. (2006) relatou que o plantio direto aumentou a estabilidade de agregados da camada superficial do solo em relação ao preparo convencional, o que teve relação com a elevação do teor de carbono orgânico.

Na Paraíba, com o uso de diferentes leguminosas durante três anos de avaliação, Nascimento et al. (2005) observaram que houve a manutenção das propriedades de densidade do solo, porosidade total, argila dispersa em água e teor de carbono orgânico no solo, não resultando em aumento da estabilização dos agregados do solo.

Quanto aos trabalhos realizados por Argenton et al. (2005) demonstraram que no Latossolo Vermelho em Santa Catarina, quando a densidade do solo for superior a $1,30 \text{ Mg.m}^{-3}$, podem ser utilizadas práticas de cultivo para reduzir a densidade, principalmente, pela introdução de culturas que aportam grande quantidade de resíduos orgânicos.

Em trabalho complementar Albuquerque et al. (2005), concluíram que as plantas de cobertura de verão aumentaram o teor de carbono orgânico, mas não modificaram a estabilidade dos agregados e o grau de floculação.

Analisando as propriedades físicas de um Latossolo Bruno, Costa et al. (2003) verificaram que o solo sob plantio direto apresentou menor temperatura e maior umidade volumétrica na

camada superficial do que o solo sob preparo convencional, o que juntamente com a melhoria nas demais propriedades físicas do solo, pode ter contribuído para os maiores rendimentos acumulados de soja e milho naquele sistema de manejo.

2.2.6 Efeitos sobre as propriedades químicas do solo

A quantidade de biomassa necessária para proporcionar a manutenção da matéria orgânica do solo ou mesmo obter pequenos acréscimos ao longo dos anos ainda é muito discutível, de acordo com Peeten (1984). Para a região sul do Brasil, estimou-se um aporte anual de 6 toneladas.ha⁻¹ de massa seca de resíduos culturais para recompor a oxidação da matéria orgânica do solo. Dessa forma, torna-se fundamental, a combinação de culturas de grãos em seqüência às coberturas verdes.

Por outro lado, em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição do material orgânico depositado na superfície é mais acentuada, tornam-se necessários maiores aportes. Sugere-se atingir com o programa de rotação de culturas a produção de 11 a 12 toneladas de massa seca.ha⁻¹ de resíduos culturais por ano (SÁ,1995).

A matéria orgânica produz sensíveis alterações nas propriedades físicas e biológicas do solo (VIEGAS e MACHADO, 1990).

Em experimentos realizados em Guarapuava (PR), Ciotta et al. (2003), com a utilização durante 21 anos do sistema de plantio direto refletiu num aumento de 2,63 t.ha⁻¹ no estoque de carbono

orgânico, na camada de 0-20 cm em comparação ao preparo convencional.

Uma importante característica da matéria orgânica é a influência que exerce sobre as propriedades coloidais do solo como fonte de nutriente. É possível ter melhor distribuição de íons no perfil. Através do aumento do teor de matéria orgânica há uma maior profundidade e melhor distribuição dos mesmos no perfil do solo, tanto por trabalhos mecânicos, como pela ação de insetos e ainda pelo próprio sistema radicular que ao atingir camadas mais profundas, e também ao ter um maior volume radicular, obtêm-se esta melhor distribuição de íons (DERPSCH, 1993; REGO, 1994).

Para que os nutrientes disponíveis na área sejam melhor aproveitados, de acordo com Rego (1994), é importante que se sigam alguns indicativos: 1º) evitar a semeadura contínua de alguns cereais para grãos ou de leguminosas; 2º) evitar o cultivo seqüencial de plantas com efeitos comuns entre si, como exigências nutricionais comuns, seletivo para plantas daninhas, pragas e moléstias comuns, etc.; 3º) entender que a rotação de culturas é um complemento que pode melhorar as condições físico-químicas do solo, através da mineralização lenta e gradual, permitindo a reposição de grande parte dos nutrientes extraídos pelas culturas como o N, P, K, Ca e Mg, além de doses muitas vezes pequenas mas fundamentais de micronutrientes, acumulados na matéria orgânica nas camadas superficiais.

O nitrogênio é um constituinte dos compostos orgânicos no solo e cerca de 8% encontra-se sob a forma orgânica (SÁ, 1993). Com o acúmulo de resíduos na superfície e conseqüente aumento da atividade biológica, as reações de mineralização do material orgânico

e as transformações de N amoniacal são intensas. Dois pontos básicos devem ser considerados na redistribuição no solo e aproveitamento do nitrogênio pelas plantas: o movimento do íon nitrato (NO_3), a relação C/N influencia a taxa de mineralização, a imobilização pelos microrganismos no solo e a relação oferta/demanda pelas culturas.

No caso do plantio direto deve-se dar muita importância ao uso correto da rotação de culturas, principalmente nos primeiros anos. Em relação ao nitrogênio, recomenda-se neste período não fazer o cultivo continuado de culturas exigentes em relação a esse nutriente, como milho, cevada, trigo, aveia e triticale, de acordo com Kochhann (1996). Isto em função do movimento descendente da água e da menor taxa de mineralização da matéria orgânica, o que ocasiona uma menor disponibilidade de N no solo. No entanto, são exatamente as palhadas de gramíneas que dão sustentabilidade ao sistema plantio direto.

Para Santi et al. (2003), a adubação nitrogenada na aveia aumentou a produção de matéria seca e a quantidade de N acumulado na sua fitomassa, levando ao decréscimo da relação C/N dos resíduos produzidos pela aveia e aumento da ciclagem de nutrientes como o potássio e o cálcio. Em trabalho complementar, Amado et al. (2003), concluíram que a redução da relação C/N da aveia, induzida pela adubação nitrogenada, promoveu incremento linear no rendimento de milho cultivado em sucessão; todavia, o nitrogênio liberado pela aveia não foi suficiente para atender plenamente à demanda do milho, restringindo o seu rendimento.

A inclusão de leguminosas em sistemas de culturas e a adubação nitrogenada contribuem para a maior adição anual de carbono e de nitrogênio ao solo, gerando alterações dos estoques

destes elementos no solo e o aumento de produtividade de milho (LOVATO et al., 2004).

As relações de mineralização- imobilização- disponibilização- perdas tendem a atingir o equilíbrio ao longo dos anos, devido a estabilização da população microbiana. Sendo assim, em condições de predominância de gramíneas nos sistemas de cultivo, haverá um período maior de cobertura sobre o solo, porém a necessidade de fornecimento de N, para as culturas subseqüentes é maior, principalmente no ato da semeadura, onde tem que compensar a imobilização feita pelos microrganismos decompositores (DERPSCH et al., 1991).

No caso do N, o ideal é que se faça o uso de leguminosas para melhorar a relação C/N larga das gramíneas e assim reduzir o tempo de decomposição e conseqüente mineralização, conforme Kochhann (1996). Evita-se também com a diversificação, a concorrência da volatilização do N das leguminosas que por terem relação C/N estreita, tem uma decomposição mais rápida. Este objetivo é atingido pelo cultivo de cereais no inverno e soja no verão.

A adoção da rotação, com culturas de diferentes hábitos, necessidades nutricionais, características botânicas, favorece a química do solo por transportar muitas vezes nutrientes indisponíveis, nas camadas mais profundas, para camadas mais superficiais, além de promover um bom resíduo radicular conseqüentemente variando a distribuição dos nutrientes no perfil do solo (MONEGAT, 1991).

A matéria orgânica, portanto, tem condições de qualificar o solo, sendo que a colocação de diferentes culturas intercalares, com o

aumento do carbono e do nitrogênio indicam, eficientemente, a qualidade do solo, o que foi comprovado por Conceição et al. (2005).

Quanto ao estoque de carbono orgânico, Costa et al. (2008), observaram que as emissões de totais de C-CO₂ do solo são similares nos sistemas de plantio direto e convencional, entretanto, quando as emissões de C-CO₂ são ponderadas em função da quantidade de C no solo e nos resíduos vegetais, é possível verificar a importância do plantio direto e da inclusão de plantas de cobertura leguminosas na conservação do C do solo.

2.2.7 Efeitos sobre as propriedades biológicas do solo

Efeitos biológicos podem ser induzidos pelo amplo desenvolvimento do sistema radicular ou pela maior concentração de microrganismos e maior atividade biológica na camada arável, em solo melhor provido de matéria orgânica (VIÉGAS e MACHADO, 1990).

Ao fazer a diversificação de culturas, estar-se-á variando os materiais de origem da matéria orgânica, conseqüentemente, criando condições para que a microbiologia do solo também se diversifique e esteja em equilíbrio, evitando assim o surgimento de novos problemas, em função do predomínio de apenas uma espécie de microorganismo ou de praga nestes ecossistemas.

Quanto maior o potencial genético (presença diversificada de enzimas) para a decomposição como resíduos de herbicidas é maior a probabilidade de organismos que auxiliam no crescimento das plantas habitarem o solo, conforme Fries (1997).

As diferentes plantas (especialmente leguminosas e gramíneas) foram estudadas e avaliadas pela sua capacidade de enriquecer o solo de matéria orgânica, de acordo com Viégas e Machado (1990). As leguminosas, por fixar nitrogênio do ar em simbiose com bactérias que formam nódulos nas raízes, são muito recomendadas para serem incluídas em esquemas de rotação.

Existem importantes aspectos sobre a decomposição de material orgânico, conforme Sá (1993), o qual cita que a maior parte da decomposição é realizada pela microflora. Cerca de 50 tipos de enzimas diferentes foram comprovadas como ativas no solo. Em torno de 70% do carbono que entra como CO₂ na atmosfera é atribuído ao metabolismo microbiano. Por outro lado, a micro, meso e macroflora atuam como fragmentadoras, misturadoras e transportadoras de solo e resíduos de material orgânico, agregadoras e escavadoras do solo.

A facilidade na decomposição dos resíduos está diretamente relacionada aos componentes bioquímicos que fazem parte da resteva, segundo Fries (1997). As plantas, de acordo com a espécie, diferem em sua constituição e podem apresentar diferentes quantidades de materiais de fácil ou difícil decomposição. Algumas moléculas bioquímicas são mais fáceis de serem atacadas por enzimas microbianas, devido à sua natureza química que une os carbonos, ou do próprio arranjo dos carbonos na molécula.

2.2.8 Efeitos sobre a conservação do solo

Avaliando a sustentabilidade do plantio direto no Estado do Paraná, Rego (1994) constatou que este sistema de manejo do solo

foi técnica, econômica e energeticamente melhor do que o convencional, tanto para uma cultura individual quanto sob a ótica de um sistema de rotação de culturas completo. O autor salienta que, além de apresentar melhor sustentabilidade, o plantio direto, devido às suas características, é o sistema de exploração agrícola que mais se aproxima do equilíbrio da natureza, devendo ser adotado por produtores de áreas de qualquer tamanho e de qualquer nível de capitalização. O autor também afirma que o plantio direto não é um sistema seletivo ou exclusivo, encaixando-se perfeitamente nas condições de clima, solo e topografia da região sul do Brasil.

A manutenção dos restos de culturas em cobertura na superfície do solo determina uma proteção mais prolongada contra a erosão, já que a sua decomposição é mais lenta do que no caso da incorporação, de acordo com Santos et al. (1990).

Todos os efeitos demonstrados interferem no rendimento de grãos e na produção de biomassa das culturas econômicas. Portanto, com o aumento do rendimento de grãos obtém-se aumento da receita bruta das culturas e conseqüente aumento da rentabilidade. Por outro lado, com o aumento da produção de biomassa, existe aumento direto da energia produzida no sistema de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condições climáticas

O experimento foi conduzido no Centro Tecnológico da empresa Floss Consultoria e Assessoria em Agronegócios, na propriedade do Sr. Edemir Rosso, na localidade de Santa Gema, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, na região fisiográfica do Planalto Médio. O local é definido pelas coordenadas 28° 15' de latitude sul e 52° 24' de longitude oeste, com altitude de aproximadamente 700 metros acima do nível do mar.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, pertencente à unidade de mapeamento de Passo Fundo e não apresentava impedimento físico aparente ao crescimento radicular.

O clima da região de Passo Fundo é classificado como sub-tropical-CFA. A temperatura mínima média é de 12,7°C e a temperatura média das máximas é de 22,1°C.

As condições de precipitação e temperatura média ocorridas durante o período de realização dos experimentos podem ser observadas nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

De forma geral, observa-se que as condições climáticas foram adequadas para as culturas, tanto com relação às temperaturas como precipitações, destacado-se que no primeiro semestre do ano de 2007, houve excesso de chuvas. No mês de setembro de 2006, houve problemas de falta de chuvas que resultaram na não implantação do girassol no experimento conduzido após a soja.

