

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

**EFEITO DO MANEJO DE SOLO NOS PARÂMETROS
AGRONÔMICOS E ENERGÉTICOS DE HÍBRIDOS DE MILHO
TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO**

NEILOR BUGONI RIQUETTI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU-SP

Julho - 2011

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

**EFEITO DO MANEJO DE SOLO NOS PARÂMETROS
AGRONÔMICOS E ENERGÉTICOS DE HÍBRIDOS DE MILHO
TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO**

NEILOR BUGONI RIQUETTI

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU - SP

Julho – 2011

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

R594e Riquetti, Neilor Bugoni, 1985-
Efeito do manejo de solo nos parâmetros agronômicos e energéticos de híbridos de milho transgênico e não transgênico / Neilor Bugoni Riquetti. - Botucatu : [s.n.], 2011

xii, 73 f. : gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011

Orientador: Sérgio Hugo Benez

Co-orientador: Paulo Roberto Arbex Silva

Inclui bibliografia

1. Plantio direto. 2. Cultivo mínimo. 3. Preparo convencional. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Silva, Paulo Roberto Arbex. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "EFEITO DO MANEJO DE SOLO NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS E
ENERGÉTICOS DE HÍBRIDOS DE MILHO TRANSGÊNICO E NÃO
TRANSGÊNICO"

ALUNO: NEILOR BUGONIRIQUETTI

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO HUGO BENEZ

CÓ-ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



PROF. DR. SÉRGIO JOSÉ BICUIDO



PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO

Data da Realização: 22 de julho de 2011

Aos meus pais

Alécio Bugoni
e Nelsi Riquetti Bugoni pelo
exemplo de honestidade,
humildade, dignidade e por
todos os ensinamentos que
levarei pelo resto da vida.

AGRADEÇO

Aos meus irmãos

Cleocir Bugoni,
Joni Bugoni e Nelva Bugoni
Riquetti.

DEDICO

À Natalia Sato Minami
pela paciência, amizade e
companheirismo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. **Sérgio Hugo Benez** pela oportunidade concedida e pela orientação e ensinamentos.

Ao professor Dr. **Paulo Roberto Arbex Silva** por sua amizade, compreensão e por aceitar o trabalho de co-orientação.

Ao amigo e colega de pós-graduação **Saulo Fernando Gomes de Sousa** pela ajuda prestada no campo, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao professor **Marco Antônio Gandolfo** pela amizade e orientação durante a graduação e pelo incentivo para a realização do mestrado.

Aos professores **Kléber Pereira Lanças** e **Silvio José Bicudo** pelas sugestões e orientações oferecidas para a realização correta das atividades essenciais ao desenvolvimento do trabalho.

À professora **Marta Maria Mischán** pela ajuda na realização da análise estatística dos dados.

Ao coordenador do programa de pós-graduação Energia na Agricultura **Marco Antônio Martin Biaggioni** pela oportunidade concedida.

À todos os professores do departamento de Engenharia Rural que de alguma forma contribuíram para melhorar este trabalho e minha formação acadêmica.

Ao colega **André Satoshi Seki** pela confiança em mim depositada, a qual possibilitou a realização deste trabalho.

Ao supervisor do setor de produção vegetal da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção **Mario de Oliveira Munhoz** pelo auxílio na disponibilização de máquinas e equipamentos durante a execução do trabalho no campo, sem os quais seria impossível a realização do experimento além de todo o conhecimento técnico adquirido ao longo dos anos que nos foi transmitido.

Ao então residente de máquinas Ronaldo Matheus Vieira Júnior pela ajuda prestada.

Aos demais funcionários da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção: Acássio Tavares Filho, Ademir Pereira, Anselmo Ribeiro, Antônio Rodrigues, Aparecido Bessa

Ramon, Carlos Humberto Barbosa, Clóvis Aparecido Pires, Dirceu Ferreira de Jesus, Elisabete Martins de Almeida, Flavio César Galhardo, José Baptista da Silva, Josias Florêncio, Jesus Frade Pontes, Luciano Alves, Milton Prudente e Pedro Damaceno Alho pela colaboração na realização do trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: Ailton de Lima Lucas, Dejair Martiniano Ribeiro, Emanuel Rangel Spadim, Gilberto Winckler, Gisele Aparecida Lúcio, Maury Torres da Silva, Rita de Cássia Miranda Gomes e Silvio Sabatini Simonetti Scolastici pela ajuda prestada durante o curso.

A todas as funcionarias da seção de Pós-Graduação pela atenção e orientação em todos os atendimentos durante o curso.

Ao amigo Ângelo Miguel Wogel pela amizade, convivência e incentivo durante a realização desse trabalho.

Aos estagiários que auxiliaram nas atividades de campo: Caio Duarte Andrade Moreira, Luis Otávio Oliveira Borsoni e Humberto Barbieri Mota.

Aos demais colegas de pós-graduação Alisson Augusto Barbieri Mota, Ana Cristina Ensinas de Oliva, Fabrício Campos Masiero, Indiamara Marasca, Leandro Augusto Felix Tavares.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS	XII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 Cultura do milho	7
4.2 Milho Bt (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	9
4.3 Sistemas de manejo de solo.....	11
4.4 Balanço energético de sistemas de produção	19
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Material	22
5.1.1 Campo experimental.....	22
5.1.2 Tipo de solo	22
5.1.3 Máquinas e implementos	23
5.1.4 Agrotóxicos	24
5.1.5 Sementes	25
5.1.6 Fertilizantes	25
5.1.7 Determinação do teor de água do solo	25
5.1.8 Determinação da densidade do solo	26
5.1.9 Determinação do consumo de combustível.....	26
5.1.10 Determinação da patinagem dos rodados.....	26

5.1.11	Determinação da força de tração	26
5.1.12	Sistema eletrônico de aquisição de dados	26
5.1.13	Determinação da profundidade de semeadura.....	27
5.1.14	Determinação da altura de plantas e altura de inserção de espigas	27
5.1.15	Determinação do diâmetro do colmo e de espigas	27
5.1.16	Determinação do comprimento de espigas	27
5.1.17	Determinação da produtividade.....	27
5.1.18	Medida da precipitação pluviométrica.....	27
5.2	Métodos.....	28
5.2.1	Descrição dos tratamentos e do experimento	28
5.2.2	Semeadura	29
5.2.3	Aplicação de agrotóxicos e fertilizantes	29
5.2.4	Determinação do teor de água do solo.....	29
5.2.5	Determinação da densidade do solo	30
5.2.6	Determinação da velocidade média de deslocamento do trator	30
5.2.7	Determinação da capacidade de campo efetiva.....	31
5.2.8	Determinação do consumo horário de combustível.....	31
5.2.9	Determinação do consumo operacional de combustível.....	32
5.2.10	Determinação da patinagem dos rodados do trator	32
5.2.11	Força média na barra de tração.....	33
5.2.12	Força máxima na barra de tração.....	33
5.2.13	Determinação da porcentagem de germinação das sementes.....	34
5.2.14	Determinação da profundidade de semeadura.....	34
5.2.15	Determinação da população inicial e final de plantas.....	34
5.2.16	Determinação do índice de sobrevivência das plantas.....	34

5.2.17	Determinação da altura de plantas e inserção de espigas	35
5.2.18	Determinação do diâmetro do colmo	35
5.2.19	Comprimento e diâmetro de espigas.....	35
5.2.20	Número de fileiras de grãos	35
5.2.21	Determinação da massa de mil grãos.....	36
5.2.22	Produtividade de grãos.....	36
5.2.23	Determinação do balanço energético	36
5.2.24	Análise estatística dos dados	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1	Teor de água no solo	41
6.2	Densidade do solo antes do preparo e após a colheita nos diferentes preparos.	41
6.3	Patinagem dos rodados do trator	45
6.4	Velocidade de trabalho.....	46
6.5	Capacidade de campo efetiva	46
6.6	Consumo horário e operacional de combustível dos conjuntos	46
6.7	Força média e força máxima na barra de tração	47
6.8	Profundidade de semeadura.....	47
6.9	Índice de sobrevivência de plantas	48
6.10	População inicial e população final de plantas.....	49
6.11	Altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga	51
6.12	Diâmetro do colmo	52
6.13	Comprimento de espigas	53
6.14	Diâmetro de espigas.....	54
6.15	Número de fileiras de grãos por espiga.....	54
6.16	Massa de mil grãos	55

6.17	Produtividade de grãos.....	56
6.18	Balanço energético nos diferentes sistemas de cultivo	57
6.19	Considerações finais	64
7	CONCLUSÕES	65
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Coeficientes energéticos utilizados nos cálculos.	39
2. Teor de água (%) do solo no momento dos preparos e da realização da coleta dos torrões para determinação da densidade antes dos preparos e após a colheita.	41
3. Densidade do solo (g.cm^{-3}) antes do preparo e depois da colheita para o cultivo mínimo nas diferentes profundidades.	42
4. Densidade do solo (g.cm^{-3}) antes do preparo e depois da colheita para o preparo convencional nas diferentes profundidades.....	43
5. Densidades do solo (g.cm^{-3}) nas diferentes profundidades no plantio direto antes do preparo do solo e depois da colheita.	43
6. Comparação das densidades entre os preparos nas diferentes profundidades antes do preparo e após a colheita.	44
7. Patinagem dos rodados do trator com os diferentes conjuntos para preparo do solo.	45
8. Velocidade de trabalho, capacidade de campo efetiva, consumo horário de combustível, consumo operacional de combustível dos conjuntos de preparo de solo.....	46
9. Força média (f_m) e força máxima ($f_{m\acute{a}x}$) na barra de tração.....	47
10. Profundidade de semeadura nos diferentes preparos de solo.	48
11. Índice de sobrevivência de plantas nos diferentes preparos de solo e diferentes híbridos.	49
12. População inicial e população final nos diferentes preparos de solo.....	50
13. Altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga.	52
14. Diâmetro do colmo nos diferentes híbridos.	53
15. Comprimento de espigas nos diferentes preparos de solo e diferentes híbridos.	53

16. Interação entre preparos de solo e híbridos de milho no diâmetro de espigas.	54
17. Número médio de fileiras de grãos por espiga nos diferentes híbridos.	55
18. Massa de mil grãos nos diferentes preparos de solo.	55
19. Produtividade de milho nos diferentes preparos de solo.	57
20. Entrada de energia no sistema de plantio direto com milho transgênico.	58
21. Entrada de energia no sistema de plantio direto com milho não transgênico.	59
22. Entrada de energia no sistema de cultivo mínimo com milho transgênico.	59
23. Entradas de energia no sistema de cultivo mínimo com milho não transgênico.	60
24. Entradas de energia no sistema convencional com milho transgênico.	60
25. Entradas de energia no sistema convencional com milho não transgênico.	61
26. Saídas de energia dos sistemas de produção.	61
27. Balanço energético dos sistemas de produção.	62
28. Eficiência energética dos sistemas de produção.	62

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema da disposição dos tratamentos no campo.....	28
2. Distribuição da precipitação pluviométrica.	40

1 RESUMO

Os diferentes tipos de preparo de solo para a implantação de culturas devem oferecer condições favoráveis para a semeadura, emergência e desenvolvimento das plantas, porém, apresentam diferenças em relação ao consumo de combustível das máquinas e na compactação do solo, além de poderem interferir nas características agronômicas e na produtividade das culturas instaladas. Diferentes sistemas de produção têm diferentes demandas por energia dependendo do tempo de uso de máquinas e implementos, consumo de combustível, herbicidas e inseticidas. As culturas modificadas geneticamente, seja para resistência a pragas ou herbicidas, geralmente, requerem menor quantidade de energia, devido à redução no número de aplicações de agrotóxicos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes preparos de solo quanto a produtividade de grãos e algumas características das plantas da cultura do milho transgênico e de seu isogênico não transgênico, além da demanda energética exigida por diferentes sistemas de produção. O estudo foi conduzido na safra agrícola 2009/2010 na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu, SP, em área cultivada com plantio direto há 11 anos. O delineamento utilizado foi o fatorial 3x2, constituído por três métodos de preparo de solo e dois híbridos de milho, transgênico e não transgênico, totalizando seis tratamentos cada um com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e as médias estatisticamente diferentes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos mostram que, quanto ao tipo de preparo de solo, o

sistema de plantio direto e o cultivo mínimo foram os que resultaram em maior produtividade diferindo estatisticamente da produtividade obtida no sistema convencional. Em relação aos híbridos, a produtividade não apresentou diferença estatística significativa. Os sistemas de preparo de solo e os diferentes híbridos não interferiram na maioria das demais características analisadas. A maior eficiência energética e a menor demanda energética foram obtidas no sistema de plantio direto com o milho transgênico. A menor eficiência energética foi obtida no preparo convencional com híbrido transgênico. O sistema que mais demandou energia foi o plantio convencional com milho não transgênico.

EFFECT OF SOIL MANAGEMENT IN ENERGY AND AGRONOMICS PARAMETERS OF TRANSGENIC AND NON-TRANSGENIC MAIZE HYBRIDS. Botucatu, 2011. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: NEILOR BUGONI RIQUETTI

Adviser: SÉRGIO HUGO BENEZ

Co-adviser: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

2 SUMMARY

The different types of soil tillage for crop implementation should offer favorable conditions for sowing, emergence and development of plants, however, differ in relation to fuel consumption of machinery and soil compaction, and may also interfere with the agronomic characteristics and crop productivity installed. Different production systems have different demands for energy depending on time of use of machinery and implements, fuel, herbicides and insecticides. The genetically modified crops, either for resistance to pests or herbicides generally require less energy due to the reduction in the number of agrochemicals applications. This study aimed to evaluate the effects of different soil tillage systems on grain yield and some characteristics of crop plants of transgenic maize and its isogenic non-transgenic, as well energy demands required by different production systems. The study was performed in the 2009/2010 agricultural season in the College of Agronomic Sciences - UNESP, located in Botucatu, SP, in area cultivated with no-tillage for 11 years. The design was 3x2 factorial, consisting of three methods of tillage and two corn hybrids, transgenic and non-transgenic, with six treatments each with four replications. The obtained data were submitted to analysis of variance at 5% probability and statistically different averages were compared by Tukey test at 5% probability. The obtained results show that, the type of tillage, the no-tillage and the minimum tillage were those that resulted in higher productivity differing statistically of the productivity obtained in the conventional system. Regarding hybrids, productivity showed no statistically significant difference. The systems of

tillage and the different hybrids did not interfere in most other characteristics analyzed. The greater energy efficiency and the lower energy demand were obtained in no-tillage system with the transgenic corn. The system that demanded more energy was planting conventional with non-transgenic corn.

Keywords: No-till, minimum tillage, conventional tillage.

3 INTRODUÇÃO

A degradação acelerada dos recursos naturais e o alto custo energético dos sistemas de preparo de solo convencionais fizeram com que fossem adotados métodos conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo.

