SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL
UM ENFOQUE DE ANÁLISE DE DECISÃO

CARLA CASTRO SALOMÃO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. José Ferreira de Noronha

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Economia Agrária.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Setembro - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Salomão, Carla Castro

S173s Sistemas de plantio direto e convencional; um
enfoque de análise de decisão. Piracicaba, 1990.
127p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Plantio direto - Análise de decisão 2. Planti
tio direto - Desempenho 3. Plantio direto - Produti
tividade I. Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz, Piracicaba

CDD 338.16

SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

UM ENFOQUE DE ANÁLISE DE DECISÃO

Carla Castro Salomão

Aprovado em: 11/10/90

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Ferreira de Noronha

ESALQ/USP

Prof. Dr. Fernando Curi Peres

ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Ferreira de Noronha
Orientador

Dedico

À minha insubstituível e eterna amiga e mãe, cuja memória e amor foram o incentivo que me permitiu chegar ao término deste trabalho.

Ofereço

Ao meu querido aviador e pai, pelo exemplo constante de dedicação e capacidade profissional.

Ao meu irmão, pelas lições de juventude e pureza de coração.

Ao meu companheiro e amigo de todas as horas, Manuel.

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram de alguma forma na execução deste trabalho, em especial às seguintes pessoas e instituições:

ESALQ - Prof. Dr. José Ferreira de Noronha, amigo e orientador, Prof. Dr. Fernando Peres, pelas valiosas críticas na parte metodológica. Prof. Dr. Carlos Bacha, pela criteriosa revisão. Funcionários da Biblioteca do Dep^{to} de Economia e Sociologia Rural da USP, pela ajuda na pesquisa bibliográfica. Ciagri, por todo o apoio na área de informática, em especial à figura do engenheiro Nermano Franco Ferreira, cujo trabalho e paciência viabilizaram o processamento dos dados.

- Iapar - ao Sr. Presidente Marcus Vieira, que abriu as portas da instituição para que se pudesse realizar o estudo, cedendo informações e apoio valiosos; ao Dr. Ruy Yamaoka, pela organização e fornecimento dos dados.

- Empraba - ao Dr. Derci Dosse, pelo incentivo e auxílio, na fase inicial da pesquisa.

- FEALQ/FINEP, dentro do projeto *Avaliação de Novas Tecnologias*.

- ICI Brasil SA - na obtenção de alguns dados e fornecimento de informações técnicas.

Em especial, gostaria de agradecer ao apoio e carinho da família do Dr. Valter Guimarães, pela atenção paternal e carinhosa acolhida durante os meses de trabalho em Londrina.

Ao querido amigo Renato Guerrini, pelo cuidadoso trabalho de organização do texto e digitação de partes deste trabalho, bem com à sua família, pelas diversas acolhidas em Piracicaba.

Ao meu namorado Manuel, pelo apoio incansável nas diversas fases deste trabalho, auxiliando a superar os inúmeros obstáculos encontrados.

SUMARIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Considerações iniciais	01
1.2. O problema	05
1.3. O Plantio Direto no Paraná	07
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo principal	12
1.4.2. Objetivos específicos	13
2. ASPECTOS TÉCNICOS DOS SISTEMAS DE PLANTIO	14
2.1. Perdas de solo e água	14
2.2. O papel da cobertura vegetal	32
2.2.1. Água e temperatura	32
2.2.2. Fertilidade	40
2.2.3. Controle de ervas	44
2.2.4. Produtividade	47
3. MATERIAL E MÉTODOS	53
3.1. Material	53
3.1.1. Características do ensaio	54
3.2. Métodos	61

3.2.1. Média-Variância (Tobin-Markowits)....	64
3.2.2. Critério de Simetria (Hanoch-Levy)...	72
3.2.3. Dominância Estocástica (Quirk-Saposnik)	74
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4.1. Comparação entre Plantio Direto e Convencio- nal	81
4.1.1. Aspectos Físicos	81
4.1.1.1. Por rotação	82
4.1.1.2. Por cultura	83
4.1.1.2.1. Milho	83
4.1.1.2.2. Soja	85
4.1.1.2.3. Trigo	89
4.1.2. Aspectos Econômicos	92
4.1.2.1. Lucros	92
4.1.2.2. Custos	94
4.2. Escolha das alternativas	99
4.2.1. Seleção pela Média-Variância	99
4.2.2. Seleção pela Dominância Estocástica .	101
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	104
5.1. Limitações do estudo	105
5.2. Sugestões para próximos trabalhos	106
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
7. APÊNDICES	116
7.1. Apêndice 1 - Produtividade do milho por siste- ma de cultivo e rotação. Londrina 1976/1988 (média de 3 repetições)	116

7.2. Apêndice 2 - Produtividade da soja por sistema de cultivo e rotação. Londrina 1976/1988 (média de 3 repetições)	117
7.3. Apêndice 3 - Produtividade do trigo por sistema de cultivo e rotação, Londrina 1976/1988 (média de 3 repetições)	118
7.4. Apêndice 4 - Lucros por sistema de plantio e rotação	119
7.5. Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio direto e convencional	121
7.6. Apêndice 6 - Diferença percentual de gastos e ganho percentual (Pd-Pc), por atividade e rotação, entre os sistemas de plantio - 1976/1977 a 1987/1988	127
7.7. Apêndice 7 - Diferença de gastos em OTN/ha e ganho, por atividade e rotação, entre os sistemas (Pd-Pc). 1976/1977 a 1987/1988	127

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 - Precipitações (mm) média anual e máxima (24 h) na área do ensaio. julho 1976 a julho 1988	56
FIRURA 2 - Precipitações (mm) média anual e máxima (24 h) na área do ensaio. julho 1976 a julho 1988	57
FIGURA 3 - Curvas de utilidade [UCR] conforme a propensão ao risco; a) aversos; b) indiferentes e c) propensos	63
FIGURA 4 - Distribuições de probabilidades de retornos 1) assimétrica à esquerda e 2) assimétrica à direita, para 2 casos hipotéticos	65
FIGURA 5 - Funções densidade de retorno de 5 alternativas arriscadas, para o a) PGD; b) SGD e c) TGD	75
FIGURA 6 - Média do lucro [E(x)] em função da variância [V(x)] para 6 alternativas (AC, BC, DC, AD, BD e DD) e fronteira eficiente AA'	100
FIGURA 7 - Curvas das funções cumulativas de probabilidade das 6 alternativas (AC, BC, DC, AD, BD e DD)	103

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 -	Evolução da área (ha) sob plantio direto no Brasil e Paraná. Participação e índice de variação (%) da área no Paraná ...	11
TABELA 2 -	Redução da espessura do horizonte A e perdas de solo em sistemas de plantio convencional e direto, em rotações de diversas culturas. LRd, 6% de declive ...	24
TABELA 3 -	Influência de sistemas de preparo do solo nas perdas por erosão, com chuva simulada. LRd - 1976/1977	26
TABELA 4 -	Produção do trigo (kg/ha) em P.c. e P.d., para o grão com 14% de umidade. Londrina, 1978/1980	51
TABELA 5 -	Precipitação (mm) média e máxima (24 h), mensal e anual em Londrina, de julho/76 a julho/88	55
TABELA 6 -	Análise química do solo, de amostras coletadas na camada arável (0-20 cm) por ocasião da escolha da área do ensaio (LRd)	58
TABELA 7 -	Sucessão de culturas de verão utilizadas no ensaio (1976/1988)	59
TABELA 8 -	Espaçamento e densidade de semeadura utilizados no experimento. Londrina, safras 1976/1977 a 1987/1988	60
TABELA 9 -	Receita bruta (OTN/ha) e variação percentual entre os sistemas (D/C), por período e total, conforme a rotação - 1976/1977 a 1987/1988	83
TABELA 10 -	Variação percentual entre os períodos, nas produtividades do milho, por rotação e sistema de plantio - 1976/1977 a 1987/1988	84

TABELA 11 - Variação percentual nas produtividades da soja, por rotação e sistema de plantio, entre os períodos	88
TABELA 12 - Vantagens relativas (%) das produtividades de trigo entre as rotações e os sistemas de plantio	91
TABELA 13 - Variação percentual nas produtividades do trigo, por rotação e sistema de plantio, entre os períodos	92
TABELA 14 - Lucros (OTN/ha) e índices comparativos entre os sistemas de plantio (Dir/Conv.), por rotação. 1976/1977 a 1987/1988	94
TABELA 15 - Custo médio (OTN/ha) e percentual de diferença de custos (D/C) entre os sistemas de plantio - 1976/1988	95
TABELA 16 - Participação dos custos (%) nas atividades, por rotação e sistema de plantio - 1976/1977 a 1987/1988	97

RESUMO

O fato de se ter pouca informação ou experiência sobre determinada prática, dificulta sua utilização por parte dos agricultores, que não conseguem enxergar as mesmas vantagens comparativas reconhecidas pelos técnicos. O risco, ao qual a atividade agrícola está fortemente exposta, se encontra diretamente envolvido neste processo. Seria desejável que pacotes tecnológicos novos estivessem baseados em modelos econômicos que levem este aspecto em consideração, enriquecendo a análise e permitindo o melhor entrosamento da pesquisa com as necessidades do agricultor.

O sistema de plantio direto, sendo uma técnica bastante revolucionária, ilustra bem este problema, pois exige grandes mudanças na organização do trabalho e do emprego dos fatores de produção, na propriedade agrícola. É preciso que o responsável pelas decisões esteja ciente e disposto a se adaptar à nova realidade. Consiste basicamente na semeadura sobre os restos da cultura anterior, com

movimentação do solo apenas no sulco onde são depositadas as sementes. O restante da área permanece com o solo protegido pelos restos vegetais, dessecados pelos herbicidas de pré-plantio.

Com o objetivo de comparar o desempenho, medido pelos lucros e riscos, do plantio direto com o convencional (1 aração e 2 gradagens), utilizou-se um ensaio de longa duração (12 anos) do Instituto Agronômico do Paraná - Iapar, que está sendo desenvolvido na estação experimental de Londrina. Foram escolhidas as rotações A (soja x trigo), B (milho x trigo) e D (soja x trigo x milho), submetidas aos dois sistemas de plantio, por serem as mais comuns na região do experimento.

Como instrumento de análise, utilizou-se os métodos de média-variância e dominância estocástica, da Teoria da Decisão. Os principais riscos da atividade agrícola (clima e mercado) estiveram representados na equação de lucro (receita-custo), através das informações de preços mensais e da produtividade de cada safra.

Os resultados mostram que a melhor alternativa foi a rotação das 3 culturas sob plantio direto. Esta escolha foi comum a ambos os critérios de seleção. Isto mostra que a dominância estocástica de 2º grau foi

equivalente à média-variância (ANDERSON *et alii*, 1977). O poder de discriminação foi de 100% nos dois critérios, pois apenas uma alternativa foi indicada, entre as 6 apresentadas.

As maiores produtividades da soja, milho e trigo, foram obtidas com o plantio direto, em níveis que variam conforme a rotação adotada, com melhor desempenho da rotação D. A rotação soja x trigo (A) trouxe prejuízos nos dois sistemas de plantio, com perdas de 70,83 OTN/ha a mais no plantio direto. Nas demais, as vantagens do plantio direto corresponderam a 29,35 OTN/ha e 49,17 OTN/ha, respectivamente nas rotações B e D.

Os principais componentes do custo para o plantio convencional foram, em ordem decrescente de valor, o uso da terra (AL), a adubação (AD), a semeadura (SE) e o controle de plantas daninhas (PD), sendo este último, o 2º na escala do plantio direto, com o dobro de sua participação em relação ao plantio convencional, significando de 85% a 169% a mais de dispêndio.

O plantio direto mostrou desempenho superior em anos climaticamente desfavoráveis (secas), para as produtividades das três culturas, sob qualquer rotação.

De modo geral, as produtividades caíram no

último período do estudo (1984/1988), tanto para o plantio direto quanto para o convencional. Talvez isto possa ser explicado pela queda na capacidade produtiva do solo, no plantio convencional, e o seu nocivo adensamento, no plantio direto. Estes resultados refletem as condições específicas do estudo em questão, além do que, por tratar-se de um ensaio experimental, revestem-se de características distintas das encontradas numa situação de produção comercial. Por outro lado, a obtenção de informações seguras, ao longo de vários anos, e a consideração dos riscos de mercado e clima, garantem o nível de confiabilidade, permitindo maior riqueza na análise dos resultados apresentados.

A estrutura de preços e o comportamento das produtividades no horizonte do estudo mostraram que o sistema de plantio direto requer o acompanhamento técnico cuidadoso para ser bem sucedido, através de providências tomadas antes e durante a sua implementação e uso.

A escolha da sucessão de culturas foi de grande importância pois, tanto o melhor quanto o pior resultado alcançado, foram sob o mesmo sistema de plantio (direto), diferindo apenas na rotação (D ou A).

Outros estudos são necessários para maiores informações sobre o plantio direto, com ênfase no comporta-

mento das produtividades sob as diferentes condições de solo, clima e rotações de culturas praticadas, a utilização de herbicidas e manejo no controle de ervas e economia dos recursos aplicados (solo, capital, tempo, mão-de-obra etc.).

Seria interessante a comparação entre os sistemas de plantio, a nível de propriedade agrícola. A dificuldade para isto se encontra na obtenção de dados confiáveis, que cubram um horizonte de anos razoável, para maior segurança na recomendação dos resultados alcançados.

SUMMARY

The lack of farmer information or experience restrain him from seeing the same advantages proclaimed by the researchers about some new techniques. This process is straightly related to a different sort of risk, that should be considered in all economic analysis providing results that could better fit the needs of the producers.

No-till is a revolutionary planting system and a good illustration for the exposed process. It involves a completely different allocation of resources and administration of work. The decision makers must have this in mind if they want to deal with this new technique. It consists on no seed-bed preparation except that done by the planter. The growing weeds and residues of former crop are controlled by herbicides and keep protecting the soil from raindrops, sun and wind.

Data from a twelve year field experiment in the Agronomic Institute of Paraná - Iapar, were used to

compare risks and long run profit of no-till to conventional tillage.

Among the crop succession submitted to both planting systems, three were chosen because of their frequent use in the region. These are soybean X wheat (A), corn x wheat (B) and soybean X wheat X corn (D).

This study dealt with two criteria of evaluation for decision under uncertainty: E-V Analysis and Stochastic Dominance.

Environmental and market-related risks are present in the profit equation (income-cost) through annual productivity and monthly prices of inputs.

The results pointed out rotation D (soybean x wheat x corn) under no-till system as the best alternative, despite of the method utilized in evaluating risk. This shows verify the equivalence of these two mathematic instrumental (ANDERSON *et alii*, 1977). Only one alternative was recommended among the six available, showing an discriminatory power of 100%.

No-till offered the highest productivity for all crops, with better performance under crop rotation D. Rotation A showed negative results under both systems of production with a loss of 70,83 OTN/ha under conventional

tillage longer than the no-till system. For rotation B the advantage of no-till was of 29,35 OTN/ha reaching 49,17 OTN/ha under rotation D.

The scale-up for the key components of costs in conventional cropping are land use (AL), fertilization (AD), seedling (SE) and weed control (PD). The no-till scale is identical with weed control in second place with double weight, meaning 85% to 169% more of expenditure.

No-till showed superior performance in hard weather conditions for all crops and rotations.

In general, productivities fell down in the last period (1984/1988) in no-till and conventional tillage. This may be happening due to the soil distressing under conventional tillage and the harmful soil compactation on no-till system. This reflects the particular conditions of this study, unlike the ones we found in a commercial production site. On the other hand, safety informations all over this long period and the consideration of the principal agricultural risks enriches the analysis and brings it close to the producers needs.

Price structure and productivity behavior along the focussed period proved that the no-tillage cropping system requires management skills and technical

assistance to be successful.

Both, the best (crop rotation D) and the worst (crop rotation A) results were found under no-till system, showing the importance of a proper choice of a sequence of crops.

Other studies are necessary for broader information about no-tillage system, mainly concerning productivity under different soils and climate conditions, crop rotation influence, herbicides use and resources economy.

Data from farms actual with different tillage systems would be helpful for a worthy comparision. Problems with a long period of proper farm data informations could turn it too hard to be found.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

No Estado do Paraná, 85% dos solos agrícolas já estão sendo explorados (SORRENSON & MONTOYA, 1984). Porém, há até bem pouco tempo (cerca de 60 anos) esta realidade era muito diferente, com o Estado praticamente ocupado por uma densa floresta tropical e subtropical. Esta modificação a caminho da ocupação, teve início nas décadas de 30 e 40, com a vinda de desbravadores em busca de boas terras para o café e algodão.

Evidentemente, o sistema ecológico que se encontrava em equilíbrio foi drasticamente alterado, advindo a rápida e devastadora erosão. Já na década de 50, em algumas regiões do Paraná, surgiam as primeiras voçorocas e o empobrecimento do solo (MONDARDO, 1977).

Recentemente, este problema foi seriamente agravado, devido à substituição do café pelo binômio soja X trigo que, como observa TOMASINI (1977b), se intensificou a partir de 1969. Novas técnicas, visando o aumento da produtividade, estiveram associadas a este crescimento

(novas máquinas, sementes melhoradas, medidas fitossanitárias, etc.), possibilitando os saltos na produtividade, e consequente produção, destas culturas, no país.

O que se verificou, no entanto, foi que grande parte deste aumento na produção ocorreu por uma real e crescente expansão da fronteira agrícola, nas bases extensivas tradicionais. Quer dizer, mais áreas eram incorporadas à atividade agrícola, com transferência do problema de erosão do solo. Assim é que encontramos uma situação de solos improdutivos, cansados, com quedas de produtividade.

Apesar de se registrar aumentos nas produtividades da soja, milho e, menos pronunciadamente, no trigo, o Brasil foi o país que apresentou maior queda na produtividade dos insumos (87%), entre outros 9 países avaliados, de 1960 a 1980 (SORRENSON & MONTOYA, 1984). Em flagrante contraste a esta realidade, neste mesmo período efetuaram-se os maiores investimentos no setor agrícola, com utilização mais intensiva de máquinas e insumos de um modo geral (fertilizantes, sementes melhoradas, defensivos, etc.); a maior taxa de elevação na quantidade de fertilizante aplicada, por exemplo, foi a do Brasil (980%).

MENDES & DOSSA (1981) mostram que, para um crescimento de 8,4% na produção agrícola paranaense, de

1970 a 1980, o incremento correspondente na produtividade foi de apenas 0,5%. Num futuro próximo, como lembra TOMASINI (1977a), se não houver mudanças na conduta até aqui observada, grande parte dos atuais esforços governamentais oriundos da pesquisa, crédito e outros, estará invalidada por uma questão básica: a falta de capacidade produtiva dos solos, para a qual ainda não se encontrou substitutivo (DANIEL, 1981).

MONDARDO (1977) identifica a questão do empobrecimento dos solos, como sendo a possível responsável pelo êxodo rural que se verificou no noroeste do Paraná, em função de uma baixa renda na agricultura, embora outros fatores possam estar contribuindo para isto. Efeitos e causas semelhantes aos até aqui descritos foram, também, detectados por HILL (1962) em seu trabalho sobre aspectos regionais do desenvolvimento econômico ocorrido nos Estados Unidos a partir de 1914.

É preciso que se intensifique a pesquisa de novos sistemas de produção, mais apropriados às condições climáticas, que possibilitem menores variações na produção e melhor aproveitamento da capacidade produtiva dos solos. Isto é extremamente importante pois, como bem observam VOGEL & HAHN (1972), a agricultura é um setor altamente competitivo e em áreas de declínio das condições de

produção, os agricultores vão perdendo sua capacidade para competir. Assim, necessitam de novas alternativas que os ajudem a preservar os seus recursos produtivos.

Novas tecnologias implicam numa nova forma de condução da exploração e podem requerer usos adicionais de insumos, com modificações no uso dos fatores de produção. O risco tende a atuar como impedimento na adoção destas inovações (BARBOSA, 1976). Assim, o agricultor se prende às práticas tradicionais, numa tentativa de se precaver contra a incerteza (MOUTINHO, 1977; BISERRA, 1985).

DILLON (1977a) lembra que a escolha da tecnologia é um problema complexo, onde não se tem certeza do retorno líquido por unidade, de cada tecnologia. Assim, as fontes geradoras de pesquisa, precisam estar capacitadas a dar melhores informações sobre as distribuições probabilísticas dos retornos, que resultam do uso das diferentes tecnologias.

Por outro lado, os critérios econômicos e/ou psicológicos dos agricultores, costumam diferir bastante daqueles dos técnicos e extensionistas. É isto que não permite que o agricultor enxergue as mesmas vantagens preconizadas pelos técnicos, nas novas tecnologias. É neste

ponto que a nova tecnologia se expõe ao risco de ter pouca, ou nenhuma, aceitação.

A não-consideração do risco pelos órgãos de pesquisa agropecuária, pode aumentar o hiato existente entre as informações geradas e aquelas que estão sendo demandadas pelos agricultores (PACHECO, 1985). A fim de melhorar o conteúdo das informações passadas pela pesquisa, é fundamental que se intensifiquem os estudos de avaliação econômica que incorporem o risco.

A seguir, descrevemos o problema que identificamos e traçamos um breve histórico sobre o Plantio Direto no Estado do Paraná. Logo após, listamos os objetivos do trabalho e, no capítulo 2, discorremos sobre alguns aspectos técnicos do sistema de plantio direto. No capítulo 3 apresentamos o material e os métodos utilizados na pesquisa e no seguinte, apresentamos os resultados da presente análise. Finalmente, chegamos à conclusão e sugestões para outros estudos, no capítulo 5.