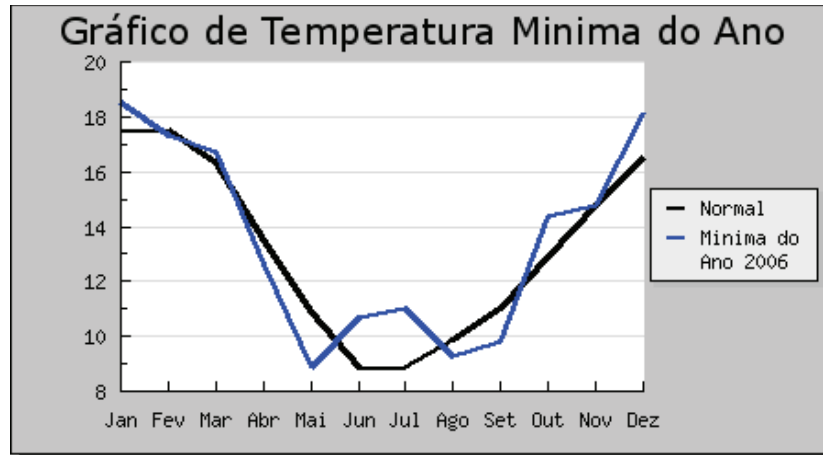


Figura 1 – Temperatura mínima média do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

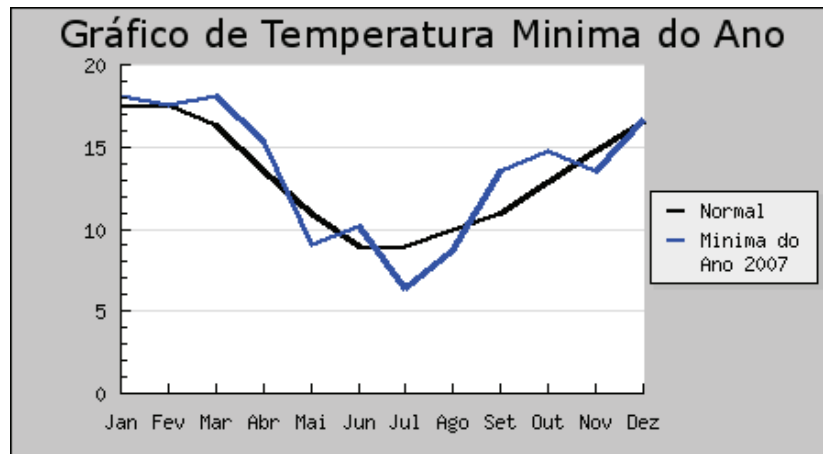


Figura 2 – Temperatura mínima média do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

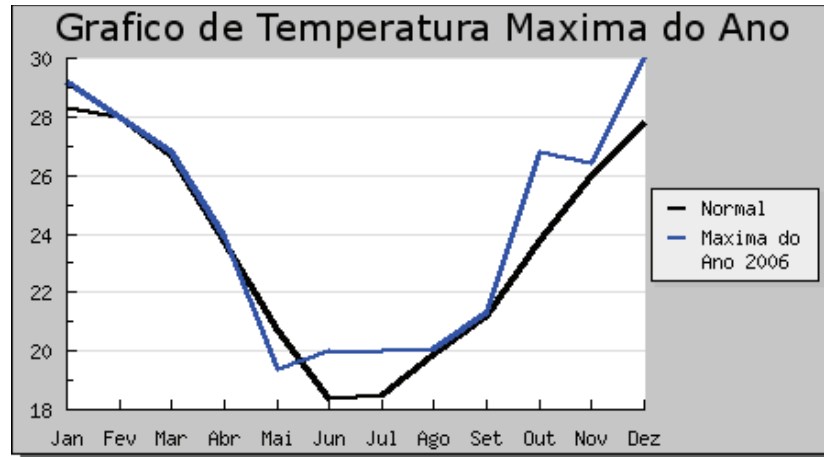


Figura 3 – Temperatura máxima média do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

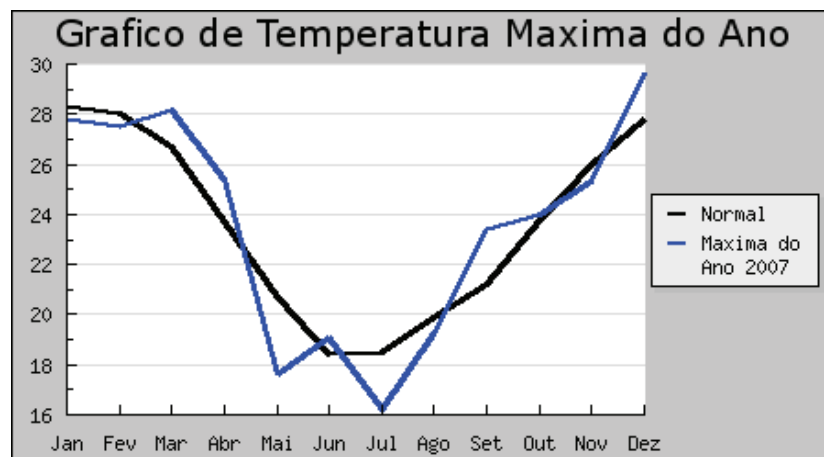


Figura 4 – Temperatura máxima média do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

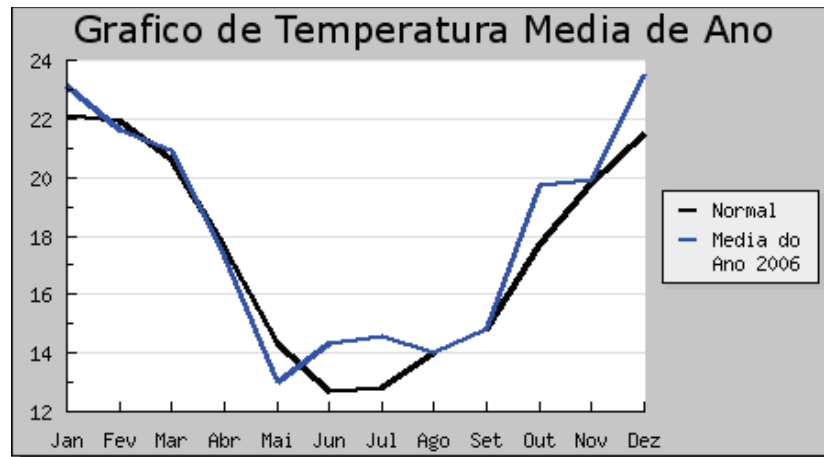


Figura 5 – Temperatura média do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

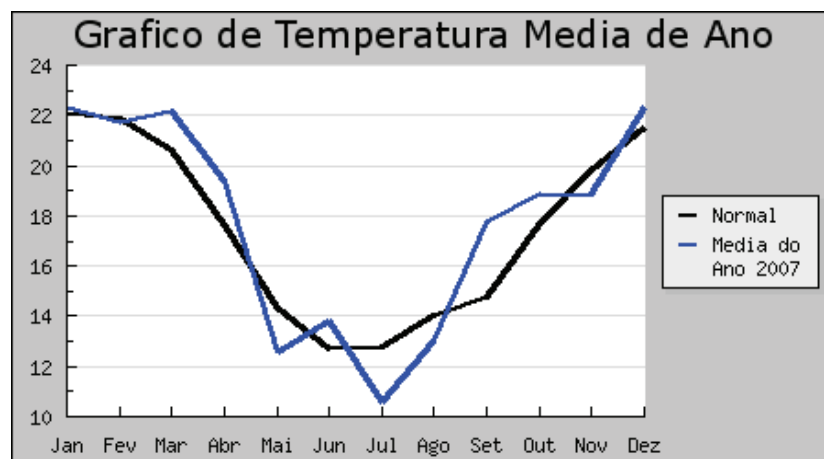


Figura 6 – Temperatura média do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

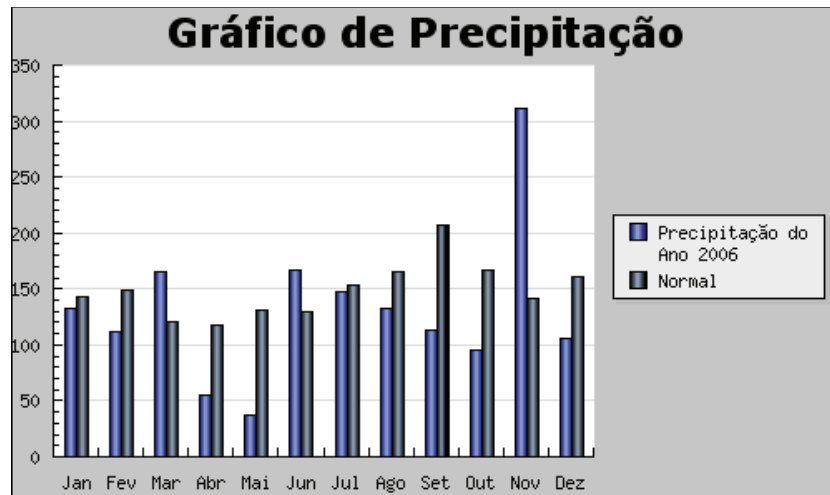


Figura 7 – Precipitação pluvial do ano de 2006 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

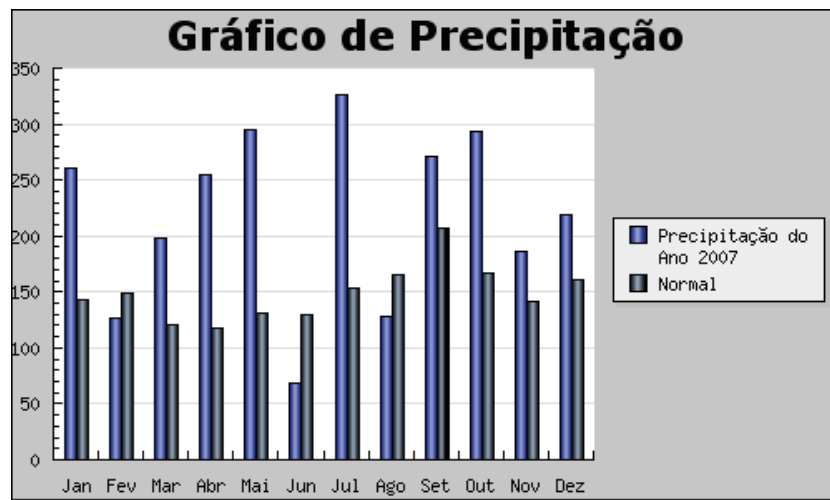


Figura 8 – Precipitação pluvial do ano de 2007 em Passo Fundo-RS (Embrapa, 2008).

3.2 Delineamento experimental

Foram conduzidos dois experimentos. O primeiro foi realizado após o cultivo da soja e o segundo foi realizado após milho.

No experimento realizado após a soja no inverno foram implantados os tratamentos: pousio, trigo (cv. Safira), nabo/trigo (cv. Safira), aveia-branca (cv. UPF 22), canola (cv. Hyola 61), ervilha (cv. Spencer) e cobertura verde (nabo forrageiro+aveia-branca) e no verão seguinte foram cultivados milho (cv. Pioneer 32R21, em semeadura de setembro, e Pioneer 30F53 em semeadura de outubro e novembro) e soja (cv. CD 214 RR) (Figura 9).

TRATAMENTOS	2006										2007					
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI		
1	Soja	Pousio				Milho										
2	Soja	Pousio	Trigo				Milho									
3	Soja	Nabo	Trigo				Milho									
4	Soja	Pousio	Aveia Branca				Milho									
5	Soja	Canola				Milho										
6	Soja	Pousio	Ervilha				Milho									
7	Soja	Nabo+Aveia Branca				Milho										
8	Soja	Pousio				Soja										
9	Soja	Pousio	Trigo				Soja									
10	Soja	Nabo	Trigo				Soja									
11	Soja	Pousio	Aveia Branca				Soja									
12	Soja	Canola				Soja										
13	Soja	Pousio	Ervilha				Soja									
14	Soja	Nabo+Aveia Branca				Soja										

Figura 9 – Sucessão de culturas no experimento após soja.

No experimento conduzido após o milho foram implantados no inverno os seguintes tratamentos: pousio, trigo, nabo/trigo, aveia branca, canola, girassol (cv. Helianthus 250), ervilha

e cobertura verde (nabo+aveia branca) e no verão seguinte teve soja e feijão (cv. BRS Valente) (Figura 10).

TRATAMENTOS	2006										2007				
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	
1	Milho	Pousio						Soja							
2	Milho	Pousio	Trigo						Soja						
3	Milho	Nabo	Trigo						Soja						
4	Milho	Pousio	Aveia Branca				Soja								
5	Milho	Canola					Soja								
6	Milho	Pousio				Girassol			Soja						
7	Milho	Pousio	Ervilha				Soja								
8	Milho	Nabo+Aveia Branca				Soja									
9	Milho	Pousio					Feijão								
10	Milho	Pousio	Trigo						Feijão						
11	Milho	Nabo	Trigo						Feijão						
12	Milho	Pousio	Aveia Branca				Feijão								
13	Milho	Canola					Feijão								
14	Milho	Pousio				Girassol			Feijão						
15	Milho	Pousio	Ervilha				Feijão								
16	Milho	Nabo+Aveia Branca				Feijão									

Figura 10 – Sucessão de culturas no experimento após milho.

O pousio caracterizou-se por apresentar cobertura natural de azevém com alta densidade de plantas, bem distribuídas e manejada no estágio de florescimento.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela mediu 50 m² (5 m x 10 m). Na colheita de cada parcela foi retirada uma linha de cada lado como bordadura e foram colhidos 4 m lineares.