No Sistema de Plantio Direto (SPD) não são necessárias as operações de preparo do solo, havendo uma economia de energia e uma manutenção do resíduo vegetal presente na superfície do solo, muito importante para a diminuição da erosão, manutenção da temperatura e umidade do solo e preservação da micro e meso fauna, importantes para a decomposição desses resíduos presentes, acelerando o reciclagem de nutrientes ou até mesmo na construção de galerias no solo que facilitam a aeração e infiltração de água.

Não havendo a mobilização periódica do solo e somando-se a isso o tráfego das máquinas usadas na semeadura, tratos culturais e colheita, pode ocorrer a formação de camadas compactadas, afetando negativamente o desenvolvimento radicular, acarretando em redução na produtividade, principalmente em períodos com pouca umidade do solo.

Quando a compactação for impeditiva para o crescimento das raízes ou afetar a produção, há a necessidade de romper essas camadas. Esse rompimento é realizado por implementos conhecidos como escarificadores ou subsoladores, dependendo da profundidade em que é realizada a descompactação. Se não for utilizado outro implemento de mobilização do solo antes da semeadura, tal prática é conhecida como cultivo mínimo, que

permite uma manutenção da cobertura vegetal maior do que o sistema convencional de preparo e menor mobilização superficial.

Como esse sistema de preparo realiza a mobilização a grandes profundidades e certamente em um solo com elevada resistência ao rompimento, requer um alto consumo de combustível e potência para sua execução, elevando assim a demanda energética do sistema, fazendo com que haja uma busca por sistemas e técnicas de cultivo que reduzam o custo de produção, desde a semeadura até a colheita, e elevem a produtividade da cultura.

A transgenia está sendo utilizada nas atividades agrícolas com o objetivo de tornar as espécies cultivadas mais resistentes a fatores adversos como seca, pragas e doenças, reduzindo as perdas ocasionadas por estes fatores, elevando assim sua produtividade.

No sistema de produção da cultura do milho, a obtenção de altas produtividades está diretamente relacionada ao manejo de pragas, principalmente a lagarta do cartucho. Esta cultura está entre as principais espécies modificadas geneticamente. Nela são introduzidos genes específicos de uma bactéria chamada *Bacillus thuringiensis*, já usada no controle biológico de pragas, que leva a planta a produzir proteínas tóxicas a determinadas ordens de insetos considerados pragas, entre eles a *Spodoptera frugiperda*, principal praga da cultura do milho, diminuindo o número de pulverizações necessárias para o controle da praga tendo como consequência uma menor demanda de energia para o cultivo do milho.

Tendo em vista o acima exposto este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de três sistemas de preparo de solo na produtividade da cultura milho e sua demanda energética com híbridos transgênico e não transgênico.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cultura do milho

O milho é uma gramínea anual, classificada no grupo das C4, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. O grão é um alimento altamente energético, pois seu principal componente é o amido. O teor de proteína normalmente encontrado no grão varia de 9 a 11% (SILVA, 2001).

Em função do seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana ou animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A cultura do milho é importante para o Brasil, que ocupa a posição de terceiro maior produtor mundial, sendo cultivado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. O grão pode ser destinado ao consumo animal direto, consumo humano direto, indústria de rações e alimentos como amidos, fubás, farinhas, etc., (MAPA, 2011).

Através da seleção de cultivares e adequados métodos de produção, o milho é cultivado em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e Rússia) e 40° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes. Encontra-se cultivado

em localidades situadas abaixo do nível do mar e altitudes de até 3.600 metros, nos Andes peruanos (FANCELLI, 1993).

O Brasil e a Argentina respondem por mais de 98% do total de milho produzido no MERCOSUL, sendo somente o Brasil responsável por aproximadamente 72% do total produzido nesse bloco comercial, com lavouras instaladas em praticamente todo território nacional (BISSOTO, 2001).

A produtividade média nacional de milho saiu de 1632 kg.ha⁻¹ na safra de 1976/77 para mais de 4000 kg.ha⁻¹ na safra 2010/11. A área total com o cultivo do milho na safra 1976/77 era de 11797 mil ha, a qual passou para aproximadamente 12.967 mil ha na safra 2009/10. A produção nacional total para a safra 2010/11, segundo as estimativas da CONAB de abril de 2011, é de 33,87 milhões de toneladas na safra de verão e de 21,84 milhões de toneladas na segunda safra, também chamada de safrinha. A estimativa da produtividade média da primeira e segunda safra 2010/11 é de 4354 kg.ha⁻¹ e 3946 kg.ha⁻¹ respectivamente. A estimativa da área a ser cultivada com milho na primeira safra 2010/11, deve ficar em torno de 7.779,5 mil ha. A área total cultivada com milho, resultante da soma das áreas da primeira e da segunda safra deve alcançar 13.288,9 mil ha (CONAB, 2011).

Segundo Cruz et. al (2009), os níveis de produtividades próximos a 4000 kg.ha⁻¹ são considerados baixos, não refletindo o bom nível tecnológico já atingido por parte dos produtores brasileiros voltados para lavouras comerciais. Os principais fatores, por ele considerados, para a baixa produtividade no Brasil se devem à baixa densidade de plantio, implantação da cultura fora da época recomendada, uso de cultivares com baixa adaptação à região e/ou sistema de produção adotado, à correção e adubação do solo empírica e baixo uso de fertilizantes, especialmente a adubação nitrogenada em cobertura. O mesmo autor afirma que a produção de milho no Brasil apresenta uma grande dualidade, de um lado uma grande quantidade de pequenos produtores que não se preocupam com a produção comercial e não se preocupam em obter elevadas produtividades e do outro lado, uma pequena parcela de grandes produtores com altos índices de produtividade, usando mais terra, mais capital e mais tecnologia na produção.

No sistema de plantio direto, o cultivo de milho é muito importante, em função da grande quantidade de palha deixada na superfície, a qual permite a cobertura plena do solo durante todo o ano, o que melhora as características do solo quanto à infiltração

de água e diminui desagregação do solo causada pelo impacto das gotas das chuvas de alta intensidade.

Essa elevada quantidade de palhada contribui para a manutenção e, em situações especiais, para o incremento da matéria orgânica do solo, importante no condicionamento do potencial produtivo e no prolongamento da vida útil do solo, bem como promove a ampliação da capacidade de troca de cátions (FANCELLI, 1993).

4.2 Milho Bt (*Bacillus thuringiensis*)

Nas lavouras de milho, as perdas causadas por pragas constituem fator limitante para se obter altas produtividades. A lagarta do cartucho é a principal praga da cultura do milho no Brasil, causando severos prejuízos. O ataque na planta ocorre desde a sua emergência até o pendoamento e/ou espigamento, sendo o período crítico no florescimento. As perdas devido ao ataque da lagarta podem reduzir a produção de grãos em até 30% (PURCINO et al., 2009). O mesmo autor afirma que híbridos com a tecnologia Bt podem reduzir as perdas causadas por essa praga, aumentando em 15 a 20% a produtividade. Além da redução das perdas diretas causadas pelos danos das lagartas na espiga, que podem atingir até 30%, outras vantagens do uso do milho Bt incluem a comodidade para o produtor e a redução da aplicação de agrotóxicos, permitindo a oferta de alimentos mais saudáveis para os seres humanos e criações.

O milho geneticamente modificado com o gene Bt expressa em seus tecidos uma toxina (proteína) que tem atividade, principalmente, sobre as lagartas. *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) é uma bactéria que produz a d-endotoxina, que acumula e forma cristais no interior da larva. Essa toxina tem ação específica para larvas de insetos de algumas ordens, como Lepidóptera, Diptera e Coleóptera. As toxinas Bt são sintetizadas como protoxinas, que não possuem atividade tóxica. A toxina só se torna ativa quando ingerida pelo inseto porque, devido às condições alcalinas ($\text{pH} > 8$) do tubo digestivo, ocorre a quebra da proteína, liberando o núcleo ativo. Ressalta-se que essa toxina é inócua a humanos e a vertebrados, que possuem o pH intestinal ácido, em que a proteína é rapidamente degradada (MENDES et al., 2008).

As toxinas apresentam alta especificidade e podem apresentar atividade diferenciada dentro de um mesmo grupo de insetos. O uso de dois ou mais genes que produzam diferentes toxinas em uma mesma cultivar não só contribui para o manejo da resistência, mas também aumenta a eficiência no controle de diferentes insetos considerados praga. A eficiência para algumas espécies é tão elevada que pode dispensar totalmente a aplicação de defensivos, porém dependendo do híbrido e da infestação, pode ser necessário um controle complementar, o qual pode contribuir para a redução da seleção dos biótipos resistentes. Em estudos realizados no estado de Minas Gerais, o milho Bt protegeu a cultura de forma equivalente ao milho não Bt, no qual foram feitas pelo menos três aplicações de inseticidas (CARNEIRO et al., 2009).

Quanto à questão do desenvolvimento de resistência por parte dos insetos às toxinas Bt, existem algumas estratégias recomendadas para conter ou retardar esse evento. Uma delas sugere o uso de híbridos de milho com alta expressão das toxinas (alta dose), de modo que produza toxina suficiente para eliminar insetos parcialmente resistentes; a outra se baseia no uso de parte da área de lavoura com milho Bt (bordaduras ou fileiras intercaladas) plantadas com milho não Bt, os chamados “refúgios”, visando amenizar a pressão de seleção em favor dos indivíduos resistentes às toxinas Bt. Dessa forma, os insetos sensíveis se alimentariam nesses refúgios, permanecendo vivos e reprodutivos na área; tal estratégia baseia-se na diluição da frequência dos alelos de resistência, permitindo, assim, a manutenção da susceptibilidade geral da população (LOGUERCIO; CARNEIRO; CARNEIRO, 2002).

Para o controle da lagarta, em média, são realizadas duas aplicações por ciclo da cultura, porém em alguns casos pode chegar a oito. Com o uso do milho Bt, além da redução dos gastos com aquisição de defensivos, ocorre também a diminuição da quantidade de serviços associados à sua aplicação. Os custos para a aquisição das sementes transgênicas é muito maior do que aqueles para a obtenção de sementes não transgênicas, porém essa diferença de custo é mais do que compensada devido à redução dos custos de aquisição e aplicação de defensivos (DUARTE et al., 2009).

O milho geneticamente modificado expressando as proteínas inseticidas não causa redução nas populações dos principais predadores e parasitóides, quando

comparadas as populações presentes em seus isogênicos não transgênicos (FERNANDES et al., 2009).

Proteínas Bt usadas na agricultura têm sido consideradas relativamente não tóxicas para abelhas e outros insetos que usam o milho como hospedeiro, comparativamente a inseticidas convencionalmente usados, existindo inclusive uma formulação comercial de *Bacillus thuringiensis* para controle da traça-da-cera em favos de mel (CARNEIRO et al., 2009).

4.3 Sistemas de manejo de solo

O preparo convencional consiste no revolvimento das camadas superficiais do solo para propiciar condições favoráveis à germinação, emergência e desenvolvimento das plantas. É realizado através da combinação de aração seguido de gradagens. O arado de discos passou a ser substituído gradativamente pelas grades pesadas em função do maior rendimento operacional destas, ficando o preparo convencional constituído por uma gradagem pesada seguida de duas gradagens leves.

O preparo convencional pode ser dividido em duas etapas. A primeira, chamada de preparo primário, consiste na operação que visa romper o solo e pode ser utilizada também para incorporação de corretivos e fertilizantes ou para descompactação das camadas superficiais. A segunda etapa, chamada de preparo secundário, consiste na operação de destorroamento e de nivelamento da superfície do solo, realizada por grades leves. Se o objetivo do preparo do solo também é o controle de plantas daninhas, a última gradagem niveladora pode ser realizada imediatamente antes do plantio (ALVARENGA et al., 2010).

Os diferentes sistemas de manejo dos solos têm a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas; entretanto, o problema de compactação do solo vem aparecendo sistematicamente na região do Cerrado, onde os sistemas convencionais de manejo do solo promovem a desagregação excessiva da camada arável, o encrostamento superficial e a formação de camadas coesas ou compactadas, denominadas pé-de-grade ou pé-de-arado (FREITAS, 1994; TAVARES FILHO et al., 2001).

O preparo do solo permite o aumento da infiltração de água, de modo a reduzir as perdas de água e sedimentos por erosão a um mínimo tolerável (ALVARENGA et

al., 2008). No entanto, dependendo do solo, do clima, da cultura e de seu manejo, eles podem promover a degradação da qualidade física do solo, com restrições ao crescimento radicular (KLUTE, 1982).

A utilização constante de um mesmo tipo de equipamento, como a grade pesada ou o arado de discos, que trabalha sempre numa mesma profundidade, pode provocar compactação do solo, logo abaixo da camada preparada. Uma das maneiras de minimizar o risco de compactação é alternar anualmente a profundidade de preparo do solo. É importante também atentar para as condições de umidade do terreno por ocasião de seu preparo (ALVARENGA et al., 2008).

A compactação modifica o comprimento, diâmetro e distribuição das raízes de milho no solo (SHIERLAW e ALSTON, 1984), que por sua vez pode interferir no crescimento e na taxa de absorção de nutrientes (BARBER et al., 1988) e água pela raiz (KUCHENBUCH e BARBER, 1987).

Os sistemas conservacionistas de manejo do solo mostraram-se mais eficazes do que o preparo convencional na redução das perdas de solo e água, em relação ao solo sem cultivo; em relação ao preparo convencional, a semeadura direta foi mais eficaz do que o cultivo mínimo na redução das perdas de solo e água; as perdas de solo foram mais influenciadas do que as perdas de água pelos sistemas de manejo do solo. A perda de nitrogênio no sedimento da enxurrada foi cerca de nove vezes maior no preparo de solo convencional do que nos preparos conservacionistas, (GUADAGNIN et al., 2005).

Para Silveira e Stone (2003), o sistema de preparo de solo com arado de aivecas proporcionou maior produtividade das culturas de soja e milho quando comparados com sistema de plantio direto.

As plantas de milho apresentam um crescimento inicial mais rápido quando cultivadas no sistema convencional de preparo de que em sistema de plantio direto, devido à liberação mais rápida do nitrogênio proveniente da matéria orgânica e ao maior desenvolvimento radicular. O sistema de plantio direto e o preparo convencional não diferiram estatisticamente quanto ao armazenamento e a disponibilidade de água às plantas de milho, em dois anos consecutivos de cultivo em um Argissolo Vermelho (PETRY et al. 2007).

Plantas de milho cultivadas no sistema convencional de preparo de solo apresentaram altura menor do que a altura das plantas cultivadas sob o sistema de plantio

direto. No mesmo trabalho, a densidade do solo no momento da semeadura não teve relação com a altura das plantas e o melhor desenvolvimento inicial das plantas de milho ocorreu nos solos menos mobilizados. O mesmo comportamento foi observado com relação ao diâmetro das plantas, (BENEZ 1980).