1.2. O problema

Considerando-se as perdas significativas de solo que vinham ocorrendo, e ainda ocorrem, no estado do Paraná, é primordial que se passe a explorar a atividade agrícola num caráter menos espoliativo e mais consciente,

de forma a manter a capacidade produtiva destes solos.

Neste contexto, o Plantio Direto surge como uma alternativa de interesse, a fim de que esta capacidade produtiva possa ser mantida ou, até mesmo, incrementada.

A maior parte das pesquisas sobre o assunto tem procurado respostas para problemas técnicos na adoção do novo sistema, o que é natural e necessário. A pesquisa econômica, por sua vez, tem sido bastante discreta. O distanciamento que existe entre estes dois ramos da pesquisa, dificulta enormemente avanços nas análises econômicas. Grande parte dos estudos econômicos se restringe às análises de orçamentação parcial, válidas para um determinado instante no tempo, reduzindo, em muito, o conteúdo informativo das experimentações realizadas. A obtenção de informações de coeficientes técnicos de produção, dados climáticos e de mercado, se faz necessária ano a ano, numa série temporal que seja significativa, a fim de que se possa fazer uma avaliação com bases mais sólidas (MOUTINHO, 1977; PACHECO, 1985).

Naturalmente, esta inovação traz consigo embutidos riscos, de várias magnitudes e aspectos, que se refletem nos rendimentos alcançados. Este é um fator decisivo na tomada de decisão do agricultor. É fundamental identificá-lo e medi-lo, a partir dos dados disponíveis.

A crescente difusão do método, a expressiva diminuição nas perdas de solo e a falta de dados consistentes referentes ao novo sistema de plantio, justificam seu estudo econômico. É importante que se dê este tipo de informação ao agricultor, a fim de o habilitar a optar melhor, dentro de seus limites de ação.

Este trabalho pretende contribuir para a solução do problema de decisão do agricultor, no momento de optar pela prática do plantio direto, versus outros sistemas de plantio. Para tanto, reveste-se de um caráter multidisciplinar, como normalmente ocorre com estudos do tipo *problem solving*.

1.3. O Plantio Direto no Paraná

Em 1971 iniciou-se, à nível experimental, no Brasil, a prática do Plantio Direto, que consiste basicamente na semeadura sobre os restos da cultura anterior e de ervas, não havendo revolvimento no solo, exceto nos sulcos ou covas de semeadura. Isto significa que, a área onde vai ser efetuado o plantio não sofre movimentação (aração, gradagem, escarificação), salvo onde são depositadas as sementes. Para matar a vegetação remanescente emprega-se herbicidas de dessecação (manejo) e para a manutenção da cultura 'no limpo', utilizam-se os

herbicidas residuais ou de pós-emergência. Além da eliminação da vegetação existente antes do plantio, através da ação de herbicidas apropriados, Shear e Price, citados por BENATTI (1977), se referem à colocação de adubo, por ocasião do plantio, no sulco de semeadura.

Talvez a primeira referência sobre o sistema seja aquela feita há mais de 20 anos, pelo professor Clibas Vieira, em Viçosa (MUZZILI, in: Iapar, 1981), referindo-se aos benefícios oriundos de sua utilização nos solos arenosos dos EUA. Porém, as primeiras pesquisas com este sistema, no Brasil, foram realizadas nos campos experimentais do antigo Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária Meridional/Ministério da Agricultura (Ipeame/MA) no ano de 1971, no Paraná (Londrina e Ponta Grossa).

Num interesse conjunto dos agricultores, pesquisadores e técnicos, buscava-se uma alternativa que possibilitasse a continuidade da exploração agrícola, porém de forma a minimizar as perdas de solo que vinham ocorrendo com o uso sucessivo do sistema tradicional de plantio. Junto a este esforço pioneiro, somou-se o interesse de empresas multinacionais em promover o sistema.

Foi assim que, através de um acordo entre o IPEAME e a companhia ICI Brasil S.A. (ICI), o sistema

começou a se expandir, a partir de 1972. Neste ano, a ICI realizou as primeiras demonstrações do Plantio Direto em lavouras de trigo e soja, no norte do Paraná, estendendo o sistema para os agricultores de outras regiões, já no ano de 1974.

Nestes primeiros ensaios, procurou-se identificar diferenças de produtividade, de fertilidade e estado de agregação do solo. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) ainda realizou outros ensaios, observando a ocorrência de plantas daninhas para diferentes sistemas de movimentação do solo, na região de Ponta Grossa (1972).

Em 1976, através de um acordo com a ICI, o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) deu início a um projeto de pesquisa, comparando o plantio convencional com o direto, envolvendo diferentes rotações de cultura, conforme relata MUZZILI (in: IAPAR, 1981).

Em 1977, num acordo de cooperação técnica com a Alemanha (Iapar/GTZ), foi iniciado um projeto com vistas a estudar a erosão hídrica e desenvolver sistemas de preparo do solo e plantio que permitissem maior proteção do solo contra a erosão. Várias rotações e coberturas verdes foram analisadas, enfocando-se aquelas técnicas economicamente viáveis para as condições do estado do Paraná. Este

projeto encerrou-se em 1984 e vários trabalhos, abrangendo uma série de aspectos, foram elaborados e/ou publicados (DERPSCH, 1984).

A partir destas pesquisas iniciais, o sistema de plantio direto tem despertado muita curiosidade, polêmica e angariado um número crescente de adeptos, que se reflete nos expressivos aumentos de área e de culturas sob este regime de produção.

A evolução da área cultivada através deste sistema, está registrada na tabela 1.

Do total da área com plantio direto no Brasil, em 1988, 89% pertenciam ao estado do Paraná, com predominância na região dos Campos Gerais e, principalmente, nas culturas de soja e milho no verão e trigo no inverno. Em menor escala, as culturas de algodão, feijão, aveia, cevada, centeio, leguminosas de inverno para adubação verde, além de pastagens de inverno, também são plantadas no sistema direto. A área plantada com soja, milho e trigo alcançou 26.093.619 ha no Brasil e 2.281.500 ha no Paraná em 1987 (IBGE, 1989). Portanto, a área com plantio direto representa cerca de 3% do total plantado no Brasil e 11% no Paraná.

Observando a tabela 1, percebemos que a euforia inicial deu lugar à retração na adoção do sistema,

logo que as dificuldades, principalmente com o maquinário e o controle de ervas, se fizeram sentir. As máquinas não estavam adaptadas para o novo método de plantio e havia

Tabela 1 - Evolução da área (ha) sob plantio direto no Brasil e Paraná. Participação e índice de variação (%) da área no Paraná.

ANO	BRASIL	PARANÁ		
	ÁREA (ha)	ÁREA (ha)	% DO TOTAL	VARIAÇÃO (%)
1972	100	100	100	900.00
1973	1150	1000	86.96	600.00
1974	7900	7000	88.61	214.29
1975	24800	22000	88.71	138.64
1976	56800	52500	92.43	-21.90
1977	47500	41000	86.32	9.76
1978	54000	45000	83.33	140.00
1979	121000	108000	89.26	121.30
1980	273250	239000	87.47	-26.36
1981	220000	176000	80.00	26.14
1982	260800	222000	85.12	-8.56
1983	245900	203000	82.55	42.86
1984	338800	290000	85.60	48.28
1985	477200	430000	90.11	32.56
1986	605500	570000	94.14	8.77
1987	678200	620000	91.42	10.48
1988	766500	685000	89.37	

Fonte: ICI Brasil S.A., comunicação pessoal.

muito poucas informações sobre a nova técnica. À medida que foram sendo testadas e selecionadas alternativas que solucionavam os problemas surgidos (melhores plantadeiras, herbicidas apropriados etc.), os agricultores passavam a adotar esta tecnologia com mais segurança e a expansão voltou a se dar, a partir de 1982, de modo mais tímido, porém, mais regular.

Sem dúvida, a principal motivação para o emprego do plantio direto tem sido a necessidade de controle da erosão e a recuperação de solos degradados.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo principal

Para as condições desta análise, pretende-se verificar, primeiramente, se durante a utilização contínua de um sistema de plantio convencional e outro designado 'direto', houve aumentos significativos das produções obtidas na soja, milho e trigo sob o plantio direto, e comparar o lucro líquido e risco dos dois métodos de plantio.

Com isto, dentro do contexto em que as experiências passadas servem de auxílio às decisões futuras, pretende-se prestar um auxílio à tomada de decisão do agricultor.

1.4.2. Objetivos específicos

1 - identificar os coeficientes mais significativos na composição de custos dos dois sistemas;

2 - verificar se as produtividades aumentaram com a continuidade do Plantio Direto;

3 - constatar se houve diferenças significativas nos custos e riscos;

4 - analisar as alterações no tamanho da área plantada com o sistema de Plantio Direto;

5 - verificar se o novo sistema de plantio reduz as perdas da produção em anos de falta ou má distribuição de chuvas.

2. ASPECTOS TÉCNICOS DOS SISTEMAS DE PLANTIO

2.1. Perdas de solo e água

Apesar de contar com cerca de 42% de solos considerados resistentes à erosão (Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada), este é um dos problemas mais sérios na agricultura do estado do Paraná, devido à topografia acidentada, alta intensidade pluviométrica e manejo inapropriado do solo. Com a expansão das culturas anuais e, principalmente, do binômio soja X trigo, o solo chega a ser mobilizado duas vezes ao ano, acelerando enormemente o processo erosivo.

Este fenômeno tem crescido à taxas elevadas nas últimas décadas. A cobertura florestal, em torno de 84% até cerca de 60 anos atrás, não passa de 7% hoje em dia (SORRENSON & MONTOYA, 1984). SIDIRAS (1983) informa que, em 1983, a área ocupada com trigo e soja no sistema convencional no Paraná já era de 1,3 e 2,5 milhões de hectares, respectivamente. Juntos com o milho, aumentaram de 2 milhões de ha em 1960 para 5 milhões de ha, em 1980. A área plantada com lavouras temporárias evoluiu de 565.340

ha em 1940, para 5.501.161 ha em 1985, acompanhada por um respectivo aumento no número de tratores, de 65 para 99.143 unidades (IBGE, 1987).

Esta rápida 'modernização' da agricultura paranaense, sem deixar reservas ou matas remanescentes de proteção às nascentes, trouxe como consequências nocivas a erosão, o assoreamento dos rios, a redução da fauna e flora silvestres, perda da qualidade da água e do ar e alterações de microclimas regionais (MONTROYA, 1984). Houve um aumento, em dois decênios, do coeficiente de variação das precipitações (de 1,4% - 1,6% para 2,0% - 2,9%), no norte do Paraná (principal região desmatada). Isto indica que as precipitações se tornaram mais irregulares, ocorrendo abundância ou escassez de chuvas em determinadas épocas (IAPAR, 1978).

Devido à intensificação da exploração de culturas anuais, as interações ambientais com a produção tornaram-se mais significativas. Em 1976/77, a produção do trigo foi muito reduzida devido à seca, principalmente no norte e oeste do estado (IAPAR, 1978).

As principais práticas conservacionistas, quando utilizadas, são o plantio em contorno e a construção de terraços. O uso exclusivo do plantio em contorno não é suficiente para conter as chuvas de elevada intensidade,

comuns no Paraná; a construção de terraços é cara e provoca compactação no solo. Além disso, se os terraços não forem bem construídos, acabam agravando o problema e, mesmo em nível, não impedem o estágio inicial da erosão (SORRENSON & MONTOYA, 1984).

(A forma mais comum de erosão tem sido a laminar (por escoamento superficial). Ela depende da capacidade de infiltração do solo e da chuva. A natureza do solo influi no volume de enxurrada e na quantidade de elementos arrastados por ela. Isto está diretamente relacionado com a textura, permeabilidade e estrutura do solo e com a intensidade, quantidade e distribuição das chuvas (IAPAR, 1978). Considerando a impossibilidade de alterar estas características, DEDECEK (1977) encontra a solução na escolha dos sistemas de cultivo, culturas e práticas conservacionistas, para a minimização dos efeitos da erosão, assim como BENATTI (1977), ELTZ (1977), MARQUES & BERTONI (1961) e JONES (1968), que recomendam cautela na manipulação do solo, principalmente na época em que as chuvas mais erosivas coincidem com o solo descoberto, sugerindo que se evite a pulverização excessiva do solo.)

O sistema tradicional de cultivo implica no preparo excessivo do solo e na eliminação dos resíduos vegetais, o que acarreta elevadas perdas de solo. Como

agravante, temos a coincidência das épocas de preparo do solo e plantio das culturas de verão, com a de maior intensidade e frequência de chuvas, (outubro-dezembro) (BENATTI , 1977; MONDARDO, 1977; IAPAR, 1978; KEMPER & DERPSCH, 1981).

MONDARDO (1977) se refere a dados que indicam que mais de 90% da erosão durante o ciclo da soja, ocorrem nos primeiros 30 dias após a emergência das plantas. Confirmando isto, o relatório do Programa de Manejo e Conservação dos Solos, do Iapar (IAPAR, 1978), mostra que para as culturas anuais (soja, trigo, milho e algodão), quase toda erosão se concentra no primeiro estágio de desenvolvimento das culturas, quando ocorre mais de 20% da erosividade anual das chuvas, na região de Londrina, na seguinte sequência crescente de susceptibilidade: algodão, soja, trigo e milho. Para ambos os sistemas de plantio, a maior perda de solo ocorreu no estágio inicial (I e II) de crescimento das culturas. A soja, no estágio I, acusou 90,7% e 46,4% de perda de solo, respectivamente nos sistemas convencional e direto. É interessante notar que o sistema de plantio direto foi responsável por uma economia de 71,7% no volume total de solo perdido.

A erosividade das chuvas diz respeito à sua

capacidade de causar erosão e é determinada pela sua energia cinética total e intensidade máxima em 30 minutos (ELTZ, 1977). Um dos fatores mais determinantes da erosão pela chuva, é o impacto das gotas de chuva no solo. Este impacto causa a degradação das partículas do solo, pulverizando-o. Assim, o que acontece é que as partículas menores passam a preencher os espaços livres, formando uma crosta que impede a penetração da água e favorece o escoamento superficial.

DANIEL (1981) situa a degradação da estrutura do solo como o primeiro e mais importante estágio do processo de erosão hídrica, que por sua vez, é a maneira mais crítica de um solo perder sua capacidade produtiva (ELTZ, 1977). Este fato é frequentemente mascarado pelo efeito da utilização crescente de fertilizantes (SORRENSON & MONTOYA, 1984; MONTOYA, 1984).

Calcula-se que o volume total de sedimentação anual dos 6 principais rios do Paraná, seja de 12,5 milhões de toneladas. Com ele vêm juntos os insumos aplicados na produção agrícola e que são agentes poluentes em potencial. Dados que relacionam as concentrações médias mensais de nutrientes (Ca, Mg, K, P, N) e sólidos em suspensão em Itaipú, provenientes do Paraná, mostram que estes apresentam aumento expressivo em abril/maio e

novamente em out/nov, precisamente nas ocasiões em que o solo está sendo preparado e os fertilizantes aplicados para o plantio de inverno e verão. As estimativas de perda dos macronutrientes N, P e K são de 63.023, 136.632 e 351.130 t/ano respectivamente, a um custo anual de 316 milhões de dólares, para citar apenas um tipo de custo proveniente da erosão do solo (SORRENSON & MONTOYA, 1984). Em termos reais, torna-se quase impossível isolar e quantificar os custos da erosão, se nos detivermos em aspectos como a degradação do solo e suas conseqüências sobre a produtividade agrícola - diminuição da resposta esperada dos modernos insumos empregados - além dos custos sociais inevitáveis, em processos como incorporação de novas áreas, êxodo rural e diminuição da qualidade de vida (FUENTES in: IAPAR, 1981).

A susceptibilidade à erosão de um solo é aumentada pela aceleração da degradação, ocasionada pelo uso e manejo inadequados do solo. Dados do Iapar mostram que, para um mesmo tipo de solo, o fator de erodibilidade (K) variou de 0,149 a 0,381 (156%), respectivamente para um solo (LRd) de uso recente e antigo com trigo X soja, (IAPAR, 1978). O cultivo intensivo do solo provoca alterações nas suas propriedades físicas (MACHADO & BRUM,

1978); para MACHADO (1976), o efeito geral do cultivo é destruir a estrutura do solo.

Os latossolos têm geralmente alto índice de macroporos (20%-30%), mas com a mobilização do solo, a porosidade natural é alterada e se desenvolve uma rápida compactação na camada de 10 a 20 cm de profundidade do perfil. A estabilidade dos agregados em água desempenha um papel importante nesta alteração da porosidade natural e, para CORSINI (1974), ela está intimamente relacionada à compactação do solo, principalmente os de textura mais fina. Quanto maior a estabilidade dos agregados em água, maior a resistência à erosão; caso contrário eles tendem a desmanchar-se e a dispersar-se. São estas partículas que, finalmente, provocam a obstrução dos poros superficiais e a impermeabilização do solo à água e ao ar (MACHADO, 1976).

Amostras de solo previamente umidificadas, apresentaram agregados com maior estabilidade (RANDO, 1981; FERNANDES, 1976; MACHADO, 1976; SIDIRAS, 1984). Quanto mais seco estiver o agregado, a água tende a penetrá-lo com maior rapidez, provocando uma expansão desigual dos constituintes do agregado, fazendo com que ele se desmanche mais rapidamente. Quando exposto à ação direta da água da chuva, a resistência do agregado é menor. Isto explica porque os solos úmidos resistem por mais tempo às

enxurradas. RANDO (1981) demonstrou que o preparo e cultivo feitos com o solo úmido (no máximo 38%) contribuiu na preservação da estrutura do Latossolo Roxo distrófico.

Pesquisando o efeito dos sistemas de cultivo convencional e direto, na rotação soja X trigo em áreas de 6 anos com o sistema convencional (queimando a palha do trigo) e 4 anos com o direto, MACHADO (1976) encontrou, para um LRd, valores de estabilidade e índice de agregação do solo significativamente maiores para o plantio direto (1,28), quando comparado ao convencional (0,86), resultado da intensidade do trabalho mecânico e do grau de pulverização sofrida pelo solo.

Também RANDO (1981) encontrou agregados menos estáveis em solo submetido ao cultivo convencional por mais de 10 anos (LRd), em Lavras. Comparando amostras de solo do ensaio com outras de campo nativo, RAMOS (1977) verificou que o sistema de nenhum preparo foi o que mais se aproximou do campo nativo, quanto ao estado de agregação e estabilidade dos agregados.

Vários pesquisadores realizaram estudos comparativos de perda de solo sob diversos sistemas de cultivo. Em todos eles, nos diversos tipos de solos analisados, as perdas de solo foram expressivamente menores no sistema de plantio direto.

Castro, citado por SORRENSON & MONTOYA (1984), demonstrou que as perdas de solo por erosão em cultivo mínimo (solo escarificado ou com apenas uma gradagem niveladora), foram cerca de 40% menores que as observadas no cultivo tradicional. Ensaios do IAPAR mostram que, na safra de 1976/77, as perdas de solo e água na cultura da soja, sob condições de chuva natural com declive de 4,5%, num solo arenoso (Podzólico Vermelho Amarelo), foram de 19,8 e 17,9; 2,66 e 8,5; 0,2 kg/ha e 1,1%, para as condições de solo descoberto com preparo convencional, soja no plantio convencional e soja no plantio direto, respectivamente. Considerando-se o nível de 100% de perda para o solo descoberto, a perda relativa ao sistema convencional foi de 13,4% e ao sistema direto de 0,01%.

No mesmo ano, para o LRd com 8% de declive, mediu-se as perdas por erosão das parcelas sob diferentes culturas em rotação, sob chuva simulada. As perdas encontradas foram 7.425 e 2.099 kg/ha ($\Delta\%$ = 71,7%) para a soja no convencional e no direto; 4.668 e 3.260 kg/ha (Δ = 30,2%) para o trigo, respectivamente para os dois sistemas de plantio. Estes dados evidenciam grande eficiência no plantio direto da soja em resteva de trigo, no controle à erosão.

CASSOL (1977), trabalhando com o mesmo tipo

de solo com 7,5% de declividade e uma camada de palha de 3 t/ha, em Ijuí (RS), encontrou perdas de solo 4 vezes maiores no plantio convencional (1,6 t/ha) em relação ao direto (0,4 t/ha), para um volume de chuva anual de 937 mm. No mesmo ano, em Campinas, num ensaio de 3 anos consecutivos com milho, BENATTI (1977) verificou que o plantio direto reduziu as perdas de solo em 20% (3,11 X 2,5 t/ha), com os mesmos valores de perdas de água nos dois sistemas comparados. Em outro tipo de solo, mais arenoso (Podzolizado de Lins e Marília, var. Marília) e com 10,8% de declive, a redução de perda de solo ocasionada pelo plantio direto foi de 63% (40,94 X 13,39 t/ha) e de água foi de 33% (143,68 X 95,8 mm). Explica estes efeitos notáveis do controle da erosão proporcionados pelo plantio direto, pela menor pulverização dos agregados e pela proteção oferecida pelos resíduos vegetais das culturas anteriores, deixados na superfície.

Também trabalhando com dois tipos de solo, MONDARDO (1977) verificou uma economia de 93,6% nas perdas de solo e 93% na de água na soja, e 100% em ambas as perdas no trigo sobre Latossolo Vermelho Escuro (5% de declive); 63% na soja e 29% no trigo, sobre LRd (8% de declive). Utilizando solo franco arenoso (Laterítico Bruno Avermelhado distrófico), com 12% de declive, em Guaíba

(RS), ELTZ (1977) encontrou valores de perda de solo de 0,3 e 0,05 t/ha ($\Delta = 83,3\%$), no período de 1 ano sob a cultura da soja sobre palha de trigo correspondente a 1,5 t/ha. O trigo, no convencional, ocasionou perda média de 1,28 t/ha de solo. A soja em plantio direto apresentou perda de solo 6 vezes menor do que no convencional e 25,6 vezes menor do que o trigo no convencional, embora a erosividade da chuva tenha sido 2,4 vezes maior durante o ciclo da soja.