3.3 Variáveis analisadas

As culturas de milho e soja cultivados na safra 2005/2006 foram analisadas a partir da medição da quantidade de palha, sendo os tratamentos avaliados quanto a:

- a) rendimento de grãos ou matéria seca (coberturas verdes);
- b) análise econômica;
- c) análise energética.

3.3.1 Caracterização das áreas da produção

As áreas utilizadas possuem um histórico de 15 anos de plantio direto com rotação de culturas, tendo no inverno o trigo a cada 2 anos, e no verão, com 2 anos de soja e 1 ano de milho. O produtor aplica todos os anos 3 t.ha⁻¹ de cama-de-aviário. As médias de rendimentos de grãos são superiores à média regional de Passo Fundo.

No experimento após soja foi verificado 6.179 kg.ha⁻¹ de matéria seca depositada sobre o solo e no experimento após milho foi determinado 9.339 kg.ha⁻¹ de matéria seca.

O solo foi amostrado sob o ponto de vista das suas características químicas através de análise de solo antes da implantação das culturas de inverno na safra 2006/2007, estando os resultados contidos na Tabela 1. No momento da amostragem de solo não foram evidenciados problemas de compactação do solo.

As culturas foram conduzidas obedecendo às indicações técnicas oficiais, quanto ao espaçamento densidade e época de

semeadura, adubação, controle de plantas daninhas, pragas e moléstias.

Tabela 1 – Análise de solo das áreas de realização dos experimentos

Área	Profundidade (cm)	Argila (%)	pH H ₂ O	Ind. SMP	P (mg.dm ⁻³)	K (mg.dm ⁻³)	MO (%)
Soja	0-5 cm	42	5,5	5,8	13	220	3,5
	5-10 cm	43	5,4	5,8	4	149	2,7
	10-20 cm	54	5,3	5,7	3	93	2,3
Milho	0-5 cm	47	5,7	5,9	21	260	3,5
	5-10 cm	51	5,6	5,9	24	181	3,2
	10-20 cm	60	5,6	5,9	9	109	2,4

Área	Profundidade (cm)	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC	Sat. Bases (%)	Sat. Al (%)	Sat. K (%)
Soja	0-5 cm	0,0	6,3	2,6	5,5	14,9	63	0	3,8
	5-10 cm	0,1	4,9	2,0	5,5	12,8	57	1	3,0
	10-20 cm	0,2	5,2	2,3	6,2	13,9	56	3	1,7
Milho	0-5 cm	0,0	6,8	3,0	4,9	15,4	68	0	4,3
	5-10 cm	0,0	6,0	2,9	4,9	14,3	66	0	3,2
	10-20 cm	0,0	5,5	2,8	4,9	13,5	64	0	2,1

Para determinação do rendimento de grãos realizou-se a debulha mecânica e pesagem da massa de grãos da área útil colhida. Posteriormente, foram determinadas a umidade e a impureza para geração de peso líquido com umidade dos grãos a 13%.

3.3.2 Indicadores econômicos

Os dados dos tratamentos foram analisados e definidos os principais indicadores e variáveis que foram quantificadas para atingir os objetivos.

3.3.2.1 Receita total

A receita total é conceituada como “a soma monetária das vendas das produções obtidas no processo produtivo”, ou seja, a quantidade de produção vendida, multiplicada pelos preços dos produtos no mercado na época da colheita.

A fórmula para a receita total é a seguinte (VARIAN, 1994):

$$RT = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot P_i, \text{ onde:}$$

RT = receita total,

Y_i = bens produzidos (produtos),

P_i = preço dos produtos.

3.3.2.2 Custos de produção

A compensação que os donos (famílias rurais) dos fatores de produção que são utilizados por uma firma (propriedade rural) no processo produtivo de um determinado bem devem receber para continuarem a fornecer esses fatores é chamada custo de produção, segundo Hoffmann et al. (1987).

O custo de produção é dado pela seguinte fórmula:

$$CT = \sum_{j=1}^m X_j \cdot W_j + \sum_{k=1}^o Z_k \cdot R_k, \text{ onde:}$$

CT = custo total,

X_j = fatores de produção variáveis,

W_j = preço dos fatores de produção variáveis,

Z_k = fatores de produção fixos,

R_k = preço dos fatores de produção fixos.

Os coeficientes econômicos calculados nos experimentos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficientes econômicos utilizados nos experimentos

Item	Valor (R\$)	Unidade
Adubo formulado 10-18-20	680,00	t
Adubo formulado 10-30-20	875,00	t
Adubo formulado 02-20-20	650,00	t
Aveia-branca (grão)	0,30	kg
Baytan	55,00	L
Canola (grão)	0,50	kg
Certero	230,00	L
Connect	45,00	L
Diesel	1,80	L
Ervilha (grão)	0,50	kg
Feijão (grão)	0,75	kg
Gaúcho	340,00	L
Girassol (grão)	0,50	kg
Glifosato	9,50	L
Herbicida atrazina+simazina	11,50	L
Herbicida Hussar	350,00	kg
Herbicida Podium S	35,00	L
Inoculante	5,00	dose
Inseticida fisiológico	56,00	L
Inseticida piretróide	48,00	L
Milho (grão)	0,30	kg
Nativo	90,00	L
Óleo mineral	5,00	L
Semente de aveia	0,50	kg
Semente de canola	31,00	kg
Semente de ervilha	2,00	kg
Semente de milho	9,75	kg
Semente de nabo forrageiro	1,00	kg
Semente de soja	1,50	kg
Semente de trigo	0,60	kg
Soja (grão)	0,50	kg
Trigo (grão)	0,40	kg
Uréia	910,00	t

* Preços médios praticados na praça Passo Fundo na época da utilização.

Os fatores variáveis são aqueles que variam quando varia a quantidade de área com produção. Por exemplo: sementes, combustível, mão-de-obra temporária, adubos, agrotóxicos, transportes, Funrural, serviços de comercialização, como recebimento, secagem e armazenamento do produto.

Os fatores fixos são aqueles que não variam quando varia a quantidade de área com produção. Por exemplo: depreciação, juro, mão-de-obra permanente, ITR. Esta é uma noção de curto prazo porque, a longo prazo, todos os fatores são variáveis.

Neste trabalho foi verificado o *custo operacional* da produção das culturas utilizando os valores gastos com desembolso total (insumos, mãos-de-obra, combustível, lubrificantes, e a depreciação média das máquinas.

3.3.2.3 Margem operacional

A *margem operacional* é expressa pela diferença existente entre a receita total e os custos operacionais.

O lucro se caracteriza pela diferença entre a receita total e os custos totais, que compreendem o custo variável somado ao custo fixo (KAY, 1983). Para efeitos de tomada de decisão e de análise técnico-econômica, a margem bruta é a variável de maior uso (SOLDATELI, 1991) e de maior flexibilidade, pois é menos rigorosa quanto ao uso dos fatores, principalmente quanto à remuneração dos fatores fixos. Assim, ela se adapta a múltiplos objetivos como critério de decisão, principalmente às análises *a priori*, pelas quais se comparam vantagens técnicas entre alternativas econômicas.

Como se deixam de lado os custos fixos, pode-se fazer comparações de desempenho econômico ligado a fatores variáveis e a índices técnicos de produtividade desses fatores, além de ser um indicador mais palpável ao agricultor. A margem bruta é usual em trabalhos nos quais se busca a melhoria dos resultados ligados às técnicas que os agricultores usam, via comparação de grupos, como no caso de gestão agrícola preconizada pela Associação de Crédito e Assistência Técnica de Santa Catarina-Acaresc (HOLZ, 1994).

A margem operacional tem a diferença para a margem bruta por não ter descontado os impostos e outros serviços fora da propriedade.

A fórmula da margem operacional é a seguinte:

$$\text{MO} = \text{RT} - \text{CO}$$

MO = margem operacional,
RT = receita total,
CO = custo operacional

3.3.3 Cálculo dos índices energéticos

Foram utilizados os parâmetros de comparação estabelecidos por Rodrigues et al. (1989), como rendimento energético e eficiência energética do capital. Santos (1992) apresenta uma metodologia semelhante ao autor anterior denominado de produtividade cultural.

Como rendimento energético entende-se a relação existente entre os fluxos de saída (*output*) e entrada (*input*) de energia. Esse índice é dado pela seguinte expressão matemática: $\text{RE} = \text{PAU} / \text{IENG}$, onde RE é o rendimento energético, PAU é a

produção agrícola útil expressa em equivalente energético e IENG representa as entradas energéticas não gratuitas. Também pode ser representada pela seguinte expressão: $RE = OUTPUT / INPUT$

A quantidade de energia foi calculada através da produção de grãos, utilizando coeficientes energéticos da literatura (Tabela 3).

Tabela 3 – Coeficientes energéticos utilizados nos experimentos

Item	Valor	Unidade	Fonte
Atrazina	74,262	Mcal/L	Fluck e Baird, 1980
Aveia-branca (grão)	3,800	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Aveia-branca (palha)	0,622	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Canola (grão)	6,360	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Canola (palha)	1,335	Mcal/kg	Hetz, 1994
Colheita	0,03313	Mcal/kg	Ulbanere, 1989
Diesel	0,011414	Mcal/L	Pimentel, 1980
Feijão (grão)	3,462	Mcal/kg	Palma, 2001
Feijão (palha)	1,200	Mcal/kg	Estimado
Fósforo	1,100	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Fungicida	48,970	Mcal/L	Mori, 1998
Girassol (grão)	5,600	Mcal/kg	Watt e Merrill, 1963
Girassol (palha)	1,042	Mcal/kg	Hetz, 1994
Glifosato	108,100	Mcal/L	Fluck e Baird, 1980
Herbicida	7,838	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Inoculante	3,000	Mcal/dose	Hetz, 1994
Inseticida	87,455	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Milho (grão)	3,340	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Milho (palha)	0,540	Mcal/kg	Quesada, 1987
Nabo forrageiro (grão)	6,414	Mcal/kg	Siqueira et al., 2000
Nabo forrageiro (palha)	3,561	Mcal/kg	Siqueira et al., 2000
Nitrogênio	15,247	Mcal/kg	Ulbanere, 1989
Potássio	1,600	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Pulverização	0,05690	Mcal/kg	Ulbanere, 1989
Semeadura	0,02769	Mcal/kg	Ulbanere, 1989
Semente de aveia	4,108	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Semente de milho	24,806	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Semente de soja	7,584	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Semente de trigo	3,002	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Soja (grão)	3,980	Mcal/kg	Kiel, 1969/70
Soja (palha)	1,462	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Transporte	0,192	Mcal/km	Pimentel, 1980
Trigo (grão)	3,285	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Trigo (palha)	0,732	Mcal/kg	Pimentel, 1980
Ervilha (grão)	0,75	Mcal/kg	Nepa, 2004
Ervilha (palha)	1,2	Mcal/kg	Estimado

A Demanda Específica de Energia (DEE) para tratores e colhedoras foi considerada como sendo $16.690.000 \text{ kcal.t}^{-1}$, enquanto que para implementos a DEE foi assumida como valendo $13.670.000 \text{ kcal.t}^{-1}$. Foram utilizados um trator de 83 cv; uma semeadora de 17 linhas para culturas de inverno, 7 linhas para soja e 5 linhas para milho; um distribuidor de fertilizantes com capacidade de 1000 kg; um pulverizador com capacidade de 600 L e realizado o cálculo de uma colhedora com 5 saca-palhas.

Para fins de cálculo, consultou-se as tabelas específicas (PIMENTEL, 1980) e multiplicou-se o valor energético dos insumos pela dose empregada, sem esquecer de computar a energia gasta para a sua aplicação.

3.4 Análise estatística

Os resultados de cada experimento separadamente foram submetidos à análise estatística, através da análise de variância pelo F teste e da comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram divididos em três áreas distintas para a análise e discussão, sendo: a produção contendo o rendimento de grãos obtido; a economia que demonstra os resultados de custos e receitas obtidos nos diferentes tratamentos; a energia onde se discute os resultados obtidos com os gastos energéticos e a obtenção de ganhos de energia do sistema.

4.1 Área da produção

4.1.1 Experimento realizado pós-soja

O primeiro experimento foi realizado após a colheita da cultura da soja que havia sido conduzida na safra 2005/2006. A quantidade de cobertura morta na área antes da semeadura das culturas de inverno/primavera no ano 2006 era de 6.179 kg de MS.ha⁻¹.

a) Rendimento de grãos e de palha no inverno/primavera

O rendimento de grãos das culturas de inverno/primavera pode ser visualizado na Tabela 4. Observa-se que o maior rendimento de grãos foi colhido no tratamento com trigo, o qual teve como cobertura verde o nabo forrageiro entre a cultura da soja da safra anterior e a sua semeadura. O cultivo de nabo forrageiro antes do trigo, proporcionou aumento de 350 kg.ha⁻¹ de trigo em comparação com o cultivo do trigo diretamente sobre a palha de soja,

representando um aumento de 11,3 % no rendimento de grãos com este sistema.