O sistema de preparo convencional (aração com arado de discos, na profundidade de até 0,2 m, e duas gradagens, sendo uma com grade niveladora e outra com grade de dentes), assim como o sistema de semeadura direta (revolvimento do solo apenas na linha de semeadura), aumentaram a densidade do solo em todas as camadas (0,05 – 0,10; 0,10 – 0,15 e 0,15 – 0,20 m), quando comparado com solo de mata nativa (COSTA et al., 2003).

O preparo convencional afeta a ecologia dos fungos micorrízicos e a sua associação com as plantas, diminuindo a população, a biomassa e a atividade microbiana na camada superficial nesse tipo de sistema quando comparado com o SPD (CATELLAN, 1993).

O sistema de cultivo mínimo é fundamentado no uso do escarificador ou subsolador, o qual possibilita uma baixa movimentação do solo, permanência de pelo menos 30% da superfície coberta por resíduos, aumento na infiltração de água no solo, diminui os riscos de erosão, não forma a compactação subsuperficial e pode ser empregado como técnica auxiliar na descompactação do solo sob plantio direto. Embora não apresenta a mesma eficiência do plantio direto, tem se mostrado mais adequado que o sistema convencional, sob o ponto de vista conservacionista (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O principal objetivo do cultivo mínimo é a mínima manipulação do solo para uma satisfatória semeadura ou plantio, germinação, lotação, crescimento e produção de uma cultura. As mais freqüentes tentativas neste campo tem sido eliminar ou reduzir a severidade de algumas operações, assim como diminuir o tráfego do trator no solo cultivado (BENEZ, 1972; PERTICARRARI & IDE, 1988).

O cultivo mínimo do solo com escarificador equipado com cilindro destorroador mantém níveis significativamente mais elevados de cobertura vegetal morta na superfície do solo, quando comparado com o mesmo equipamento sem o destorroador, seguido por uma gradagem leve (BOLLER; FAVORETTO, 1998).

Para Silva (2004), o preparo reduzido, pela permanência de considerável quantidade de palha na superfície após a mobilização do solo, reduz o impacto

das gotas de chuva, aumenta a infiltração de água e diminui a formação do selamento superficial, mantendo, portanto, uma superfície menos adensada quando comparada às outras duas modalidades de preparo.

As hastes dos escarificadores mobilizam o solo através do rompimento do solo por propagação tridimensional (para frente, para os lados e para cima) das trincas, ou seja, o solo não é cortado como na aração ou gradagem e sim rompido nas suas linhas de fraturas naturais através das interfaces dos seus agregados (LANÇAS, 2002), o que aumenta a demanda de potência na barra de tração e com isso eleva o consumo de combustível nessa operação.

A escarificação de uma área cultivada há sete anos no SPD aumentou o rendimento de grãos da cultura do milho em 38% em Latossolo Vermelho distroférico típico argiloso (SECCO et al., 2009).

A operação de subsolagem/escarificação requer alto consumo energético. A diminuição da profundidade ou não realização da subsolagem diminui significativamente os custos de preparo, porém o prejuízo devido à queda de produtividade pode ser maior do que os gastos com combustível, caso não seja feita uma subsolagem adequada (LANÇAS, 1988).

Em um experimento realizado com simulador de chuvas Gilles et al. (2009), constataram que os métodos de preparo do solo usados na implantação da cultura do milho influenciam o crescimento da cultura e as perdas pela erosão. O milho cresceu mais no solo onde o preparo foi realizado por um escarificador, o qual também foi eficiente no controle da perda de água, de matéria orgânica e de nutrientes pela erosão, ficando a semeadura direta como a mais eficiente no controle da perda de solo.

No mesmo estudo os autores observaram que a densidade do solo encontrada em áreas onde o preparo do solo foi feito com escarificador possuía valores menores do que aqueles em áreas com semeadura direta.

Para Mahl et al. (2008), o preparo do solo com escarificador não alterou a produtividade do milho quando comparado com o SPD em um Nitossolo Vermelho, indicando que a maior resistência do solo à penetração no SPD não impediu o crescimento das raízes.

Antes de ser feita a opção pelo uso de subsolador deve ser considerado o fato de que é uma operação de alto consumo energético, provavelmente a maior entre as operações agrícolas, portanto somente devem ser mobilizados os solos que realmente necessitam desse trabalho, devendo ser feito um levantamento preciso quanto à profundidade da camada compactada, da resistência do solo à penetração e teor de água, para que seja tomada a decisão correta (LANÇAS, 2002).

Fernandes et al. (2008), comparando o preparo convencional (aração, gradagem e semeadura com semeadora convencional), cultivo mínimo (dessecação, escarificação e semeadura com semeadora convencional), preparo reduzido (dessecação, grade de disco leve com 50% de abertura do ângulo de travamento e semeadura com semeadora convencional) e plantio direto (dessecação e semeadura com semeadora para plantio direto), encontraram que no preparo reduzido do solo o consumo de combustível foi menor que o sistema convencional e maior que o plantio direto, assim como a demanda energética.

Santos et al. (2007), avaliando a demanda energética em quatro sistemas de preparo de solo: plantio direto; preparo de solo com subsolador no inverno e semeadura direta no verão; preparo convencional de solo com arado de discos no inverno e semeadura direta no verão e preparo convencional de solo com arado de aivecas no inverno e semeadura direta no verão, observaram que o plantio direto foi o sistema de manejo de solo mais eficiente energeticamente, em relação aos demais sistemas de manejo de solo.

Furlani et al. (2004) constatou que o consumo de combustível no preparo do solo com escarificador e a demanda energética foram maiores do que no sistema convencional e semeadura direta, sendo que com a capacidade operacional o resultado foi inverso.

A demanda energética da subsolagem e escarificação em solo sob plantio direto é proporcional à profundidade de trabalho, sendo que quanto maior a profundidade de trabalho, maior será a demanda energética. Os efeitos da subsolagem e escarificação persistem após a colheita das culturas, mantendo a densidade do solo menor do que a densidade encontrada antes da realização da subsolagem ou da escarificação (SEKI, 2010).

O sistema de plantio direto foi introduzido no Brasil no início da década de 70. O seu principal objetivo, como um método alternativo ao sistema convencional

de preparo de solo, era de controlar a erosão nas lavouras cultivadas com a sucessão de culturas de trigo e de soja, na região sul do país. As primeiras informações técnicas sobre o plantio direto, geradas pela pesquisa, relatam sua alta eficiência no controle da erosão. Esse aspecto conservacionista por si só não sustentava a sua adoção (DENARDIN; KOCHHANN, 1993). Segundo os mesmos autores, a falta de informações técnicas no campo fazia com que o sistema fosse abandonado após três a quatro anos após sua implantação. A partir da década de 80 passou a ser tratado como um sistema de exploração agropecuário que envolve a diversificação de espécies, através da rotação de culturas e mobilização do solo apenas na linha de semeadura mantendo os resíduos vegetais na superfície do solo, obtendo dessa forma maior adesão por parte dos produtores.

O sistema de plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista que permite manter a cobertura permanente sobre o solo, composta por plantas em crescimento ou por restos vegetais. Existem três pré-requisitos que tornam possível o plantio direto: deve ser precedido de uma experimentação específica na região para verificar a adequação do solo da região e a probabilidade de ataque por doenças e pragas, disponibilidade de semeadoras apropriadas para o corte da massa vegetal presente na superfície do solo e existência no mercado local de herbicidas eficazes sobre um largo espectro de plantas daninhas e de baixo custo (DERPSCH, 1991).

A presença de material vegetal na superfície facilita o desenvolvimento da meso fauna ali presente, podendo haver aumento de até 8 vezes na população de artrópodes no plantio direto quando comparado com o plantio convencional. Tal fato deve-se principalmente ao descanso do solo e condições de temperatura e umidade mais equilibradas, (DERPSCH, 1991).

O Sistema de Plantio Direto proporcionou menor número de dias para florescimento, maiores populações de plantas, maior diâmetro de colmo, maior altura de plantas, maior altura de inserção da primeira espiga, maior número de espigas por hectare, maior índice de espigas de milho e maior produtividade, (POSSAMAI et al., 2001). Já Petry et al. (2007), afirmaram que as plantas de milho cultivadas sob SPD apresentaram, em média, atraso de quatro dias na emissão de folhas novas, em relação àquelas cultivadas no sistema convencional.

Lange (2002) afirma que os três pré-requisitos fundamentais para a implantação do SPD são: o não revolvimento do solo durante a semeadura, a utilização de plantas de cobertura para proteger o solo e melhorar sua fertilidade e a adoção de um sistema de rotação de culturas. O combate às invasoras é feito por meio de herbicidas, deixando, conseqüentemente, uma camada de resíduos vegetais na superfície do solo.

O plantio direto propicia produtividades crescentes ao longo do tempo, em relação ao preparo com grade, ultrapassando as produtividades obtidas com esse preparo, após quatro anos de cultivo. Isto se deve, provavelmente, à melhoria com o passar do tempo nas condições físicas do solo sob plantio direto (SILVEIRA e STONE, 2003).

Para Costa et al. (2003), o aumento da densidade em superfície pode ocorrer devido ao trânsito de máquinas e, ou, ao adensamento natural, porém sua diminuição em subsuperfície indica uma melhoria na qualidade física do solo decorrente possivelmente da atividade da fauna e de raízes, as quais atuam na formação de canais.

O uso sucessivo de tratores, máquinas e implementos sobre as áreas cultivadas, durante o ciclo da cultura, provoca a diminuição dos poros do solo e aumento da densidade. O peso agindo sobre a superfície do solo, dá origem a uma força externa que causa uma reorganização das partículas do solo, que passam a ocupar menor volume, caracterizando o fenômeno da compactação, que pode diminuir a produtividade das culturas devido à alterações na infiltração, drenagem e disponibilidade de água, bem como aeração e volume de solo explorado pelas raízes, interferindo na disponibilidade e translocação de nutrientes, (DURUOHA, 2000).

Segundo Lange (2002), o aumento da densidade do solo ocorre nos primeiros quatro a seis anos após a adoção do SPD. Neste período há pouco acúmulo de palhada e carbono orgânico na subsuperfície, provenientes do sistema radicular das culturas que permanecem no solo. Com o decorrer do tempo e conforme novas culturas são implantadas no SPD, há uma tendência de diminuição do problema.

Para Derpsch (1991), as maiores densidades de solo no sistema de plantio direto situam-se na camada de 0 a 0,2 m, chegando a no máximo $1,27 \text{ g.cm}^{-3}$ na região de Londrina em Latossolo Roxo. O mesmo autor afirma que com densidades inferiores a $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$ não há probabilidade de ocorrer problemas no desenvolvimento radicular. Somente

com densidades superiores a $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$ é possível haver dificuldades de crescimento das raízes.

Para Tormena et al. (2002), em um solo sob condições mais úmidas, os valores de resistência à penetração foram considerados não impeditivos ao desenvolvimento radicular para os sistemas convencional e de cultivo mínimo, e pouco impeditivos para o SPD. No entanto, com a diminuição do teor de água no solo os valores de resistência podem atingir níveis altamente impeditivos, especialmente sob plantio direto.

A compactação do solo devido ao tráfego do trator concentra-se principalmente na camada superficial 0 a 0,2 m. A primeira passada é a que mais provoca compactação, tendo em vista que o efeito das passadas subsequentes é menor (CUNHA; CASCÃO; REIS, 2009).

Em estudo mais recente Gilles et al. (2009) concluíram que o tráfego de tratores sobre um Latossolo Vermelho de textura média causou maior compactação do solo na camada de 0 a 0,1 m, concordando com Tormena et al. (2002), que encontraram maiores valores de densidade do solo na camada 0,0 - 0,10 m no SPD, assim como os valores de resistência a penetração também foram maiores no SPD.

As maiores densidades do solo e resistência à penetração, em Latossolos cultivados sob sistema plantio direto, ocorreram na camada de 0,07-0,12m (SECCO et al., 2009).

Segundo Ralisch (2007) quando é realizada uma análise em área com compactação, é comum considerar como compactação o que na verdade é a recuperação das características naturais de um solo que é naturalmente denso. Portanto, isso não pode ser chamado de compactação, pois o solo apenas está voltando às características naturais devido ao não revolvimento contínuo.

Devido ao menor número de operações realizadas, no SPD o consumo de combustível é menor do que no preparo convencional e mínimo. Rodrigues (2005), estudando a demanda energética de sistemas de manejo do solo na cultura da soja encontrou os seguintes consumos operacionais de combustível para os diferentes preparos do solo para a semeadura: $21,71 \text{ L.ha}^{-1}$ no SPD (dessecação e semeadura), $30,67 \text{ L.ha}^{-1}$ no preparo reduzido (dessecação seguida do preparo com escarificador) e $64,32 \text{ L.ha}^{-1}$ no sistema convencional (dessecação, gradagem pesada e mais duas gradagens leve). Com relação ao consumo horário

de combustível obteve os seguintes resultados: 22,05 L.h⁻¹ no SPD, 32,12 L.h⁻¹ no preparo reduzido e 73,48 L.h⁻¹ no sistema convencional, evidenciando a menor demanda energética do SPD.

Furlani et al. (2008), avaliando a força e potência na barra de tração na operação de semeadura constatou que a exigência, no SPD, é 53% maior do que no sistema convencional de preparo, devido à maior resistência oferecida pelo solo aos mecanismos sulcadores da máquina. No mesmo trabalho observou que a patinagem dos rodados foi maior no SPD, porém não afetando significativamente a velocidade de deslocamento, com isso não diferenciando a capacidade operacional. O consumo de combustível horário e operacional foi maior no SPD.

Em um estudo com 18 safras no cultivo da soja e quatro safras na cultura do milho, o SPD apresentou um rendimento de 42 e 22% maior em comparação ao método convencional de preparo, indicando que nenhum fator físico está restringindo o desenvolvimento do sistema radicular das culturas no solo sob SPD, após 21 anos sem revolvimento do solo (COSTA et al., 2003).

4.4 Balanço energético de sistemas de produção

Ulbanere (1988) já afirmava no final da década de 80 que a implicação energética, especialmente dos derivados fósseis, que até então, não apresentavam ônus relevante, de um momento para outro, passaram a ter uma participação significativa em algumas operações agrícolas, podendo inviabilizar determinadas atividades agrícolas produtivas. No mesmo estudo concluiu que o óleo diesel e os nutrientes tinham a maior participação nos custos energéticos para a produção de milho no estado de São Paulo, representando aproximadamente 42% e 49% respectivamente do total de energia utilizada no processo de produção de milho, o qual possuía uma eficiência energética (saída de energia dividida pela entrada de energia) de 4,08%.

Freitas et al. (2006) sugere que para reduzir a entrada de energia decorrente do óleo diesel, em ambos os sistemas de produção, se faz necessário a utilização de biodiesel e afirma que quanto às operações, no sistema convencional, a colheita é o item que mais consome energia (24%). Porém agregando-se o conjunto de operações pertinentes ao

preparo do solo (aração, subsolagem e gradagem), a energia gasta nesta etapa da produção de milho assume maior importância, 33%. No plantio direto as etapas que consomem maior quantidade de energia direta são a semeadura e a pulverização.