A tabela 2, a seguir, resume os resultados encontrados por SIDIRAS (1984), mostrando uma perda de solo 10 vezes menor, sob plantio direto.

Tabela 2 - Redução da espessura do horizonte A e perdas de solo em sistemas de plantio convencional e direto, em rotações de diversas culturas. LRd, 6% de declive.

Sistemas de Plantio	Redução da espessura do horiz. A		Perdas de solo t/ha/ano
	cm/5 anos	cm/ano	
Convencional	3.48	0.696	68.2
Direto	0.3	0.06	6.9

Fonte : SIDIRAS, 1984.

SORRENSON & MONTOYA (1984) se referem a trabalhos realizados pelo IAPAR, para uma declividade de 6%, que estimam perdas de até 700 t/ha/ano no sistema convencional (1 aração de disco e 2 gradagens niveladoras), caindo para 400 t/ha/ano se forem efetuadas curvas de nível, e para 100 t/ha/ano se for adotado terraceamento.

De modo geral, a conclusão é a de que quanto menos o solo for movimentado, menor será a erosão ocasionada, ou seja, quanto maior a degradação do solo, maior será o prejuízo por erosão. MARQUES & BERTONI (1961) consideram que "o grande problema é conciliar economicamente os interesses do aumento da produção agrícola com aqueles da preservação da integridade do solo". Para três intensidades diferentes de mobilização (2 arações, 1 aração e 1 aração de superfície), encontraram valores de perdas de solo de 16,7, 14,5 e 8,3 t/ha, no período de 1944/45 a 1956/57, com precipitação anual média de 1.117 mm, no Arenito de Bauru. Confirmando este resultado, o Iapar publicou dados referentes a um ensaio realizado em 1976/77 (IAPAR, 1978), que reproduzimos na tabela 3.

Tabela 3 - Influência de sistemas de preparo do solo nas perdas por erosão, com chuva simulada. LRd - 1976/1977.

Preparo do solo	Perda de Solo		Perda de Água	
	t/ha	Índice	%	Índice
grade pesada + 2 grade nivel.	5.68	100.0	31.4	100.0
subsolador + 2 grade nivel.	9.20	162.0	21.4	68.2
aração + 2 grade nivel.	1.48	26.1	9.3	29.6
sem preparo	0.67	11.8	30.8	98.1

Fonte: Relatório técnico anual - Programa de manejo e conservação do solo. IAPAR, 1978.

Estes dados se referem a parcelas submetidas a diferentes intensidades de mobilização do solo, sem o posterior plantio de qualquer cultura (solo sem proteção). A perda elevada de água no solo sem preparo reflete problemas de compactação, uma vez que os latossolos são solos que oferecem excelentes condições naturais de infiltração da água.

Pesquisando o grau de compactação do solo, mostrado pelas alterações nos parâmetros densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, MACHADO & BRUM (1978) encontraram um alto grau de compactação nas camadas

superficiais (até 15 cm) do solo submetido ao sistema convencional. Estudando 4 condições diferentes de uso e manejo do LRd com relevo ondulado, na rotação soja X trigo (4 anos com P.d. e 6 anos com P.c.) na região das Missões (RS), encontraram valor de densidade do solo significativamente maior para o plantio convencional ($1,35 \text{ g/cm}^3$) nos primeiros 15 cm de profundidade do solo ($1,21 \text{ g/cm}^3$ para o plantio direto). Estes valores apresentaram relação direta e negativa com os de porosidade total, macroporosidade e teor de matéria orgânica. Nas camadas mais profundas (15-30 cm) não observaram diferenças significativas em relação à porosidade, para os 4 tratamentos. A diminuição da macroporosidade foi acompanhada por inferior aumento na microporosidade, resultando finalmente numa menor porosidade total.

Estrutura do solo, textura e matéria orgânica são os fatores que mais afetam a densidade do solo. Esta varia entre 1,0 até $1,6 \text{ g/cm}^3$ em solos argilosos (RANDO, 1981), sendo que a diferença em volume total de poros é o que mais se reflete nesta variação. Conforme observaram RANDO (1981) e SIDIRAS (1984), esta relação entre porosidade total e densidade do solo é dinâmica, ao longo da estação de crescimento das culturas. Após o preparo do solo, devido à pulverização sofrida, a densidade

é baixa e a porosidade total é alta, invertendo-se a situação com o passar do tempo.

Os valores médios das densidades do solo (LRd) medidas por RANDO (1981) logo após a aração e gradagem do solo, foram $1,07 \text{ g/cm}^3$ para o solo cultivado no sistema convencional e $0,98 \text{ g/cm}^3$ no solo sob mata. A amplitude diferencial foi maior exatamente na camada de 21-48 cm, com menor volume de poros, refletindo a compactação exercida pelo trabalho das máquinas agrícolas. A redução na porosidade total foi de 11% para o solo manipulado.

Os resultados obtidos por SIDIRAS (1984) em LRd, mostram que a densidade aparente do solo sob plantio direto na camada de 3-10 cm foi 19% maior do que no plantio convencional, sendo também maior (18%) na camada de 12-20 cm, contrariando frontalmente os resultados obtidos por MACHADO & BRUM (1978), já mencionados. Os valores encontrados estão dentro do limite considerado ideal para o desenvolvimento das raízes de soja ($1,1 \leq d \leq 1,5 \text{ g/cm}^3$), e foram obtidos logo após a colheita do trigo. No entanto, observa que após a semeadura, a situação se inverte, com maiores valores de densidade do solo no preparo convencional, principalmente na camada de 20-30 cm. Por esta razão, não considera relevante a opinião de que o plantio

direto compacta o solo, ao longo prazo.

CORSINI (1974), trabalhando com dois tipos de solos submetidos ao cultivo anual durante mais de 50 anos e não cultivados naturais, verificou que o cultivo intenso provocou a formação de uma camada com sérios problemas de adensamento para a série Jaboticabal, a 20 cm de profundidade, melhorando no entanto as condições de permeabilidade nas camadas mais profundas. Na série Santa Teresa, o cultivo intenso propiciou melhoras nas condições de condutividade hidráulica (usada para identificar as diferenças estruturais nas diversas camadas do solo) ao longo de todo o perfil e principalmente nas camadas superiores.

Verificando o efeito da movimentação de máquinas em dois tipos de solo, um húmico (Argiaquoll) e outro arenoso (Hapludolf), FERNANDES (1976) observou que, para a camada de 10-20 cm, o solo húmico acusou maiores níveis de compactação, com a diminuição no tamanho dos poros mais acentuada, neste solo mal drenado. No entanto, este efeito foi minimizado quando o sistema utilizado não incluiu movimentação do solo, onde a porosidade não foi afetada pela movimentação do solo ou pela compactação da chuva. Porém, os dois sistemas de cultivo pouco diferenciaram em relação à quantidade de água disponível

para as plantas, sendo que no solo arenoso, o sistema convencional foi o que apresentou os menores valores. A permeabilidade foi estatisticamente diferente (ao nível de 1%), com maior eficiência do plantio direto no solo arenoso, que também teve a maior taxa de infiltração, para os dois solos (medida nos primeiros 10 cm dos perfis). Semelhantemente aos resultados já apresentados de MACHADO & BRUM (1978), não encontrou alterações nas características físicas dos solos, nas camadas mais profundas que 30 cm. Observou ainda, que a movimentação favoreceu a porosidade total na camada de 0-10 cm de solo.

A tendência dos solos cultivados é apresentarem quedas no teor de matéria orgânica, afetando a estabilidade dos agregados existentes nas camadas superficiais do solo.

MACHADO (1976) constatou que o plantio direto preveniu a perda de matéria orgânica do solo, apresentando teores de 226% e 328% a mais do que o plantio convencional, nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, além de apresentar maiores taxas de infiltração do que o solo com campo e cultivo convencional. As correlações que encontrou entre matéria orgânica e estabilidade dos agregados e matéria orgânica e macroporosidade, foram positivas e elevadas ($r = 0,82$ e $r = 0,84$). Isto quer dizer que siste-

mas de manejo que reduzam as perdas de matéria orgânica, podem ser benéficos na redução da erosão do solo. VIEIRA (1984) apresenta resultados em que a redução de matéria orgânica está diretamente ligada à perda e movimentação do solo. Numa condição de solo (LRd) arado, submetido a 4 gradeações e queima da palha, ocorreu uma perda de 18,03 t/ha de solo e 657 kg/ha de matéria orgânica; contrastantemente, numa condição de não movimentação com preservação da palha na superfície, os níveis de perda dos dois materiais foram 0,14 t/ha e 5 kg/ha, respectivamente.

O aumento na densidade das partículas do solo cultivado, foi atribuído por RANDO (1981) à redução sofrida de matéria orgânica. Quanto ao problema da compactação, sugere que a aração seja feita à profundidades variadas, com adição de matéria orgânica nas camadas superficiais, restringindo-se ao máximo possível o uso de máquinas pesadas no cultivo do solo.

Para KEMPER & DERPSCH (1981), o surgimento da camada compactada é acelerado pelas chuvas intensas e pela redução da matéria orgânica. Embora possa ser quebrada por uma nova movimentação do solo, esta camada sempre reaparece, assim que o solo se acomoda. Ela impede a infiltração da água, com a consequente perda do horizonte A superficial, pelo arrastamento do material nas

enxurradas. Portanto, o aumento da infiltração é uma importante medida no controle da erosão.

As vantagens advindas da movimentação do solo para o plantio, que se fazem sentir no curto prazo, podem se transformar em problemas sérios com a continuidade desta prática. O cultivo sucessivo do trigo e da soja, em particular, embora ofereça certos benefícios, requer a utilização de práticas mais racionais de manejo do solo.

2.2. O papel da cobertura vegetal

A permanência de uma camada vegetal superficial é uma característica de extrema importância para o sucesso do sistema de plantio direto. Em seguida, passaremos a descrever as principais interações desta cobertura com o processo produtivo.

2.2.1. Água e temperatura

A cobertura morta atua como agente isolante, impedindo oscilações bruscas na temperatura do solo, além de exercer proteção direta contra o impacto da gota de chuva sobre o solo nu e do vento. Com isto, diminui a evaporação da água na camada arável do solo, constituindo uma vantagem em épocas de estiagem.

KEMPER & DERPSCH (1981), mostram que para o ano de 1979, após 14 dias do plantio de trigo em solo seco

(LRd, Londrina), 98% das plantas no plantio direto haviam emergido, contra apenas 15% no plantio convencional. Estas diferenças desapareceram, após uma chuva de 26mm durante 18 horas.

Estudando a cultura do trigo, VIEIRA (1984) enxergou uma vantagem nítida para o sistema direto de plantio no norte do estado do Paraná, principalmente devido à melhor retenção de umidade no solo. Nesta região é comum a ocorrência de períodos secos no inverno, com déficits hídricos no solo. As diferenças se fizeram notar desde a germinação e emergência das plantas, favorecidas pela maior disponibilidade de água, melhor contacto do solo com a semente e menores oscilações na temperatura do solo.

Resultados similares foram obtidos por BAKAJEV (1981), pesquisando uma rotação de pousio-trigo-trigo-trigo, por um período de 12 anos no norte da Rússia (Kazaquistão). Durante todo o ciclo do trigo, nas condições de estepes semi-áridas desta região, a disponibilidade de água de 0-10cm de profundidade, foi sempre maior nas parcelas com maior volume de palha (níveis de 0, 1, 2, 4, e 8 t/ha). O trigo plantado nestas parcelas foi melhor suprido de água, nas fases críticas de seu desenvolvimento. Além dos acréscimos consistentes no estoque de água (13,3 para 19,9mm), as parcelas cobertas por palha tiveram menor

amplitude térmica ao longo dos meses, medida nos primeiros 20 cm do solo.

ORTOLANI (1977), encontrou diferenças estatisticamente significativas (1%) no número de plantas de milho emergidas no 5° e 6° dias após a semeadura, maior no plantio direto devido à maior umidade no solo. Observou que os sulcos de plantio, neste sistema, apresentavam-se saturados, o que era visivelmente menos pronunciado nos outros tratamentos.

MUZILLI (1983) verificou uma maior velocidade de emergência e desenvolvimento mais uniforme e vigoroso das plantas de milho sob plantio direto, devido à maior retenção de umidade, sobretudo nos 10 cm superficiais do solo. Destacadamente nos anos de ocorrência de estiagem, obteve uma população inicial mais elevada por unidade de área. Estes resultados foram confirmados por CASSOL (1977), no Rio Grande do Sul.

JONES (1968), medindo a disponibilidade de água no perfil do solo (Silt Loam) a 15 e 47,5 cm, nas diversas fases do desenvolvimento do milho no período de 1960/65, encontrou valores sempre maiores nas parcelas com plantio direto, com as maiores diferenças na zona de utilização das raízes (47,5 cm). As diferenças no crescimento foram facilmente percebidas desde o início do

desenvolvimento das plantas, sendo mais expressivas em anos de seca ou má distribuição de chuvas.

SIDIRAS (1984) constatou aumentos de 31% e 20% no volume de água encontrado nas camadas de 3-11 cm e 12-20 cm, de um Latossolo Roxo submetido ao plantio direto, quando comparado ao plantio convencional. Atribuiu este resultado à melhoria na estrutura (maior estabilidade dos agregados em água), à diminuição na porcentagem dos macroporos e ao incremento de húmus na camada superficial (devido à cobertura morta).

Em outro trabalho (SIDIRAS, 1983), verificou que o plantio direto apresentou sempre maiores valores de água disponível nas diversas profundidades amostradas (36% a 45% a mais) e somente no plantio convencional houve déficits hídricos (0-40cm de profundidade), em alguns períodos do cultivo.

Num ensaio de 7 anos, submetendo a cultura do milho a 2 tipos de solo (húmico e arenoso) em Indiana (EUA), com 3 sistemas de cultivo diferentes, FERNANDES (1976) concluiu que a quantidade de água e a estrutura dos solos, foram diretamente afetadas pelos sistemas de cultivo. O cultivo mínimo (preparo superficial do solo) foi o que proporcionou maiores valores de água disponível, na camada de 10-20 cm do solo arenoso.

A cobertura vegetal pode afetar a taxa de infiltração, e com isto influir no processo erosivo do solo, conforme detalhado no item anterior. SIDIRAS (1984) observou uma relação direta e positiva entre a taxa de infiltração e o grau de cobertura da superfície, encontrando as taxas mais altas sob palha da aveia (90% de área coberta).

No experimento desenvolvido por KEMPER & DERPSCH (1981), todas as coberturas mortas apresentaram melhores taxas de infiltração de água do que o trigo (421% no LRd e 628% na TR, para as maiores diferenças). DERPSCH (1986) diz que uma cobertura de 100% levou a um nível de infiltração de 100%. Também BAKAJEV (1981) observou que, para um volume de palha de 0, 2 e 4 t/ha as taxas de infiltração médias, em três períodos de 4 anos cada, foram 46,3mm/h, 178mm/h e 185mm/h, respectivamente. CASSOL (1977) conclui que a permanência dos restos de cultura sobre o solo (3 t/ha), além da não movimentação deste, propiciou ótima proteção contra os efeitos da erosão.

No entanto, em anos frios, úmidos e no caso de ocorrência de geadas, os efeitos resultantes no plantio direto podem ser nocivos, com quedas drásticas na produção total obtida. Isto foi relatado por vários autores, entre eles BAKAJEV (1981), FERNANDES (1976) e VIEIRA (1984).

Para as condições do Corn Belt americano, onde a germinação e o desenvolvimento do milho ocorrem sob baixas temperaturas (15°C) e eventuais geadas, KOHNKE (1966) diz que as produções geralmente sofrem decréscimos à medida que aumenta a cobertura sobre o solo. Relaciona isto à maior quantidade de água no solo conservada até a primavera (atrasando o plantio do milho), não permitindo que a temperatura do solo se eleve, sendo mais evidente para os solos de textura fina.

Além disso ressalta que, inversamente ao que ocorre quando os resíduos são incorporados ao solo, nas condições de cobertura da superfície do terreno, a decomposição rápida da palha compete em oxigênio com a cultura, podendo causar sérias limitações, se o pico da taxa de decomposição coincidir com o pico da necessidade de oxigênio pela planta. Relembrando, isto se dá em condições de regiões frias e com pouca intensidade de radiação solar.

Apesar da pouca espessura da palhada e da boa distribuição de chuvas, DANIEL (1981) se refere a menores perdas de umidade do solo sob plantio direto. Porém, tanto no regime seco (sem irrigação) quanto no úmido (com irrigação), este sistema apresentou valores maiores ou iguais de perda de umidade no solo, na fase final do ciclo da cultura (maturação).

Contrariamente aos que afirmam que o solo cultivado oferece menor disponibilidade de água para as plantas, RANDO (1981) concorda com a literatura que diz que a matéria orgânica, em solos argilosos, tende a reduzir o teor de água disponível, em favor da aeração. Alerta para a compactação sofrida pelos solos que sofrem maior movimentação.

Apesar das variações nos fatores externos (chuva, seca, intensidade de insolação), ORTOLANI (1977), verificou que a temperatura do solo sob plantio direto manteve-se constante, aspecto de grande importância para o desenvolvimento da cultura em estudo (milho). Embora DANIEL (1981) não tenha encontrado diferenças de temperatura no solo sob plantio direto ou convencional, reconheceu que as amplitudes diárias da temperatura foram sempre menores no primeiro sistema.

A temperatura do solo e a umidade são fatores determinantes no desenvolvimento dos microorganismos do solo, sendo a cobertura morta uma fonte de energia para esta população. Este aspecto assume grande relevância para as regiões tropicais. Dados do IAPAR (1978), mostram que em janeiro de 1979, a temperatura do solo à uma profundidade de 2 cm, era de 50,8°C no solo descoberto, caindo para quase a metade (25,8°C) no solo

coberto por palha. Conforme o tipo de cobertura vegetal, a variação na temperatura do solo pode ser maior ou menor, principalmente devido à coloração da palha e seu efeito na reflexão dos raios solares (KOHNE, 1986).

Procurando identificar as diferenças na atividade biológica do solo, DERPSCH (1984) realizou diversas contagens na população de anelídios (minhocas), artrópodos e produção de CO_2 no solo. Um ano e meio após a instalação do ensaio (LRd), a população de anelídios de 0-10 cm de profundidade foi de $5,8/\text{m}^2$ no sistema convencional e $13,0/\text{m}^2$ no direto (média de 36 repetições); após 4 anos, numa faixa de 0-30 cm de espessura, encontrou $3,2$ minhocas/ m^2 no sistema convencional, contra $27,6$ minhocas/ m^2 no direto (média de 12 repetições). O número de artrópodes foi enormemente diferente, correspondendo a 7 unidades para o plantio convencional até 192 no direto (em amostras de 300 cm^3 de solo), variando conforme a rotação de culturas praticada. Quanto à produção de CO_2 no solo, em $\text{mg CO}_2/100\text{g}$ solo, esta variou de 21% no plantio convencional para 51% no direto, quando comparados ao solo com cobertura verde permanente (100%). Estes resultados refletem os benefícios advindos da maior umidade e menor amplitude térmica observadas no plantio direto, proporcionadas pela cobertura morta.

Neste ensaio, o crescimento do trigo e da soja em plantio direto foi sempre melhor, logicamente com maior consumo de água. Mesmo assim, a água encontrada no solo foi sempre superior no plantio direto, principalmente nas épocas secas. Nestas ocasiões, demorou muito mais tempo para que a água do solo caísse abaixo do ponto de murcha, no plantio direto (30 dias), nas camadas até 20cm de profundidade. Pelo exposto, verifica-se que o impacto ecológico do uso do plantio direto foi menos prejudicial, apresentando níveis de atividade biológica no solo mais próximos do solo sob condições de cobertura natural.

2.2.2. Fertilidade

A continuidade do uso do sistema de plantio direto, possibilita a manutenção e/ou elevação da matéria orgânica no solo. MUZILLI (1983) encontrou valores significativamente maiores na matéria orgânica da camada superficial do solo (0-15 cm) sob este sistema, independentemente da rotação de culturas realizada e, praticamente, os mesmos valores na camada arável do solo (até 30 cm) que no sistema convencional com incorporação da palha.

Embora a quantidade de matéria orgânica tenha sido praticamente a mesma nos dois sistemas, a

qualidade foi bastante diferente. As gramíneas (milho e trigo) manifestaram grande deficiência de nitrogênio sob plantio direto, presente em menores proporções nas folhas destas espécies vegetais, com colmos mais finos, menor tamanho das espigas, maior quebramento de plantas no campo e menor produtividade de grãos, tal como observaram outros autores (KONDORFER, 1984; BAKAJEV, 1981).

Isto se explica, em parte, pela maior umidade existente no solo sob plantio direto, que contribui para a maior lixiviação de nitratos (KINJO, 1978) e menor taxa de nitrificação (temperaturas mais amenas). A menor evaporação de água reduz o movimento ascendente dos nitratos, a atividade da enzima presente nos restos de cultura (urease) sobre as perdas de amônia é mais intensa e além disso, a velocidade de mineralização da matéria orgânica é menor. Após 12 anos de observação, BAKAJEV (1981) concluiu que ao aumento do volume da palha, acompanha um significativo acúmulo da matéria orgânica no solo e uma redução na taxa de nitratos.