Tabela 4 – Rendimento de grãos e de palha das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas	Rendimento (kg.ha ⁻¹)			
	Grãos	%	Palha	%
Nabo/Trigo	3.436	a 242	5.956	a 278
Trigo	3.086	b 218	3.018	b 141
Aveia-branca	2.975	b 210	2.704	bc 126
Ervilha	1.475	c 104	1.919	d 89
Canola	1.416	c 100	5.583	a 261
Aveia-branca + nabo (cobertura)	0	d 0	5.626	a 263
Pousio	0	d 0	2.140	cd 100
C.V. (%)	4,82		6,31	
DMS	243		694	

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O rendimento de grãos da cultura da aveia-branca não diferiu da cultura do trigo, os quais diferiram das culturas da ervilha e da canola, que possuem um potencial produtivo menor.

Os maiores rendimentos de palha foram obtidos nas culturas de nabo/trigo, canola e a cobertura verde de aveia-branca + nabo forrageiro. O pousio esteve coberto com azevém através do banco de sementes natural da lavoura, o qual proporcionou a menor quantidade de palha por área, mesmo com o maior tempo de desenvolvimento, pois permaneceu na área de abril a outubro de 2006.

b) Rendimento de grãos da cultura da soja

A soja foi semeada em duas épocas após o cultivo das culturas de inverno/primavera. Na primeira época (primeira quinzena de novembro) a soja foi semeada sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), pousio e canola. Na segunda época (segunda quinzena de novembro) a soja foi semeada onde havia as culturas da ervilha, trigo e aveia-branca (Tabela 5).

Tabela 5 – Rendimento de grãos de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹)	%	Diferença (kg.ha⁻¹)
Aveia-branca + nabo (cobertura)	4.090 a	111	1.687
Ervilha	3.760 b	102	1.357
Nabo/Trigo	3.741 b	102	1.338
Pousio	3.664 bc	100	1.261
Aveia-branca	3.398 c	93	995
Trigo	3.382 c	92	979
Canola	2.403 d	65	0
C.V. (%)	3,21		
DMS	319		

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O maior rendimento de grãos de soja foi sobre o cultivo de cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), o qual foi semeado na primeira época, e comparado com o tratamento em pousio, obteve 426 kg.ha⁻¹ de grãos a mais, ou cerca de 11,6% de aumento de rendimento.

Posteriormente, os tratamentos onde a soja foi cultivada após a ervilha, nabo/trigo e pousio, não diferiram estatisticamente. Os

tratamentos pousio, aveia-branca e trigo, também não diferiram estatisticamente entre si.

Os resultados obtidos divergem dos relatos de Santos (1991), que não obteve diferença significativa no rendimento da soja após diferentes culturas de inverno em 3 anos. Somente em um ano a soja produziu rendimento de grãos significativamente superior após a aveia-preta em detrimento após o trigo.

Santos e Reis (1990), não obtiveram diferenças significativas no rendimento de soja na média de 5 anos consecutivos, quando a soja semeada após trigo, linho, aveia, tremoço ou colza. Nesses experimentos, a média de rendimento de grãos foi de 2.109 kg.ha⁻¹.

Possivelmente, a diferença obtida no rendimento de soja no presente experimento seja devida ao aumento da média de produção, que se elevou, com conseqüente aumento da necessidade de nutrientes, sendo influenciado pelo manejo realizado sobre as culturas antecessoras à soja.

Observou-se que o menor resultado obtido no rendimento de grãos, foi com o cultivo da soja após a canola. Em experimentos realizados durante 5 anos por Santos e Reis (1991) com rotação de culturas, os rendimentos da soja sobre a colza foram os menores rendimentos de grãos, devido a colza ou canola ocasionar alelopatia, a qual na decomposição dos seus restos culturais leva à liberação de alguns compostos, que se acumulam no solo até atingirem concentrações que se tornam inibidoras do crescimento da própria planta (ALMEIDA, 1988).

c) Rendimento de grãos da cultura do milho

O milho foi semeado após o cultivo das culturas de inverno/primavera em duas épocas. Na época denominado cedo, na segunda quinzena de setembro, o milho foi semeado sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) e pousio. Na época de segunda quinzena de novembro, o milho foi semeado onde haviam as culturas da canola, ervilha, trigo e aveia-branca (Tabela 6).

Tabela 6 – Rendimento de grãos de milho após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹)	%	Diferença (kg.ha⁻¹)
Ervilha	12.593 a	116	2.586
Aveia-branca + nabo (cobertura)	12.578 a	116	2.571
Canola	11.374 b	105	1.367
Aveia-branca	11.349 b	105	1.342
Pousio	10.819 bc	100	812
Nabo/Trigo	10.558 bc	97	551
Trigo	10.007 c	92	0
C.V. (%)	3,01		
DMS	975		

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Os maiores rendimentos de grãos do milho foram obtidos sobre a cultura da ervilha e cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), sem diferirem entre si. Estes tratamentos foram semeados no cedo, e comparados com o tratamento milho após pousio, produziram 1.759 kg.ha⁻¹ de grãos a mais, o que corresponde a 16,2% de aumento de rendimento.

Conforme Tomm et al. (2001), genótipos de ervilha constituem opção de leguminosa anual de inverno para uso forrageiro e para cobertura do solo, precedendo especialmente gramíneas como o milho. No presente trabalho, observou-se também a importância da ervilha como produtora de grãos, com resultado positivo precedendo o milho e gerando rentabilidade.

Outra leguminosa, a ervilhaca foi estudada por Ceretta et al. (2002), e junto com a aveia-preta determinou maior teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas, o que deve ter acontecido com o milho sobre a ervilha neste experimento.

Santos e Pottker (1990) não encontraram efeitos significativos entre diferentes leguminosas de inverno (serradela, ervilhaca e tremoço) sobre o rendimento de grãos de milho cultivado posteriormente, sendo o maior rendimento obtido de $5.854 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, bem abaixo do obtido neste trabalho.

Em experimento realizado por Carvalho et al. (2007) comparando o rendimento do milho após diferentes coberturas verdes, observou-se que os melhores rendimentos foram obtidos após a cobertura com aveia preta + nabo forrageiro, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos que possuíam mistura de aveia mais alguma leguminosa, obtendo rendimento de grãos entre 8.312 e $9.846 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Os autores concluíram que os tratamentos com a presença de aveia preta produziram maior massa seca, o que demonstra a importância de uma maior quantidade de biomassa.

Esses trabalhos mostraram que a cobertura verde depende de gramíneas e de culturas que tenham uma decomposição mais rápida, como as leguminosas e as brássicas. Este manejo deve ser

realizado com adequado suprimento de nitrogênio para que não haja competição devido à elevada relação C/N das gramíneas.

Silva et al. (2008), obtiveram maior rendimento de grãos de milho sobre a cobertura de nabo forrageiro em comparação com o pousio, com diferença de 2.800 kg.ha^{-1} quando não foi aplicado nitrogênio. Quando foram aplicadas de 100 kg.ha^{-1} ou 180 kg.ha^{-1} de nitrogênio não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

Posteriormente, os tratamentos que tiveram o milho cultivado após a canola, aveia-branca, nabo/trigo e pousio, não diferiram estatisticamente. Os tratamentos pousio, nabo/trigo e trigo, também não diferiram estatisticamente entre si.

Observou-se que os menores resultados obtidos no rendimento de grãos, foram com o cultivo do milho após o trigo, não diferindo estatisticamente com o pousio e nabo/trigo.

Mesmo, os menores rendimentos obtidos neste experimento são muito superiores aos obtidos por Medeiros et al. (1987), que utilizaram diferentes leguminosas e o uso de nitrogênio antes do milho, com rendimento de grãos máximo de 5.490 kg.ha^{-1} . A melhoria das condições de manejo através do emprego de tecnologias mais adequadas e o avanço genético, contribuiriam significativamente para obtenção de potencial produtivo que possibilita aumento de rentabilidade aos produtores.

4.1.2 Experimento realizado pós-milho

O segundo experimento foi realizado após a colheita da cultura do milho que havia na safra 2005/2006. A quantidade de cobertura morta na área antes da semeadura das culturas de inverno/primavera no ano 2006 era de 9.339 kg de MS.ha⁻¹, portanto 51% mais matéria seca do que no experimento realizado pós-soja.

a) Rendimento de grãos no inverno/primavera

O rendimento de grãos das culturas de inverno/primavera pode ser visualizado na Tabela 7.

Tabela 7 – Rendimento de grãos das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	%	Diferença (kg.ha ⁻¹)
Nabo/Trigo	3.910 a	100	0
Aveia-branca	2.953 b	75,5	957
Trigo	2.826 b	72,2	1.084
Girassol	1.561 c	39,9	2.349
Ervilha	1.533 c	39,2	2.377
Canola	536 d	86,3	3.374
Aveia-branca + nabo (cobertura)	0 e	0	3.910
Pousio	0 e	0	3.910
C.V. (%)	4,57		
DMS	220		

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que o maior rendimento de grãos foi no tratamento com trigo, onde foi implantada cobertura verde com nabo

forageiro entre a cultura do milho da safra anterior e a semeadura do trigo. O cultivo de nabo forrageiro antes do trigo, proporcionou aumento de 1.084 kg.ha^{-1} de trigo em comparação com o cultivo do trigo diretamente sobre a palha de milho, representando aumento de 38,3% de rendimento de grãos com este sistema.

O nabo forrageiro apresenta uma elevada capacidade de ciclagem de nitrogênio e potássio (WIETHÖLTER, 2003). Com a rapidez de decomposição da sua biomassa, proporciona um aporte de nutrientes à cultura sucessora, que neste caso foi o trigo, demonstrando a necessidade inicial da cultura de modo especial de nitrogênio para definição do potencial produtivo que se realiza durante o perfilhamento.

Em trabalho semelhante, Bianchi et al. (1997), obtiveram um aumento no rendimento de grãos de trigo de 13%, quando esta cultura foi implantada sobre o nabo forrageiro intercalar, em comparação com o pousio.

O aumento do rendimento de grãos pode ser explicado pelo maior acúmulo de nitrogênio pelo trigo quando semeado sobre nabo forrageiro (ROSSATO, 2004).

Kochhann et al. (2003) encontraram até 800 kg.ha^{-1} a mais de rendimento de grãos de trigo quando foi incluído o nabo forrageiro intercalar após o milho, sendo que a partir desse trabalho iniciou a recomendação dessa tecnologia pela Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo.

O rendimento de grãos da cultura da aveia-branca não diferiu da cultura do trigo, os quais superaram as culturas da ervilha, girassol e canola, que possuem um potencial produtivo menor.

b) Rendimento de grãos da cultura da soja

A soja foi semeada em três épocas após o cultivo das culturas de inverno/primavera. Na época denominada cedo, na primeira quinzena de novembro, a soja foi semeada sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), pousio e canola. Na época da segunda quinzena de novembro, a soja foi semeada onde haviam as culturas da ervilha, trigo e aveia-branca. Na terceira época, a soja foi semeada após a colheita do girassol, na segunda quinzena de dezembro, devido ao ciclo desta cultura, fora da época recomendada (Tabela 8).

Tabela 8 – Rendimento de grãos de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹)	%	Diferença (kg.ha⁻¹)
Aveia-branca + nabo (cobertura)	3.888 a	118	1.135
Aveia-branca	3.682 a	112	929
Nabo/Trigo	3.608 ab	110	855
Pousio	3.286 bc	100	533
Ervilha	3.256 c	99	503
Trigo	3.104 cd	94	351
Canola	2.861 de	87	108
Girassol	2.753 e	84	0
C.V. (%)	3,46		
DMS	329		

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Os maiores rendimentos de grãos da soja foram obtidos após o cultivo de cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) e aveia-branca, sem diferir do tratamento nabo/trigo. A soja cultivada

após a cobertura verde, que foi semeada no cedo, comparada com o tratamento em pousio, produziu 602 kg.ha^{-1} de grãos a mais, o que representa um aumento de rendimento de 18,3 %.

Quando a semeadura da soja foi na segunda quinzena de novembro, os tratamentos com aveia-branca e nabo/trigo foram superiores em comparação aos demais cultivos.

Os tratamentos que tiveram a soja cultivada após nabo/trigo e pousio, não diferiram estatisticamente; além de que o pousio, ervilha e trigo, também não diferiram estatisticamente.

Os menores rendimentos da cultura de soja foram posteriormente a canola e girassol, devido a problemas de germinação excessiva de canola (grãos perdidos na colheita) em pós-semeadura de soja, e no caso do girassol pela semeadura tardia, fora de época para a soja.

c) Rendimento de grãos da cultura do feijão

O feijão foi semeado em três épocas após o cultivo das culturas de inverno/primavera. Na época cedo, na segunda quinzena de outubro, o feijão foi semeado sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) e pousio. E na época da segunda quinzena de novembro, o feijão foi semeado onde haviam as culturas da canola, ervilha, trigo e aveia-branca. A cultura do feijão foi semeada sobre o girassol na segunda quinzena de dezembro, devido ao ciclo desta cultura.

O maior rendimento de grãos do feijão foi obtido sobre o cultivo de nabo/trigo, cobertura verde (aveia-branca + nabo

ferrageiro) e trigo, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com girassol e aveia-branca (Tabela 9).

O cultivo de feijão semeado no cedo sobre a cobertura verde comparado com o tratamento em pousio, produziu 402 kg.ha^{-1} de grãos a mais equivalendo a 19,7 % de aumento de rendimento.