Campos et. al (2009) estudando a análise energética da produção da soja em plantio direto constatou que o consumo energético com óleo diesel, sementes e herbicidas, representaram 29,43%, 27,50% e 22,26%, respectivamente, do total de energia consumida, evidenciando a grande dependência de energia não sustentável. No sistema estudado, foi verificada eficiência energética de 18,64%, atribuída ao plantio direto.

Os custos energéticos do sistema de plantio direto foram menores que os do sistema convencional em 52,72%. O preparo com cultivo mínimo (grade leve) com 77,52% proporcionou uma economia entre 1.216,51 e 578,39 MJ ha⁻¹ respectivamente, o equivalente a 25,45 e 12,10 L de combustível para cada hectare trabalhado (FERNANDES et al., 2008).

De acordo com Campos e Campos (2004), o balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total e eficiência, refletida pelo ganho líquido e pela relação saída/entrada. Nesse processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia. Mesmo quando não são completamente precisos, os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas. Pela existência de numerosos trabalhos neste sentido em todas as partes do mundo, justificam-se mais estudos. É necessário visar, em uma primeira instância, o levantamento e a publicação de coeficientes energéticos relacionados aos produtos, equipamentos, insumos e instalações característicos brasileiros, de forma semelhante aos trabalhos coordenados por PIMENTEL (1980), que venham a fornecer subsídios para o desenvolvimento de balanços energéticos com melhor nível de precisão.

Duarte et al. (2009), realizaram um comparativo dos retornos financeiros da produção de milho transgênico com milho convencional e concluiu que o milho Bt dá um retorno de R\$ 2,82 para cada real investido contra 2,54 do milho convencional, considerando um aumento de 20 % no custo da semente do milho transgênico e o aumento da produtividade do milho transgênico. Considerando um aumento de 40 % no custo da semente,

o milho Bt da um retorno de R\$ 2,75 contra os mesmo R\$ 2,54. Considerando a mesma produtividade o milho Bt da um retorno de R\$ 2,58 contra R\$ 2,54 do milho convencional.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Campo experimental

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2009/2010, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, na região centro oeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas aproximadas de Latitude 22° 51' S e Longitude 48° 26' W de Greenwich, altitude média de 770 m, clima subtropical chuvoso, apresentando inverno seco, tipo Cfa, de acordo com o critério de Köppen.

No momento da realização dos preparos de solo a quantidade de resíduos vegetais presente na área era de 6.411,2 kg.ha⁻¹ cobrindo 91% da superfície.

5.1.2 Tipo de solo

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et. al. (1983) como Terra Rocha Estruturada, sendo adaptado à classificação da Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho Distroférrico. A área experimental vem sendo cultivada com plantio direto há 11 anos. No momento da realização dos preparos e semeadura a área estava com

baixa quantidade de resíduos vegetais, sendo uma pequena porcentagem desta pertencente à cultura do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) cultivada anteriormente e a maior parte pertencente às plantas daninhas dessecadas.

5.1.3 Máquinas e implementos

Foram utilizados na implantação e condução do experimento as seguintes máquinas e implementos:

Para a dessecação da área para implantação do experimento foi utilizado pulverizador marca Jacto modelo Falcon Vortex com capacidade de 600 L e barra de 14 m equipada com 29 bicos SF 11002, espaçados em 0,5 m com massa total de 730 kg e um trator marca Massey Ferguson modelo 296 4x2 simples com potência de 83,16 kW (110 cv) no motor e massa total de 4463 kg.

Para a realização dos preparos do solo, semeadura e determinação de consumo de combustível, patinagem e força exigida na barra de tração foi utilizado um trator marca John Deere, modelo 6600 com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), com potência de 91,48 kW (121 cv) no motor e massa total de 4053 kg com rotação de 2100 rpm na marcha B1.

Para o acionamento da debulhadora de grãos foi utilizado um trator Massey Ferguson modelo 50X com potência de 37,8 kW (50 cv) no motor e rotação de 1600 rpm.

Para o cultivo mínimo foi utilizado um escarificador, marca Jan, modelo Jumbo Matic JMAD-7, de arrasto, equipado com sete hastes parabólicas espaçadas em 0,4 m, comprimento de 0,43 m, largura de ponteira de 0,08 m, dotadas de sistema de segurança de molas planas e ângulo de 24° com a horizontal e massa total de 1400 kg. À frente de cada haste há um disco de corte de 18 polegadas para o corte da palha presente no solo e na parte traseira, dois rolos destorreadores de ação independente acoplados na parte posterior com barras transversais dispostas em forma helicoidal e com possibilidade de regulagem de pressão sobre o solo. A regulagem utilizada foi a que permitiu uma profundidade de trabalho de aproximadamente 0,20 m.

Para o preparo convencional foi utilizada uma grade aradora intermediária Marchesan modelo GAICR com 20 discos recortados em ambas as seções, espaçados em 0,27 m, 28 polegadas de diâmetro, largura de corte de 2,57 m e massa total de 2272 kg.

A semeadura foi realizada com uma Semeadora-adubadora de precisão marca Semeato modelo PS-6, de arrasto para plantio direto, acionamento por controle remoto com quatro linhas para semeadura de milho, espaçadas em 0,85 m, com disco de corte corrugado de 406 mm de diâmetro colocado a frente de cada linha de semeadura, sulcadores para adubo e sementes tipo discos duplos concêntricos de 331 mm de diâmetro, dosadores de adubo tipo rotor dentado horizontal, dosadores de sementes tipo discos horizontais perfurados, reservatório de adubo com capacidade de 650 kg e de sementes com capacidade de 30 kg para cada linha de semeadura e massa total de 1575 kg. A carga aproximada utilizada foi de aproximadamente 200 kg, somados o adubo e a semente.

A adubação em cobertura foi realizada com trator New Holland modelo TL75E com potencia de 56,7 kW (75cv) no motor e massa total de 3260 kg e um cultivador Marchesan modelo CPD de quatro linhas com massa total de 434 kg.

Para a debulha das espigas de milho foi utilizada uma debulhadora estacionária, marca Nux, modelo SDMN 15/35.

5.1.4 Agrotóxicos

Foram utilizados os seguintes agrotóxicos durante a condução do experimento:

Herbicida Roundup (Glifosate) WG, 720 g.kg⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.) na dose de 2,0 kg ha⁻¹ na dessecação da área experimental para a implantação da cultura.

Herbicida Atrazina Nortox (Atrazine) 500 SC, 500 g.L⁻¹ i.a. na dose de 3,0 L.ha⁻¹. É um herbicida de ação seletiva para ser usado em pré e pós emergência, no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas que infestam a cultura de milho.

Herbicida Sanson (Nicosulfuron) 40 SC, 40 g.L⁻¹ i.a. na dose de 0,4 L ha⁻¹ para o controle de plantas invasoras em pós-emergência da cultura do milho. É um

herbicida de ação sistêmica para a cultura do milho para aplicação em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas.

Inseticida Tracer (Espinosade, 480 g.L⁻¹ i.a.) na dose de 0,06 L ha⁻¹ para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). É indicado para o controle de insetos praga nas culturas de algodão, batata, café, cebola, citros, crisântemo, feijão, melancia, milho, repolho, soja, sorgo e tomate.

Em todas as aplicações realizadas o volume de calda utilizado foi de 200 litros por hectare.

5.1.5 Sementes

As sementes de milho utilizadas para semeadura foram do híbrido 2B604 e de seu isogênico 2B604Hx (Herculex) transgênico. É um híbrido simples modificado de ciclo precoce, aproximadamente 150 dias em regiões com altitude maior que 700 metros em safra normal, ambos pertencente à Dow Agrosience. O híbrido 2B604Hx é modificado geneticamente para resistir ao ataque da lagarta do cartucho, conhecido como milho Bt. No momento da semeadura o poder germinativo era de 91% para o 2B 604 e de 96% para o 2B 604 HX.

5.1.6 Fertilizantes

Na adubação de base foram utilizados 300 kg.ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N, P₂O₅, K₂O) e na adubação em cobertura 200 kg.ha⁻¹ de uréia (45% de Nitrogênio).

5.1.7 Determinação do teor de água do solo

Na coleta de solo para a determinação do teor de água foi utilizado trado de rosca, sacos plásticos, caixa de poliestireno expandido (Isopor), etiquetas de identificação, cápsulas de alumínio, balança digital com precisão de 0,01g e estufa elétrica.

5.1.8 Determinação da densidade do solo

Para a densidade do solo, além de todos os materiais utilizados na determinação do teor de água foi utilizado também um enxadão, parafina e barbante.

5.1.9 Determinação do consumo de combustível

Foi utilizado um fluxômetro, marca “Flowmate”, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 L. Este fluxômetro gera um pulso a cada mililitro (ml) de combustível consumido pelo trator.

5.1.10 Determinação da patinagem dos rodados

Para a determinação da patinagem dos rodados utilizaram-se geradores de pulsos de marca S&E Instrumentos de testes e medições, modelo GIDP-60-U12V, os quais realizam conversão de movimentos rotativos ou deslocamentos lineares em pulsos elétricos, gerando 60 pulsos por volta do rodado do trator. Os geradores de pulso dos rodados foram fixados no centro dos rodados.

5.1.11 Determinação da força de tração

Para a determinação da força de tração na barra foi utilizada uma célula de carga de marca Sodmex, modelo N-400, com capacidade de 100 kN e sensibilidade de 2,16 mV/V.

5.1.12 Sistema eletrônico de aquisição de dados

Para a aquisição e monitoramento dos sinais obtidos pelos sensores instalados nos rodados pneumáticos, no sistema de alimentação de combustível e na barra de tração, foi utilizado um painel com instrumentos eletrônicos indicadores e um indicador de força instantânea tipo “MICRO-P”.

5.1.13 Determinação da profundidade de semeadura

Para determinar a profundidade de deposição das sementes foi utilizada uma régua graduada em “mm” com comprimento de 0,3 m e uma espátula para cavar o solo e facilitar a retirada das plantas.

5.1.14 Determinação da altura de plantas e altura de inserção de espigas

Para determinar a altura das plantas e altura de inserção das espigas foi utilizado uma fita métrica com precisão de 0,001m com três metros de comprimento fixada em um sarrafo de madeira com dimensões de 0,025x0,025x3m.

5.1.15 Determinação do diâmetro do colmo e de espigas

Para determinar o diâmetro do colmo e das espigas foi utilizado um paquímetro digital marca Messen com precisão de 0,01mm.

5.1.16 Determinação do comprimento de espigas

Para determinar o comprimento das espigas utilizou-se uma régua graduada de 0,4m.

5.1.17 Determinação da produtividade

Para determinar a produtividade foi utilizada uma balança marca Marte modelo LC 100, com precisão de 0,1 kg, sacos de ráfia e os grãos das plantas de 5 m de duas linhas centrais das parcelas.

5.1.18 Medida da precipitação pluviométrica

Para a coleta de dados pluviométricos foi utilizado um pluviômetro com precisão de 2,5 mm.

5.2 Métodos

5.2.1 Descrição dos tratamentos e do experimento

Os tratamentos foram compostos por três métodos de manejo do solo; cultivo mínimo (escarificação a 0,20m); preparo convencional (gradagem intermediária) e plantio direto e dois tipos de híbridos de milho, um transgênico e outro não transgênico.

As parcelas possuíam dimensões de 15 m de comprimento e 7,5m de largura, comportando oito linhas de semeadura espaçadas a 0,85m. Entre cada parcela foi deixado um espaço de 10 m, para a realização das manobras necessárias e estabilização do conjunto trator/implemento. A Figura 1 ilustra o delineamento do experimento com os tratamentos.

BLOCO I	CMT	PCT	PDNT		PCT	PDNT	CMNT	BLOCO III
	CMNT	PCNT	PDT		PCNT	PDT	CMT	
BLOCO II	PDT	PDNT	CMNT		PDNT	PCT	CMT	BLOCO IV
	PDNT	PDT	CMT		PDT	PCNT	CMNT	

Figura 1. Esquema da disposição dos tratamentos no campo.

Onde:

CMT: Cultivo mínimo com híbrido transgênico

CMNT: Cultivo mínimo com híbrido não transgênico

PCT: Preparo convencional com híbrido transgênico

PCNT: Preparo convencional com híbrido não transgênico

PDT: Sistema de Plantio Direto com híbrido transgênico

PDNT: Sistema de Plantio Direto com híbrido não transgênico

5.2.2 Semeadura

A semeadura foi realizada no mesmo dia e em duas etapas, sendo uma para o híbrido não transgênico e outra para o transgênico. A quantidade de sementes utilizada para ambos foi de 5,7 plantas por metro, resultando em aproximadamente 67.000 sementes por hectare, conforme recomendação do fabricante.

Como a semeadora-adubadora utilizada foi a mesma para os diferentes preparos de solo, foi necessário a realização de um controle de profundidade para os preparos onde o solo havia sido mobilizado, para não depositar a semente em profundidade elevada.

5.2.3 Aplicação de agrotóxicos e fertilizantes

As aplicações foram realizadas preferencialmente no período da manhã objetivando obter as melhores condições climáticas de umidade e temperatura. A pressão do sistema de pulverização utilizada foi de 40 Psi e a assistência de ar não foi acionada na dessecação, pois a altura das plantas daninhas não ultrapassava 0,1 metros, sendo utilizada somente nas aplicações onde a cultura já havia emergido.

O formulado NPK 8-28-16 foi distribuído no momento da semeadura, depositado abaixo e ao lado das sementes. A uréia foi distribuída continuamente na superfície do solo, ao lado da linha de semeadura.

5.2.4 Determinação do teor de água do solo

Foram realizadas 10 amostras aleatórias na área do experimento em cada profundidade para determinar o teor de água do solo no momento dos preparos e no

momento da coleta dos torrões para a determinação da densidade. As amostras foram colocadas em latas de alumínio em seguida pesadas e levadas para a estufa a 105°C por 24 horas, após as quais foram pesadas as amostras e as latas para a determinação da massa de água contida nas amostras, a qual foi expressa em porcentagem.

5.2.5 Determinação da densidade do solo

A determinação da densidade do solo foi realizada pelo método do torrão parafinado, conforme Embrapa (1979). Foi retirada uma amostra em cada parcela, para cada uma das profundidades 0–0,10, 0,10–0,20, 0,20–0,30 e 0,30–0,40 m. Foi realizada uma amostragem antes da realização dos preparos e outra após a colheita da cultura do milho. Os torrões foram acondicionados em sacos plásticos e levados para o laboratório para análise. A coleta foi realizada por meio de um enxadão, evitando-se a compactação do torrão pelo mesmo. Nas coletas onde havia os preparos com grade e escarificador evitava-se, na medida do possível, a coleta de torrões que não haviam sido fragmentados por ocasião do preparo, pois o mesmo não representaria com fidelidade a densidade real desse solo, mas sim a densidade que o solo apresentava antes do preparo.