Prevalecendo esta situação, a tendência é de uma necessidade de maior adubação nitrogenada. Porém, a rotação com leguminosas que reponham o nitrogênio no solo ameniza, ou até mesmo anula, estes efeitos negativos. O milho em rotação com a soja apresenta melhor

desenvolvimento, com as plantas mais verdes e maior produtividade (MUZILLI, 1983; MARQUES & BERTONI, 1961; SORRENSON & MONTOYA, 1984). Estudando rotações com coberturas verdes e cereais de inverno, DERPSCH (1984) conseguiu as melhores produtividades após aveia preta (milho e feijão), tremoço branco e ervilhaca peluda (milho), com os piores rendimentos para as rotações com cereais (trigo, aveia e centeio). O efeito residual do N na rotação tremoço branco antes do milho chegou a 90 kg de N, dispensando a adubação nitrogenada.]

Avaliando o experimento objeto do presente estudo, MUZILLI (1983) diz que, após 4 anos de cultivo em LRd, os valores de PH no plantio direto foram superiores aos verificados em plantio convencional, principalmente nos primeiros 10 cm da camada arável, contrariando a observação de outros pesquisadores, que identificaram uma tendência à acidificação após alguns anos de cultivo sucessivo sob plantio direto, devido à acumulação de matéria orgânica (SHEAR & MOSCHLER, 1969).

Os resultados das análises químicas efetuadas por MACHADO (1976), nas profundidades 0-15 e 15-30 cm, evidenciaram diferenças acentuadas entre os tratamentos, com teores mais elevados de P, matéria orgânica, K, S, bases trocáveis (TD), saturação de bases (V), Ca e Mg. Não

se pode esquecer que nas parcelas de plantio direto o calcário não foi incorporado, permanecendo sobre a palha e, por isto, interferindo nos valores encontrados dos dois últimos elementos. Quanto ao alumínio, encontrou maiores quantidades no solo sob plantio convencional, quando comparado com o das parcelas de campo virgem (que não receberam calagem). As diferenças de P, K e matéria orgânica foram de 50%, 52% e 56%, medidas de 0-15 cm do perfil, provavelmente devido às menores perdas de solo; percebeu que a perda da fertilidade é acelerada, no sistema convencional de plantio.

Baseado no mesmo tipo de resultado, MUZILLI (1983) sugere uma economia de até 50% na adubação fosfatada no plantio direto, uma vez alcançado o limite crítico deste nutriente no solo. RAMOS (1977) constatou um expressivo aumento nos teores de fósforo na camada de 0-5 cm de solo para o plantio direto (61 ppm X 16,3 ppm no plantio convencional); idem para o potássio, elevado em 33%.

BAKAJEV (1981) não encontrou qualquer relação entre o P disponível e o volume de palha sobre o solo. Sendo este elemento praticamente imóvel ao longo do perfil, uma vez que é fortemente adsorvido pelos colóides e partículas do solo, sua maior acumulação em plantio direto se explica melhor pela não movimentação do solo e menor

superfície de contacto, consequentemente, menor adsorção. As perdas deste nutriente estão associadas ao arraste da camada superficial do solo pelas enxurradas, fenômeno praticamente nulo quando se trata de plantio direto.

A constatação de maior eficiência na utilização de P pelas plantas de milho, com maiores níveis do elemento presente em suas folhas, deve-se a maior umidade, que favorece a taxa de difusão do P até as raízes (MUZILLI, 1983).

2.2.3. Controle de ervas

Quando o solo sofre movimentação e as raízes e sementes de plantas infestantes são expostas, consegue-se, na maioria das vezes, uma boa adequação do terreno para o plantio e controle das ervas que se desenvolvem durante o ciclo da cultura, através da operação de cultivo. Considerando-se que esta situação não se verifica quando se trata de plantio direto, compreende-se a importância da utilização racional dos herbicidas, além dos outros métodos para o controle de ervas. Este aspecto é crucial para que o sistema se torne viável, em termos de produção e custo.

MARQUES & BERTONI (1961) concluíram que quanto mais praguejado for o terreno, menos vantajoso se

apresenta o sistema de preparo do solo apenas no sulco de plantio. Em termos de produção, o melhor resultado obtido pelo uso do arado revolvedor residiu no fato do melhor controle de ervas propiciado. A oscilação total da produção, nas áreas praguejadas, ficou na ordem de 46%, bem superior às áreas com pouca infestação. Neste estudo, não foram utilizados herbicidas, tampouco rotações com espécies fitotóxicas.

BAKAJEV (1981) relata que no trigo plantado no 1º, 2º e 3º ano consecutivo sob plantio direto, houve um incremento na infestação de aveia selvagem, proporcional ao volume de palha nas parcelas. As outras ervas não foram afetadas pela cobertura morta.

ALMEIDA (1985) procurou identificar os efeitos alelopáticos dos resíduos das culturas de inverno, para as condições de Londrina (LRd) e Ponta Grossa (LV). Para isto, manteve fixa a sequência das culturas de verão (milho-soja-soja) e trabalhou com três níveis de uso de herbicidas: alto, moderado (completado por capinas se necessário) e nulo. No inverno utilizou aveia, tremoço, serradela, girassol, pasto e trigo. Observou menor infestação sob pasto, aveia, serradela e trigo, onde foi mais barato o uso de capina manual. Nos casos em que a infestação foi elevada (tremoço, girassol e pousio),

justificou-se o uso de herbicidas. Detectou, ainda, o efeito alelopático do trigo na cultura do milho, refletido na menor produção obtida, em comparação às outras coberturas mortas.

RAMOS (1977) diz que, de um modo geral, houve menor incidência de invasoras no sistema de nenhum preparo do solo, principalmente nas entrelinhas, num experimento realizado pela Embrapa em Ponta Grossa (LV), em 1985. ALMEIDA (1985) atribui a maior infestação, por vezes observada no plantio direto quando comparado às terras sem cultura, ao revolvimento do solo que, mesmo reduzido, influencia na quebra de dormência das sementes silvestres.

Analizando o grau de infestação no 1º ciclo do experimento estudado na presente dissertação, ALMEIDA (1981) contou um número médio de ervas/m² no valor de 12,2 para o plantio direto, contra apenas 3,9 no plantio convencional (considerando todas as rotações), com maior predominância daquelas ervas sobre as quais os herbicidas têm pouco controle.

MUZILLI (1983) enfatiza que o controle de ervas não pode se apoiar exclusivamente na eficácia dos herbicidas, devendo se considerar a rotação de culturas como alternativa importante para este fim. Lembra que o uso sucessivo dos mesmos herbicidas tende a aumentar a

população de ervas resistentes, devendo-se buscar uma forma de quebrar este efeito de seletividade (ALMEIDA, 1981).

Após a formação de uma espessa camada de palha, consegue-se diminuir a infestação de ervas, que são abafadas por esta cobertura morta. Porém, esta camada não deve ser tal que impeça o bom funcionamento da semeadeira; por isto, e para que esta fique bem distribuída pelo terreno, é fundamental o uso do picador de palha na colhedeira.

2.2.4. Produtividade

A germinação e o desenvolvimento inicial das plantas, são favorecidos pela maior quantidade de água disponível e a menor amplitude térmica no solo, sobretudo em anos de estiagem, resultantes da presença da cobertura vegetal no solo. O fato deste sistema evitar a desagregação da estrutura do solo, permite que haja um contacto mais estreito com as sementes, o que também contribui para minimizar o risco de um *stand* deficiente (VIEIRA, 1984). Consequentemente, MUZILLI (1983) cita uma economia de até 15% nos gastos com sementes, além da redução dos riscos pela necessidade de replantio das lavouras.

De uma forma geral, as pesquisas com movimentação mínima do solo indicam que algumas culturas

apresentam uma diferença significativa na produção, em total contradição com o que diz ORTOLANI (1977). Porém, este autor verificou que entre os diversos tipos de preparo do solo que comparou (5), apesar do menor desenvolvimento das plantas, o plantio direto foi o mais eficiente na conversão da matéria seca em grãos e pendões de milho, tendo o convencional apresentado o pior resultado. Além disso, o plantio direto apresentou um índice de tombamento de plantas no mínimo 50% menor do que os outros tratamentos, fenômeno confirmado por MUZILLI (1983).

Também DANIEL (1981) concluiu que, a partir da fase de crescimento vegetativo, o milho sobre plantio direto passou a apresentar menores taxas de crescimento, provavelmente em benefício de outros mecanismos de sua fisiologia. Não detectou qualquer influência direta e sistemática dos dois sistemas de plantio na produção do milho, sendo que o que realmente influiu no comportamento da cultura, foi a rotação com a soja. Em ambos os sistemas, esta rotação promoveu um maior crescimento do milho, exatamente como observaram outros autores, citados no item 2.2.2., que obtiveram, inclusive, melhores produtividades do milho em alguns casos. Estes resultados se referem a dados de apenas 1 ano, com pouca quantidade de palha formada para a cobertura, o que seguramente não permitiu

que se observasse mais acentuadamente os efeitos do plantio direto sobre a cultura.

SIDIRAS (1983) encontrou rendimentos superiores (33%) para a soja sobre plantio direto, em comparação ao convencional (2.593 X 1.948 kg/ha), numa média de 3 anos de estudo (1978/81) em LRd, para o grão com 14% de umidade. Atribuiu este resultado ao maior número de plantas e, principalmente, ao maior peso das sementes, com coeficientes de correlação (r) positivos e elevados (respectivamente $r = 0,74$ e $r = 0,84$).

Resultado semelhante foi notado por KEMPER & DERPSCH (1981) no LRd, para o grão com 10% de umidade, na safra de 1978/79 (1.987 X 1.434 kg/ha). CASSOL (1977) encontrou diferença significativa na produtividade da soja plantada nos sistemas convencional (3.124 kg/ha) e direto (4.671 kg/ha), no LRd com uma camada de 3t/ha de palha.

Também para a soja, MARQUES & BERTONI (1961) encontraram melhores produções no sistema de plantio com movimentação do solo somente nos sulcos de plantio, na Terra Roxa legítima livre de ervas. Para o milho, nos primeiros 7 anos de avaliação, notaram uma tendência para um melhor *stand* final, nos sistemas mais intensivos de preparo do solo, notadamente para as situações em que a infestação de ervas era maior, com as plantas de milho

apresentando porte mais alto (porém, sem qualquer correlação entre este aspecto e a produção de grãos), conforme nos referimos no início deste item.

Quando trabalharam com solo mais pesado (TR legítima), os melhores resultados foram obtidos com apenas 1 aração. Após 13 anos de cultivo do milho em TR legítima e livre de ervas, observaram que o sistema que apresentou melhores resultados de produção, foi o de preparo do solo nos sulcos de plantio. Curiosamente, este foi o pior sistema quando os solos foram o Arenito de Bauru e a TR misturada e praguejada (solos mais leves e/ou com infestação). Em Campinas, BENATTI (1977) verificou que as produções do milho plantado sucessivamente por 3 anos, foram menores ou iguais no plantio direto. Neste experimento, o controle de ervas sob este sistema foi bastante deficiente, o que certamente prejudicou os resultados de produção.

Observando os efeitos de preparos do solo sobre a produção de soja e trigo no LRd (Londrina, 1971/73), RAMOS (1977) encontrou respostas positivas quando o solo sofreu menos movimentação (apenas duas gradagens leves), semelhantemente aos resultados encontrados para o LVE (Ponta Grossa). Em outro ensaio (1973/75), as produtividades da soja e do trigo foram maiores quando em rotação,

sob plantio direto, embora a níveis não significativos.

Relacionando a quantidade de palha na superfície e a produção média anual de trigo (9 anos), BAKAJEV (1981) encontrou os valores de 8%, 9% e 14% de incrementos na produtividade do trigo, para os correspondentes níveis de 1, 2 e 4 t/ha de palha. Os efeitos positivos foram maiores para o nível de 4 t/ha, ocorrendo decréscimos na produção quando se usou 8 t/ha de palha (após significativo acréscimo nos primeiros dois anos do experimento).

Diferenças na produção de trigo também foram detectadas por KEMPER & DERPSCH (1981), num ensaio desenvolvido em LRd nos anos de 1978/79 e 1979/80, com uma vantagem de 15% para o plantio direto, conforme mostra a tabela 4. Não foi usado herbicida na safra de 1979/80, o que provavelmente se refletiu no menor diferencial de ganhos apresentado pelo plantio direto, nesta safra.

Tabela 4 - Produção do trigo (kg/ha) em P.c.e P.d., para o grão com 14% de umidade. Londrina, 1978/1980.

Tratamento	Safra 78/79		Safra 79/80	
	kg/ha	Índice	kg/ha	Índice
P.c.	1.387	100	1.607	100
P.d.	1.713	123	1.844	115

Fonte : KEMPER & DERPSCH, 1981.

Com apenas 1 ano de instalação do ensaio comparativo entre os dois sistemas de plantio, em Bela Vista do Paraíso (1976/77, solo Podzólico Vermelho Amarelo), a produção de palha e grão foi maior no plantio direto, respectivamente 3.575 X 3.700 kg/ha e 3.104 X 3.189 kg/ha (Iapar, 1977). Já BENATTI (1977), em Campinas, encontrou produções de milho idênticas ou menores no plantio direto, provavelmente devido ao controle ineficiente das ervas.

Nos 6 anos de duração de um ensaio em Virgínia (EUA), sobre solo siltoso (Silt Loam), a produção de grãos de milho no plantio direto foi igual ou maior do que no convencional (38,6% a mais em 1963 e 22,2% em 1965). Além disso, em todos os anos as plantas se apresentaram mais altas, e com maior peso seco, em 5 dos 6 anos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

A análise comparativa de lucro líquido e risco baseou-se em séries históricas de um ensaio multidisciplinar de longa duração (12 anos), no Iapar em Londrina - PR.

Os dados referentes a preços de insumos e produtos foram obtidos nas publicações da Secretaria de Agricultura do Estado do Paraná (Deral), da Comissão de Financiamento da Produção (CFP), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Empresa Brasileira de Assistência e Extensão Rural (Emater), do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA/SP), da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e na ICI, que também forneceu os dados da evolução da área de plantio. Os demais dados foram obtidos junto ao Iapar.

Para organização e manipulação dos dados, foram utilizados os softwares dBASE e SAS, que gerou as tabelas de lucros e custos comparativos.

Além disso, a área é sujeita à geada, com má distribuição de chuvas no inverno. A tabela 5 mostra o comportamento das chuvas, no período de desenvolvimento do experimento.

Tabela 5 - Precipitação (mm) média e máxima (24 hs), mensal e anual, em Londrina, de julho/76 a julho/88.

Mês	Chuva nos 12 anos		Ano	Chuva nos 12 meses	
	Média	Máxima/ano (24 h)		Média	Máxima/mês (24 h)
Janeiro	171,53	80,00/77	1976	176,20	75,00 Out
Fevereiro	155,17	80,00/80	1977	135,55	116,30 Abr
Março	152,88	66,00/83	1978	115,67	81,40 Nov
Abril	119,68	151,20/84	1979	105,25	62,00 Abr
Maio	128,52	61,40/79	1980	176,88	80,00 Fev
Junho	94,38	102,00/82	1981	126,17	65,90 Out
Julho	56,15	75,00/78	1982	152,33	102,00 Jun
Agosto	51,65	62,50/86	1983	177,52	74,80 Jun
Setembro	114,04	61,20/83	1984	103,83	151,20 Abr
Outubro	137,18	75,00/76	1985	96,12	98,20 Abr
Novembro	170,79	83,20/87	1986	116,46	62,50 Ago
Dezembro	226,87	78,80/78	1987	149,70	83,20 Nov
			1988	165,05	83,00 Mar

Fonte: Unidade meteorológica da estação experimental do Iapar em Londrina.

A partir destes dados, pudemos construir as figuras 1 e 2, que mostram as curvas representativas da pluviosidade média mensal e anual dos 12 anos e da máxima em 24 horas, na região do ensaio.

O solo é do tipo Latossolo Roxo distrófico, com alto teor de argila (70%) e baixa disponibilidade de

Figura 1 - Precipitações (mm) média anual e máxima (24h) na área do ensaio.
julho 1976 a julho 1988

Figura 2 - Precipitações (mm) média mensal e máxima (24h) na área do ensaio.
julho 1976 a julho 1988

bases; a tabela 6 mostra suas características químicas, na ocasião do ensaio.

Anteriormente, a área foi utilizada com pasto de gramíneas, predominando o capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*, (Link) Hitch) e o kikuio (*Pennisetum clandestinum*, Hochst e Chiov).

Tabela 6 - Análise química do solo, de amostras coletadas na camada arável (0-20 cm) por ocasião da escolha da área do ensaio (LRd).

PH (em água)	Cátions Trocáveis (meq/100l)				Al	M.O.	P
	Al	Ca	Mg	K	(%)	(%)	(%)
5,0	0,1	5,0	1,3	0,52	1,6	2,3	1,5

Fonte: MUZILLI, 1983.

Numa etapa anterior à instalação do ensaio (inverno de 1976), foram efetuadas medidas para uniformização do terreno (1 subsolagem a 40 cm, 1 aração a 25 cm e duas gradagens niveladoras). Após isto, o trigo foi plantado em área total, com aplicação à lanço de 120 kg P_2O_5 /ha (termofosfato Yoorin) e incorporação, na 2ª gradagem niveladora.

Após a colheita do trigo, procedeu-se a:

- picagem e distribuição da palha sobre o

terreno, seguida de calagem (3 t/ha de calcário dolomítico);

- incorporação do calcário nas faixas de plantio convencional, através de aração e gradagens;

- nas faixas de plantio direto o calcário não foi incorporado, permanecendo na superfície do terreno.

O delineamento experimental é o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, e 3 repetições por tratamento. Cada parcela é constituída de 56X25 m e a subparcela, de 8X25 m. Foram consideradas úteis as 4 fileiras centrais das subparcelas, num total de 100 m² cada. Nas parcelas, são comparados os sistemas de plantio e nas subparcelas, as sucessões de culturas (7 no total), representados na tabela 7.

Tabela 7 - Sucessão de culturas de verão utilizadas no ensaio (1976/88).

Tratamento	ANO											
	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88
A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
B	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
E	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
F	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
G	M	S	A	M	M	S	A	M	M	S	A	M

S = soja M = milho A = algodão

Observamos que os tratamentos A, B e C se referem às monoculturas de soja, milho e algodão, respectivamente. Em D, E e F estudamos as rotações soja X milho, algodão X milho e soja X algodão, por último. No tratamento G, soja, milho e algodão são postos em rotação. No inverno, a cultura plantada foi o trigo, todos os anos.

Os espaçamentos e as densidades de semeadura utilizados desde a implantação do experimento, tanto no sistema convencional quanto no direto, estão na tabela 8.

Tabela 8 - Espaçamento e densidade de semeadura utilizados no experimento. Londrina, safras 1976/1977 a 1987/1988.

Cultura	Espaçamento (cm)	Densidade de semeadura(kg/ha)
Trigo	17,5	150
Soja	50,0	90
Milho	100,0	20

Fonte: Iapar, relatório interno.

Os cultivares utilizados variaram. Porém, dentro de um mesmo ano, foram os mesmos, nos dois sistemas de preparo do solo.

As equações de lucro líquido ($LL = RT - (CV + CF)$), ano a ano, foram montadas utilizando-se os preços dos insumos e produtos, nos meses de utilização e venda,

respectivamente; os valores encontrados foram revertidos para valores em OTN.

3.2. Métodos

Para se proceder à escolha, levando em consideração o risco inerente à cada alternativa possível, iremos recorrer à Teoria da Decisão. Esta teoria envolve as probabilidades subjetivas (pessoais) sobre a ocorrência de eventos incertos, além da avaliação pessoal dos possíveis resultados. Reunindo-se ambos os aspectos, tem-se os critérios de escolha, que dependem das suposições feitas sobre as opiniões pessoais e do conhecimento referente à essas probabilidades subjetivas (MOUTINHO, 1977).

Serão estudados três critérios de seleção para as alternativas de produção, a serem descritos neste item, que são:

1. Média-Variância (Tobin -Markowitz);
2. Critério de Simetria (Hanoch-Levy);
3. Dominância Estocástica (Quirk-Saposnick).

O produtor rural, altamente exposto ao risco em suas atividades(BARNARD & NIX, 1979; BISERRA, 1980; NORONHA, 1981; PERES, 1981), torna-se sensível a ele, tomando suas decisões dentro de limites de segurança subjetivos (PACHECO, 1987; MOUTINHO, 1977; BARNARD & NIX, 1979). Um melhor nível de segurança para a formação de suas

opiniões (probabilidades subjetivas) sobre os resultados futuros, é alcançado através de informações disponíveis e da experiência adquirida ao longo dos anos dentro da atividade agrícola. É deste modo que a experiência passada serve como base de expectativas futuras.

Considerando que a decisão do agricultor é estritamente pessoal e tendo em vista os riscos que ele percebe frequentemente, é fácil reconhecer que tenha objetivos bem diversos daquele indivíduo unicamente maximizador da renda (GARCIA & CRUZ, 1979; BISERRA, 1985; PACHECO, 1985). Vários estudos comprovam que o agricultor não busca esta maximização da renda em primeiro plano, mas sim, baseia suas decisões em critérios de maximização da utilidade esperada. Esta pode ser entendida, usando a definição de GARCIA & CRUZ (1979), como sendo a ênfase que o agricultor dá aos critérios econômicos e psicológicos, que estabelece suas preferências com respeito à renda e ao risco. Naturalmente, existe, para cada indivíduo, um mapa de utilidade, refletindo a subjetividade dos critérios de decisão.