Tabela 9 – Rendimento de grãos de feijão após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹)		%	Diferença (kg.ha⁻¹)
Nabo/Trigo	2.448	a	120	863
Aveia-branca + nabo (cobertura)	2.436	a	120	851
Trigo	2.354	a	116	769
Girassol	2.250	ab	110	665
Aveia-branca	2.247	ab	110	662
Pousio	2.034	bc	100	449
Canola	1.958	c	96	372
Ervilha	1.585	d	78	0
C.V. (%)	3,93			
DMS	245			

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O tratamento onde o feijão foi cultivado após o pousio, não diferiu estatisticamente dos tratamentos com girassol e aveia-branca, mas superou o tratamento com ervilha.

O menor rendimento de grãos da cultura de feijão foi obtido sobre a cultura da ervilha.

4.2 Análise econômica

A análise econômica das culturas e dos sistemas de produção mostrou as diferenças entre as seqüências e o manejo de cada cultura, implicando no resultado econômico final ao produtor.

4.2.1 Experimento realizado pós-soja

a) Análise econômica das culturas de inverno/primavera

O custo de implantação das culturas de inverno/primavera teve valor bem distinto entre as culturas, mas não houve variabilidade dentro de cada cultura, pois as despesas de insumos e serviços foram iguais. Isso impediu a realização da análise de variância do custo operacional. Os valores econômicos contabilizados podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise econômica das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas	Custo operacional (R\$.ha⁻¹)	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)		Margem operacional (R\$.ha⁻¹)	
Nabo/trigo	917,15	1.374,67	a	457,51	a
Trigo	847,15	1.234,67	b	387,51	a
Aveia-branca	656,15	892,50	c	236,35	b
Ervilha	502,00	737,50	d	235,50	b
Canola	568,00	708,33	d	140,33	b
Pousio	0,00	0,00	e	0,00	c
A. branca+nabo (cob.)	72,00	0,00	e	-72,00	c
C.V. (%)	-	5,85		20,89	
DMS	-	118		118	

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O custo de implantação do trigo foi superior em números absolutos, em comparação com as demais culturas, seguido pela cultura da aveia-branca.

Para suportar um custo maior, o objetivo é que se tenha um retorno maior também, pois o contrário não justifica o seu uso (FLOSS, 2001). Com isso, pode-se observar que a cultura do trigo que possui maior custo de produção, também obteve os maiores valores de receita bruta e margem operacional.

Salienta-se que a margem operacional obtida com o cultivo do sistema nabo/trigo foi superior ao trigo em R\$ 70,00, o que representa 18% a mais.

O valor de margem operacional negativa do cultivo da cobertura verde (aveia branca + nabo) é devido aos custos de sua implantação e a não produção de grãos.

b) Análise econômica da cultura da soja

O custo de implantação da cultura da soja não teve diferença de despesas de insumos e serviços. Os valores econômicos da soja podem ser observados na Tabela 11.

A diferença de receita bruta e margem operacional entre os tratamentos onde a soja foi cultivada são devidas diretamente ao rendimento de grãos. Ou seja, quanto maior o rendimento de grãos, maior foi o resultado econômico para a cultura da soja, evidenciando que no experimento, a cobertura verde no inverno teve efeito direto na maior margem operacional, com diferença de R\$ 843,17 para a pior cultura antecessora que foi a canola, representando 132% a mais.

Tabela 11 – Análise econômica da soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Custo operacional (R\$.ha⁻¹)	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)	Margem operacional (R\$.ha⁻¹)
A. branca+nabo (cob.)	563,90	2.045,00 a	1.481,10 a
Ervilha	563,90	1.879,67 ab	1.316,00 ab
Nabo/trigo	563,90	1.870,50 b	1.306,60 b
Pousio	563,90	1.832,00 bc	1.268,10 bc
Trigo	563,90	1.691,33 cd	1.125,43 cd
Aveia-branca	563,90	1.649,17 d	1.085,27 d
Canola	563,90	1.201,83 e	637,93 e
C.V. (%)	-	3,35	4,95
DMS	-	166	166

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A maior margem operacional proporcionada pela soja após cobertura verde (aveia branca + nabo) reflete que foi o único tratamento que diferiu estatisticamente do pousio. Os demais tratamentos foram iguais ou inferiores ao pousio.

c) Análise econômica da cultura do milho

O custo de implantação da cultura do milho não teve diferença de despesas de insumos e serviços. Os valores econômicos contabilizados na cultura do milho podem ser observados na Tabela 12.

O maior resultado econômico para a cultura do milho foi obtido após o cultivo da ervilha e da cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), evidenciando que no experimento, a ervilha no inverno teve efeito direto na maior margem operacional, com

diferença de R\$ 775,60 para a pior cultura antecessora que foi o trigo, representando 38,7 % a mais.

Tabela 12 – Análise econômica do milho após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Custo operacional (R\$.ha⁻¹)	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)	Margem operacional (R\$.ha⁻¹)
Ervilha	1.001,90	3.777,90 a	2.776,00 a
A. branca+nabo (cob.)	1.001,90	3.773,60 a	2.771,70 a
Canola	1.001,90	3.412,40 b	2.410,50 b
Aveia-branca	1.001,90	3.404,70 b	2.402,80 b
Pousio	1.001,90	3.245,90 bc	2.244,00 bc
Nabo/trigo	1.001,90	3.160,40 bc	2.158,50 bc
Trigo	1.001,90	3.002,30 c	2.000,40 c
C.V. (%)	-	2,99	4,24
DMS	-	290,38	290,38

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Para Silva et al. (2008), a maior margem bruta obtida com a cultura do milho foi sobre o nabo forrageiro com R\$ 1.523,00.ha⁻¹, em comparação com o pousio que foi de R\$ 923,00.ha⁻¹, mostrando a importância da cobertura verde durante o inverno, resultando maior rentabilidade para o produtor, que neste caso foi de R\$ 600,00.ha⁻¹ a mais.

No presente trabalho a diferença de margem operacional entre a cobertura verde e o pousio foi de R\$ 527,70.ha⁻¹ positivo para a cobertura verde, portanto, resultado aproximado ao encontrado pelo autor citado anteriormente.

d) Análise econômica dos sistemas de produção

Economicamente, a melhor seqüência de cultivo após a soja foi verificada nos tratamento ervilha após milho (R\$ 3.011,50 .ha⁻¹) e cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) após milho (R\$ 2.699,50 .ha⁻¹), conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Análise econômica dos sistemas de produção subseqüentes à cultura da soja, safra 2006/2007

Culturas de Inverno/Primavera	Culturas de verão	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)	Margem operacional (R\$.ha⁻¹)
Ervilha	Milho	4.515,40 a	3.011,50 a
A. branca+nabo (cob.)	Milho	3.773,60 c	2.699,70 ab
Aveia-branca	Milho	4.298,20 ab	2.640,15 b
Nabo/trigo	Milho	4.535,07 a	2.616,02 b
Canola	Milho	4.120,73 b	2.550,83 bc
Trigo	Milho	4.248,97 ab	2.387,92 bc
Pousio	Milho	3.245,90 d	2.244,00 c
Nabo/trigo	Soja	3.245,17 d	1.764,12 d
Ervilha	Soja	2.617,50 ef	1.551,60 de
Trigo	Soja	2.926,00 de	1.514,95 de
A. branca+nabo (cob.)	Soja	2.045,00 g	1.481,10 de
Aveia-branca	Soja	2.541,67 f	1.321,62 e
Pousio	Soja	1.832,00 g	1.268,10 e
Canola	Soja	1.906,83 g	678,27 f
C.V. (%)		3,37	5,46
DMS		332,56	325,66

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Os valores dos produtos foram verificados na época da colheita de cada cultura, sendo que independente da cultura de inverno/primavera, os tratamentos com milho em seqüência à essas culturas tiveram resultado econômico melhor do que o cultivo de soja em seqüência.

A diferença entre os resultados econômicos, do tratamento mais rentável (ervilha após milho), que não diferiu da cobertura verde foi de R\$ 3.011,50.ha⁻¹ para o menos rentável (canola após soja) que foi de R\$ 678,27.ha⁻¹, é de R\$ 2.333,23.ha⁻¹, o que representa 344% a mais.

4.2.2 Experimento realizado pós-milho

a) Análise econômica das culturas de inverno/primavera

O custo de implantação das culturas de inverno/primavera tiveram valores bem distintos entre as culturas, mas não houve diferença dentro de cada cultura, pois as despesas de insumos e serviços foram iguais, motivo pelo qual não se realizou a análise de variância do custo operacional. Os valores econômicos contabilizados podem ser observados na Tabela 14.

O custo operacional de implantação do trigo foi superior em números absolutos, em comparação com as demais culturas, seguido pela cultura da aveia-branca.

Observa-se que a cultura do trigo, que possui maior custo de produção, também obteve os maiores valores de receita bruta e margem operacional.

Salienta-se que o valor obtido com o cultivo do sistema nabo/trigo foi superior ao trigo em R\$ 323,33 na margem operacional, o que representa 116,5% a mais, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Tabela 14 – Análise econômica das culturas econômicas no período de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Custo operacional (R\$.ha⁻¹)	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)		Margem operacional (R\$.ha⁻¹)	
Nabo/trigo	963,15	1.564,00	a	600,85	a
Trigo	853,15	1.130,67	b	277,52	b
Ervilha	502,00	766,67	d	264,67	b
Aveia-branca	656,15	886,00	c	229,85	b
Girassol	568,00	780,83	d	212,83	b
Pousio	0,00	0,00	f	0,00	c
A. branca+nabo (cob.)	72,00	0,00	f	-72,00	c
Canola	568,00	318,33	e	-249,67	d
C.V. (%)	-	4,90		21,10	
DMS	-	96,06		96,06	

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O valor de margem operacional negativa do cultivo da cobertura verde é devido aos custos de sua implantação e a falta de produção de grãos.

No tratamento de cultivo da canola, houve margem operacional negativa, devido a receita bruta ser abaixo do custo de produção, evidenciado pelo baixo rendimento de grãos causado pela baixa população, pois a palha de milho que existia na área no momento da semeadura da canola dificultou o estabelecimento de uma população de plantas adequada.

b) Análise econômica da cultura da soja

O custo de implantação da cultura da soja não teve diferença de despesas de insumos e serviços, o que motivou a não

realização da análise de variância do custo operacional. Os valores econômicos da soja podem ser observados na Tabela 15.

Tabela 15 – Análise econômica da soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Custo operacional (R\$.ha⁻¹)	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)	Margem operacional (R\$.ha⁻¹)
A. branca+nabo (cob.)	563,90	1.944,00 a	1.380,10 a
Aveia-branca	563,90	1.841,00 a	1.277,10 a
Nabo/trigo	563,90	1.804,00 ab	1.240,10 ab
Ervilha	563,90	1.678,33 bc	1.114,43 bc
Pousio	563,90	1.643,00 c	1.079,10 c
Trigo	563,90	1.552,00 cd	988,10 cd
Canola	563,90	1.430,83 de	866,93 de
Girassol	563,90	1.376,83 e	812,93 e
C.V. (%)	-	3,36	5,09
DMS	-	160,70	160,70

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A diferença de receita bruta e margem operacional entre os tratamentos onde a soja foi cultivada são devidas diretamente ao rendimento de grãos. Quanto maior o rendimento de grãos, maior foi o resultado econômico para a cultura da soja, evidenciando que no experimento, a cobertura verde no inverno, a aveia-branca e o nabo/trigo tiveram efeito direto na maior margem operacional, com diferença de até R\$ 567,17 para a pior cultura antecessora que foi o girassol, representando 69,7% a mais. Devido estes valores, houve diferença significativa para as demais culturas antecessoras.

c) Análise econômica da cultura do feijão

O custo de implantação da cultura do feijão não teve diferença de despesas de insumos e serviços, motivando a não realização da análise de variância do custo operacional. Os valores econômicos contabilizados do feijão podem ser observados na Tabela 16.

Tabela 16 – Análise econômica do feijão após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Custo operacional (R\$.ha⁻¹)	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)	Margem operacional (R\$.ha⁻¹)
Nabo/trigo	843,95	1.836,50 a	992,55 a
A. branca+nabo (cob.)	843,95	1.827,25 a	983,30 a
Trigo	843,95	1.765,50 a	921,55 a
Girassol	843,95	1.687,75 ab	843,80 ab
Aveia-branca	843,95	1.685,50 ab	841,55 ab
Pousio	843,95	1.525,75 bc	681,80 bc
Canola	843,95	1.469,00 c	625,05 c
Ervilha	843,95	1.189,00 d	345,05 d
C.V. (%)	-	3,93	8,19
DMS	-	183,84	183,84

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O maior resultado econômico para a cultura do feijão foi obtido após o cultivo de nabo/trigo, cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), trigo, girassol e aveia-branca, evidenciando que no experimento, o nabo/trigo no inverno teve efeito direto na maior margem operacional, com diferença de R\$ 647,50 para a pior cultura antecessora que foi a ervilha, representando 187,6% a mais.

O maior número de tratamentos sem diferença significativa deve-se ao fato de que o feijão tem condições de ser semeado em um espaço de tempo maior que as culturas da soja e milho, sendo menos sensível a quantidade e tipo de palha da cultura antecessora. Os cultivos após o pousio, canola e ervilha evidenciaram uma diminuição significativa na margem operacional.

d) Análise econômica dos sistemas de produção

Economicamente, a melhor seqüência de cultivo após o milho foi verificada no tratamento nabo/trigo após soja (R\$ 1.840,95.ha⁻¹), conforme a Tabela 17.