5.2.6 Determinação da velocidade média de deslocamento do trator

A velocidade média foi obtida através do tempo, em segundos, gastos para percorrer todo o comprimento total da parcela, de 15m, de acordo com a equação:

$$\text{Vel} = \frac{L}{\Delta t} \cdot 3,6 \quad (1)$$

Onde:

Vel = Velocidade de deslocamento do conjunto trator/implemento (km.h⁻¹)

L = Comprimento da parcela experimental (m)

Δt = Tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

3,6 = Fator de conversão de m.s^{-1} para km.h^{-1}

O início da coleta dos dados era realizado após a estabilização do conjunto, não sendo consideradas as perdas de tempo com manobras.

5.2.7 Determinação da capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi calculada em função dos valores de área útil de parcela e o tempo necessário para percorrê-la, de acordo com a fórmula:

$$\text{CCE} = \frac{\text{Aup}}{\Delta t} \cdot 0,36 \quad (2)$$

Onde:

CCE = Capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1})

Aup = Área útil de parcela trabalhada (m^2)

Δt = Tempo gasto para percorrer a parcela (s)

0,36 = Fator de conversão de $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ para ha.h^{-1}

5.2.8 Determinação do consumo horário de combustível

O consumo horário de combustível foi obtido por meio dos valores de pulsos registrados para percorrer toda a parcela. Cada pulso registrado equivale a um mililitro de combustível consumido pelo trator para realizar determinada operação, sendo determinados pela equação a seguir:

$$\text{CHC} = \frac{\text{Tp}}{\Delta t} \cdot 3,6 \quad (3)$$

Onde:

CHC = consumo horário de combustível (L.h^{-1})

T_p = somatório de pulsos registrados para percorrer a parcela experimental

Δt = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

3,6 = fator de conversão de ml.s^{-1} para L.h^{-1}

5.2.9 Determinação do consumo operacional de combustível

O consumo de combustível por área trabalhada foi obtido através da relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva, de acordo com a equação:

$$\text{COC} = \frac{\text{CHC}}{\text{CCE}} \quad (4)$$

Onde:

COC = Consumo operacional de combustível (L.ha^{-1})

CHC = Consumo horário de combustível (l.h^{-1})

CCE = Capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1})

5.2.10 Determinação da patinagem dos rodados do trator

Para avaliar a patinagem dos rodados do trator, utilizaram-se geradores de pulsos elétricos, os quais eram registrados no painel de aquisição de dados descrito no item 5.1.8 sendo que a cada giro completo da roda geravam 60 pulsos. Os geradores foram fixados com elásticos em hastes horizontais presas nos pára-lamas do trator e conectados ao centro dos eixos dos rodados dianteiros e traseiros.

A patinagem de cada rodado do trator foi determinada pela relação entre o número de pulsos gerados quando o trator operou com carga na barra de tração e o número de pulsos de roda quando operou sem carga na barra de acordo com a equação:

$$\text{Pat} = \frac{\text{NPC} - \text{NPS}}{\text{NPS}} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

Pat = Patinagem das rodas (%)

NPC = Número de pulsos gerados com carga na barra de tração

NPS = Número de pulsos gerados sem carga na barra de tração

5.2.11 Força média na barra de tração

Para determinar a força média na barra de tração utilizou-se uma célula de carga, instalada horizontalmente entre o cabeçalho do implemento e a barra de tração do trator. O equipamento registra a cada segundo de operação o valor da força necessária e no final apresenta os valores somados. Os valores visualizados no painel correspondem à força no segundo um somada com a força no segundo 2 e assim sucessivamente até o último segundo de operação, assim sendo, se fossem gastos 10 segundos para a realização da operação e a força registrada a cada segundo fosse de 200 kN, a somatória final seria de 2000 kN, que dividido pelo tempo total gasto na operação, resulta numa força média de 200 kN, de acordo com a equação:

$$F_m = \frac{F_i}{\Delta t} f_c \quad (6)$$

Onde:

F_m = Força média na barra de tração (kN)

Δt = Tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

F_i = Somatório do total de força instantânea ao longo da parcela (kN.s)

f_c = Fator de correção da célula de carga

5.2.12 Força máxima na barra de tração

A força máxima de tração, ou pico de força, correspondeu ao valor máximo de força de tração, armazenada pelo sistema de aquisição de dados (MICRO-P) durante o deslocamento do conjunto trator/equipamento na parcela experimental, sendo esta expressa em kN.

5.2.13 Determinação da porcentagem de germinação das sementes

O teste de germinação foi realizado com papel toalha umedecido em quatro repetições de 50 sementes de cada híbrido. Os rolos de papel toalha com as sementes foram mantidos em um germinador a 25°C. A contagem das sementes germinadas foi realizada 7 dias após o início do teste, sendo considerada semente viável toda aquela que apresentava emissão de radícula. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem.

5.2.14 Determinação da profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura foi determinada retirando-se todas as plantas de 1 m em três pontos de cada parcela e assim feita a medida da distancia entre a semente presente no mesocótilo e a superfície do solo. Antes de ser arrancada era feita uma marcação nas plantas na região onde estava a superfície do solo, facilitando a mensuração.

5.2.15 Determinação da população inicial e final de plantas

Foi realizada a avaliação da população inicial de plantas de milho, utilizando-se duas linhas de cinco metros de comprimento por parcela, 20 dias após a semeadura. A população final de plantas de milho foi determinada no mesmo local da população inicial, contando-se as plantas existentes nesta mesma área no momento da colheita.

5.2.16 Determinação do índice de sobrevivência das plantas

O cálculo para determinar o índice de sobrevivência foi feito através do número final dividido pelo número inicial de plantas, determinado no estande inicial e final de plantas.

5.2.17 Determinação da altura de plantas e inserção de espigas

A altura das plantas foi determinada com uma régua medindo-se a distância vertical entre o solo e a inserção da folha bandeira. A altura de inserção da primeira espiga foi determinada medindo-se, com a mesma régua, a distância vertical entre o solo e o nó onde estava inserida a base da primeira espiga em 10 plantas consecutivas na mesma linha no interior de cada parcela.

5.2.18 Determinação do diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi determinado aproximadamente a 0,1m acima do solo, sendo medido sempre o maior diâmetro encontrado em todas as plantas. Essas três medições foram tomadas de 10 plantas consecutivas na mesma linha no interior de cada parcela, sendo deixadas três fileiras de cada lado e no mínimo cinco metros no sentido do comprimento da parcela, considerados como bordadura.

5.2.19 Comprimento e diâmetro de espigas

Para determinar o comprimento, as espigas foram colocadas em uma superfície plana e em cada extremidade da espiga foi encostado um pedaço de madeira com dimensões de 0,05 x 0,05 x 0,15 m, sendo assim, a distância entre os dois pedaços de madeira tomada como sendo o comprimento da espiga. O diâmetro das espigas foi determinado com o mesmo paquímetro utilizado para a determinação do diâmetro do colmo.

5.2.20 Número de fileiras de grãos

O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado através de uma simples contagem em dez espigas de cada parcela.

5.2.21 Determinação da massa de mil grãos

A determinação do peso de mil grãos foi realizada através da massa de mil grãos retirados de cada parcela do experimento. A contagem dos grãos foi realizada manualmente.

5.2.22 Produtividade de grãos

Para determinar a produtividade foram colhidas manualmente as espigas de todas as plantas presentes em um espaço de cinco metros das duas linhas centrais de cada parcela. Essas espigas foram debulhadas por uma debulhadora estacionária de grãos, sendo em seguida determinado o peso de cada parcela através de uma balança. Após a pesagem foi tomada uma amostra de cada parcela e levadas ao laboratório para determinação da umidade da massa de grãos. As amostras foram pesadas e colocadas na estufa por 24 horas a 105°C, sendo pesadas novamente para obtenção da produtividade de grãos corrigida para 13% de umidade.

5.2.23 Determinação do balanço energético

O balanço energético foi realizado por meio de entradas e saídas de energia de cada sistema de produção.

Para a determinação dos coeficientes caloríficos das máquinas e implementos fez-se uso da metodologia proposta por Döering et al. apud Comitre (1993) e Bueno (2002) denominada Depreciação Energética que tem como parâmetros o peso das máquinas e dos pneus, depreciando-os durante sua vida útil, restando ao final somente a energia embutida na matéria prima de seu processo de fabricação, motivo pelo qual a energia contida na matéria prima não é considerada no cálculo da energia direta e sim, apenas àquela relativa ao valor adicionado na sua fabricação e as correspondentes ao seu reparo e

manutenção que, segundo Comitre (1993), são estimados em 5% e 12% respectivamente sobre o valor energético.

A depreciação energética (DE) de máquinas e implementos foi calculada segundo Comitre (1993) de acordo com a expressão:

$$DE = \frac{A + B + C + D}{Vu} \quad (7)$$

Onde:

DE = Depreciação energética (MJ.h⁻¹)

A = Produto da massa das máquinas ou implementos pelos coeficientes energéticos

B = 5% do valor de A.

C = Produto da massa de pneus das máquinas ou implementos pelo coeficiente energético

D = 12% do valor de A+B+C

Vu = Vida útil das máquinas e equipamentos

Como resultado dessa expressão obtém-se a depreciação energética das máquinas ou implementos em cada hora. Para calcular a depreciação em cada hectare o resultado obtido foi multiplicado pelo tempo de utilização de cada máquina ou implemento por hectare.

O coeficiente energético utilizado para máquinas foi de 69830,96 MJ.ton⁻¹ e de 57195,28 MJ.ton⁻¹ para implementos (MACEDÔNIO e PICCHIONI, 1985). Para pneus o coeficiente energético utilizado foi de 85829,4 MJ.ton⁻¹, valor esse proposto por Döering e Peart apud Comitre (1993).

A vida útil das máquinas e implementos foi utilizada de acordo com Pacheco (2000) onde a vida útil de um trator é de 10000 horas; grade, cultivador e escarificador 2000 horas e o pulverizador 1200 horas.

A massa total das máquinas, implementos e pneus foi obtida junto aos catálogos dos fabricantes.

Os valores energéticos dos combustíveis empregados na fase agrícola foram os sugeridos por Comitê (1993), cujos valores são: óleo diesel de 38534,64 kJ.L⁻¹, lubrificante de 35940,56 kJ.L⁻¹ e graxa de 39036,72 kJ.kg⁻¹.

O consumo de lubrificantes e graxa foi determinado conforme Balastreire (1990). O consumo de lubrificantes é calculado de acordo com a expressão:

$$Co = 0,00059H + 0,02169 \quad (8)$$

Onde:

Co = Consumo de lubrificante (L.h⁻¹)

H = Potência nominal do motor do trator (kW)

O consumo de graxa fica em torno de 0,5kg a cada 10 horas de serviço do trator.

Para os nutrientes aplicados na produção utilizaram-se os seguintes coeficientes energéticos: Nitrogênio total 62,51 MJ.kg⁻¹, P₂O₅ 9,63 MJ.kg⁻¹ e para o K₂O 9,21 MJ.kg⁻¹ conforme Bueno (2002).

Para os defensivos agrícolas foram utilizados os coeficientes propostos por Pimentel (1980) sendo para os herbicidas 347,88 MJ.kg⁻¹ e para os inseticidas 311,08 MJ.kg⁻¹, considerando que 1 litro possui a massa de 1kg.

Como a colheita do experimento foi realizada manualmente, não foram computados os dispêndios energéticos com essa operação. Também não foram computados os gastos com relação ao transporte dos grãos do campo para o armazém e tampouco os gastos para secagem e beneficiamento dos mesmos.

A energia gasta com mão-de-obra foi calculada de acordo com Campos et. al. (1998), sendo 2196 kJ.hora⁻¹. Para as operações de pulverização, semeadura e cobertura é necessário o uso da mão-de-obra de mais uma pessoa para o abastecimento da

máquina, portanto, nessas operações o tempo total necessário de mão-de-obra foi determinado pelo numero de horas necessário para a realização da operação multiplicado por dois.

Para o cálculo do gasto energético com sementes para a semeadura foi utilizado o coeficiente $33229,12 \text{ kJ.kg}^{-1}$ para o milho híbrido e de $16614,56 \text{ kJ.kg}^{-1}$ de grão de milho colhido (PIMENTEL et al., 1973).

Os valores de coeficiente energético utilizados para o cálculo do balanço energético estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes energéticos utilizados nos cálculos.

Item	Coeficiente	Item	Coeficiente
Máquinas	$69830,96 \text{ MJ.ton}^{-1}$	K ₂ O	$9,21 \text{ MJ.kg}^{-1}$
Implementos	$57195,28 \text{ MJ.ton}^{-1}$	Herbicidas	$347,88 \text{ MJ.kg}^{-1}$
Óleo diesel	$38534,64 \text{ kJ.L}^{-1}$	Inseticidas	$311,08 \text{ MJ.kg}^{-1}$
Lubrificante	$35940,56 \text{ kJ.L}^{-1}$	Mão-de-obra	$2196,6 \text{ kJ.hora}^{-1}$
Graxa	$39036,72 \text{ kJ.L}^{-1}$	Sementes	$33229,12 \text{ kJ x kg}^{-1}$
Nitrogênio total	$62,51 \text{ MJ.kg}^{-1}$	Grãos	$16614,56 \text{ kJ x kg}^{-1}$
P ₂ O ₅	$9,63 \text{ MJ.kg}^{-1}$	Pneus	$85829,4 \text{ MJ.ton}^{-1}$

5.2.24 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de significância e as médias estatisticamente diferentes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação pluviométrica foram coletados a partir do momento da semeadura, 22/12/2009 até o dia 09/05/2010 em toda ocorrência de precipitação. O total acumulado nesse período foi de 968 mm. A precipitação no mês de fevereiro de 2010 representou aproximadamente 46% do total acumulado no ciclo. A Figura 2 mostra a distribuição de chuvas nesse período.

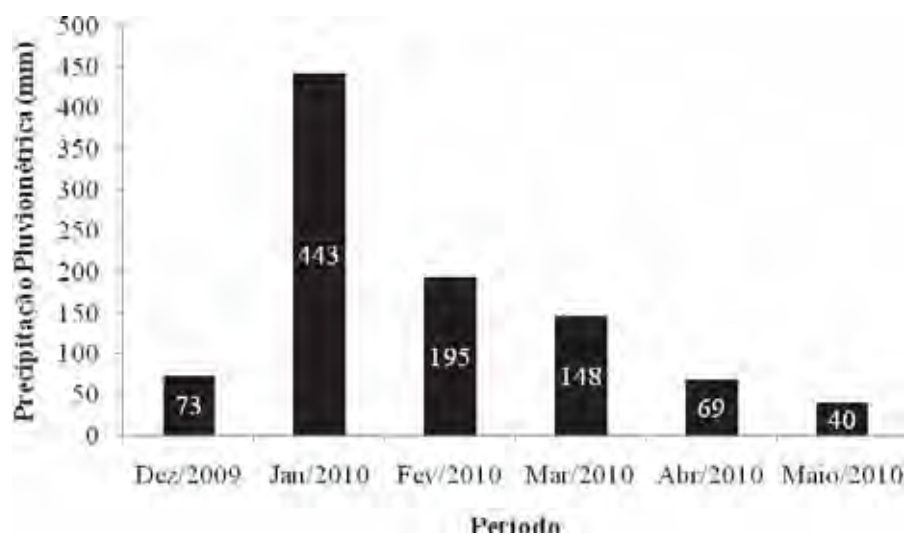


Figura 2. Distribuição da precipitação pluviométrica.