FRIEDMAN & SAVAGE (1948) estabeleceram três níveis de tomadores de decisão, conforme a propensão ou grau de aversão ao risco. Assim, os indivíduos podem ser aversos, indiferentes ou propensos ao risco (fig.3).

a) aversos

b) indiferentes

c) propensos

Figura 3 - Curvas de utilidade [$U(R)$] conforme a propensão ao risco: a) aversos; b) indiferentes e c) propensos.

A idéia geral é que os agricultores são aversos ao risco, com a utilidade marginal de seus retornos [$UMg(R)$] positiva, porém, decrescente (fig. 3a). Parece, também, que os menores agricultores tendem a ser mais aversos ao risco. BARNARD & NIX (1979) observaram que a propensão ao risco é mais frequente nos agricultores que detêm altos níveis de retorno e grande disponibilidade de capital. A conclusão é de que predomina, na agricultura, a situação em que os agricultores só aceitam aumentos no nível de riscos, se estes forem acompanhados de ganhos mais que proporcionais (DILLON, 1977b; BARNARD & NIX, 1979; BISERRA, 1985; etc.).

3.2.1. Média-Variância (Tobin-Markowitz)

Este método pressupõe que o indivíduo se baseia nas propriedades da função de probabilidade do retorno, para a escolha entre alternativas arriscadas. Os parâmetros relevantes desta função, para a tomada de decisão, são o primeiro momento em relação à origem, ou seja, a média (E) e o segundo momento em relação à média, que é a variância (V). É com este último que a noção de risco é incorporada.

Estes dois parâmetros são considerados suficientes por DILLON (1977a e b), para se proceder à escolha entre alternativas, na maior parte dos problemas de decisão, e para a maioria dos tomadores de decisão. Ressalta que em aplicações empíricas (a partir de dados observados), a simples aplicação do critério E-V poderá produzir resultados adequados. Esclarece que, quanto mais elevado o momento, menor a sua influência na avaliação da utilidade do indivíduo.

Segundo BARNARD & NIX (1979), a seleção de atividades numa fazenda é feita de forma a garantir um ganho médio mínimo, a cada ano. Para isto, o agricultor compara o grau de desvio dos ganhos nas diferentes atividades, em relação à média de ganhos, o que pode ser aproximado pela afirmação de que o agricultor decide baseado nos

parâmetros da média e da variância.

A questão não se levar em conta o terceiro momento da distribuição (assimetria), pressupõe que a probabilidade de ocorrerem eventos maiores ou menores que a média, é a mesma, aspecto que tem recebido algumas críticas (GARCIA & RUAS, 1981; PERES, 1981). Em outras palavras, tais afirmativas não refletem o fato de que diferentes distribuições de probabilidades de retornos podem estar sendo representadas por um mesmo valor médio (fig.4). Um exemplo disto é o caso de um agricultor de subsistência e outro com maior flexibilidade de capital, com critérios subjetivos de escolha (funções de utilidade) distintos. Nestes casos, de ocorrência bastante comum, ao ignorarmos a assimetria destas distribuições podemos incorrer em grave erro analítico.

Figura 4 - Distribuições de probabilidades de retornos 1) assimétrica à esquerda e 2) assimétrica à direita, para 2 casos hipotéticos.

Este método tem duas pressuposições básicas:

1. a função de utilidade do indivíduo deve ser quadrática, ou
2. os retornos das atividades consideradas devem apresentar distribuições de probabilidade normais.

Pelo menos uma destas pressuposições deve ser atendida, para que o método seja válido como auxílio à tomada de decisão.

Sendo $\{x\}$ o conjunto dos possíveis resultados, a forma da função quadrática de utilidade pode ser:

$$U(x) = bx + cx^2 \quad (1)$$

Considerando-se o objetivo de maximização da utilidade, em condições de risco, devem ser aplicadas as propriedades da esperança matemática, à $U(x)$. Esta é também denominada valor médio, que é o valor em relação ao qual, a soma dos quadrados dos desvios é mínima. Então,

$$E[U(x)] = bE(x) + cE(x^2) \quad (2)$$

A variância é definida por:

$$V(x) = E[x - E(x)]^2 \quad (3)$$

$$V(x) = E[x^2 - 2xE(x) + E(x)^2] \quad (4)$$

$$V(x) = E(x^2) - 2E(x)E(x) + E(x)^2 \quad (5)$$

$$V(x) = E(x^2) - E(x)^2 \quad (6)$$

que, rearranjando, fica

$$E(x^2) = E(x)^2 + V(x) \quad (7)$$

substituindo em (2) temos, finalmente,

$$E[U(x)] = bE(x) + c[E(x)^2 + V(x)] \quad (8)$$

Em (8) vemos que, se o tomador de decisão tem função de utilidade de forma quadrática, ao maximizar a utilidade, ele relaciona suas preferências à média $[E(x)]$ e variância $[V(x)]$ dos ganhos, que são os dois primeiros momentos da distribuição de probabilidade dos retornos.

$$E[U(x)] = f[E(x); V(x)]$$

Neste estudo, vamos nos referir ao uso das fórmulas tradicionais para a determinação destes dois parâmetros (mais indicado para o caso em que se tenha mais de 10 observações). Como estaremos trabalhando com amostras e não com a população, usaremos as fórmulas dos estimadores não-tendenciosos, para a média e a variância, descrito em HOFFMANN, (1980). Temos:

$$E(x) = \frac{\sum x_i}{n} = \bar{x} \quad , \text{ para a média}$$

$$V(x) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad , \text{ para a variância}$$

onde, no nosso caso, x é o lucro e n o número de observações (12 anos).

A forma quadrática da função de utilidade do tomador de decisão também é alvo de uma série de considerações críticas. SAMUELSON (1970) diz que ela leva frequentemente a resultados discrepantes, tais como a redução absoluta e relativa do risco, à medida que os ganhos aumentam. Porém, ressalta que, nos casos em que o risco é limitado, quer dizer, os níveis de risco assumidos em relação ao patrimônio total são pequenos, os resultados da aplicação do critério E-V são bastante satisfatórios, em concordância com DILLON (1977a) e TSIANG (1972). Mostra que, quando o risco tende a zero, a forma quadrática fornece a solução exata para o problema de decisão.

DILLON (1977b) observa que, exceto no caso de uma função homogênea de 1º grau, $U(KL) \neq KU(L)$, para qualquer constante não nula $K \neq 1$, e $U(L_1 + L_2) \neq U(L_1) + U(L_2)$, para quaisquer lucros não nulos L_1 e L_2 . Como consequência destas propriedades, ao avaliar o risco utilizando-se uma função de utilidade quadrática, não podemos nos basear na margem bruta ($P_y Y - \sum P_i X_i$) e sim, na receita líquida ($P_y Y - \sum P_i X_i - F$). Enfatiza este aspecto, dizendo que os custos fixos devem ser descontados. Esta observação de Dillon é crucial, pois vários trabalhos na literatura, que partem do princípio que a função utilidade do tomador de decisão é quadrática, analisam as melhores alternativas

comparando a média e a variância das margens brutas, ou seja, não descontam os custos fixos.

Verifica ainda que, a hipótese de função quadrática de utilidade implica na existência de uma região em seu domínio ($x > -b/2c$), na qual o comportamento do indivíduo é irracional, por apresentar uma utilidade marginal negativa, para os resultados esperados.

Partindo de (1), vemos que, para o caso geral (fig.3a), a utilidade marginal $U'(x) = b + 2cx$ é positiva com $c < 0$ e, supondo aversão ao risco, é necessário que $U''(x) = 2c < 0$. As duas últimas condições implicam que X é limitada no intervalo $X < K$, onde $K = -b/2c > 0$. Além disso, a última condição também mostra uma aversão crescente ao risco, independentemente da evolução do patrimônio pessoal do indivíduo, uma vez que a utilidade aumenta de forma decrescente, com a evolução dos ganhos.

Considerando-se a outra condição do critério E-V, que diz respeito à forma normal da distribuição dos resultados, SAMUELSON (1970) lembra que são bastante raros os casos em que se aplica a lei do limite central. Segundo este teorema, a distribuição das variáveis aleatórias X_i tende a ser normal, à medida que cresce o número de observações (n). Formalizando, HOFFMANN (1980) se refere ao assunto, mostrando que a distribuição limite de

$$Z = \frac{\sum x_i - n\mu}{\sqrt{n} \cdot \sigma} = \frac{y - n\mu}{\sqrt{n} \cdot \sigma^2}$$

Z - variável reduzida	σ^2 - variância de x
x_i - variável aleatória	y - distribuição de x ($y = \sum x_i$)
μ - média de x	n - número de observações
σ - desvio padrão de x	

quando n tende ao infinito, obedece a uma distribuição normal reduzida. Se a distribuição de x não é normal, ela se aproxima desta, à medida que n cresce. Hoel, citado por HOFFMANN (1980), diz que geralmente consegue-se isto para $n \geq 50$. Provavelmente por isto, BISERRA (1980) lembra que para este critério ser adotado com maior representatividade, no processo real de tomada de decisão, é necessário que o tamanho da amostra (n) seja grande.

Para os casos em que a distribuição de probabilidade dos retornos é normal, ANDERSON et alii (1977) consideram que as alternativas selecionadas por este critério e pela Dominância Estocástica até o 2º grau, são as mesmas. Sugere que a forma quadrática corresponde à uma aproximação, via série de Taylor, da verdadeira (e desconhecida) função de utilidade do tomador de decisão.

O comportamento tido como geral, é o de aversão ao risco, com utilidade marginal dos retornos

positiva, porém decrescente. Tomando as derivadas parciais de (8), temos (PACHECO, 1985):

$$\frac{\delta E[UC(x)]}{\delta E(x)} = b + 2cE(x) > 0 \quad (10)$$

$$\frac{\delta E[UC(x)]}{\delta V(x)} = c < 0 \quad (11)$$

$$\frac{\delta^2 E[UC(x)]}{\delta E(x)^2} = 2c < 0 \quad (12)$$

A utilidade marginal positiva é vista em (10); a aversão ao risco é garantida em (11) onde, para qualquer aumento no nível de riscos $[V(x)]$, os retornos exigidos são mais que proporcionais. A última equação reflete a ação do risco como moderador das preferências, impondo um limite na utilidade esperada, ou seja, mostra que a utilidade marginal é decrescente.

Para procedermos à escolha entre duas alternativas arriscadas (1 e 2), é necessário que, além dos maiores retornos, a alternativa escolhida seja aquela com menores níveis de risco. Quer dizer,

$$E(x_1) \geq E(x_2) \quad \text{e} \quad V(x_1) \leq V(x_2)$$

Caso isto não ocorra, as alternativas são consideradas não comparáveis entre si. Portanto, fora destas condições, não é possível decidir, segundo o critério de Tobin-Markowitz. BISERRA (1985) se refere a este aspecto como desvantagem da aplicação deste critério, que deixa a escolha a cargo do tomador de decisão, em função do seu grau de aversão ou propensão ao risco.

Visando solucionar este problema, Hanoch e Levy desenvolveram uma variação deste critério, onde é possível se escolher entre alternativas, mesmo nos casos em que $E(x_1) \geq E(x_2)$ e também $V(x_1) \geq V(x_2)$.

Na verdade, podemos considerar uma alternativa adicional, que seria a de não se produzir, com expectativa de lucro e variância nulas, muito comum na atividade agrícola. Traçando-se a fronteira eficiente envolvendo-se esta alternativa, a escolha fica prejudicada apenas se tivermos mais de uma alternativa dentro da fronteira eficiente.

3.2.2. Critério de Simetria (Hanoch e Levy)

É bastante similar ao critério de Tobin-Markowitz (E-V) porém, com restrições mais severas.

Baseia-se nos axiomas de Bernoulli e no Teorema de Utilidade Esperada. Assume que :

1. a função utilidade do tomador de decisão é quadrática;
2. a forma da distribuição de probabilidade dos retornos é simétrica (normal, triangular, uniforme, beta, etc.).

Esta última condição é bem menos restritiva do que aquela que limita a distribuição de probabilidade dos retornos à forma normal; a limitação da forma quadrática da função de utilidade, por sua vez, restringe a aplicabilidade do método, conforme críticas salientadas no item anterior.

Para que a tecnologia 1 domine a tecnologia 2, quando $E(x_1) > E(x_2)$ e $V(x_1) > V(x_2)$, onde x_i são os retornos esperados, é necessário que a seguinte equação seja satisfeita:

$$2[E(x_1) - E(x_2)] \sigma_{x_1} + [E(x_1) - E(x_2)]^2 - [V(x_1) - V(x_2)] > 0 \quad (13)$$

Ou seja, o valor esperado do retorno do uso da tecnologia 1, tem que mais que compensar seu nível de risco.

Estudando modelos de incorporação de risco na cultura de arroz irrigado, PÔRTO & CRUZ (1982) encontraram maior poder de discriminação utilizando este método, do que aplicando o critério de Tobin-Markowitz, talvez porque este seja um método mais restritivo.

KUGIZAKI (1982) propõe um modelo simplificado de obtenção da média (E) e variância (V), para comparação de alternativas, segundo o critério de seleção de Hanoch e Levy.

Não utilizaremos este método, por considerarmos que a forma quadrática da função de utilidade não traduz as reais condições do processo de decisão dos indivíduos.

3.2.3. Dominancia Estocastica (Quirk-Saposnik)

É um instrumento metodológico que considera algumas características de decisão preconizadas pela função utilidade quadrática, onde o indivíduo prefere sempre maior retorno e é averso ao risco. A diferença, e principal vantagem, da utilização deste critério, reside no fato de que não precisamos conhecer a forma das funções utilidade dos indivíduos, uma vez que tem pressuposições simples e gerais sobre a maneira como estão distribuídos os resultados das ações. (MOUTINHO, 1977; DILLON, 1977b; GARCIA & CRUZ, 1979; PACHECO, 1985).

Baseia-se na comparação entre as distribuições cumulativas de probabilidade dos retornos, que estão associadas às diferentes alternativas em questão. Em outras palavras, considera a distribuição total dos

resultados, ao invés de apenas os dois primeiros momentos da distribuição.

Dentro deste critério, verifica-se três condições:

1. a função utilidade esperada $E[U(x)]$, deve apresentar utilidade marginal dos retornos positiva $\frac{\delta U}{\delta R} > 0$;
2. estes retornos marginais deverão ser decrescentes $\frac{\delta^2 U}{\delta R^2} < 0$;
3. a propensão marginal de incorrer em risco aumenta com a riqueza $\frac{\delta^3 U}{\delta R^3} > 0$.

As características 1 e 2 são idênticas às pressupostas pela função de utilidade quadrática e definem o primeiro e o segundo grau de Dominância Estocástica (PGD e SGD - PACHECO, 1985). A terceira característica se refere ao terceiro grau de Dominância Estocástica (TGD).

Na figura 5 a seguir, exemplificamos este método, como visto em DILLON (1977b).

Figura 5 - Funções de utilidade de retorno de 5 alternativas arriscadas, para o a) PGD; b) SGD e c) TGD

Neste caso, a alternativa *E* é a preferida por aqueles indivíduos que preferem maiores lucros, pois para um determinado nível de retorno (R_y), é a que oferece menor probabilidade do nível de retorno ocorrido cair abaixo daquele estipulado inicialmente (R_y). Entre as outras, não podemos decidir imediatamente, uma vez que elas se cruzam. Isto significa que cada uma delas apresenta melhores resultados até um determinado nível de retorno, a partir do qual outra alternativa passa a ser mais interessante.

É necessário recorrer a maiores graus de dominância estocástica, para que se possa proceder à escolha. Assim, no SGD, *B* é eliminada, restando *C* e *D*. Submetendo-as ao TGD, vemos que *C* domina *D*.

No PGD, as escolhas refletem as atitudes dos indivíduos que procuram maximizar a utilidade esperada, sem se preocuparem com o risco. Neste grupo estão os indivíduos aversos, indiferentes e propensos ao risco. No SGD, impõem-se uma restrição adicional, em que a utilidade marginal do retorno é positiva e decrescente, com uma curva de função utilidade côncava (caso dos indivíduos aversos ao risco). O TGD envolve os indivíduos que se tornam menos aversos ao risco, com o aumento da riqueza (DILLON, 1977b).

É interessante notar que estes três graus de

dominância se referem a aspectos relativos à parte inferior das caudas das distribuições. É necessário que a alternativa dominante tenha retorno e limite inferior da distribuição cumulativa das probabilidades, mais elevados que as alternativas dominadas. Isto nem sempre ocorre nestas regiões, e constitui uma limitação do método (PACHECO, 1985; MOUTINHO, 1977).

Os critérios de dominância estocástica podem ser empregados com variáveis discretas ou contínuas, através de fórmulas específicas para cada caso. As alternativas podem ser ações, planos ou tecnologias, e são representadas por uma única variável X (discreta ou contínua), aqui definida pela receita líquida.

Vamos considerar o caso da variável discreta, que é o que será utilizado nesta pesquisa.

A definição formal dos três graus de dominância, para a variável discreta, é:

$$F_1(R) = \sum_{i=1}^n f(x_i) \quad a \leq R \leq b$$

$$F_2(R) = \sum_{i=2}^n F_1(x_{i-1}) \cdot \Delta x_i \quad a \leq R \leq b$$

$$F_3(R) = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^n [F_2(x_i) + F_2(x_{i-1})] \cdot \Delta x_i \quad a \leq R \leq b$$

onde $f(x_i)$ é a função distribuição de probabilidade de X , definida no intervalo $[a, b]$; R é qualquer valor para este intervalo; $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$, são os acréscimos; $F_1(R)$, $F_2(R)$ e $F_3(R)$ são valores que podem ser obtidos diretamente das curvas de probabilidade acumuladas do 1°, 2° e 3° graus de dominância estocástica, e são designadas funções de distribuição cumulativa (FDC) da alternativa F .

Considerando-se uma outra alternativa, G , e procedendo-se aos mesmos cálculos, dizemos que a alternativa F domina (é melhor) que G para cada grau de dominância estocástica, se $F_1(R) \leq G_1(R)$, $F_2(R) \leq G_2(R)$, e $F_3(R) \leq G_3(R)$, para R no intervalo $[a, b]$, respectivamente no 1°, 2° e 3° grau de dominância, para ao menos um valor da desigualdade. Graficamente, isto significa que a curva associada à alternativa dominante estará sempre à direita da curva associada à alternativa dominada (fig.5).

A maior limitação deste método, diz respeito à necessidade de profunda especificação das distribuições de probabilidade dos resultados das diferentes alternativas envolvidas, além do que, há perda da generalidade ao não se impor restrições, a menos que, as distribuições de probabilidade subjetivas dos agricultores a quem se dirige o estudo, sejam idênticas àquelas utilizadas na avaliação de

risco-eficiência (DILLON, 1977b; PACHECO, 1985; GARCIA & CRUZ, 1979).

PACHECO (1985) encontrou o mesmo poder de discriminação (30%), utilizando o critério de Hanoch e Levy e o 2º grau de Dominância Estocástica, na avaliação de um experimento agrícola. Justifica dizendo que, neste caso, o aumento no risco foi sempre muito mais que proporcional ao aumento do retorno esperado. Neste estudo, as alternativas selecionadas foram muito distintas entre si, dificultando a recomendação definitiva aos agricultores. Obteve um maior rigor na seleção, quando trabalhou com a Dominância Estocástica com respeito à uma função (100% de discriminação, com apenas uma alternativa selecionada). Com base nos resultados encontrados, recomenda o emprego do critério de Hanoch-Levy, ao invés da Dominância Estocástica, por ser de aplicação muito mais simples.

Contrariamente, MOUTINHO (1977) recomenda que se continue empregando a D.E., devido à dificuldade em se conhecer as preferências individuais dos agricultores. Em seu trabalho, encontrou um poder de discriminação considerado muito baixo para o setor agrícola (16,7%). Apoiando-se em ANDERSON *et alii* (1977), ela explica que isto se dá devido à excessiva importância atribuída às extremidades das distribuições que estão sendo comparadas.

No trabalho de GARCIA & CRUZ (1979) esta técnica se mostrou eficiente na redução do número de alternativas disponíveis, concentrando os resultados naquelas com maiores condições de satisfazerem os agricultores aversos ao risco. Mesmo assim, em alguns casos, o grupo de alternativas selecionadas ainda era extenso, dificultando uma recomendação mais precisa.

Em outro trabalho usando esta metodologia (GARCIA & RUAS, 1981), o impasse final entre duas alternativas selecionadas, deveu-se à uma questão de grau de aversão ao risco.

PORTO & CRUZ (1982) citam que, segundo Porter, para dados não agregados, o critério E-V tende a apresentar maior poder de discriminação das alternativas, já que é mais restritivo em suas hipóteses.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comparação entre Plantio Direto e Convencional

Após submeter os dados aos métodos descritos no capítulo 3 e com base nos resultados alcançados, procuramos traçar paralelos entre estes dois sistemas de plantio, conforme critérios destacados a seguir.

4.1.1. Aspectos físicos

Passamos a análise dos resultados físicos da produção, por rotação e cultura, ressaltando que, sobre este aspecto, outros estudos devem ser efetuados, a fim de se compreender melhor os fatores que interagiram para obtenção destes valores.

Como medida de comparação, baseamo-nos na receita bruta, que é o produto do preço da mercadoria (soja, trigo ou milho) pela quantidade. Sendo que o preço de venda independe do sistema de plantio, a variação da receita bruta deve-se apenas às diferenças nas quantidades produzidas, que é o que nos interessa comparar.

4.1.1.1. Por rotação

Constatou-se que o plantio direto superou o convencional, para qualquer rotação estudada, em todos os períodos, conforme traduzimos da tabela 9.