Os valores dos produtos foram verificados na época da colheita de cada cultura, sendo que independente da cultura sucessora, os tratamentos com nabo/trigo no inverno foram os melhores.

A diferença entre os resultados econômicos, do melhor tratamento (nabo/trigo após soja) que foi de R\$ 1.840,95.ha⁻¹ para o pior tratamento (canola após feijão) que foi de R\$ 376,38.ha⁻¹, é de R\$ 1.464,57.ha⁻¹, o que representa 389,1% a mais.

Os sistemas trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca pastejadas/milho, de acordo com Ambrosi et al. (1999), mostraram-se as melhores alternativas de produção para Passo Fundo, RS, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco. São sistemas que podem ser aperfeiçoados com manejos tecnológicos modernos, o que demonstra que os sistemas soja-ervilha-milho, soja-cobertura verde-milho e milho-nabo/trigo-soja, deve ter culturas diferentes, e necessitam da cultura do milho para aumentar a biomassa e a rentabilidade de todo sistema.

Tabela 17 – Análise econômica dos sistemas de produção subsequentes à cultura do milho, safra 2006/2007

Culturas de Inverno/Primavera	Culturas de verão	Receita bruta (R\$.ha⁻¹)	Margem operacional (R\$.ha⁻¹)
Nabo/trigo	Soja	3.368,00 ab	1.840,95 a
Nabo/trigo	Feijão	3.400,50 a	1.593,40 b
Aveia-branca	Soja	2.727,00 cd	1.506,95 bc
Ervilha	Soja	2.445,00 cde	1.379,10 cd
A. branca+nabo (cob.)	Soja	1.944,00 fgh	1.308,10 d
Trigo	Soja	2.349,33 def	1.265,62 d
Trigo	Feijão	2.896,17 bc	1.199,07 de
Pousio	Soja	1.643,00 h	1.079,10 ef
Aveia-branca	Feijão	2.571,50 cde	1.071,40 ef
Girassol	Feijão	2.468,58 cde	1.056,63 ef
Girassol	Soja	2.157,67 efg	1.025,77 ef
A. branca+nabo (cob.)	Feijão	1.827,25 gh	983,30 f
Pousio	Feijão	1.525,75 h	681,80 g
Canola	Soja	1.715,83 gh	617,26 g
Ervilha	Feijão	1.955,67 fgh	609,72 g
Canola	Feijão	1.787,33 gh	376,38 h
C.V. (%)		6,92	5,47
DMS		483,82	183,05

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Para Santos et al. (1999a), os sistemas (trigo/soja, colza/soja, tremoço ou serradela/soja) e (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e tremoço ou serradela/milho) são as melhores alternativas, sendo o primeiro mais rentável e de menor risco. Em observações realizadas a campo, a rotação colza ou canola/soja, apresentou problemas de alelopatia, o que atrasa a semeadura da soja, podendo ter causado as perdas de rendimento como no presente trabalho.

Tanto os trabalhos relatados, quanto nos presentes experimentos, observa-se a importância da produção de grãos pelas

culturas de inverno para aumentar o retorno econômico, com objetivo de maior rentabilidade e menor risco para todo sistema.

4.3 Análise energética

A análise energética considerou os gastos energéticos (*INPUT*) e a produção de energia (*OUTPUT*) pelas culturas, as quais são evidenciadas pelos grãos (produtos econômicos).

4.3.1 Experimento realizado pós-soja

a) Análise energética das culturas de inverno/primavera

Na Tabela 18, pode-se observar os resultados obtidos com a entrada e saída de energia pelas culturas de inverno/primavera.

Tabela 18 – Entrada (*INPUT*) e saída (*OUTPUT*) de energia na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas	Gasto de energia (<i>INPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)	Produção de energia (<i>OUTPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)
		Grãos
Aveia-branca	3.181	11.305 a
Nabo/trigo	5.830	11.289 a
Trigo	4.979	10.139 ab
Canola	2.036	9.009 b
Ervilha	1.286	5.106 c
Av. branca + nabo (cob.)	534	0 d
Pousio	0	0 d
C.V. (%)	-	6,10
DMS	-	1.166

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O maior gasto de energia foi verificado na cultura do nabo/trigo ($5.830 \text{ Mcal.ha}^{-1}$), o qual teve uma das maiores produções de energia pelos grãos ($11.289 \text{ Mcal.ha}^{-1}$), junto com os tratamentos de aveia-branca ($11.305 \text{ Mcal.ha}^{-1}$) e trigo ($10.139 \text{ Mcal.ha}^{-1}$), que não diferiram estatisticamente entre si.

A menor produção de energia pelas culturas produtoras de grãos foi obtida pela ervilha com $5.106 \text{ Mcal.ha}^{-1}$, já que a cobertura verde e o pousio não originaram produção de grãos.

Na China, obteve-se resultados de custo de energia do trigo entre 2.502 a $2.689 \text{ Mcal.ha}^{-1}$, e a produção de energia entre 6.553 e $6.683 \text{ Mcal.ha}^{-1}$, segundo Dazhong e Pimentel (1984), abaixo dos obtidos pelo presente trabalho em todos os experimentos.

Os valores da diferença entre a energia produzida e a energia gasta e da eficiência energética, estão evidenciados na Tabela 19.

Tabela 19 – Margem e eficiência energética na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas	Margem energética (Mcal.ha⁻¹)	Eficiência energética
Aveia-branca	8.124 a	3,55 b
Canola	6.973 a	4,42 a
Nabo/trigo	5.459 b	1,93 c
Trigo	5.160 b	2,03 c
Ervilha	3.820 c	3,97 ab
Av. branca + nabo (cob.)	0 d	0 d
Pousio	0 d	0 d
C.V. (%)	9,85	10,13
DMS	1.266	0,65

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

As maiores margens energéticas foram verificadas nas culturas da aveia-branca e canola, as quais diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. As menores margens energéticas foram evidenciadas pelo pousio e pela cobertura verde, devido não apresentarem produção de grãos.

Quanto à eficiência energética, observa-se que a canola e a ervilha obtiveram os melhores resultados, devido ao baixo gasto de energia para seu cultivo.

Na cultura do trigo, experimentos realizados na China, segundo Dazhong e Pimentel (1984), obtiveram eficiência energética entre 2,44 e 2,67 o que ficou acima do resultado obtido pelo presente trabalho.

b) Análise energética da cultura da soja

Na Tabela 20, observa-se os resultados obtidos com a entrada e saída de energia pela soja após as culturas de inverno/primavera.

O maior gasto de energia foi verificado após o cultivo da cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) ($3.193 \text{ Mcal.ha}^{-1}$), o qual teve a maior produção de energia ($16.277 \text{ Mcal.ha}^{-1}$), não diferindo estatisticamente da ervilha.

Na China, obteve-se resultados de custo de energia da soja entre 2.056 a $3.952 \text{ Mcal.ha}^{-1}$, com valores abaixo e superiores aos obtidos por este experimento, e a produção de energia entre 5.067 e $6.691 \text{ Mcal.ha}^{-1}$, segundo Dazhong e Pimentel (1984), abaixo dos obtidos pelo presente trabalho em todos os experimentos.

Tabela 20 – Entrada (*INPUT*) e saída (*OUTPUT*) de energia na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Gasto de energia (<i>INPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)	Produção de energia (<i>OUTPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)
		Grãos
Av. branca + nabo (cob.)	3.193	16.277 a
Ervilha	3.079	14.964 ab
Nabo/trigo	3.073	14.888 b
Pousio	3.046	14.582 bc
Trigo	2.949	13.462 cd
Aveia-branca	2.920	13.126 d
Canola	2.611	9.566 e
C.V. (%)	-	3,35
DMS	-	1.324

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Ao final do cultivo, o que mais interessa são os valores da diferença entre a energia produzida e a energia gasta, sendo evidenciados os resultados da soja na Tabela 21.

Tabela 21 – Margem e eficiência energética na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Margem energética (Mcal.ha ⁻¹)	Eficiência energética
Av. branca + nabo (cob.)	13.084 a	5,09 a
Ervilha	11.885 ab	4,86 ab
Nabo/trigo	11.815 abc	4,84 ab
Pousio	11.536 bc	4,79 ab
Trigo	10.513 cd	4,56 b
Aveia-branca	10.206 d	4,49 b
Canola	6.953 e	3,66 c
C.V. (%)	4,27	3,67
DMS	1.326	0,48

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

As maiores margens energéticas foram obtidas quando a soja foi cultivada sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) com 13.084 Mcal.ha⁻¹, ervilha com 11.885 Mcal.ha⁻¹ e nabo/trigo com 11.815 Mcal.ha⁻¹, as quais diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. A menor margem energética foi evidenciada pela canola com 6.953 Mcal.ha⁻¹.

Quanto à eficiência energética, observa-se que a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) foi o melhor resultado (5,09), não diferindo estatisticamente dos tratamentos sucessores a ervilha, nabo/trigo e pousio, e superando estatisticamente os tratamentos trigo, aveia-branca e canola.

Na cultura da soja, em experimentos realizados na China, por Dazhong e Pimentel (1984), a eficiência energética entre 1,64 e 2,83, o que ficou abaixo ao presente trabalho, e evidencia o potencial energético dessa cultura para a região Norte do Rio Grande do Sul.

c) Análise energética da cultura do milho

Na Tabela 22, observam-se os resultados obtidos com as entradas e saídas de energia pelo cultivo do milho após as culturas de inverno/primavera.

O maior gasto de energia foi verificado após o cultivo de ervilha (8.237 Mcal.ha⁻¹) e da cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) (8.232 Mcal.ha⁻¹), os quais tiveram a maior produção de energia (42.060 e 42.010 Mcal.ha⁻¹, respectivamente), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Em trabalho realizado por Pimentel (1984), com produção de milho nos Estados Unidos, obteve-se rendimento de milho de 5.394

kg.ha⁻¹, e produção de energia de 19.148 Mcal.ha⁻¹. Observa-se que o rendimento de milho ocorrido neste presente trabalho foi superior aos de Pimentel, inclusive o custo energético, pois no trabalho americano teve um gasto energético de 6.532 Mcal.ha⁻¹.

Tabela 22 – Entrada (*INPUT*) e saída (*OUTPUT*) de energia na produção de milho após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Gasto de energia (<i>INPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)	Produção de energia (<i>OUTPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)
		Grãos
Ervilha	8.237	42.060 a
Av. branca + nabo (cob.)	8.232	42.012 a
Canola	7.816	37.990 b
Aveia-branca	7.808	37.905 b
Pousio	7.625	36.137 bc
Nabo/trigo	7.526	35.185 bc
Trigo	7.344	33.523 c
C.V. (%)	-	2,96
DMS	-	3.198

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O balanço de energia da cultura do milho foi positivo e cada unidade de energia de origem fóssil investida na produção de milho foi revertida em 4,08 unidades de energia, contidas nos grãos de milho colhidos, de acordo com Ulbanere (1989).

Conforme Pimentel e Hall (1984), a taxa de entrada de energia para a saída de energia foi de 1:1,7 em milho nos Estados Unidos.

Na China, Dhazong e Pimentel (1984) relatam custos energéticos na produção de milho entre 1.918 e 5.567 Mcal.ha⁻¹, e a produção de energia entre 4.682 e 17.447 Mcal.ha⁻¹.

Esses resultados obtidos nos Estados Unidos e China mostram o potencial que o Brasil possui na produção de grãos e conseqüentemente de energia pela cultura do milho.

Os valores da diferença entre a energia produzida e a gasta e da eficiência energética da cultura do milho, são evidenciados na Tabela 23.

Tabela 23 – Margem e eficiência energética na produção de milho após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Margem energética (Mcal.ha⁻¹)	Eficiência energética
Ervilha	33.823 a	5,10 ns
Av. branca + nabo (cob.)	33.780 a	5,10
Canola	30.174 ab	4,86
Aveia-branca	30.097 ab	4,85
Pousio	28.512 b	4,74
Nabo/trigo	27.659 b	4,67
Trigo	27.578 b	4,75
C.V. (%)	4,96	4,07
DMS	4.283	0,56

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

As maiores margens energéticas foram verificadas sobre ervilha, cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), canola e aveia-branca, os quais diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. A menor margem energética foi evidenciada sobre o trigo, o que foi devido à menor produção de milho após esta cultura (Tabela 5).

Quanto à eficiência energética, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos.

Os valores de eficiência energética na cultura do milho foram superiores a 4,75, acima dos valores encontrados por Ulbanere (1989), de 4,08 em São Paulo, devido principalmente a melhoria de tecnologias, genética e maior eficiência de produção.

Em experimento realizado por Pimentel (1984), a eficiência energética foi de 2,93, abaixo dos valores obtidos por este experimento cerca de 50%.

Da mesma forma, observações em experimentos realizados na China, por Dazhong e Pimentel (1984), dão conta de que a eficiência energética obtida foi entre 2,44 e 3,63.

d) Análise energética dos sistemas de produção após soja

Os melhores resultados obtidos, com base na margem energética, foram com o milho em sucessão às culturas de inverno/primavera, tendo como supremacia as sucessões a aveia-branca, a ervilha e a canola, como pode ser observado na Tabela 24.