Conforme os dados da precipitação pluviométrica da Figura 2 é possível observar que não houve déficit hídrico durante as fases de desenvolvimento da cultura, mas sim um excesso de chuva, principalmente nos meses de janeiro, fevereiro e março. Considerando que as medidas da precipitação, no mês de dezembro, iniciaram no dia 22, também se tem uma elevada precipitação nesse período.

O controle da lagarta do cartucho foi feito na tentativa de manter a mesma sanidade das plantas, não sendo esperado o nível de controle para ser feita a aplicação de inseticida, evitando-se assim que o ataque da lagarta fosse uma variável determinante na produtividade de grãos, ficando esta por conta dos manejos de solo. As aplicações foram realizadas sempre que eram observadas plantas com sinal de danos característicos da praga em pelo menos uma das parcelas, sendo necessárias duas aplicações de inseticida para o controle da lagarta do cartucho nas parcelas de milho não transgênico.

6.1 Teor de água no solo

Os teores de água do solo antes da realização dos preparos e da coleta dos torrões para a determinação da densidade do solo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teor de água (%) do solo no momento dos preparos e da realização da coleta dos torrões para determinação da densidade antes dos preparos e após a colheita.

Profundidades (cm)	Preparos	Antes do preparo	Após a colheita
0-10	25,5	27,6	24,2
10-20	25,7	29,9	27,1
20-30	30,1	32,6	29,0
30-40	29,7	32,4	30,3

6.2 Densidade do solo antes do preparo e após a colheita nos diferentes preparos.

Após a colheita a densidade do solo na profundidade 0,0 - 0,10m mostrou-se significativamente menor que a densidade encontrada antes da realização dos

preparos, mas não diferenciando das demais profundidades analisadas na mesma época. Nas demais profundidades a comparação da densidade antes do preparo e após a colheita não foi estatisticamente significativa.

Tabela 3. Densidade do solo (g.cm^{-3}) antes do preparo e depois da colheita para o cultivo mínimo nas diferentes profundidades.

Época Análise	Profundidades (cm)				CV %
	0-10	10-20	20-30	30-40	
Antes do preparo	1,34 Aa	1,31 Aa	1,25 Aa	1,32 Aa	6,47
Depois da colheita	1,16 Ab	1,26 Aa	1,24 Aa	1,24 Aa	5,14
CV %	6,20	3,06	3,89	11,10	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4 esta a comparação das densidades antes do preparo do solo e depois da colheita do milho no preparo convencional e nela observa-se a heterogeneidade da densidade do solo antes do preparo nas diferentes profundidades, cujos valores resultaram estatisticamente significativos. Após a colheita, os valores também apresentaram diferença estatística significativa, sendo que a maior densidade apresentou-se na profundidade de 0,20 – 0,30 m e a menor na profundidade de 0,0 – 0,10 m.

Comparando a densidade antes do preparo e após a colheita nas diferentes profundidades, observa-se na profundidade 0,20 – 0,30 m que a densidade após a realização da colheita resultou maior que a densidade antes do preparo. Deve-se considerar que esse preparo de solo foi realizado com uma grade classificada, de acordo com o peso por discos, como intermediária, portanto a mobilização do solo certamente não atingiu profundidades maiores que 0,20 m, não podendo assim atribuir qualquer variação de densidade ao preparo realizado.

Tabela 4. Densidade do solo (g.cm^{-3}) antes do preparo e depois da colheita para o preparo convencional nas diferentes profundidades.

Época Análise	Profundidades (cm)				CV %
	0-10	10-20	20-30	30-40	
Antes do preparo	1,26 ABa	1,28 Aa	1,18 ABb	1,14 Ba	4,59
Depois da colheita	1,09 Ca	1,19 BCa	1,34 Aa	1,23 ABa	3,80
CV %	8,10	8,08	4,86	5,86	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No plantio direto não houve variações significativas com relação à densidade do solo antes dos preparos e depois da colheita (Tabela 5). Isso ocorreu, possivelmente, em função dos vários anos de cultivo consecutivos nesse sistema de preparo, estando assim o solo condicionado em função do tráfego de máquinas.

Tabela 5. Densidades do solo (g.cm^{-3}) nas diferentes profundidades no plantio direto antes do preparo do solo e depois da colheita.

Época Análise	Profundidades (cm)				CV %
	0-10	10-20	20-30	30-40	
Antes do preparo	1,30 Aa	1,27 Aa	1,25 Aa	1,22 Aa	3,75
Depois da colheita	1,29 Aa	1,28 Aa	1,22 Aa	1,20 Aa	5,10
CV %	3,97	1,97	3,81	2,54	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tormena et al. (2002) trabalhando com plantio direto, preparo convencional (arado de aivecas seguido por gradagem niveladora) e cultivo mínimo (escarificação seguido por gradagem niveladora) encontraram diferenças significativas na densidade do solo após a realização dos preparos apenas na camada 0,0 - 0,10 m, onde o plantio direto apresentou maior valor, próximo a $1,70 \text{ g.cm}^{-3}$ e o preparo convencional com

valores próximos a $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$. O cultivo mínimo apresentou valores intermediários, próximos a $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$. Já na camada 0,10 - 0,20 m não ocorreram diferenças significativas na densidade do solo entre os manejos do solo após a realização dos preparos, diferentemente dos resultados obtidos neste trabalho, onde comparativamente foram observadas diferenças estatísticas apenas na profundidade 0,10 - 0,20 m onde a densidade foi maior no plantio direto, menor no preparo convencional e intermediária no cultivo mínimo, apresentando o mesmo comportamento dos resultados obtidos na profundidade 0,10 - 0,20 m para os autores citados.

Entre os preparos, com exceção da camada 0,10 - 0,20 m não foram encontradas diferenças significativas para a variável densidade do solo antes e após a realização dos preparos, com destaque para o baixo coeficiente de variação obtido com os dados dessa profundidade de amostragem, o qual fez com que fosse estatisticamente diferente, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Comparação das densidades entre os preparos nas diferentes profundidades antes do preparo e após a colheita.

Preparos	Profundidades (cm)							
	0-10		10-20		20-30		30-40	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Cultivo Mínimo	1,34 a	1,16 a	1,31 a	1,26 ab	1,25 a	1,24 a	1,32 a	1,24 a
Prep. Convencional	1,26 a	1,09 a	1,28 a	1,19 b	1,18 a	1,34 a	1,14 a	1,26 a
Plantio Direto	1,30 a	1,29 a	1,27 a	1,28 a	1,25 a	1,22 a	1,22 a	1,20 a
CV %	5,32	9,54	5,31	2,85	5,37	4,42	9,28	4,13

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando a densidade entre o plantio direto e cultivo mínimo de um Nitossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa, Furtado (2008) obteve resultados de densidade de 1,30 e 1,36 nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m de respectivamente, passando para 1,19 e 1,19 após a realização da escarificação.

6.3 Patinagem dos rodados do trator

Na operação de semeadura no plantio direto houve uma menor patinagem, em função da menor penetração no solo dos mecanismos sulcadores e uma menor resistência ao rolamento imposta pelo solo não mobilizado. Já nos preparos convencional e cultivo mínimo há uma maior penetração dos mecanismos sulcadores no solo e uma maior resistência ao rolamento no solo mobilizado.

Nas operações de preparo de solo a maior patinagem foi observada na escarificação a 0,20 m, que se mostrou diretamente relacionada com a necessidade de força de tração na barra.

Tabela 7. Patinagem dos rodados do trator com os diferentes conjuntos para preparo do solo.

Conjunto	Patinagem dos rodados (%)		
	Traseiros	Dianteiros	Média
Trator/Grade	4,34	4,47	4,41
Trator/Escarificador	7,11	7,15	7,13
Trator/Semeadora no Cultivo Mínimo	1,28	1,69	1,48
Trator/Semeadora no Preparo convencional	3,14	4,05	3,60
Trator/Semeadora no Plantio Direto	0,80	1,53	1,17

Segundo Seki (2010) maiores exigências de tração refletem no índice de patinagem e os maiores valores de patinagem foram observados na escarificação a 0,30 m. Na escarificação a 0,20 m encontrou valores de patinagem de até 20,6%, valores estes quase três vezes maiores que os encontrados nesse trabalho.

Os valores de patinagem encontrados nas operações de preparo de solo estão muito inferiores àqueles estabelecidos pela ASAE (1992) para solos firmes, que devem estar entre 8 a 10 %. A operação de escarificação foi que apresentou os valores mais próximos ao mínimo recomendado de 8%.

6.4 Velocidade de trabalho

Os valores de velocidade de trabalho foram muito semelhantes em todas as operações realizadas no estudo. Esses resultados podem ter ocorrido em função da potência do trator ser muito maior que aquela realmente necessária para a realização das operações, já que a escarificação, operação que normalmente demanda maior potência, foi realizada apenas a 0,20 m de profundidade.

6.5 Capacidade de campo efetiva

Como os valores de velocidade foram muito semelhantes e as larguras de trabalho também não eram muito diferentes, a capacidade de campo efetiva também foi semelhante em todas as operações. Vale ressaltar que, diferentemente da semeadura, as operações de preparo de solo não necessitam de paradas para reabastecimento, portanto a capacidade de campo operacional nessas condições seria maior nos preparos de solo.

6.6 Consumo horário e operacional de combustível dos conjuntos

Os resultados de consumo de combustível variaram muito em função da operação realizada, sendo muito maior nas operações de preparo de solo, pois as mesmas demandam de uma maior força na barra de tração.

Tabela 8. Velocidade de trabalho, Capacidade de campo efetiva, Consumo Horário de Combustível, Consumo Operacional de combustível dos conjuntos de preparo de solo e semeadura no cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e plantio direto (PD).

Conjunto	Vel. (km.h ⁻¹)	CCE (ha.h ⁻¹)	CHC (L.h ⁻¹)	COC (L.ha ⁻¹)
Trator/Grade	4,36	1,12	13,71	12,24
Trator/ Escarificador	4,10	1,15	17,84	15,56
Trator/Semeadora CM	4,58	1,56	9,85	6,32
Trator/Semeadora PC	4,54	1,54	10,52	6,81
Trator/Semeadora PD	4,59	1,56	8,80	5,64

Seki (2010) encontrou valores de consumo operacional de combustível próximo a 18 L.ha^{-1} na operação de escarificação a 0,20 m.

6.7 Força média e força máxima na barra de tração

Os resultados de força média na barra de tração não foi muito superior na operação de escarificação, pois a profundidade de trabalho do implemento não ultrapassou 0,20 m e sabe-se que nessa operação quanto maior a profundidade atingida pelas hastes do implemento, maior é a força necessária e maior o consumo de combustível.

O pico de força, ou seja, a força máxima que foi necessária para deslocar o implemento no percurso da parcela, teve comportamento semelhante.

Levien (1999) encontrou uma demanda de força média na barra de tração de 6,22 kN na operação de gradagem niveladora e de 38,22 kN para a escarificação a 0,40 m.

Tabela 9. Força média (Fm) e força máxima (Fmáx) na barra de tração.

Operação	Fm (kN)	Fm (kgf)	Fmáx (kN)	Fmáx (kgf)
Trator/Grade	13,55	1382	25,19	2571
Trator/Escarificador	15,88	1621	29,65	3025

Seki (2010) trabalhando com escarificação a 0,20 m em duas épocas obteve valores de força média e força máxima de 33,87 kN (3.456 kgf) e 41,87 kN (4.272 kgf) respectivamente para a primeira época e 35,84 kN (3.657 kgf) e 43,33 kN (4.421 kgf) respectivamente para a segunda época, valores estes muito superiores aos encontrados nesse trabalho.

6.8 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura (Tabela 10) apresentou diferença significativa entre os diferentes preparos de solo, sendo que a deposição de sementes mais superficial ocorreu no plantio direto. Essa diferença pode ter ocorrido devido ao solo, no preparo convencional e no cultivo mínimo estar mobilizado no momento da semeadura, apresentando menor resistência à penetração e fazendo com que os elementos sulcadores atingissem mais facilmente maiores profundidades.

Nas sementes depositadas a uma profundidade maior, o gasto de energia, pela plântula, para emergir da maior profundidade era muito maior do que a energia usada pelas plântulas depositadas a dois centímetros, portanto, quando a plântula estava próximo à emergência ainda deveria ter energia suficiente para atravessar a camada adensada do selamento superficial. Isso, possivelmente, foi a causa da morte de um número elevado de plântulas antes mesmo da emergência, pois não possuíam energia suficiente para transpor essa camada, refletindo diretamente na população inicial.

Tabela 10. Profundidade de semeadura nos diferentes preparos de solo.

Preparo	Prof. Semeadura (cm)
Plantio direto	4,2 a
Cultivo mínimo	5,1 b
Preparo convencional	4,9 b
Transgênico	5,1 a
Não transgênico	4,4 b
CV %	8,16

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.9 Índice de sobrevivência de plantas

Observa-se na Tabela 11 que o índice de sobrevivência de plantas foi superior a 97% em todos os tratamentos, não diferindo estatisticamente entre os preparos de solo e os híbridos.

Levien (1999) não encontrou diferenças significativas no índice de sobrevivência e plantas entre os tratamentos com escarificação, plantio direto e preparo convencional, ficando a média geral em torno de 91%.

Tabela 11. Índice de sobrevivência de plantas nos diferentes preparos de solo e diferentes híbridos.

Preparos	Índice de sobrevivência (%)
Plantio direto	97,8 a
Cultivo mínimo	98,0 a
Preparo convencional	98,7 a
Híbridos	Índice de sobrevivência (%)
Transgênico	98,7 a
Não transgênico	99,5 a

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.10 População inicial e população final de plantas

Observando-se a Tabela 12 e relacionando-a com a profundidade de semeadura, nota-se que não ocorreu uma relação entre esta e a população inicial de plantas, ou seja, não se pode afirmar que as maiores profundidades no cultivo mínimo e no preparo convencional foram a causa da menor população inicial nestes preparos. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência constatada de selamento superficial nesses preparos, ocorrendo com maior intensidade no preparo convencional, possivelmente devido ao solo nesse preparo estar com uma mobilização muito superior àquela encontrada no cultivo mínimo, onde o selamento superficial ocorreu com menor intensidade.