A rotação D apresentou sempre os melhores resultados em todas as fases do estudo (exceto na fase II, no plantio convencional), com destaque no plantio direto, que proporcionou adicionais de 15% a 25% nas quantidades de grãos produzidas, comparados aos resultados do sistema convencional nas demais rotações. Além disso, teve a maior variação na receita (Pd/Pc), que mede a vantagem comparativa do plantio direto, revelando maior sensibilidade quanto ao sistema de plantio adotado.

Na rotação B, com apenas as gramíneas em sucessão, obteve-se a menor vantagem comparativa, exceto para o período I. Ainda assim, as produtividades apresentadas por esta rotação foram superiores às da rotação A (soja X milho) nos dois métodos de plantio, contradizendo o que se espera em termos de leguminosas e gramíneas em sucessão.

Tabela 9 - Receita bruta (OTN/ha) e variação percentual entre os sistemas (Pd/Pc), por período e total, conforme a rotação - 1976/1977 a 1987/1988.

Período	Rotação					
	A (SxT)		B (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
I	179,71	189,32	189,61	213,15	215,61	244,23
Pd/Pc (%)	5,35		12,42		13,27	
II	227,91	283,97	305,26	345,22	291,10	360,53
Pd/Pc (%)	24,60		13,09		23,85	
III	263,31	273,89	295,84	306,74	317,09	364,06
Pd/Pc (%)	4,02		3,68		14,81	
TOTAL	690,94	747,19	790,71	865,11	823,80	968,83
Pd/Pc (%)	11,37		9,41		17,61	

S=soja, T=trigo e M=milho

Fonte: Dados da pesquisa.

Pd - plantio direto

Pc - plantio convencional

4.1.1.2. Por cultura

4.1.1.2.1. Milho

Esta cultura esteve presente sob duas rotações, B e D. Em ambas, o plantio direto proporcionou maiores médias de produtividades, no total do período analisado, com acréscimos de 2,71% e 13,52%, respectivamente, mostrando maior impacto, quanto ao sistema de plantio adotado, na rotação D (apêndice 1). Esta rotação propiciou as melhores colheitas de milho, 30,96% maiores quando em plantio direto.

No plantio convencional, o desempenho do milho na rotação D foi superior em 15,36%, ao passo que, no plantio direto, esta diferença passou a 27,50%.

O comportamento das produtividades variou em ambos os sistemas de plantio, com um incremento do 1° para o 2° período e uma queda na fase seguinte. Ao final, registrou-se uma redução nas produtividades, do 1° para o 3° período, menos acentuada no plantio direto e, entre as rotações, na D, conforme mostramos na tabela 10.

Tabela 10 - Variação percentual entre os períodos, nas produtividades do milho, por rotação e sistema de plantio - 1976/1977 a 1987/1988.

Período	Rotação			
	B (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
1° ao 2°	5,89	12,64	21,57	10,31
2° ao 3°	- 21,59	- 16,39	- 24,12	- 11,47
1° ao 3°	- 16,97	- 5,82	- 7,76	- 2,35

S=soja, T=trigo e M=milho

Fonte: Dados da pesquisa

Vários fatores podem estar contribuindo para isto, entre eles a queda de produtividade pelo empobrecimento do solo, no plantio convencional, e pela compactação, no plantio direto.

Cabe ressaltar que, a safra de 1985/86 foi particularmente prejudicial ao desenvolvimento do milho, devido ao déficit hídrico ocorrido nos meses de outubro (germinação) e dezembro (floração). Neste ano agrícola, o plantio direto mostrou-se bastante vantajoso, proporcionando produtividade 19,59% superior na rotação B e 38% na rotação D, índices destacadamente mais elevados que os demais, levantados ao longo dos 12 anos de comparação.

É importante notar que, a continuidade do plantio de milho após o trigo foi prejudicial ao milho, notadamente no plantio direto que, ainda assim, apresentou produtividades ligeiramente superiores ao convencional. Com a introdução da soja na rotação, o nível de resposta do milho sofreu sensível melhora, coincidindo com os resultados encontrados por DANIEL (1981). Vários pesquisadores (KINJO, 1978; BAKAJEV, 1981; KONDORFER, 1984) atribuem a isto uma deficiência acentuada de nitrogênio, cuja dinâmica é muito bem descrita por MUZILLI (in: IAPAR, 1981).

4.1.1.2.2. Soja

Os resultados se referem às rotações A (soja X trigo) e D (soja X trigo X milho) e estão no anexo 2. Segundo relatório interno do Iapar, esta cultura destacou-se como uma das mais beneficiadas pelo plantio

direto, nos processos de germinação e emergência, bem como, no desenvolvimento das plantas. Tal como encontrado por SIDIRAS (1983) e KEMPER & DERPSCH (1981).

Contrariando a expectativa, o plantio direto mostrou-se vantajoso logo nos dois primeiros anos, invertendo-se a situação no biênio seguinte. Observe-se que, as duas primeiras safras se caracterizaram por falta de chuvas, evidenciando a melhor performance do plantio direto em anos de restrição hídrica, confirmando os resultados de vários estudos (VIEIRA, 1984; BAKAJEV, 1981; SIDIRAS, 1984; ORTOLANI, 1977; MUZZILI, 1983; JONES, 1968). Para se ter uma idéia, 1977 foi o 3º ano mais seco, em 12 anos, no mês de outubro, fase crítica para a soja (germinação). Nesta safra, o plantio direto produziu 173,21% a mais de soja do que o convencional (rotação A). Na safra de 1985/86, também com pouca chuva em outubro e dezembro (floração), somado à ocorrência de saraiva em novembro e dezembro, o plantio direto saiu-se melhor, com vantagem de até 23,74% sobre o plantio convencional (rotação A).

Por outro lado, nas duas safras seguintes, com chuvas normais e bem distribuídas, o plantio convencional apresentou suas únicas vantagens em relação ao direto, em todo o período analisado. O relatório do Iapar

acusa, nestas ocasiões, um retardamento na maturação ecolheita no plantio direto, trazendo prejuízos na qualidade e quantidade da soja produzida.

O 2º período da análise (5º ao 8º ano) foi marcado por destacados benefícios proporcionados pelo plantio direto. Porém, no período seguinte, houve decréscimo na produtividade, ainda que mantida a vantagem sobre o plantio convencional.

A cultura da soja parece ser bastante sensível à compactação do solo, que deve ter se acentuado no último período, prejudicando, especialmente, o desempenho do plantio direto.

O saldo dos 12 anos foi favorável ao plantio direto, em 9% na rotação A e 20% na D. A soja se beneficiou pela manutenção das 3 culturas em rotação, tal como já vimos para o milho, com a produtividade 34,44% superior quando se adotou o plantio direto, em relação ao plantio convencional sob rotação A.

Observando a tabela 11 e o apêndice 2, vemos que, no sistema convencional de plantio, a produtividade do 1º para o 2º período caiu para ambas as rotações e sofreu um pequeno acréscimo (0,79% na A e 6,59% na D) no 3º período. No entanto, a diminuição da produtividade foi maior que o acréscimo, resultando numa menor produção por

área do 1° para o 3° período, de forma mais drástica na rotação D (-27,51%) que na A (-12,60%). Apesar desta tendência, foi ainda a rotação D a que ofereceu maior vantagem (8,56%) em termos de produtividade, nos 12 anos.

Tabela 11 - Variação percentual nas produtividades da soja, por rotação e sistema de plantio, entre os períodos.

Período	Rotação			
	A (SxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
1° ao 2°	- 13,29	14,34	- 32,00	6,61
2° ao 3°	0,79	- 17,63	6,59	- 20,65
1° ao 3°	- 12,60	- 5,82	- 27,51	- 15,41

S=soja, T=trigo e M=milho

Fonte: Dados da pesquisa

Numa tendência contrária ao convencional, o plantio direto registrou acréscimo na produção do 1° para o 2° período e decréscimo, na etapa seguinte. Também neste sistema, a rotação D apresentou maior redução no nível de produtividade, ao longo de 12 anos (-15,41%).

Se voltarmos o enfoque para o comportamento das produtividades dentro de cada rotação vemos que, em ambas, a queda de produtividade do 1° para o 3° período foi cerca de duas vezes maior no plantio convencional.

Constata-se, finalmente, que na última fase

desta análise, as produtividades foram inferiores aos primeiros anos, em qualquer alternativa apresentada, tal como ocorrido com o milho. Partindo-se da mesma justificativa usada no caso do milho, é importante ressaltar que, o possível efeito da perda da fertilidade foi pior que o da compactação, pois o plantio direto ainda proporcionou produtividades superiores, na média dos 12 anos, em 8,56% para a rotação A e 19,89% para a D. Ademais, a compactação pode ser eliminada através de técnicas simples, ao passo que, o solo que foi perdido não pode ser repostado.

4.1.1.2.3. Trigo

Destaca-se a grande vantagem inicial do plantio direto nas safras 1976/77 e 1977/78 (58,79% a 301,58%), marcadas por chuvas escassas e mal distribuídas. Apesar do melhor desempenho do plantio convencional nos dois anos seguintes (3,78% a 53,58% de desvantagem), foi o plantio direto que proporcionou as maiores produtividades para o trigo, em todos os períodos do estudo, nas 3 rotações consideradas. A exceção foi para a rotação B no último período, com saldo 5,7% maior no plantio convencional (apêndice 3).

A curva de produtividade do plantio direto sofreu uma queda durante o 1º período e elevou-se no 2º

período, para novamente decrescer no no último período.

Este comportamento reforça a idéia de que os benefícios do plantio direto se fazem sentir no médio e longo prazos, desde que adotadas técnicas que evitem a compactação.

As safras de 1981/82 e 1986/87 apresentaram melhores resultados para o plantio convencional, em todas as alternativas. No 1º caso não houve ocorrência de problemas climáticos, podendo, entre outras razões, ter havido pouca cobertura no plantio direto. No 2º caso, a explicação talvez esteja na compactação do solo, além do que, a ocorrência de chuvas normais e bem distribuídas, não constitui fator de limitação à produção, sob plantio convencional. Contrariamente, num ano como 1983/84, em que a pluviosidade no mês de agosto (final de maturação) foi de 0 mm, a vantagem do plantio direto atingiu níveis de 69%, 63% e 98% para as rotações A, B e D, reforçando a importância deste sistema nos casos de riscos climáticos.

Em abril de 1984, quando o cereal não havia completado sequer 30 dias de plantado, ocorreu a máxima chuva em 24 horas, dos 12 anos do estudo. Neste ano, as produtividades do trigo foram superiores, no plantio direto, em todas as rotações (31% na A, 7% na B e 24% na D), indicando a importância da cobertura vegetal para a proteção do solo. Outros anos de chuvas erosivas, na época

do plantio/germinação do trigo, foram : 1977, 1982, 1983 e 1985, todos com vantagem para o plantio direto, sendo que a safra de 1985/86 foi perdida, devido à seca.

Os índices de vantagem do plantio direto sobre o convencional, para as rotações A, B e D nos 12 anos, foram 17,93%, 31,64% e 23,29%, respectivamente.

A sucessão das duas gramíneas foi prejudicial ao trigo, que se beneficiou pela substituição do milho pela soja. No entanto, a melhor opção para o rendimento do trigo, tal como se constatou para o milho e para a soja, foi a rotação com as 3 culturas. É interessante observar que o efeito nocivo da rotação milho X trigo, quando comparada com soja X trigo, foi cerca de 4 vezes menor no plantio direto, como nos mostra a relação A/B da tabela 12.

Tabela 12 - Vantagens relativas (%) das produtividades do trigo, entre as rotações e os sistemas de plantio.

Sistema de Plantio	Rotações		
	A/B	D/A	D/B
Convenc.	15,64	2,28	18,27
Direto	3,59	6,93	10,77

A=rotação A, B=rotação B e D=rotação D

Fonte: Dados da pesquisa

De modo geral, as produtividades do trigo

aumentaram ao longo dos 12 anos, mais acentuadamente no

plantio convencional e, com menos destaque, na rotação B, conforme vemos na tabela 13.

Tabela 13 - Variação percentual nas produtividades do trigo, por rotação e sistema de plantio, entre os períodos.

Período	Rotação					
	A (SxT)		B (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
1° ao 2°	-23,99	-23,60	-41,20	-34,54	-29,20	-23,33
2° ao 3°	38,41	83,74	170,94	59,74	138,47	86,44
1° ao 3°	128,84	40,37	59,32	4,57	68,84	42,95

S=soja, T=trigo e M=milho

Fonte: Dados da pesquisa

4.1.2. Aspectos econômicos

4.1.2.1. Lucros

O resultado, em termos de lucro líquido, é apresentado no apêndice 4.

A rotação A foi prejudicial em ambos os sistemas de plantio, sendo que os prejuízos, em plantio direto, foram 60,29% maiores.

As rotações B e D trouxeram lucros, na média dos 12 anos, tanto no plantio direto quanto no convencional. Talvez o melhor desempenho da rotação B em relação

à A, ao contrário do que se poderia esperar, esteja associado ao maior volume de matéria seca gerada pelo milho, entre outras razões que merecem ser averiguadas em outros estudos. É curioso salientar que o menor e o maior lucro ocorreram sob plantio direto, respectivamente nas rotações A e D, revelando a importância da escolha das rotações.

MUZILLI (in: IAPAR, 1981), numa análise dos 4 anos iniciais deste experimento, relata que as rotações B e, principalmente, D, mostraram maior acúmulo de matéria orgânica na camada arável do solo, no sistema de plantio direto. O mesmo sucedeu com a rotação A no plantio convencional. Provavelmente, isto se manteve nos 2 períodos restantes, resultando nestas diferenças agora reveladas.

Podemos resumir os lucros no período, conforme a tabela 14. Note-se o expressivo salto nos lucros, quando se trabalha com a sucessão milhoXtrigo, ao ser adotado o plantio direto e, também, a superioridade da rotação D em relação às demais. Aí também, o plantio direto proporcionou incrementos significativos nos ganhos, superando a alternativa da rotação B sob plantio direto, em 75,22 OTN/ha, ou seja, 229% a mais de lucro líquido. No plantio convencional, o desempenho da rotação S X T X M foi altamente superior ao rodízio M X T (58,73 OTN/ha versus

3,52 OTN/ha).

Em ano de seca no inverno e má distribuição de chuvas no verão (1985/86), o plantio direto trouxe melhores resultados que o convencional, para as rotações B e D (25% e 59%), e foi 5% inferior na rotação A que, aliás, foi o menor índice (dos negativos) ocorrido nesta rotação, durante o estudo. Daí deduz-se a superioridade do plantio direto em anos desfavoráveis à produção agrícola.

Tabela 14 - Lucros (OTN/ha) e índices comparativos entre os sistemas de plantio (Dir/Conv), por rotação. 1976/1977 a 1987/1988.

Item	Rotação					
	A (SxT)		B (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
Lucro	-117,46	-188,28	3,52	32,86	58,73	108,08
Dir/Conv	- 60,29		833,52		84,03	

S=soja, T=trigo e M=milho

Fonte: Dados da pesquisa

Nesta safra, a produtividade das culturas em plantio direto foi superior em 24% para a soja na rotação A, 20% e 38% para o milho, nas rotações B e D. O trigo não foi colhido, devido à seca.

4.1.2.2. Custos

Nas 3 rotações estudadas, os maiores custos

médios incidiram no plantio direto, como mostra a tabela 15, onde também vemos as diferenças entre os custos nos 2 sistemas de plantio.

A rotação A foi a que apresentou maior diferença de custos entre o plantio direto e o convencional; na rotação B, esta diferença foi muito pequena.

Observando-se as tabelas 9 e 15, percebemos que a rotação D sob plantio direto é a mais interessante em termos de receita e custo, pois é onde temos a maior diferença entre eles.

Conclui-se que, o aumento de ganhos no plantio direto superou os maiores custos, exceto na rotação A. Estes custos estão detalhados, por atividades, nos apêndices 5.

Tabela 15 - Custo médio (OTN/ha) e percentual de diferença de custos (Pd/Pc) entre os sistemas de plantio. 1976/1988.

	Rotação					
	A (SxT)		B (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
Custo médio (OTN/ha)	788,40	935,47	787,19	832,25	765,07	860,91
Pd/Pc (%)		18,65		5,72		12,53

S=soja, T=trigo e M=milho
Fonte: Dados da pesquisa

Pd = plantio direto
Pc = plantio convencional

Ao comparar os apêndices 5 e 6, verificamos que:

- rotação A: o controle de ervas daninhas no plantio direto (169% mais caro) superou os gastos com o preparo do solo no plantio convencional, contribuindo para a melhor performance do plantio convencional na dobradinha S X T.

- rotação B: um ligeiro acréscimo nos gastos com o preparo do solo em contrapartida a uma maior economia com o controle de ervas no plantio direto, levaram a um resultado favorável com esta técnica (3,69%), apesar de apresentar diferença de receita inferior à rotação A.

- rotação D: apresentou produtividades mais elevadas no plantio direto, trazendo maiores lucros e propiciando uma vantagem real de 5,08% sobre o plantio convencional.

O apêndice 7 nos traduz estas diferenças, em termos de OTN/ha.

As diferenças mais marcantes, em termos de custos e receitas, entre os dois sistemas de plantio, são: o controle de ervas, o preparo do solo e a produtividade, sendo as 2 últimas favoráveis ao plantio direto e a 1ª, ao convencional.

Podemos avaliar o peso dos demais itens de custo, nas 3 rotações, e ver que eles pouco diferiram entre os sistemas de plantio (tabela 16).

Tabela 16 - Participação dos custos (%) nas atividades, por rotação e sistema de plantio - 1976/1977 a 1987/1988.

Rot.	Atividade															
	AD		AL		AN		CF		CO		PD		PS		SE	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
A	19	16	31	26	1	1	6	5	5	5	14	31	5	0	19	16
B	26	25	31	29	1	1	4	4	8	8	11	20	6	0	12	13
D	24	21	32	28	1	1	6	5	7	6	11	24	6	0	15	14

AD - adubação

AL - uso da terra

AN - administração

CF - controle fitossanitário

A - soja x trigo

D - soja x trigo x milho

Fonte: Dados da pesquisa

CO - colheita

PD - controle de ervas

PS - preparo do solo

SE - plantio

B - milho x trigo

Logo à primeira vista, percebe-se que a participação dos custos por sistema de plantio foi praticamente a mesma, dentro de cada atividade, exceção feita à PD, com peso dobrado no plantio direto e PS, que incidiu apenas no plantio convencional. No convencional, os principais gastos, em ordem crescente, são: uso da terra (AL), adubação (AD), plantio (SE) e controle de plantas

daninhas (PD). Para o plantio direto, esta ordem é alterada apenas pelo posicionamento do controle de ervas em 2º lugar. Vemos que, o custo fixo da utilização da terra é bastante elevado e, por isto, deve ser sempre levado em consideração, neste tipo de análise.

No nosso caso, durante os 4 primeiros anos, o preço da terra manteve-se praticamente inalterado, com uma média de 12,44 OTN/ha ano, passando para 23,92 OTN/ha ano nos anos seguintes, o que significa um salto de 92%. Este foi o maior custo, em todas as rotações e respectivos sistemas de plantio, com excessão da rotação A sob plantio direto, onde o controle de ervas foi 19,23% superior, representando o principal gasto.

Na tabela anterior verifica-se, ainda, que nas rotações em que o plantio direto superou o convencional (B e D), todos os itens de custo do plantio direto tiveram peso inferior ou igual ao convencional, exceto o controle de ervas, que contribuiu com praticamente o dobro da participação do plantio convencional. O fato de se utilizar máquinas mais caras na semeadura (SE) par o plantio direto, praticamente não teve importância, neste estudo.

Conclui-se, do exposto, que o objetivo de reduzir os gastos com controle de ervas no plantio direto, deve ser perseguido com afinco, visto que aí reside a

principal diferença de custos em relação ao sistema convencional. Uma vez que as produtividades se mostraram significativamente superiores sob plantio direto, demonstrando maior adequação deste sistema às condições ambientais de produção, ao se lograr a diminuição de gastos, o sistema fica ainda mais vantajoso.

Hoje em dia, já se conseguem grandes economias neste controle, através do manejo na época certa, da erradicação das ervas perenes, de determinadas rotações de culturas, da espessura da camada de palha e do uso de herbicida pós-emergentes.

4.2. Escolha das alternativas

Após submeter os dados aos critérios de Média-Variância e Dominância Estocástica, selecionou-se as alternativas que passamos a apresentar.

4.2.1. Seleção pela Média-Variância

Das 6 alternativas em questão, apenas 4 apresentaram lucros, situando-se no 1º quadrante do gráfico da média do lucro $E(x)$ em função da sua variância $V(x)$, representado pela figura 6. Entre estas, é preciso identificar as que estão na fronteira eficiente (AA'), que nos indica os pontos de menor risco, para um dado nível de

Figura 6 - Média do lucro $[E(x)]$ em função da variância $[V(x)]$ para as 6 alternativas (AC, BC, DC, AD, BD, DD) e fronteira eficiente AA' .

retorno, ou seja, as melhores alternativas, para um mesmo nível de risco ou renda.

Para definirmos graficamente esta fronteira, traçamos uma reta paralela ao eixo Y, partindo da origem e girando no sentido horário, até cruzarmos com a 1ª alternativa. No nosso caso, a alternativa encontrada foi a DD - (rotação D sob plantio direto); qualquer outra que esteja na área abaixo da reta AA', resultou numa combinação menos interessante de expectativa de ganhos e respectivos riscos envolvidos.

Assim, dentre as alternativas propostas, apenas uma foi escolhida, através deste critério de escolha, facilitando sobre maneira, a orientação técnica ao agricultor.