Já, os melhores resultados com a cultura da soja, com base na margem energética, foram após aveia-branca, nabo/trigo, ervilha e trigo que superaram as demais culturas de inverno e o pousio.

Tabela 24 – Análise energética dos sistemas de produção, subseqüentes à soja, safra 2006/2007

Culturas de Inverno/Primavera	Culturas de verão	Energia total (Mcal.ha ⁻¹)	Margem energética (Mcal.ha ⁻¹)	Eficiência energética
Aveia-branca	Milho	49.210 a	38.221 a	4,47 b
Ervilha	Milho	47.166 a	37.643 a	4,95 a
Canola	Milho	47.000 ab	37.148 ab	4,77 ab
Av. branca + nabo (cob.)	Milho	42.012 b	33.246 bc	4,79 ab
Nabo/trigo	Milho	46.473 a	33.118 bc	3,48 e
Trigo	Milho	45.062 ab	32.739 c	3,65 de
Pousio	Milho	36.137 c	28.512 d	4,74 ab
Aveia-branca	Soja	24.431 d	18.330 e	4,00 cd
Nabo/trigo	Soja	26.177 d	17.274 ef	2,94 f
Ervilha	Soja	20.070 ef	15.705 efg	4,59 ab
Trigo	Soja	23.601 de	15.673 efgh	2,97 f
Canola	Soja	18.574 fg	13.927 fgh	4,00 cd
Av. branca + nabo (cob.)	Soja	16.277 fg	12.550 gh	4,37 bc
Pousio	Soja	14.582 g	11.536 h	4,79 ab
C.V. (%)		4,23	5,59	3,62
DMS		4.155	4.155	0,45

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

4.3.2 Experimento realizado pós-milho

a) Análise energética das culturas de inverno/primavera

Na Tabela 25, observa-se os resultados obtidos com as entradas e saídas de energia pelas culturas de inverno/primavera.

O maior gasto de energia foi verificado na cultura do nabo/trigo (7.023 Mcal.ha⁻¹), a qual teve a maior produção de energia pelos grãos (12.844 Mcal.ha⁻¹), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

A menor produção de energia com grãos foi obtida com a canola com 4.048 Mcal.ha⁻¹, devido ao baixo rendimento de grãos.

Tabela 25 – Entrada (*INPUT*) e saída (*OUTPUT*) de energia na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas	Gasto de energia (<i>INPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)	Produção de energia (<i>OUTPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)
		Grãos
Nabo/trigo	7.023	12.844 a
Aveia-branca	3.174	11.222 b
Trigo	4.845	9.285 c
Girassol	2.193	8.745 c
Ervilha	1.292	5.308 d
Canola	1.766	4.048 e
Av. branca + nabo (cob.)	534	0 f
Pousio	0	0 f
C.V. (%)	-	4,72
DMS	-	873

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Na cultura do girassol, em experimentos realizados na China, segundo Dazhong e Pimentel (1984), obtiveram o custo energético de 2.833 Mcal.ha⁻¹, o qual é superior ao presente experimento, e 6.163 Mcal.ha⁻¹ de produção de energia, que ficou abaixo do obtido do presente trabalho.

Quanto aos valores da diferença entre a energia produzida e a energia gasta, são apresentados os resultados na Tabela 26.

A maior margem energética foi verificada na cultura da aveia-branca (8.382 Mcal.ha⁻¹), a qual diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. A menor margem energética foi evidenciada pelo pousio e cobertura verde, com 0 e -534 Mcal.ha⁻¹, respectivamente.

Quanto à eficiência energética, observa-se que a ervilha, o girassol e a aveia-branca foram os melhores resultados, devido ao pouco gasto de energia e a grande quantidade de biomassa produzida.

Tabela 26 – Margem e eficiência energética na produção das culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas	Margem energética (Mcal.ha⁻¹)	Eficiência energética
Aveia-branca	8.382 a	3,64 a
Girassol	6.552 b	3,99 a
Nabo/trigo	5.821 b	1,82 b
Trigo	4.440 c	1,91 b
Ervilha	4.016 c	4,10 a
Canola	2.273 d	2,28 b
Pousio	0 e	0,00 c
Av. branca + nabo (cob.)	- 534 e	0,00 c
C.V. (%)	11,09	8,16
DMS	1.236	0,52

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Na cultura do girassol, em experimentos realizados na China, por Dazhong e Pimentel (1984), a eficiência energética foi de 2,18, o que ficou abaixo do presente trabalho, e demonstra o potencial energético dessa cultura para a região Norte do Rio Grande do Sul.

b) Análise energética da cultura da soja

Na Tabela 27, observam-se os resultados obtidos com a entrada e saída de energia pela soja após as culturas de inverno/primavera.

O maior gasto de energia foi verificado após o cultivo da cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) (3.123 Mcal.ha⁻¹), que também proporcionou a maior produção de energia.

Tabela 27 – Entrada (*INPUT*) e saída (*OUTPUT*) de energia na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Gasto de energia (<i>INPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)	Produção de energia (<i>OUTPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)
		Grãos
Av. branca + nabo (cob.)	3.123	15.473 a
Aveia-branca	3.052	14.654 a
Nabo/trigo	3.027	14.359 ab
Ervilha	2.940	13.225 bc
Pousio	2.916	13.077 bc
Trigo	2.853	12.353 cd
Canola	2.769	11.389 de
Girassol	2.732	10.959 e
C.V. (%)	-	3,47
DMS	-	1.317

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Na produção de energia pelos grãos foi verificado que não houve diferenças significativas entre a cobertura verde (15.473 Mcal.ha⁻¹), aveia-branca (14.654 Mcal.ha⁻¹) e nabo/trigo (14.359 Mcal.ha⁻¹). A menor produção de energia com grãos de soja foi obtida após a cultura do girassol com 10.959 Mcal⁻¹ha⁻¹.

A maior margem energética foi verificada sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) com 12.350 Mcal.ha⁻¹, a qual não diferiu estatisticamente dos tratamentos após aveia/branca e nabo/trigo. As menores margens energéticas foram evidenciadas por trigo (9.500 Mcal.ha⁻¹), canola (8.617 Mcal.ha⁻¹) e girassol (8.227 Mcal.ha⁻¹), que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 28).

Quanto à eficiência energética, observa-se que a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) proporcionou o melhor

resultado (4,95), não diferindo estatisticamente dos tratamentos que sucederam a aveia-branca (4,80) e ao nabo/trigo (4,74).

Tabela 28 – Margem e eficiência energética na produção de soja após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Margem energética (Mcal.ha⁻¹)	Eficiência energética
Av. branca + nabo (cob.)	12.350 a	4,95 a
Aveia-branca	11.602 ab	4,80 ab
Nabo/trigo	11.332 abc	4,74 abc
Ervilha	10.285 bcd	4,50 bcd
Pousio	10.161 cd	4,48 bcd
Trigo	9.500 de	4,33 cde
Canola	8.617 e	4,11 de
Girassol	8.227 e	4,01 e
C.V. (%)	4,46	3,42
DMS	1.318	0,44

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

c) Análise energética da cultura do feijão

Na Tabela 29, observam-se os resultados obtidos com as entradas e saídas de energia pelo feijão após as culturas de inverno/primavera.

Na produção de energia pelos grãos do feijão foi verificado que não houve diferenças significativas entre a cobertura verde (8.434 Mcal.ha⁻¹), nabo/trigo (8.476 Mcal.ha⁻¹), trigo (8.149 Mcal.ha⁻¹), aveia-branca (7.780 Mcal.ha⁻¹) e girassol (7.790 Mcal.ha⁻¹).

A menor produção de energia pelo feijão foi obtida após a ervilha com 5.487 Mcal.ha⁻¹, devido à baixa produção de grãos.

Tabela 29 – Entrada (*INPUT*) e saída (*OUTPUT*) de energia na produção de feijão após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Gasto de energia (<i>INPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)	Produção de energia (<i>OUTPUT</i>) (Mcal.ha ⁻¹)
		Grãos
Nabo/trigo	3.683	8.476 a
Av. branca + nabo (cob.)	3.675	8.434 a
Trigo	3.623	8.149 a
Girassol	3.558	7.790 ab
Aveia-branca	3.556	7.780 ab
Pousio	3.422	7.042 bc
Canola	3.374	6.780 c
Ervilha	3.139	5.487 d
C.V. (%)	-	3,93
DMS	-	848

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Os valores da margem e da eficiência energética, são demonstrados os resultados do feijão na Tabela 30.

A maior margem energética foi verificada sobre a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro), nabo/trigo, trigo, aveia-branca e girassol. A aveia-branca e o girassol não diferiram de canola e de pousio. A menor margem energética foi evidenciada sobre a ervilha.

Quanto à eficiência energética, observa-se que a cobertura verde (aveia-branca + nabo forrageiro) e nabo/trigo foram os melhores resultados, não diferindo estatisticamente dos tratamentos em sucessão ao trigo, aveia-branca, girassol e pousio.

Tabela 30 – Margem e eficiência energética na produção de feijão após as culturas de inverno/primavera, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas antecessoras	Margem energética (Mcal.ha⁻¹)	Eficiência energética
Av. branca + nabo (cob.)	4.759 a	2,29 a
Nabo/trigo	4.793 a	2,30 a
Trigo	4.526 a	2,25 ab
Aveia-branca	4.224 ab	2,18 ab
Girassol	4.232 ab	2,19 ab
Canola	3.406 b	2,01 b
Pousio	3.620 b	2,06 ab
Ervilha	2.348 c	1,74 c
C.V. (%)	7,39	3,96
DMS	858	0,24

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A utilização de culturas de cobertura, antecedendo a cultura do feijão implicou em investimento energético parcial, para a implantação da cultura, da ordem de 2,2 a 6,0 vezes superior ao requerido pelo preparo convencional em solo sob pousio (BOLLER, 1996).

A cultura do feijão teve os menores retornos energéticos de todas as culturas de verão nos dois experimentos, mostrando ser uma cultura incapaz de promover produção energética superior às demais culturas, apesar da eficiência energética positiva.

d) Análise energética de sistemas de produção após o milho

Os maiores resultados energéticos foram obtidos com a soja em sucessão às culturas de inverno/primavera, tendo como supremacia a sucessão à aveia-branca, como pode ser observado na Tabela 31.

Tabela 31 – Análise energética dos sistemas de produção, subseqüentes ao milho, safra 2006/2007

Culturas de Inverno/Primavera	Culturas de verão	Energia total (Mcal.ha⁻¹)	Margem energética (Mcal.ha⁻¹)	Eficiência energética
Aveia-branca	Soja	26.210 a	19.984 a	4,21 ab
Nabo/trigo	Soja	27.203 a	17.153 b	2,71 de
Girassol	Soja	19.704 c	14.779 c	4,00 b
Ervilha	Soja	18.533 cd	14.301 c	4,38 a
Trigo	Soja	21.638 b	13.940 cd	2,81 d
Aveia-branca	Feijão	19.336 c	12.606 de	2,87 d
Av. branca + nabo (cob.)	Soja	15.473 f	11.816 ef	4,23 ab
Canola	Soja	15.425 f	10.890 fg	3,40 c
Girassol	Feijão	16.535 ef	10.784 fg	2,87 d
Nabo/trigo	Feijão	21.320 b	10.614 fg	1,99 f
Pousio	Soja	13.077 g	10.161 gh	4,48 a
Trigo	Feijão	17.434 de	8.966 h	2,06 f
Ervilha	Feijão	10.795 h	6.364 i	2,43 e
Canola	Feijão	10.819 h	5.679 ij	2,10 f
Av. branca + nabo (cob.)	Feijão	8.434 i	4.225 jk	2,00 f
Pousio	Feijão	7.042 i	3.620 k	2,06 f
C.V. (%)		3,10	4,74	3,43
DMS		1.584	1.584	0,31

Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Para Santos et al. (1999b), os sistemas (trigo/soja e aveia preta+ervilhaca pastejada/milho) e (trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejada/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho) são os mais eficientes energeticamente, com balanço energético positivo entre 5,44 e 5,78 de conversão energética e entre 21.741 e 23.728 Mcal⁻¹ de margem energética, valores estes que superaram os observados no presente experimento.

Estes resultados são alcançados somente com a presença de culturas produtoras de grãos em grande quantidade como no caso do milho, sendo fundamental a sua presença na composição de sistemas de rotação de culturas.

Todas as culturas de verão (soja, feijão e milho) foram energeticamente positivas, demonstrando a viabilidade energética na produção.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que a pesquisa foi desenvolvida, os resultados obtidos permitem concluir que:

- a) O cultivo do nabo forrageiro entre a cultura de verão da safra anterior e a semeadura do trigo, resulta em maior retorno econômico e alta produção de palha para o sistema de semeadura direta;
- b) A semeadura de milho deve ser realizada na primeira época recomendada pela pesquisa, priorizando o uso de cobertura verde no inverno com as culturas de aveia-branca e nabo forrageiro, e na segunda época sucedendo a cultura da ervilha;
- c) A semeadura de canola sobre a palha de milho não pode ser realizada por não estabelecer uma população adequada para gerar rentabilidade;
- d) Os sistemas de produção que melhor atendem os três requisitos (rendimento de grãos, margem operacional e margem energética) são: soja – ervilha – milho; soja – cobertura verde (aveia-branca e nabo forrageiro) – milho; e, milho – nabo/trigo – soja.