Silva (2004) encontrou diferenças estatísticas significativas com relação à profundidade de semeadura com diferentes preparos de solo por dois anos consecutivos. No primeiro ano ocorreram diferenças entre os três sistemas de preparo, sendo que o preparo convencional ficou com profundidade de 6,33 cm seguido do cultivo mínimo

com 5,21 cm e pelo plantio direto com 3,88 cm. Para o segundo ano de cultivo os sistemas cultivo mínimo e preparo convencional se igualaram estatisticamente, ficando com 4,57 e 4,80 cm respectivamente, e diferiram do plantio direto com 3,30 cm. O autor afirma que as diferenças na profundidade de deposição de sementes se dão em função da maior resistência ao corte oferecida pelo solo aos mecanismos de abertura de sulcos da semeadora-adubadora no plantio direto, já que este não se encontra mobilizado no momento da semeadura.

Tabela 12. População inicial e população final nos diferentes preparos de solo.

Preparo	População inicial (Plantas.ha ⁻¹)	População final (Plantas.ha ⁻¹)
Plantio direto	65735 a	64265 a
Cultivo mínimo	59118 b	57941 b
Preparo convencional	57941 b	57206 b
Transgênico	61078 a	60294 a
Não transgênico	60000 a	59705 a
CV %	5,58	6,13

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando comparada a profundidade de semeadura entre os híbridos, houve diferença significativa, ficando o híbrido transgênico com uma profundidade de semeadura maior. Observa-se que a maior profundidade de semeadura no híbrido transgênico não se refletiu em uma menor população inicial. Isso também pode ter ocorrido devido ao poder germinativo das sementes do híbrido transgênico (96%) ser maior que a do híbrido não transgênico (91%) no momento da semeadura.

A população final de plantas teve relação direta com a população inicial e diferindo estatisticamente entre si, ficando o plantio direto com maior valor que o cultivo mínimo e o preparo convencional, os quais não apresentaram diferença estatística significativa. Silva (2004) não encontrou diferença significativa na população final de plantas de milho nos preparos convencional, cultivo mínimo e plantio direto.

Em estudo conduzido por Silva (2004) a população inicial de plantas não apresentou diferença estatística significativa para os diferentes manejos no primeiro ano do estudo. Já no segundo ano, o preparo convencional apresentou, em média, 59461 plantas por hectare, diferindo estatisticamente do cultivo mínimo com 55989 plantas por hectare e do plantio direto com 57118 plantas por hectare, os quais não apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Levien (1999) não encontrou diferenças significativas para a população inicial de plantas entre o tratamento com escarificação e preparo convencional. No mesmo estudo encontrou diferenças significativas na profundidade de semeadura entre o preparo convencional e escarificação, atribuindo o fato a problemas de regulação da semeadora para cada condição de superfície. No plantio direto não conseguiu atingir elevadas profundidades devido à incapacidade de penetração dos sulcadores utilizados na semeadora, já que o solo apresentava compactação superficial.

Silva (2000) encontrou uma população final de plantas significativamente menor no sistema de preparo convencional comparado aos sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo, mesmo comportamento encontrado na população inicial.

Marques (1999) trabalhando com diferentes manejos da vegetação no sistema de semeadura direta e convencional não encontrou diferenças entre os tratamentos com relação à profundidade de semeadura, porém ressalta que a profundidade de semeadura pode servir de base para a altura de plantas aos 18 dias após a semeadura. Não foram encontradas diferenças significativas para população inicial e final, contrariando os dados encontrados neste trabalho, onde a população inicial e final foi significativamente superior no plantio direto.

6.11 Altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga

As medidas de altura de plantas e altura de espigas não apresentaram diferenças significativas tanto para os diferentes preparos quanto para os híbridos, destacando a homogeneidade tanto na altura de inserção da primeira espiga quanto na altura das plantas, resultado este que está de acordo com os resultados obtidos por Silva (2000) onde não houve diferença na altura de plantas e nem na altura de inserção de espigas.

Tabela 13. Altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga.

Preparos	Altura de plantas (m)	Altura inserção espigas (m)
Plantio direto	2,45 a	1,25 a
Cultivo mínimo	2,44 a	1,25 a
Preparo convencional	2,43 a	1,23 a
Transgênico	2,48 a	1,26 a
Não transgênico	2,41 a	1,23 a
CV %	3,3	5,14

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Possamai et al. (2001) encontraram maiores alturas de plantas e de inserção da primeira espiga no sistema de semeadura direta e atribuem isso ao fato de que as plantas de milho no plantio direto estabeleceram-se primeiro, o que resultou em maior crescimento das plantas. As perdas e a pureza dos grãos na colheita mecanizada, dentre outros fatores, são diretamente influenciadas pela altura das plantas e, principalmente, pela altura de inserção da primeira espiga. Plantas mais alta e com inserção de espigas também mais altas, apresentam vantagens na colheita.

6.12 Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi significativamente maior no híbrido transgênico quando comparado ao não transgênico, não havendo diferença entre os preparos de solo.

O mesmo comportamento foi observado por Silva (2000) onde o diâmetro do colmo não foi influenciado pelos sistemas de preparo de solo, havendo diferenças significativas apenas entre os diferentes híbridos, sendo que as diferenças entre as médias possam ter ocorrido devido à diferenças genéticas existentes entre eles, discordando dos dados

encontrados por Possamai et al. (2001) que encontrou maiores diâmetro de colmo no sistema de semeadura direta.

Tabela 14. Diâmetro do colmo nos diferentes híbridos.

Híbrido	Diâmetro (mm)
Plantio direto	23,12 a
Cultivo mínimo	23,54 a
Preparo convencional	23,04 a
Transgênico	23,74 a
Não transgênico	22,73 b
CV %	3,28

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.13 Comprimento de espigas

O comprimento de espigas apresentou diferença significativa entre os preparos e também entre os diferentes híbridos, sendo que o preparo convencional apresentou o maior valor, diferindo estatisticamente do plantio direto.

Tabela 15. Comprimento de espigas nos diferentes preparos de solo e diferentes híbridos.

Preparos	Comprimento de espiga (cm)
Plantio convencional	17,51 a
Cultivo mínimo	17,19 ab
Plantio direto	16,72 b
Não transgênico	17,44 a
Transgênico	16,84 b
CV %	2,32

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O comprimento de espiga do cultivo mínimo apresentou valor intermediário a ambos, sem diferença estatística significativa. Comparando os diferentes híbridos o milho não transgênico apresentou maior valor que o transgênico.

6.14 Diâmetro de espigas

Para a medida do diâmetro de espigas não houve diferença estatística significativa entre os preparos e entre híbridos, porém a interação entre ambos foi significativa.

Apesar de ocorrer diferença estatística significativa, agronomicamente essas diferenças não são expressivas, tendo em vista que a diferença entre o maior e o menor diâmetro foi de apenas 1,54 mm. Como o coeficiente de variação teve um valor baixo, mesmo a pouca diferença de diâmetro foi suficiente para atingir uma diferença mínima significativa.

Tabela 16. Interação entre preparos de solo e híbridos de milho no diâmetro de espigas.

Preparo x Híbrido	Diâmetro espiga (mm)
Cultivo Mínimo x Transgênico	51,22 a
Plantio direto x Não transgênico	50,65 a
Plantio convencional x Não transgênico	50,52 a
Cultivo Mínimo x Não transgênico	50,20 a
Plantio convencional x Transgênico	49,73 b
Plantio direto x Transgênico	49,68 b
CV %	1,28

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.15 Número de fileiras de grãos por espiga

O numero de fileiras de grãos por espiga não apresentou diferença significativa entre os preparos de solo, mas sim entre os híbridos, sendo que o milho transgênico apresentou valor significativamente maior que o não transgênico.

Para Furtado (2005) o número de fileiras de grãos por espigas de milho não sofreu influência dos preparos de solo.

Tabela 17. Número médio de fileiras de grãos por espiga nos diferentes híbridos.

Híbridos	Nº Fileira de grãos por espiga
Plantio Direto	16,23 a
Cultivo Mínimo	15,65 a
Preparo Convencional	16,75 a
Transgênico	16,98 a
Não transgênico	16,37 b
CV %	3,52

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.16 Massa de mil grãos

Quando comparado a massa de mil grãos, não houve diferença significativa entre os tratamentos, tanto para preparo do solo quanto para o tipo de híbrido.

Tabela 18. Massa de mil grãos nos diferentes preparos de solo.

Preparos	Peso mil grãos (g)
Plantio direto	298,81 a
Cultivo mínimo	312,06 a
Plantio convencional	302,09 a
Transgênico	303,04 a
Não transgênico	305,60 a
CV %	3,75

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Furtado (2005) também não encontrou diferenças significativas na massa de 100 grãos da cultura do milho cultivada sob diferentes sistemas de preparo de solo, observando que apenas o aumento da população de plantas diminuiu a massa de 100 grãos.

6.17 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos de milho foi diretamente proporcional à população final de plantas, sendo que o plantio direto e o cultivo mínimo foram os que resultaram em maior produtividade diferindo estatisticamente da produtividade obtida no sistema convencional. A diferença de produtividade de grãos foi maior para o plantio direto em 930,80 kg.ha⁻¹ quando comparada com o preparo convencional e de 168 kg.ha⁻¹ quando comparada com o cultivo mínimo. Silva (2004) não encontrou diferenças significativas na produtividade de grãos de milho entre os sistemas convencional de preparo de solo, cultivo mínimo e plantio direto, porém este último apresentou uma produtividade maior em aproximadamente 500 kg.ha⁻¹ comparada com os dois primeiros.

Silva (2000) também não encontrou diferenças significativas na produtividade de grãos de milho em diferentes sistemas de preparo de solo, porém notou uma tendência de maiores produtividades no plantio direto e menor no preparo convencional, estando o cultivo mínimo com produtividade intermediária, semelhante aos resultados encontrados neste estudo. O mesmo autor verificou que as diferenças ocorreram em função apenas entre os híbridos.

A produtividade do milho sob preparo do solo com arado de aiveca foi, na média de seis anos, superior às obtidas no preparo com grade e no plantio direto, em 9 e 7% respectivamente. Os autores atribuem essa maior produtividade a não ocorrência de compactação subsuperficial (pé-de-grade) que ocorre no preparo com grade pesada e da compactação superficial que ocorre no plantio direto. No mesmo estudo observaram que as diferenças entre o plantio direto e os demais sistemas de preparo do solo, quanto à produtividade acumulada relativa de milho, diminuíram com o tempo de cultivo (SILVEIRA e STONE, 2003).

Tabela 19. Produtividade de milho nos diferentes preparos de solo.

Preparos	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Plantio Direto	9677,1 a
Cultivo Mínimo	9509,1 a
Plantio Convencional	8746,3 b
Milho Transgênico	9286,4 a
Milho Não transgênico	9335,3 a
CV %	4,42

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Possamai et al. (2001) estudando sistemas de preparo de solo no cultivo do milho safrinha obtiveram maior produtividade no sistema de semeadura direta, comparado com os sistemas de preparo com arado de discos e de aivecas, grade pesada e enxada rotativa.

Levien (1999) obteve produtividade significativamente maior no preparo convencional que no plantio direto e escarificação, sendo que os dois últimos não diferiram estatisticamente, ressaltando que nas parcelas sob plantio direto, principalmente a partir do estágio de floração, observaram-se sintomas característicos de deficiência de Nitrogênio.

6.18 Balanço energético nos diferentes sistemas de cultivo

Nas Tabelas 20, 21, 22, 23, 24 e 25 estão listados os gastos de energia relativos à depreciação horária de máquinas e implementos, consumo de combustível, lubrificantes, graxa, herbicidas, inseticidas e nutrientes empregados em cada sistema de produção.

A Tabela 20 mostra todas as entradas de energia computadas para o sistema de plantio direto com milho transgênico.

Tabela 20. Entrada de energia no sistema de plantio direto com milho transgênico.

Item	Uso por ha	Coeficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	0,64 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	24,06
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,33 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	13,26
Semeadora	0,64 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,13
Pulverizador	0,33 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	13,50
Combustível	8,58 L	38,53464 MJ.L ⁻¹	330,63
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,097	35,94056 MJ.L ⁻¹	3,47
Graxa	0,071 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	2,77
Mão-de-obra	2,82 h	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,19
Total			11532,25

Os valores de entrada de energia nos diferentes sistemas de produção não foram separados de acordo com os diferentes tipos de energia, estando em uma única tabela os valores de energia direta e indireta.

Comparativamente com o sistema plantio direto com milho transgênico, o sistema plantio direto com milho não transgênico diferencia-se apenas pelo aumento de entradas de energia relativa às duas aplicações de inseticidas a mais que foram realizadas e com isso aumentou-se o número de horas necessárias do trator, mão-de-obra, consumo de combustível, graxa e lubrificantes, depreciação energética do trator e do pulverizador e a energia do inseticida utilizado.

No sistema de cultivo mínimo com milho transgênico comparado com o sistema de plantio direto com milho transgênico há um aumento de consumo de energia relativo à operação de escarificação, sendo o consumo de combustível responsável pelo maior aumento.

Em todos os sistemas de produção o uso de energia relativo a herbicidas e nutrientes utilizados na semeadura e cobertura são sempre os mesmos e são estes fatores que constituem o maior consumo de energia em todos os sistemas de produção, sendo maiores que a energia relativa ao consumo de combustível.

Tabela 21. Entrada de energia no sistema de plantio direto com milho não transgênico.

Item	Uso por ha	Coefficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	0,64 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	24,06
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,656 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	26,36
Semeadora	0,64 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,13
Pulverizador	0,656 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	26,84
Combustível	9,82 L	38,53464 MJ.L ⁻¹	378,41
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Inseticidas	0,12 L	311,08 MJ.L ⁻¹	37,33
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,108 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	3,88
Graxa	0,079 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	3,08
Mão-de-obra	3,16 h	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,94
Total			11645,27

Tabela 22. Entrada de energia no sistema de cultivo mínimo com milho transgênico.

Item	Uso por ha	Coefficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	1,51 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	56,76
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,33 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	13,26
Semeadora	0,64 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,13
Pulverizador	0,33 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	13,50
Escarificador	0,87 h	48,5251 MJ.h ⁻¹	42,22
Combustível	24,82 L	38,53464 MJ.L ⁻¹	956,43
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,163 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	5,86
Graxa	0,115 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	4,49
Mão-de-obra	2,82	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,19
Total			12237,08

Tabela 23. Entradas de energia no sistema de cultivo mínimo com milho não transgênico.

Item	Uso por ha	Coeficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	1,51 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	56,76
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,656 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	26,36
Semeadora	0,64 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,13
Pulverizador	0,656 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	26,84
Escarificador	0,87 h	48,5251 MJ.h ⁻¹	42,22
Combustível	26,06 L	38,53464 MJ.L ⁻¹	1004,21
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Inseticidas	0,12	311,08 MJ.L ⁻¹	37,33
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,186 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	6,68
Graxa	0,131 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	5,11
Mão-de-obra	3,16 h	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,94
Total			12350,82

Tabela 24. Entradas de energia no sistema convencional com milho transgênico.