4.2.2. Seleção pela Dominância Estocástica

Foram traçadas as curvas de função cumulativa das probabilidades de retornos, 6 no total, para cada alternativa possível, conforme a figura 7, que define o 1º grau de dominância.

O fato das curvas terem se cruzado em alguns momentos, não permitiu a escolha nesta etapa, apesar da alternativa DD mostrar-se mais à direita. Procedeu-se, então, ao exame do 2º grau de dominância, que confirmou ser

esta alternativa a melhor opção. Este resultado coincide com o encontrado pela média-variância, confirmando a equivalência entre estes dois critérios, apontada por diversos autores.

FIGURA 7 - Curvas das funções cumulativas de probabilidade das 6 alternativas (AC, BC, DC, AD, BD e DD)

5. CONCLUSOES E SUGESTÕES

Os resultados mostram que, para o nosso caso, o plantio direto foi o sistema que trouxe melhores resultados em termos de lucro, levando-se em consideração o risco envolvido, em ambos os critérios de análise adotados. Some-se a isto, o fato desta técnica contribuir para a manutenção, senão recuperação, do equilíbrio ambiental, uma vez que não há perdas expressivas de solo, com todas as vantagens que isto significa.

A maior flexibilidade das atividades de plantio e tratos culturais que este sistema possibilita, é outro aspecto de grande importância para o agricultor, que pode administrar melhor seu tempo e não se expõe tanto aos reveses climáticos.

A estrutura de preços e o comportamento das produtividades ao longo dos anos mostraram que, o plantio direto é um sistema que requer habilidade administrativa e o acompanhamento técnico cuidadoso, através de medidas tomadas antes e durante a sua implementação e uso.

A escolha da sucessão de culturas mostrou ser determinante, na natureza dos resultados alcançados.

5.1. Limitações do estudo.

Este trabalho, tendo por base dados experimentais, refere-se a um caso determinado e, portanto, qualquer extrapolação deve ser feita com a devida orientação, de forma a contemplar as características de cada situação.

Durante os anos deste estudo, as máquinas utilizadas em plantio direto sofreram sensíveis modificações, evoluindo para uma melhor adequação às necessidades específicas deste sistema (cortar a palhada, acomodar a semente, evitar revolvimento e compactação do solo etc). Além disso, tendo uma área bastante inferior às cultivadas em propriedades rurais, o movimento de máquinas dentro das parcelas experimentais é muito maior, agravando consideravelmente o problema da compactação. Visto que, no plantio direto não se movimenta o solo para a semeadura, este sistema vê-se particularmente prejudicado pelo excessivo adensamento do solo. Estes aspectos podem estar mascarando os resultados, prejudicando o desempenho do plantio direto, apesar de ter alcançado as produtividades mais elevadas.

Em se tratando de um ensaio, o nível econômico para se proceder ao controle de doenças, ervas e pragas, não foi aguardado. Um manejo mais adequado às reais condições de produção seria, com certeza, menos dispendioso.

Por outro lado, a obtenção de informações seguras, ao longo dos vários anos, garante o nível de confiança necessário, nos resultados apresentados. Além disso, como instrumento de comparação, utilizamos o lucro líquido, onde estão refletidos os riscos de mercado (preços de insumos e dos produtos) e de clima (volume anual de produção), principais limitantes da atividade agrícola. Desta forma, alcança-se razoável grau de riqueza na análise.

5.2. Sugestões para próximos trabalhos

Muitos estudos ainda são necessários para o melhor balizamento dos técnicos e agricultores, na adoção do plantio direto. Aspectos como a diferença de produtividade associada às condições edafo-climáticas e suas alterações, merecem ser aprofundados.

A sequência de plantio das diferentes culturas implica em consequências que se mostraram decisivas para o alcance de melhores retornos do investimento, com maior certeza de sucesso. Negligenciar

este aspecto, pode significar um subaproveitamento dos recursos aplicados e, até mesmo, prejuízos reais.

Acompanhar o comportamento das plantas invasoras e sugerir controles mais eficazes e económicos, constitui-se numa das principais contribuições aqueles que pretendem trabalhar com o plantio direto, permitindo-lhes contornar um dos maiores obstáculos à utilização desta técnica.

Seria interessante obter-se dados de acompanhamento de lavouras onde, tanto o plantio direto quanto o convencional fossem praticados, possibilitando uma análise mais próxima da realidade. A maior dificuldade para isto, consiste na falta de anotações nas propriedades agrícolas, que possibilitem uma série histórica suficiente e confiável. Outros empecilhos comuns, dizem respeito à alternância dos sistemas de plantio nos talhões, aos diferentes tipos de solo sob cada sistema, a quantificação da produção e/ou outros parâmetros de forma não diferenciada etc.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO AGROPECUÁRIA DO PARANÁ, Curitiba, v.1-13, 1976-1987.
- ALMEIDA, F.S. Controle de ervas. O plantio direto no Paraná, Londrina, 1981 p. 101-38 (Iapar, Circular, 23).
- ALMEIDA, F.S.; VIDAL, A.R.; RODRIGUES, B.N. Estudo de rotações em plantio direto, visando a redução do uso de herbicidas. Iapar, Londrina, 1985.
- ANDERSON, J.R., DILLON, J.L.; HARDAKER, B. *Agricultural decision analysis*. Iowa, Iowa State University Press, 1977. 34p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro, 38: 847p, 1977.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro, 49, 784p, 1989.
- ARROW, K.J. *Essays in the theory of risk-bearing*. 2. ed. Amsterdam, North-Holland, 1974. 278p.
- BAKAJEV, N.M. Effects of straw mulching in a "summer fallow-3 times spring wheat" rotation in Northern Kazakhstan, U.S.S.R.. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, 1(3): 239-51, ago. 1981.
- BALASTREIRE, L.A. Análise tecnológica da maquinária agrícola. Piracicaba, FEALQ, 1978. 190p. (Relatório do projeto).
- BARBOSA, M.M.T.L. O efeito do risco nos planos de produção: um estudo de caso. Viçosa, 1976. 81p (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).

- BARNARD, C.S. & NIX, J.S. *Farm planning and control*. 2. ed. Cambridge, Camb. Univ. Press, 1979. 600p.
- BENATTI, J.R. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho, em 2 solos de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 1(2/3): 121-3, maio 1977.
- BISERRA, J.V. Uncertainty and decision analysis on large sharecropped farms in Northeast Brazil. Ohio, 1980. (M.S. - The Ohio State University).
- BISERRA, J.V. *Atitudes dos produtores de abacaxi em relação ao risco*; Estado da Paraíba. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1985 22p. (Pesquisa, 38).
- CARGILL. *Atualização em plantio direto*. Campinas, 1985. 343p.
- CASSOL, E.A. Perdas do solo por erosão sob chuva natural na cultura da soja, em manejo de solo convencional e em plantio direto, em solo "Santo Angelo" (Latosolo Roxo distrófico). In: REUNIÃO SOBRE PLANTIO DIRETO, 1., Londrina, 1977. Síntese. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1977 p.22-4.
- CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis das séries Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intenso. *Científica*, Jaboticabal, 2(2): 148-61, jul. 1974.
- DANIEL, L.A. Análise do comportamento da cultura do milho (*Zea mays*, L.) em rotação com soja (*Glycine max*, (L) Merrill), cultivadas através dos sistemas de "Plantio Direto" e "Convencional", em diferentes épocas do ano, com e sem irrigação. Jaboticabal, 1981. 111p. (M.S. - Universidade Estadual Paulista).
- DEDECEK, R. Pesquisa em sistema de preparo conservacionista do solo. In: REUNIÃO SOBRE PLANTIO DIRETO, 1., Londrina, 1977. Síntese. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1977. p.17-22.
- DERPSCH, R.W. Impacto ecológico do sistema de plantio direto. In: PROJETO DE CONTROLE DA EROSIÃO NO ESTADO DO PARANÁ. *Relatório final*. Londrina, Iapar, 1984, p.21-7.

- DERPSCH, R.W. Erosion problems in Paraná, Brazil. Research results and strategies for the implementation of efficient soil conservation measures. Reading, 1986. 150p. (M.S. - Reading University).
- DILLON, J.L. Avaliação de tecnologias agrícolas alternativas, sob risco. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 15(2): 17-41, 1977a.
- DILLON, J.L. *The analysis of response in crop and livestock production*. 2. ed. New York, Pergamon International Library, 1977b.
- ELTZ, F.F.F. Perdas por erosão em diferentes manejos de solos e coberturas vegetais, em solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico (São Jerônimo). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 1(2/3): 123-7, maio 1977.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. *Metodologia para elaboração do custo total de produção de lavouras temporárias - Região Sul do Brasil*. Curitiba, 1988. 20p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *O uso da planilha eletrônica na administração rural; um modelo de custos de produção*. Londrina, 1987. 19p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA. In: *Reunião sobre Plantio Direto*. Londrina, 1977. 81p.
- FERNANDES, B. The effect of tillage systems on soil physical properties. Purdue, 1976. 101p. (Phd - Purdue University).
- FRIEDMAN, M. & SAVAGE, L.J. The utility analysis of choices involving risk. *Journal of Political Economy*, Chicago, 56: 279-304, Ago, 1948.
- GARCIA, J.C. & CRUZ, J.C. Seleção pela dominância estocástica, de práticas agrícolas eficientes com respeito ao risco - uma aplicação para a cultura de milho. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 17(2): 131-42, abr./jun. 1979.

- GARCIA, J.C. & RUAS, D.G.C. Seleção de sistemas de produção para milho, em condições de risco. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 19(4): 585-95, out./dez. 1981.
- HILL, F.G. Regional aspects of economic development. *Land Economics*, Wisconsin, 38(2): 85-98, maio 1962.
- HOFFMANN, R. *Estatística para economistas*. São Paulo, Pioneira, 1980. 379p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ/FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Programa de manejo e conservação dos solos. *Relatório Técnico Anual*, 1977. Londrina, 1978. p.221-31.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Programa de Manejo e Conservação dos Solos. *Relatório Técnico Anual*, 1978. Londrina, 1979. p.205-18.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *O plantio direto no Estado do Paraná*. Londrina, 1981. 244p. (Iapar, Circular, 23)
- INFORMAÇÕES ECONÔMICAS, São Paulo, v. 6, 1976.
- JONES JR., J.N. The no-tillage system for corn (*Zea mays*, L.). *Agronomy Journal*, Madison, 60(1): 17-20, Jan./Fev. 1968.
- KEMPER, B. & DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in PR-Brazil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, 1(3): 253-67, ago.1981.
- KINJO, T. et alii. Movimentação do nitrato em colunas de terra de um latossolo. *Revista de Ciencia do Solo*, Campinas, 2(2): 106-09, 1978.
- KNIGHT, F.H. *Risk, uncertainty and profit*. Chicago, The University of Chicago Press, 1971. 375p.
- KOHNKE, H. Mulch culture, soil temperature and corn growth. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, São Paulo, 1966. *Anais*. São Paulo, 1966.
- KONDORFER, G.H. Energia na agricultura. *Anais*. Jaboticabal, Funep, 1984. 505p.

- KUGIZAKI, Y. Proposta metodológica para simplificação do PACTA. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 20(2): 317-24, 1982.
- MACHADO, J.A. Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo. Santa Maria, 1976. 129p. (Livre-docência - Universidade Federal de Santa Maria).
- MACHADO, J.A. & BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, Campinas, 2(2): 81-4, maio 1978.
- MARQUES, J.Q.A. & BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação à produção e à erosão. *Bragantia*, Campinas, 20(9): 403-59, jan.1961.
- MENDES, J.T.G. & DOSSA, D. Crescimento da agricultura paranaense no período de 1970/80. Curitiba, SEAG/DERAL, 1981. 73p.
- MIALHE, L.G.; NORONHA, J.F.; JACINTHO, C.P. *Evolução dos preços de tratores agrícolas brasileiros no período 1983-87; formulário para trabalho técnico e resumo*. Piracicaba, ESALQ, 1987. 11p.
- MONDARDO, A. Informações preliminares da pesquisa sobre erosão em trigo-soja, em diferentes sistemas de manejo de solos no Paraná. In: REUNIÃO SOBRE PLANTIO DIRETO, 1, Londrina, 1977. Síntese. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1977. p.59-62.
- MONTOYA, L.J. Aspectos de economicidade e magnitude de algumas externalidades do manejo do solo em plantio direto. Londrina, IAPAR, 1984. 23p.
- MOUTINHO, D.A. Escolha de nova tecnologia sob condições de risco: o caso do feijão de corda em Quixadá. Fortaleza, 1977. 118p. (M.S. - Universidade Federal do Ceará).
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao plantio convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, Campinas, 7(1): 95-102, 1983.

- NOGUEIRA, A.C. Risco e incerteza na combinação de atividades agrícolas nos estados de Minas Gerais e Goiás. Viçosa, 1974. 59p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- NORONHA, J.F. *Projetos agropecuários; administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2.ed. São Paulo, Atlas, 1987. 269p.
- ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Organização de Cooperativas do Paraná. Custo de produção, safra 86/87*. Curitiba, 1986. 138p.
- ORTOLANI, A.F. Efeitos de diferentes tipos de preparo do solo, sobre o comportamento do sistema solo - cultura, de milho (*Zea mays*). Jaboticabal, 1977. (MS - Universidade Estadual Paulista/UNESP).
- PACHECO, J.A.C. Modelos de decisão na análise econômica de experimentos agrícolas. Piracicaba, 1985. 111p. (M.S. Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz/USP).
- PERES, A.R.P. Produtividade do milho como consequência da tomada de decisão sob condições de risco na agricultura. Piracicaba, 1981. 118p. (M.S. - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz/USP).
- PORTO, V.H.F., Cruz, E.R., INFELD, J.A. Metodologia para incorporação do risco em modelos de decisão usados na análise comparativa entre alternativas - O caso da cultura do arroz irrigado. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 20(2): 193-211, abr./jun. 1982.
- PREÇOS PAGOS PELOS AGRICULTORES - MÉDIAS MENSAS 1976, Rio de Janeiro, F.G.V., 1977.
- RAMOS, M. A pesquisa sobre sistemas de preparo mínimo no Paraná - resultados e primeiras conclusões. In: REUNIÃO SOBRE PESQUISA EM PLANTIO DIRETO, 1, Londrina, 1977. Síntese. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1977.
- RANDO, E.M. Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional. Lavras, 1981. 161p. (M.S. - Escola Superior de Agricultura de Lavras).

- SAAD, O. *Seleção do equipamento agrícola*. 4. ed. São Paulo, Nobel, 1986 127p.
- SAMUELSON, P.A. The fundamental approximation theorem of portfolio analysis in terms of mean, variances and higher moments. *The Review of Economic Studies*, New York, 37(4): 537-42, n° 112, 1970.
- SANTOS, M.L. Determinação de planos de produção agrícola em áreas de colonização, Itaituba - Pará. Viçosa, 1980. 71p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- SHEAR, R.L. & MOSCHLER, W.M. Continuous corn by the no tillage and conventional practices *Agronomy. Journal*, Madison, 61(4): 524-6, 1969
- SIDIRAS, N. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7(1): 103-6, jan. 1983.
- SIDIRAS, N. Efeitos de plantio direto, escarificação, arado de discos e cobertura verde permanente sobre algumas propriedades físicas do solo, à desagregação por impacto de gotas e à erosão. Londrina, 1984. Convênio IAPAR/GTZ - jan./set. 1984. 44p. (IAPAR - Programa de manejo e conservação de solos). *Relatório final do projeto*.
- SORRENSEN, W.J. & MONTOYA, L.J. Implicações econômicas da erosão do solo e das práticas conservacionistas no Paraná, Brasil. Londrina, 1994. 146p.
- TOBIN, J. Liquidity preference as behavior towards risk. *Review of Economics Studies*, New York, 25(1), 1958.
- TOMASINI, R.G.A. Economicidade da semeadura direta na cultura de trigo - 1976. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 9., Londrina, 1977a, p.29-35.
- TOMASINI, R.G.A. *Semeadura direta de trigo e soja; recomendações técnicas para o Estado do Rio Grande do Sul*. Passo Fundo. EMBRAPA, 1977b. 6p.
- TSIANG, S.C. The rationale of the mean-standard deviation analysis, skewness preference and the demand of money. *American Economic Review*, 62, Jun. 1972.

VIEIRA, M.J. Cultivo mínimo comparado a outros sistemas. efeitos no solo e na planta. In: FERREIRA, M.E.; PEREIRA, V.P.; CRUZ, M.C.P. Energia na Agricultura. Anais Jaboticabal, FUNEP, 1984. 505p.

VOGEL, R.J. & HAHN, A. On the preservation of agricultural land. *Land Economics*, Wisconsin, 48(2): 190-3, 1972.

7. APÊNDICE

Apêndice 1 - Produtividade do milho por sistema de cultivo e rotação. Londrina 1976/1988 (média de 3 repetições).

Safrá	Rotação			
	B (MxT)		D (SxTxMD)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
1976/77	5.606	4.868	Soja	
1977/78	5.678	6.489	5.548	6.981
1978/79	3.042	3.796	Soja	
1979/80	6.107	4.714	5.439	5.727
Média 1ª fase	5.108	4.967	5.493	6.354
1980/81	4.669	4.651	Soja	
1981/82	7.131	6.839	7.965	7.862
1982/83	5.267	5.975	Soja	
1983/84	4.568	4.914	5.392	6.157
Média 2ª fase	5.409	5.595	6.678	7.009
1984/85	4.129	3.822	Soja	
1985/86	4.073	4.871	4.226	5.832
1986/87	-	-	Soja	
1987/88	4.522	5.342	5.909	6.578
Média 3ª fase	4.241	4.678	5.067	6.205
Média Total	4.981	5.116	5.746	6.523

Fonte: Dados da Pesquisa (M=milho, S=soja e T=trigo)

Apêndice 2 - Produtividade da soja por sistema de cultivo e rotação. Londrina 1976/1988 (média de 3 repetições).

Safrá	Rotação			
	A (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
1976/77	3.230	3.280	2.939	3.247
1977/78	530	1.448	Milho	
1978/79	2.006	1.619	2.194	1.804
1979/80	2.392	1.488	Milho	
Média 1° fase	2.039	1.959	2.566	2.525
1980/81	2.352	3.163	2.291	3.296
1981/82	1.882	2.279	Milho	
1982/83	1.375	1.811	1.200	2.088
1983/84	1.464	1.706	Milho	
Média 2° fase	1.768	2.240	1.745	2.692
1984/85	1.961	1.800	1.860	2.136
1985/86	1.432	1.772	Milho	
1986/87	--	--	-	-
1987/88	1.952	1.962	Milho	
Média 3° fase	1.782	1.845	1.860	2.136
Média Total	1.870	2.030	2.097	2.514

S=soja, M=milho e T=trigo

Fonte: Dados da pesquisa.

Apêndice 3 - Produtividade do trigo por sistema de cultivo e rotação. Londrina 1976/1988 (média de 3 repetições).

Safrá	Rotação					
	A (SxT)		B (MxT)		D (SxTxM)	
	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.	Conv.	Dir.
1976/77	609	967	523	1.69	642	1.049
1977/78	507	2.036	671	2.41	723	2.446
1978/79	1.854	1.281	1.777	1.65	2.018	1.314
1979/80	1.867	1.799	1.641	1.75	1.713	1.609
Méd 1ª fase	1.209	1.521	1.153	1.62	1.274	1.616
1980/81	676	1.393	559	1.59	496	1.527
1981/82	1.104	1.054	822	01	978	903
1982/83	1.551	1.617	838	89	1.638	1.542
1983/84	347	586	493	03	497	985
Méd 2ª fase	919	1.162	678	1.88	902	1.239
1984/85	1.430	1.869	1.433	1.36	1.494	1.859
1985/86	-	-	-	-	-	-
1986/87	2.777	2.402	2.242	1.41	2.809	2.762
1987/88	1.460	1.680	1.491	1.33	1.439	1.609
Méd 3ª fase	2.103	2.135	1.837	1.38	2.151	2.310
Méd Total	1.272	1.500	1.100	1.48	1.301	1.604

S=soja, M=milho e T=trigo

Fonte: Dados da pesquisa.

Apêndice 4 - Lucro por sistema de plantio e rotação.

Sistema de plantio C

	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z
ROTACAO														
A	0.06	-0.39	-28.74	98.24	7.31	41.10	11.76	35.32	7.93	25.62	-13.63	-28.47	-11.16	33.07
B	-12.85	77.00	-0.46	1.56	-1.31	-7.36	12.39	37.21	19.59	63.31	25.15	52.54	-10.30	30.52
D	-3.90	23.39	-0.06	0.19	11.79	66.27	9.14	27.47	3.43	11.07	36.34	75.93	-12.29	36.42
ALL	-16.69	100.00	-29.25	100.00	17.79	100.00	33.28	100.00	30.94	100.00	47.86	100.00	-33.75	100.00

	SAFRA											
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		ALL	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	MEAN
ROTACAO												
A	-25.15	88.17	5.81	25.59	-61.94	50.34	3.50	-41.18	-13.22	-40.88	-117.46	-0.20
B	-7.71	27.03	12.07	53.13	-31.74	25.80	-15.95	187.50	15.02	46.44	3.89	0.01
D	4.34	-15.21	4.83	21.28	-29.36	23.86	3.94	-46.32	30.53	94.44	58.73	0.10
ALL	-28.52	100.00	22.72	100.00	-123.0	100.00	-8.50	100.00	32.33	100.00	-54.84	-0.03

Apêndice 4 - Lucro por sistema de plantio e rotação.