Portanto, esses três sistemas de produção são os melhores para colocar em prática na Região Norte do Rio Grande do Sul.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. DO P.; KUNTZE, M. A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.29, p.425-424, 2005.

ALMEIDA, F. S. *Integração da alelopatia no controle de infestantes em plantio direto*. São Paulo: Associação Nacional dos Produtores de Defensivos Agrícolas, 1988. 43p.

ALMEIDA, F. S. *Controle de plantas daninhas em plantio direto*. Londrina: IAPAR, 1991. 34 p. (Circular Técnica).

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II – influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.27, p.1085-1096, 2003.

AMBROSI, I.; WOBETO, C.; SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, sob plantio direto, em Guarapuava, PR. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 12, 1999, p. 2175-2183.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.29, p.425-435, 2005.

BENTO, J. M. S. et al.. Interações entre microrganismos edáficos e pragas de solo. In: SALVADORI, J. R. (Ed.) *Pragas de Solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p.99-132.

BIANCHI, M. A.; FIORIN, J. E.; CANAL, I. N.; PETRERE, C.; CAMPOS, B. C. de. Resposta do trigo à culturas semeadas após o milho no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

CIÊNCIA DO SOLO, 26. *Anais...* Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Rio de Janeiro, 1997, CD-ROM.

BOLLER, W. *Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. Botucatu: UNESP, 1996. 272 p. Tese (Doutorado em Agronomia).

BOWEN, I. S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. *Physical Review*, New York, v.27, p.779-787, 1926.

CARVALHO, I. Q.; SILVA, M. J. S. da; PISSAIA, A.; PAULETTI, V.; POSSAMAI, J. C. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Scientia Agraria*, Piracicaba, v.8, n.2, p.179-184, 2007.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVERIA, M. J. da. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, nov-dez, 2003.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.29, p.777-788, 2005.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.27, p.527-535, 2003.

COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de

carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.32, p.323-332, 2008.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.2, p.9-16, 1994.

DAZHONG, W.; PIMENTEL, D. Energy use in crop system in Northeastern China. In: PIMENTEL, D.; HALL, C. W. *Food and energy resources*. Florida: Academic Press, 1984. p. 91-120.

DERPSCH, R. Importância da rotação de culturas e da adubação verde nos sistemas de produção de trigo/soja no sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS. Castro – PR, 8 a 11 de março de 1993. *Anais...* GTZ – Assunção Paraguai, 1993. p. 58-75.

DERPSCH, R. *Rotação de culturas: plantio direto e convencional*. Ciba-Geigy, 1986. 10p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. Importância da rotação de culturas. In: __ *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de coberturas do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. p. 147-164.

DICK, W. A.; VAN DOREN JR., D. M. Continuous tillage and rotation combinations effects on corn, soybean, and oat yields. *Agron. J. Madison*, v.77, p.459-465, 1985.

EMBRAPA. *Informações meteorológicas*. Laboratório de agrometeorologia, Embrapa-Trigo
www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/graficos.php.
Acessado em 15 de abril de 2008.

FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN R.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. *Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT e CIDA- Canadian International Development Agency, 1991. 69 p.

FLOSS, L. G. *Diagnóstico técnico-gerencial de empresas rurais*. Viçosa: UFV/ABEAS, 2001. 41p. Monografia (Especialização em Administração Rural).

FLUCK, R.; BAIRD, D. *Agricultural energetics*. Avi, Wesport, USA. 1980. 192 p.

FRIES, M. R. Aspectos básicos de microbiologia sob plantio direto. In: *Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo no sistema plantio direto*. Passo Fundo: UPF, 1997. 45p.

GOLDEMBERG, J. *Energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 171p.

GOOD, N. E.; BELL, D. H. Photosynthesis, plant productivity and crop yield. In: CARSON, P.S.. *The biology of crop productivity*. New York: Academic Press, 1980, p. 3-51.

GORGATTI NETTO, A.; DIAS, J. M. C. de S. Política energética para agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA: tecnologias poupadoras de insumos, integração de sistemas energéticos e produção de alimentos, 1984, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: UNESP, 1984. p.3-22.

HETZ, H. E.; VILLEGAS, B. H.; RIQUELME, S. J.; CELIS, H. J. Utilización de energía en la producción de raps, bajo cuatro sistemas de labranza, en la provincia de Ñuble. *Agro Sur*, Valdivia, v. 22, n.1, p.1-6, 1994.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E. M.; THAME, A. C. M.; ENGLER, J. J. C. *Administração da Empresa Agrícola*. São Paulo: Pioneira, 1987.

HOLZ, E. *Fundamentos teóricos da gestão agrícola*. Florianópolis: EPAGRI, 1994.

IAPAR. Manejo do solo. In: ____ *A cultura do milho no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1991 p.108 (Circular Técnica no. 68)

IBGE. *Levant. sistem. prod. agríc.* Rio de Janeiro, v.20, n.01, p.1-76, jan. 2008.

JOBIM FILHO, W. Crise energética. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE ENGENHEIROS E ARQUITETOS, 5, Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Passo Fundo: Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: 1980.

KAY, R. D. *Farm management planning control and implementation.* Tokyo: McGraw-Hill, 1983.

KIEL, E. J. A desconhecida rotação de culturas. In: Cooperativa Agrícola de Cotia. *Guia Rural*, São Paulo, 1969/70. p. 188-92.

KOCHHANN, R. A. Alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo sob sistema plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1, Passo Fundo, RS. *Resumos.* p. 17-25. Ed. Aldeia Norte, 1996.

KOCHHANN, R. A.; SANTOS, H. P dos; VOSS, M.; DENARDIN, J. E. *Rendimento de grãos de trigo cultivado em seqüência ao adubo verde nabo forrageiro.* Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 12p. HTML. (Comunicado Técnico On-line, 116). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co116.htm.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.28, p.175-187, 2004.

MAGALHÃES, A. C. N. Rendimento energético da fotossíntese na produção de biomassa. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1984, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP, 1985, p.23-30.

MEDEIROS, J. C.; MIELNICZUK, J.; PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.11, p.199-204, 1987.

MESQUITA, C. M.; ROESSING, A. C.; GAZZIERO, D. L. P. Consumo de energia em sistemas de produção de soja e trigo. In:

EMBRAPA. *Resultados de pesquisa de soja*. Londrina: EMBRAPA/CNPSoja, 1983. p.104-111.

MIALHE, L. G. *Máquinas motoras na agricultura*. São Paulo: EDUSP, 1980. v.1.

MIALHE, L. G. *Manual de mecanização agrícola*. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MONEGAT, C. *Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó: Ed. do autor, 1991. p.337.

MORI, C. de. *Mensuração do desempenho produtivo de unidades de produção agrícola considerando aspectos agroeconômicos e agroenergéticos*. Florianópolis: UFSC, 1998. 65p. Dissertação (Mestrado em Engenharia).

MORÓN, M. A. Insetos de Solo. In: SALVADORI, J. R. (Ed.) *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p.41-68.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um luvisolo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.29, p.825-831, 2005.

NEPA. *Tabela brasileira de composição de alimentos*. Campinas: Nepa-Unicamp, 2004. 42p.

NOLLA, D. Rotação de culturas. In: SECRETARIA DA AGRICULTURA. *Erosão do solo*. . Porto Alegre, 1982. p. 338-345.

PALMA, L. *Compatibilidade entre eficiência energética e eficiência econômica numa empresa rural*. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 151 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural).

PEETEN, H. O controle da erosão em 200.000 ha cultivados na região de Campos Gerais do Paraná pelo sistema plantio direto. In: *Plantio direto no Brasil*, Campinas, Fundação Cargil. 1984. p.79-81.

PIMENTEL, D. *Handbook of energy utilization in agriculture*. Washington: Library of Congress, 1980. 475 p.

PIMENTEL, D. Comparative flows in agricultural and natural ecosystems. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL "ECOSSISTEMAS, ALIMENTOS E ENERGIA", 1., 1984, Brasília. *Anais...* Brasília: FINEP, 1984, v.2, p.75-98.

PIMENTEL, D. Ethanol fuels: energy balance, economics, and environment impacts are negative. *Natural Resources Research*, v.12, n.2, June 2003.

PIMENTEL, D.; HALL, C. W. *Food and energy resources*. Orlando: Academic Press, 1984. 270p.

PONS, A. L.; GONÇALVES, S. L. C. *Alguns fundamentos da rotação de culturas*. IPAGRO Informa, n.20, p.50-54, 1978.

PORTELLA, J. A. Cultivo mínimo comparado a outros sistemas. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP, 1985, p.87-95.

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.

REGO, P. G. *Economia das rotações de culturas em plantio direto*. Revista mensal Batavo. Fundação ABC. n.31. Castro, 1994. p.20-28.

REIS, E. M. Recomendações para o Manejo de Culturas visando o controle de doenças sob plantio direto. p.57-58. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1. *Resumo*. Ed. Aldeia Norte: Passo Fundo, 1996, 67p.

RODRIGUES, A. dos S.; ZANONI, M. M.; MACHADO, M. da S.; MIRANDA, M.; DORETTO, M.; MARCHIORO, N. DE P. X.; TORQUINIO, T. T. *Análise Agroeconômica, ecoenergética e socioeconômica de três unidades de exploração Agrícola do*

Município de Rio Azul, Paraná: Propostas de Sistemas Agrícolas Modificados. Londrina: IAPAR, 1989.

ROSSATO, R. R. *Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto.* Santa Maria: UFSM, 2004. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo).

SÁ, J. C. M. *Manejo da fertilidade do solo no plantio direto.* Castro, PR: Fundação ABC., 1993. 96p.

SÁ, J. C. M. Alternativas de manejo do solo em regiões tropicais. *Plantio Direto.* Passo Fundo, 1995. p.10-15. Ed. Especial.

SÁ, J. C. de M.; MOLIN, R. *Manejo do solo e rotação de culturas na lavoura de feijão.* Batavo: Castro-PR. p. 21-27, agosto de 1994.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I – influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.27, p.1075-1083, 2003.

SANTOS, H. P. dos. Efeitos do cultivo da aveia preta e do azevém, para pastagem, e do trigo sobre o rendimento e outras características da soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.26, n.6, p.875-884, jun. 1991.

SANTOS, H. P. dos. *Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto.* Piracicaba: ESALQ, 1992. 136p. Tese (Doutorado em Agronomia).

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo. In: *Anais. Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo*, 18. Passo Fundo: Embrapa trigo, 1999a, 2. p. 664-668.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno. In: *Anais. Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo*, 18. Passo Fundo: Embrapa trigo, 1999b, 2. p. 669-673.

SANTOS, H. P. dos; POTTKER, D. Rotação de culturas – XX Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.25, n.11, p.1647-1654, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas – XIX Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.25, n.11, p.1637-1645, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.26, n.5, p.729-735, maio 1991.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Sistemas de cultivo de trigo com aveias-brancas e aveias-pretas para rendimento de grãos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.30, n.1, p.69-73, jan. 1995.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; PÖTTKER, D. *Culturas de inverno para plantio direto no sul do Brasil*. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1990. 24p.(Circular Técnica,3).

SARGS. A conservação do solo e o futuro da agricultura no Rio Grande do Sul. *Trigo e Soja*, Porto Alegre, n.82, p.3-14, 1985.

SILVA, A. A. da; SILVA, P. R. F. da; MINETTO, T.; STRIEDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C. Desempenho agrônômico e econômico do milho irrigado em sucessão a espécies invernais de cobertura de solo e/ou para produção de grãos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.3, p.620-627, mai-jun, 2008.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; DALLA ROSA, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.30, p.329-337, 2006.

SIQUEIRA, R.; YAMAOKA, R. S.; CASÃO JUNIOR, R. Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO

DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., Ponta Grossa, 1993. *Anais*. Ponta Grossa : IAPAR, 1993. p.221-237.

SOLDATELI, D. Margem bruta, lucro e outros índices. In: Semana de Atualização em Administração Rural, *Anais...*, Lages, 1991.

TOMM, G. O.; GIORDANO, L. B.; SANTOS, H. P. dos; FERNANDES, J. M. C. *Desempenho de genótipos de ervilha, de lentilha e de grão-de-bico no Planalto Médio do Rio Grande do Sul*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 56p.

ULBANERE, R. C. *Análise dos balanços energético e econômico relativa à produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo*. Botucatu: UNESP, 1989. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1989.

VARIAN, H. R. *Microeconomia: princípios básicos*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

VIÉGAS, G. P.; MACHADO, D. A. *Rotação de culturas – uma prática lucrativa*. São Paulo: Sementes Cargill Ltda., 1990.

WATT, B; MERRILL, A. Composition of foods: raw, processed, prepared. Wash, D.C. *Agriculture Handbook*. n. 8, 192p. 1963.

WIETHÖLTER, S. Nitrogênio para trigo obtido através do cultivo intercalar de nabo forrageiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, 2003, CD-ROM.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *R. Bras. Ci. Solo*. Viçosa, v.28, p.891-900, 2004

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. *Agric., Ecosystems and Environ.*, Amsterdam, v.25, p. 217-232. 1989.