Item	Uso por ha	Coeficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	1,54 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	57,89
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,33 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	13,26
Semeadora	0,65 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,68
Pulverizador	0,33 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	13,50
Grade	0,89 h	77,8517 MJ.h ⁻¹	69,29
Combustível	21,99 L	38,53464 MJ.L ⁻¹	847,38
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,165 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	5,93
Graxa	0,116 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	4,53
Mão-de-obra	2,82	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,19
Total			12156,89

Tabela 25. Entradas de energia no sistema convencional com milho não transgênico.

Item	Uso por ha	Coeficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	1,54 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	57,89
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,656 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	26,36
Semeadora	0,65 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,68
Pulverizador	0,656 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	26,84
Grade	0,89 h	77,8517 MJ.h ⁻¹	69,29
Combustível	L	38,53464 MJ.L ⁻¹	1004,21
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Inseticidas	0,12	311,08 MJ.L ⁻¹	37,33
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,188 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	6,76
Graxa	0,132 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	5,15
Mão-de-obra	3,16 h	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,94
Total			12379,69

Os valores de entradas de energia no sistema de preparo convencional não foram muito superior às entradas no cultivo mínimo devido a não realização de qualquer gradagem niveladora, portanto, ficando apenas com uma gradagem intermediária.

A saída de energia de cada sistema foi calculada em função unicamente da produtividade de grãos, não sendo levada em consideração a matéria seca do restante da planta.

Tabela 26. Saídas de energia dos sistemas de produção.

Sistema de produção	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Coeficiente energético (MJ.kg ⁻¹)	Saída (MJ.ha ⁻¹)
PDT	9.735	16,61456	161742,74
PDNT	9.620	16,61456	159832,07
CMT	9.676	16,61456	160762,48
CMNT	9.342	16,61456	155213,22
PCT	8.449	16,61456	140376,42
PCNT	9.044	16,61456	150262,08

Na Tabela 27 está o balanço energético de cada sistema de produção.

Tabela 27. Balanço energético dos sistemas de produção.

Sistema de produção	Entrada (MJ.ha ⁻¹)	Saída (MJ.ha ⁻¹)	Saída – Entrada (MJ.ha ⁻¹)
PDT	11.532,25	161.742,74	150.210,49
PDNT	11.645,27	159.832,07	148.186,80
CMT	12.237,08	160.762,48	148.525,40
CMNT	12.350,82	155.213,22	142.862,40
PCT	12.156,89	140.376,42	128.219,53
PCNT	12.379,69	150.262,08	137.882,39

Observando a Tabela 27 nota-se que a diferença de energia líquida no plantio direto com milho transgênico e com milho não transgênico foi de 2.023,69 MJ.ha⁻¹; no cultivo mínimo com milho transgênico e com milho não transgênico foi de 5.663 MJ.ha⁻¹; e no preparo convencional com milho transgênico e com milho não transgênico foi de – 9.662,86 MJ.ha⁻¹.

A eficiência energética, ou seja, quanto de energia foi retirado em função da energia investida em cada sistema de produção foi calculada pelo quociente entre a quantidade de energia que saiu do sistema pela quantidade de energia que entrou no sistema, conforme a Tabela 28.

Tabela 28. Eficiência energética dos sistemas de produção.

Sistema	Eficiência energética
PDT	14,03
PDNT	13,73
CMT	13,14
CMNT	12,57
PCT	11,55
PCNT	12,14

A maior eficiência energética, assim como a energia líquida foi maior no sistema de produção plantio direto com milho transgênico seguida pelo plantio direto com milho não transgênico, depois pelo cultivo mínimo com milho transgênico, cultivo mínimo com milho não transgênico, preparo convencional com milho não transgênico e por último pelo preparo convencional com milho transgênico.

O saldo de energia nos diferentes sistemas teve comportamento semelhante, com exceção do cultivo mínimo com milho transgênico que teve uma maior sobra líquida de energia que o sistema de plantio direto com milho não transgênico. Essa diferença ocorreu em função da maior produtividade de grãos no sistema cultivo mínimo com milho transgênico, ou seja, apesar da menor entrada de energia no sistema de plantio direto com milho não transgênico a saída de energia desse sistema foi menor que a saída do sistema cultivo mínimo com milho transgênico.

Freitas et al. (2006) estudando o balanço energético do milho em diferentes sistemas de produção obtiveram uma eficiência energética de 4,08 no sistema convencional de preparo de solo e de 5,0 no sistema de plantio direto. Consideram ainda que grande parte dos balanços energéticos que se fundamentam em matrizes e coeficientes técnicos institucionais computam a saída de energia com base na produtividade expostas nessas planilhas, as quais são esperadas e não necessariamente obtidas e que em menor número na literatura, os estudos de caso mensuram o balanço energético tendo como base a produtividade efetivamente alcançada. Nesse caso, os resultados da eficiência energética são mais precisos.

Os valores de produtividade utilizados neste trabalho de dissertação são valores realmente obtidos em condições normais de produção no campo.

Fernandes et al. (2008) encontraram para o preparo convencional um custo energético de 2.572,89 MJ.ha⁻¹, 2.105,22 MJ.ha⁻¹ para o cultivo mínimo com vibro escarificador e 1.356,38 MJ.ha⁻¹ plantio direto. Afirma ainda que estes resultados demonstram que o plantio direto e o cultivo mínimo podem trazer inúmeros benefícios para a conservação do solo.

Pracucho et al. (2007) avaliando o balanço energético da cultura do milho em duas propriedades obtiveram uma eficiência energética de 18,20 e 21,33, ressaltando que na propriedade onde a eficiência foi menor, o produtor utilizava maior quantidade de

insumos, particularmente fertilizantes químicos, para aproveitar o efeito residual para o próximo plantio, pela expectativa de maior produtividade.

6.19 Considerações finais

No preparo convencional não foram realizadas as operações de destorroamento e nivelamento ou preparo secundário, pois não houve a formação de grandes torrões.

Na determinação da densidade do solo após a colheita deve-se atentar para não realizar a coleta da amostra nas áreas onde ocorreu o pisoteio pelos rodados dos tratores usados nos tratos culturais e pela colhedora, evitando-se obter um resultado mascarado.

Nesse experimento o ataque de *S. frugiperda* não foi severo. Em condições de severidade de ataque no milho não transgênico, os resultados poderiam diferir dos resultados observados nesse estudo em função do maior número de aplicações necessárias e de uma redução na produtividade.

A população inicial e final foram influenciadas pelos preparos de solo sendo que o preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram valores estatisticamente menores que o plantio direto, devido ao selamento superficial ocorrido nesses dois sistemas de preparo. Os híbridos transgênico e não transgênico não interferiram na população inicial e final.

O selamento superficial foi determinante para a população inicial de plantas. Isso sugere novos estudos relacionados a esta condição de solo.

7 CONCLUSÕES

Os valores de produtividade da cultura do milho foram maiores nos tratamentos com plantio direto e cultivo mínimo em relação ao preparo convencional. Os híbridos transgênico e não transgênico não apresentaram diferença estatística com relação a produtividade.

A altura das plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, peso de mil grãos e índice de sobrevivência não foram influenciadas pelos sistemas de preparo de solo e nem pelos híbridos transgênico e não transgênico.

A densidade do solo entre os preparos do solo apresentou diferenças estatísticas apenas na camada 0,10-0,20 m, sendo o menor valor no preparo convencional e o maior no plantio direto e o cultivo mínimo com valores intermediários.

O sistema de maior dispêndio energético foi o preparo convencional com milho não transgênico e o de menor gasto energético foi o plantio direto com milho transgênico.

O sistema de produção que apresentou a melhor eficiência energética foi o plantio direto com milho transgênico e o de menor eficiência foi o preparo convencional com milho transgênico.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C. et al. Cultura do milho: manejo de solos. **Sistemas de produção 2**. Sete Lagoas. 4. ed. set. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

ALVARENGA, R. C. et al. **Cultivo do milho**: preparo convencional do solo. Sistemas de Producao 1. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 6. ed. 2010. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 30 mar. 2011.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. In: _____. **ASAE standards 1992**: standards engineering practices data. St. Joseph: ASAE, 1992. p. 105.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310 p.

BARBER, S. A. et al. Effect of soil temperature and water on maize root growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 111, p. 267-269, 1988.

BENEZ, S. H. **Estudo do cultivo mínimo na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo Podzólico vermelho amarelo var. Laras**. 1972. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

BENEZ, S. H. **Efeitos dos tipos de preparo de solo, cultivo e calagem na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1984. 124 f. Tese (Livre Docência em Mecanização Agrícola – Área de Concentração Engenharia Rural)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

BISSOTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do milho. In: FEPAGRO; EMBRAPA TRIGO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. **Indicações técnicas para a cultura do milho no RS**. Porto Alegre: FEPAGRO; EMBRAPA TRIGO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS, 2001. p. 6-16.

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

CAMPOS, A. T. Análise energética da produção de soja em sistema plantio direto. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 02, p. 38-44, maio/ago. 2009.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1977-1985, nov/dez, 2004.

CAMPOS, A. T. et al. Balanço econômico e energético na produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 10-20, 1998.

CARNEIRO, A. A. et al. Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 135, p. 1-26, dez. 2009.

CARVALHO, W. A. et al. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP**, Botucatu, n. 1, p. 1-85, 1983.

CATELLAN, A. J. Plantio direto e os microrganismos de solo. In: CNPT-EMBRAPA; FUNDACEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 111-118.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto - SP**. 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola /

Planejamento Agropecuário)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2011. **Acompanhamento da safra 2010/2011**. Sétimo levantamento, abr./2011. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 12 jun. 2011.

COSTA, F. S. et al. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

CRUZ, J. C. et al. Avaliação de sistemas de produção de milho na região de Sete Lagoas, MG. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 123, p. 1-6, dez. 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; CASCÃO, N. C.; REIS, E. F. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 371-375, 2009.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: CNPT-EMBRAPA; FUNDACEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura de solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 272 p.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. Aspectos econômicos da produção de milho transgênico. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 127, p. 1-15, 2009.

DURUOHA, C. **Desenvolvimento do sistema radicular da cana de açúcar (*Saccharium spp*) em função da compactação, do teor de água e do tipo de solo**. 2000. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FANCELLI, A. L. A importância da cultura do milho no plantio direto. In: _____. EMBRAPA; FUNDACEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 1993. p. 119-127.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERNANDES, H. C. et al. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

FERNANDES, O. A. et al. Short-term assessment of Bt maize on non-target arthropods in Brazil **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 3, p. 249-255, 2009.

FREITAS, P. L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. **Fascículos sobre experiências em plantio direto nos Cerrados**. Uberlândia: APDC, 1994. p. 187-196.

FREITAS, S. M. et al. Análise comparativa do balanço energético do milho em diferentes sistemas de produção. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBER, 2006, p. 01-13.

FURLANI, C. E. A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388-395, 2004.

FURLANI, C. E. A. et al. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1 p. 345-352, 2008.

FURTADO, M. B. **Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em espaçamento reduzido: comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FURTADO, M. B. **Variabilidade espacial de atributos do solo e da cultura do milho (*Zea mays* L.) em dois sistemas de manejo**. 2008. 176 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

GILLES, L. et al. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1427-1440, 2009.

GUADAGNIN, J. C. et al. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 277-286, 2005.

KLUTE, A. Tillage effects on the hydraulic properties of soil: a review. In: VAN DOREN, D.M. et al. (Eds.). **Predicting tillage effects on soil physical properties and processes**. Madison: ASA, 1982. cap. 3, p. 29-43.

KUCHENBUCH, R. D.; BARBER, S. A. Yearly variation of root distribution with depth in relation to nutrient uptake and corn yield. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 18, n. 3, p. 255-263, 1987.

LANÇAS, K. P. **Subsolador**: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes. 1988. 171 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

LANÇAS, K. P. Subsolagem ou escarificação. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 14, p. 34-36, 2002.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema de plantio direto no cerrado**. 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo de solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Botucatu, 1999. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

LOGUERCIO, L. L.; CARNEIRO, N. P.; CARNEIRO, A. A. Milho Bt: Alternativa Biotecnológica para controle biológico de insetos-praga. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 24, p. 46-52, 2002.

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

MAHL, D. et al. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 741-747, 2008. (Suplemento).

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Brasília, DF: MAPA, 2011. Disponível em: <www.mapa.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2011.

MARQUES, J. P. **Manejo da vegetação espontânea para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e preparo convencional do solo**. Botucatu, 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MENDES, S. et al. Milho *Bt*: avaliação preliminar da resistência de híbridos comerciais à lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). **Comunicado Técnico**, Sete Lagoas, n. 157, p. 1-8, 2008.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p. (Documentos).

PERTICARRARI, J. G.; IDE, B. Y. Cultivo mínimo. In: SEMINÁRIOS DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988. Piracicaba. **Trabalhos apresentados...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1988. p. 43.

PETRY, M. T. et al. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 531-539, 2007.

PIMENTEL, D. Energy inputs for the production formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 45-48.

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

POSSAMAI, J. M. et al. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.

PRACUCHO, T. T. G. M. et al. Análise energética e econômica da produção de milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia-SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 94 - 109, 2007.

PURCINO, A. A. C. et al. Milho Bt: vantagens para a cadeia produtiva e a viabilidade da coexistência. **Grão em Grão: Jornal eletrônico da Embrapa milho e sorgo**, Sete Lagoas, n. 15, jun./jul. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

RALISCH, R. Qualidade física do solo e mecanização para o sistema de plantio direto. In: WORKSHOP SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ESTADO DE SÃO PAULO, Campinas, **Palestras...** Campinas: Editora Modelo, 2007. p. 134-136.

RODRIGUES, J. G. L. **Demanda energética de sistemas de manejo do solo na cultura da soja (*Glycine max* L.)**. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SANTOS, et al. Efeito de práticas culturais na conversão e no balanço energéticos. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 299-306, 2007.

SECCO, D. et al. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 58-64, 2009.

SEKI, A. S. **Demanda energética de produtividade da soja e do milho em áreas de plantio direto e cultivo mínimo**. 2010. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SHIERLAW, J.; ALSTON, A. M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 77, p. 15- 28, 1984.

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo de solo.** 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SILVA, A. R. B. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho (*Zea mays* L.).** 2004. 167 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVA, P. R. F. Crescimento e desenvolvimento do milho. In: FEPAGRO; EMBRAPA TRIGO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. **Indicações técnicas para a cultura do milho no RS.** Porto Alegre: FEPAGRO; EMBRAPA TRIGO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS, 2001. p. 17-21.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade do milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*, L.) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 725 -30, 2001.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

ULBANERE, R. C. **Análise dos balanços energético e econômico relativa à produção e perdas de grãos de milho no estado de São Paulo.** 1988. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.