Sistema de plantio D

	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM		Σ		SUM		Σ		SUM		Σ		SUM	
ROTACAO														
A	13.94	94.54	-20.32	-61.43	-23.18	54.49	-20.80	172.86	6.32	12.09	-8.98	-19.35	-17.59	44.01
B	-14.17	-96.06	24.03	72.63	0.80	-1.88	0.03	-0.28	34.82	66.63	22.01	47.44	-7.39	18.50
D	14.97	101.52	29.38	88.80	-20.16	47.39	8.73	-72.58	11.12	21.28	33.36	71.91	-14.98	37.49
ALL	14.75	100.00	33.09	100.00	-42.54	100.00	-12.03	100.00	52.26	100.00	46.39	100.00	-39.97	100.00

	SAFRA											
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		ALL	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM		Σ		SUM		Σ		SUM		SUM	
											MEAN	
ROTACAO												
A	-14.67	-206.5	-2.78	-28.16	-65.28	64.50	-16.44	29.84	-18.50	-46.42	-188.28	-0.34
B	-0.18	-2.55	7.71	77.96	-23.79	23.51	-31.94	57.97	20.93	52.51	32.86	0.06
D	21.95	309.02	4.96	50.20	-12.14	11.99	-6.72	12.19	37.43	93.91	107.91	0.20
ALL	7.10	100.00	9.89	100.00	-101.2	100.00	-55.10	100.00	39.86	100.00	-47.51	-0.03

Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio direto e convencional.

Sistema de plantio C e rotação A

ATIVIDADE	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%
AD	-7.37	-11338	-11.31	39.37	-7.35	-100.5	-12.15	-103.4	-6.10	-76.94	.	.	-11.60	103.94
AL	-12.40	-19077	-12.55	43.67	-12.60	-172.4	-12.20	-103.8	-22.22	-280.2	-20.55	150.79	-28.32	253.75
AN	-0.44	-680.0	-0.49	1.71	-0.51	-6.98	-0.53	-4.49	-0.66	-8.27	-0.68	4.99	-0.68	6.13
CF	-9.39	-14452	-0.24	0.84	-3.43	-46.91	-0.80	-6.84	-1.43	-18.00	-1.20	8.81	-6.81	61.06
CO	-3.83	-5894	-3.83	13.34	-3.82	-52.26	-3.83	-32.57	-3.83	-48.27	-3.84	28.20	-3.84	34.40
PD	-11.97	-18415	-2.91	10.11	-2.68	-36.65	-2.72	-23.16	-3.10	-39.05	-29.87	219.18	-5.90	52.89
PS	-3.23	-4971	-3.18	11.07	-3.45	-47.18	-3.69	-31.39	-3.15	-39.67	-3.22	23.59	-3.21	28.73
SE	-7.05	-10854	-7.70	26.80	-11.04	-151.0	-10.60	-90.18	-7.79	-98.20	-9.45	69.36	-10.02	89.78
VE	55.76	85782	13.48	-46.91	52.19	713.90	58.28	495.82	56.18	708.63	55.18	-404.9	59.22	-530.7
ALL	0.06	100.00	-28.74	100.00	7.31	100.00	11.76	100.00	7.93	100.00	-13.63	100.00	-11.16	100.00

ATIVIDADE	SAFRA										ALL	
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		lucro	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	MEAN
AD	-18.54	73.72	-25.50	-438.5	-20.70	33.42	-13.45	-384.1	-17.00	128.62	-151.07	-5.04
AL	-21.39	85.04	-27.14	-466.7	-24.33	39.28	-31.02	-885.7	-16.40	124.07	-241.10	-10.05
AN	-0.57	2.27	-0.50	-8.56	-1.09	1.76	-0.87	-24.90	-0.79	6.01	-7.82	-0.33
CF	-10.47	41.63	-1.84	-31.73	-1.76	2.84	.	.	-10.78	81.52	-48.16	-0.50
CO	-3.83	15.24	-3.84	-66.09	-2.15	3.47	-1.72	-49.06	-3.85	29.11	-42.21	-0.96
PD	-8.50	33.81	-7.04	-121.0	-7.22	11.65	-3.72	-106.2	-21.90	165.71	-107.52	-0.94
PS	-3.34	13.30	-3.39	-58.21	-3.45	5.57	-3.51	-100.2	-4.35	32.92	-41.16	-0.28
SE	-15.83	62.95	-13.47	-231.7	-29.89	48.25	-17.19	-490.9	-9.31	70.43	-149.35	-1.56
VE	57.33	-228.0	88.53	1522.5	28.64	-46.24	74.98	2141.0	71.16	-538.4	670.94	30.50
ALL	-25.15	100.00	5.81	100.00	-61.94	100.00	3.50	100.00	-13.22	100.00	-117.46	-0.20

Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio direto e convencional.

Sistema de plantio C e rotacao B

ATIVIDADE	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%
AD	-9.46	73.60	-14.08	3081.0	-10.53	803.66	-15.83	-127.8	-12.12	-61.86	-7.26	-28.86	-17.56	170.50
AL	-12.40	96.47	-12.55	2746.2	-12.60	961.83	-12.20	-98.54	-22.22	-113.4	-20.55	-81.70	-28.32	274.93
AN	-0.44	3.44	-0.49	107.22	-0.51	38.93	-0.53	-4.26	-0.66	-3.35	-0.68	-2.70	-0.68	6.64
CF	-5.00	38.88	-1.28	279.43	-2.99	228.55	.	.	-0.22	-1.13	.	.	-4.57	44.36
CO	-6.04	46.97	-6.02	1316.6	-6.01	458.47	-6.00	-48.48	-6.01	-30.70	-6.04	-24.00	-6.02	58.50
PD	-5.23	40.66	-5.52	1207.9	-3.82	291.30	-6.31	-50.94	-9.49	-48.41	-10.45	-41.56	-8.57	83.16
PS	-3.23	25.14	-3.48	761.27	-3.44	262.82	-3.69	-29.80	-3.43	-17.50	-3.63	-14.41	-3.79	36.82
SE	-5.37	41.74	-5.51	1206.3	-5.81	443.36	-5.49	-44.34	-5.81	-29.63	-7.69	-30.58	-8.30	80.58
VE	34.31	-266.9	48.47	-10606	44.39	-3389	62.44	504.17	79.54	405.97	81.44	323.82	67.51	-655.5
ALL	-12.85	100.00	-0.46	100.00	-1.31	100.00	12.39	100.00	19.59	100.00	25.15	100.00	-10.30	100.00

ATIVIDADE	SAFRA										ALL	
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		lucro	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	%	SUM	MEAN
AD	-26.33	341.51	-30.41	-251.9	-25.39	79.99	-17.51	109.80	-21.66	-144.3	-208.14	-3.93
AL	-21.39	277.37	-27.14	-224.8	-24.33	76.65	-31.02	194.52	-16.40	-109.2	-241.10	-10.05
AN	-0.57	7.42	-0.50	-4.13	-1.09	3.43	-0.87	5.47	-0.79	-5.29	-7.82	-0.33
CF	-8.89	115.28	.	.	-1.88	5.91	.	.	-8.84	-58.84	-33.66	-0.67
CO	-6.02	78.10	-6.03	-49.99	-4.34	13.69	-1.75	10.99	-6.04	-40.22	-66.33	-1.47
PD	-7.98	103.49	-8.61	-71.32	-9.94	31.31	-7.18	45.05	-6.66	-44.33	-89.74	-0.93
PS	-3.75	48.67	-3.80	-31.46	-3.87	12.19	-3.94	24.68	-4.32	-28.74	-44.36	-0.27
SE	-9.54	123.76	-10.81	-89.58	-9.78	30.81	-14.21	89.14	-7.35	-48.94	-95.67	-1.00
VE	76.77	-995.6	99.36	823.15	48.88	-154.0	60.53	-379.6	87.07	579.86	790.71	35.94
ALL	-7.71	100.00	12.07	100.00	-31.74	100.00	-15.95	100.00	15.02	100.00	3.89	0.01

Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio direto e convencional.

Sistema de plantio C e rotação D

ATIVIDADE	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z
AD	-7.37	188.78	-14.08	24702	-7.35	-62.34	-15.83	-173.1	-6.10	-178.1	-7.26	-19.97	-11.60	94.38
AL	-12.40	317.62	-12.55	22018	-12.60	-106.9	-12.20	-133.5	-22.22	-648.6	-20.55	-56.54	-28.32	230.40
AN	-0.44	11.32	-0.49	859.65	-0.51	-4.33	-0.53	-5.77	-0.66	-19.15	-0.68	-1.87	-0.68	5.57
CF	-9.39	240.62	-1.28	2240.4	-3.43	-29.09	.	.	-1.43	-41.66	.	.	-6.81	55.44
CD	-3.83	98.13	-6.02	10556	-3.82	-32.41	-6.00	-65.66	-3.83	-111.7	-6.04	-16.61	-3.84	31.23
PD	-11.97	306.61	-5.18	9094.7	-2.68	-22.73	-6.31	-69.00	-3.10	-90.39	-10.45	-28.76	-5.90	48.03
PS	-3.23	82.76	-3.18	5580.7	-3.74	-31.68	-3.12	-34.12	-3.43	-100.1	-3.22	-8.85	-3.63	29.49
SE	-7.05	180.71	-5.51	9671.9	-11.04	-93.65	-5.49	-60.05	-7.79	-227.3	-7.69	-21.17	-10.02	81.52
VE	51.79	-1327	48.24	-84623	56.95	483.12	58.63	641.17	51.96	1517.1	92.22	253.76	58.51	-476.1
ALL	-3.90	100.00	-0.06	100.00	11.79	100.00	9.14	100.00	3.43	100.00	36.34	100.00	-12.29	100.00

ATIVIDADE	SAFRA										ALL	
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		lucro	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	Z	SUM	MEAN
AD	-26.33	-607.1	-25.50	-527.4	-25.39	86.47	-13.45	-341.5	-21.66	-70.96	-181.92	-4.33
AL	-21.39	-493.0	-27.14	-561.2	-24.33	82.86	-31.02	-787.4	-16.40	-53.71	-241.10	-10.05
AN	-0.57	-13.19	-0.50	-10.30	-1.09	3.71	-0.87	-22.14	-0.79	-2.60	-7.82	-0.33
CF	-8.89	-204.9	-1.84	-38.16	-1.75	5.97	.	.	-8.83	-28.94	-43.66	-0.57
CD	-6.02	-138.8	-3.84	-79.48	-4.34	14.79	-1.72	-43.62	-6.04	-19.78	-55.34	-1.26
PD	-7.98	-184.0	-7.04	-145.6	-9.94	33.85	-3.72	-94.44	-6.66	-21.80	-80.93	-0.79
PS	-3.34	-77.09	-3.80	-78.53	-3.45	11.75	-3.94	-99.90	-4.30	-14.08	-42.36	-0.27
SE	-9.54	-220.0	-13.47	-278.7	-9.78	33.30	-17.19	-436.5	-7.35	-24.07	-111.93	-1.17
VE	88.41	2038.0	87.97	1819.4	50.71	-172.7	75.84	1925.4	102.57	335.93	823.80	37.45
ALL	4.34	100.00	4.83	100.00	-29.36	100.00	3.94	100.00	30.53	100.00	58.73	0.10

Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio direto e convencional.

Sistema de plantio D e rotação A

ATIVIDADE	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ
AD	-7.37	-52.86	-11.31	55.67	-7.35	31.71	-12.15	58.41	-6.10	-96.53	.	.	-11.60	65.95
AL	-12.40	-88.94	-12.55	61.75	-12.60	54.36	-12.20	58.67	-22.22	-351.6	-20.55	228.87	-28.32	160.99
AN	-0.44	-3.17	-0.49	2.41	-0.51	2.20	-0.53	2.54	-0.66	-10.38	-0.68	7.57	-0.68	3.89
CF	-9.39	-67.38	-0.24	1.19	-3.43	14.79	-0.80	3.87	-1.43	-22.58	-1.20	13.37	-6.79	38.58
CO	-3.83	-27.48	-4.04	19.89	-3.82	16.49	-3.83	18.41	-3.83	-60.56	-3.84	42.80	-3.84	21.82
PD	-4.42	-31.69	-28.32	139.35	-26.23	113.16	-27.15	130.54	-34.38	-544.0	-33.06	368.24	-23.05	131.07
PS	-1.61	-11.55	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SE	-7.40	-53.06	-8.66	42.59	-8.56	36.93	-8.04	38.65	-8.86	-140.1	-10.52	117.21	-11.09	63.05
VE	60.80	436.12	45.29	-222.9	39.32	-169.6	43.91	-211.1	83.78	1325.8	60.88	-678.1	67.78	-385.4
ALL	13.94	100.00	-20.32	100.00	-23.18	100.00	-20.80	100.00	6.32	100.00	-8.98	100.00	-17.59	100.00

ATIVIDADE	SAFRA										ALL	
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		lucro	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	Σ	SUN	MEAN
AD	-18.54	126.40	-25.50	915.95	-20.70	31.71	-13.45	81.82	-17.00	91.88	-151.07	-5.04
AL	-21.39	145.81	-27.14	974.71	-24.33	37.27	-31.02	188.68	-16.40	88.63	-241.10	-10.05
AN	-0.57	3.90	-0.50	17.89	-1.09	1.67	-0.87	5.30	-0.79	4.29	-7.82	-0.33
CF	-10.47	71.37	-1.82	65.30	-1.90	2.91	.	.	-10.77	58.24	-48.24	-0.50
CO	-3.83	26.14	-3.84	138.04	-2.15	3.29	-1.72	10.45	-3.85	20.80	-42.43	-0.94
PD	-14.50	98.82	-26.85	964.30	-19.59	30.01	-15.97	97.17	-35.51	191.91	-289.03	-1.36
PS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.61	-0.27
SE	-16.90	115.24	-14.54	522.41	-30.96	47.43	-18.26	111.11	-10.38	56.10	-154.17	-1.61
VE	71.53	-487.7	97.40	-3499	35.44	-54.29	64.85	-394.5	76.20	-411.8	747.19	33.96
ALL	-14.67	100.00	-2.78	100.00	-65.28	100.00	-16.44	100.00	-18.50	100.00	-188.28	-0.34

Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio direto e convencional.

Sistema de plantio D e rotacao B

ATIVIDADE	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	%
AD	-9.46	66.79	-14.08	-58.60	-10.53	-1318	-15.83	-46556	-12.12	-34.81	-7.26	-32.98	-17.56	237.55
AL	-12.40	87.53	-12.55	-52.23	-12.60	-1577	-12.20	-35894	-22.22	-63.80	-20.55	-93.37	-28.32	383.04
AN	-0.44	3.12	-0.49	-2.04	-0.51	-63.83	-0.53	-1553	-0.66	-1.88	-0.68	-3.09	-0.68	9.25
CF	-5.00	35.28	-1.28	-5.31	-2.99	-374.7	.	.	-0.22	-0.63	.	.	-4.57	61.80
CD	-6.04	42.62	-6.23	-25.92	-6.01	-751.7	-6.00	-17659	-6.01	-17.27	-6.04	-27.42	-6.02	81.50
PD	-12.00	84.70	-10.86	-45.19	-8.02	-1004	-9.81	-28850	-16.86	-48.44	-13.20	-59.97	-18.49	250.16
PS	-1.61	11.37	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SE	-5.59	39.45	-6.35	-26.41	-6.76	-846.1	-6.29	-18500	-6.76	-19.41	-8.64	-39.28	-9.25	125.15
VE	38.37	-270.8	75.86	315.70	48.22	6034.7	50.70	149112	99.67	286.25	78.37	356.11	77.51	-1048
ALL	-14.17	100.00	24.83	100.00	0.80	100.00	0.03	100.00	34.82	100.00	22.01	100.00	-7.39	100.00

ATIVIDADE	SAFRA										ALL	
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		lucro	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	%	SUN	MEAN
AD	-26.33	14549	-30.41	-394.5	-25.39	106.72	-17.51	54.82	-21.66	-103.5	-208.14	-3.93
AL	-21.39	11817	-27.14	-352.0	-24.33	102.26	-31.02	97.11	-16.40	-78.35	-241.10	-10.05
AN	-0.57	316.02	-0.50	-6.46	-1.09	4.58	-0.87	2.73	-0.79	-3.79	-7.82	-0.33
CF	-8.89	4911.0	.	.	-1.88	7.89	.	.	-8.84	-42.21	-33.66	-0.67
CD	-6.02	3327.1	-6.03	-78.28	-4.34	18.26	-1.72	5.38	-6.04	-28.85	-66.51	-1.48
PD	-16.15	8925.4	-14.51	-188.2	-14.48	60.87	-18.07	56.57	-14.87	-71.04	-167.32	-0.85
PS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.61	-0.27
SE	-10.50	5798.3	-11.76	-152.6	-10.73	45.10	-15.17	47.48	-8.30	-39.66	-106.09	-1.11
VE	89.67	-49544	98.05	1272.1	58.45	-245.7	52.41	-164.1	97.83	467.42	865.11	39.32
ALL	-0.18	100.00	7.71	100.00	-23.79	100.00	-31.94	100.00	20.93	100.00	32.86	0.06

Apêndice 5 - Gastos nas operações, por rotação, em plantio
direto e convencional.

Sistema de plantio D e rotação D

ATIVIDADE	SAFRA													
	76/77		77/78		78/79		79/80		80/81		81/82		82/83	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	z
AD	-7.37	-49.23	-14.08	-47.92	-7.35	36.46	-15.83	-181.3	-6.10	-54.86	-7.26	-21.76	-11.60	77.41
AL	-12.40	-82.83	-12.55	-42.72	-12.60	62.51	-12.20	-139.7	-22.22	-199.8	-20.55	-61.60	-28.32	188.98
AN	-0.44	-2.95	-0.49	-1.67	-0.51	2.53	-0.53	-6.05	-0.66	-5.90	-0.68	-2.04	-0.68	4.56
CF	-9.39	-62.75	-1.28	-4.35	-3.43	17.01	.	.	-1.43	-12.88	.	.	-6.81	45.47
CO	-3.83	-25.59	-6.23	-21.19	-3.82	18.95	-6.00	-68.75	-3.83	-34.42	-6.04	-18.09	-3.84	25.62
PD	-4.42	-29.51	-10.32	-35.11	-26.73	130.12	-9.81	-112.3	-34.38	-309.2	-13.20	-39.57	-23.05	153.85
PS	-1.61	-10.75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SE	-7.40	-49.41	-6.35	-21.60	-8.56	42.46	-6.29	-72.03	-8.86	-79.65	-8.64	-25.91	-11.09	74.01
VE	61.83	413.02	80.66	274.56	42.34	-210.0	59.40	680.14	88.58	796.68	89.72	268.97	70.42	-469.9
ALL	14.97	100.00	29.38	100.00	-20.16	100.00	8.73	100.00	11.12	100.00	33.36	100.00	-14.98	100.00

ATIVIDADE	SAFRA										ALL	
	83/84		84/85		85/86		86/87		87/88		ALL	
	lucro		lucro		lucro		lucro		lucro		lucro	
	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	z	SUM	MEAN
AD	-26.33	-120.0	-25.50	-513.8	-25.39	209.21	-13.45	200.21	-21.66	-57.87	-181.92	-4.33
AL	-21.39	-97.43	-27.14	-546.8	-24.33	200.48	-31.02	461.69	-16.40	-43.81	-241.10	-10.05
AN	-0.57	-2.61	-0.50	-10.03	-1.09	8.98	-0.87	12.98	-0.79	-2.12	-7.82	-0.33
CF	-8.89	-40.49	-1.84	-37.18	-1.75	14.44	.	.	-8.84	-23.60	-43.67	-0.57
CO	-6.02	-27.43	-3.84	-77.43	-4.34	35.79	-1.72	25.57	-6.04	-16.13	-55.55	-1.23
PD	-16.16	-73.59	-26.85	-540.9	-14.48	119.33	-15.97	237.75	-14.87	-39.72	-209.73	-1.06
PS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.61	-0.27
SE	-10.50	-47.81	-14.54	-293.0	-10.73	88.42	-18.26	271.87	-8.30	-22.18	-119.52	-1.24
VE	111.81	509.31	105.18	2119.2	69.98	-576.7	74.57	-1110	114.33	305.43	968.83	44.84
ALL	21.95	100.00	4.96	100.00	-12.14	100.00	-6.72	100.00	37.43	100.00	107.91	0.20

Apêndice 6 - Diferença percentual de gastos e ganho percentual (Pd-Pc), por atividade e rotação, entre os sistemas de plantio - 1976/1977 a 1987/1988.

Rotaç.	Atividade					Ganho		
	CF	CO	PD	PS	SE Total(1)	VE(2)	(2)-(1)	
A	0,17	0,57	168,82	-96,09	3,23	18,65	11,37	-7,28
B	---	0,32	85,52	-96,37	10,94	5,72	9,41	3,69
D	0,02	0,38	159,15	-96,20	6,78	12,53	17,61	5,08

Fonte: Dados da pesquisa.

Apêndice 7 - Diferença de gastos em OTN/ha e ganho, por atividade e rotação, entre os sistemas (Pd-Pc). 1976/1977 a 1987/1988.

Rotaç.	Atividade					Ganho		
	CF	CO	PD	PS	SE Total	VE(1)	(2)-(1)	
A	0,08	0,22	181,51	-39,55	4,82	147,08	76,25	-70,83
B	---	0,21	77,13	-42,75	10,46	45,05	74,40	29,35
D	0,01	0,21	128,80	-40,75	7,59	95,86	145,03	49,17

Fonte: Dados da pesquisa.

CF - controle fitossanitário
 CO - colheita
 PD - controle de ervas
 PS - preparo do solo
 SE - plantio

A - soja x trigo
 B - milho x trigo
 D - soja x trigo x milho
 Pd - plantio direto
 Pc - plantio convencional