

Série Fac-Símile nº 31

A ECONOMIA DA CONSERVAÇÃO DE UM
RECURSO NATURAL: O SOLO AGRÍCOLA
NO SUL DO BRASIL

Edgar Augusto Lanzer
Juvir Luiz Mattuella

PROGRAMA NACIONAL DE
PNPE
PESQUISA ECONÔMICA

*PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA ECONÔMICA
(PNPE)*

Criado em 1973, o PNPE tem como finalidade precípua estimular a produção científica, através da promoção da pesquisa acadêmica individual na área de Economia. As entidades promotoras do PNPE são: Instituto de Planejamento Econômico e Social — IPEA, Financiadora de Estudos e Projetos — FINEP, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social — BNDES, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq. A princípio, o Programa foi administrado pelo antigo BNDE e, a partir de 1975, passou a ser gerido pelo IPEA/INPES.

PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA ECONÔMICA

Série Fac-Símile nº 31

A ECONOMIA DA CONSERVAÇÃO DE UM
RECURSO NATURAL: O SOLO AGRÍCOLA
NO SUL DO BRASIL

Edgar Augusto Lanzer
Juvir Luiz Mattuella

(Versão apresentada ao PNPE em Junho/1984)

RIO DE JANEIRO
DEZEMBRO - 1988

Os trabalhos reproduzidos na Série Fac-Símile são produto de pesquisas financiadas pelo PNPE. Os textos não são submetidos a nova revisão dos autores e representam a cópia fiel dos originais datilográficos entregues ao INPES/ /IPEA por ocasião do término dos projetos.

PROGRAMA NACIONAL DE
PNPE
PESQUISA ECONÔMICA

As opiniões emitidas neste trabalho são da inteira e exclusiva responsabilidade de seu(s) autor(es), e não exprimem necessariamente o ponto de vista das entidades promotoras do PNPE.

S U M Á R I O

I - INTRODUÇÃO	
1.1 - Problema e objetivos	03
1.2 - Síntese Metodológica	07
1.3 - Área de Estudo	08
II - USO ÓTIMO DO SOLO AGRÍCOLA NO LONGO PRAZO	
2.1 - Modelo da Análise	11
2.2 - Componentes Empíricos do Modelo	15
2.3 - Resultados	26
III - IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ÓTIMO DE LONGO PRAZO	
3.1 - Modelo da Análise	33
3.2 - Elementos Empíricos do Modelo	36
3.3 - Resultados	55
IV - AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO A NÍVEL REGIONAL	
4.1 - Modelo Analítico	60
4.2 - Componentes Empíricos	60
4.3 - Resultados	65
V - RESUMO E CONCLUSÕES	
5.1 - Resumo	78
5.2 - Conclusões	80
VI - BIBLIOGRAFIA	83
ANEXO I	89

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Problema e objetivos

O solo é um recurso base para virtualmente todos os tipos de produção. Além de produzir alimentos, matérias primas e outros produtos oriundos das lavouras e florestas. O solo também se presta para prover espaço para outros tipos de coisas que nele o homem constrói, tais como: prédios, represas, áreas de recreação e lazer etc ... Além disso, os bens e serviços nele produzidos mudam com o passar dos anos, da mesma forma que a sua localização econômica também se altera no tempo, embora sua localização física seja fixa. Desta forma, o dimensionamento e a intensidade de seu uso dependem, além do tempo, do volume de bens e serviços que a sociedade nele planeja produzir, e este por seu turno, está relacionado com a população e o padrão de vida da mesma. Assim, a demanda pelo recurso solo tende a ser pressionada tanto pelo crescimento populacional como pela melhoria em seu nível de bem-estar, a menos que o progresso tecnológico suplante estes efeitos. Dentro deste contexto, o solo destinado às lavouras, pastagens, florestas e outras atividades ainda é o fator crítico, embora o progresso tecnológico que tem sido alcançado nas últimas décadas. É possível que algum dia a agricultura, como é concebida atualmente, não seja necessariamente a grande fonte supridora de alimentos, fibras e outras matérias-primas, mas sim, outros processos que estão em fase de desenvolvimento ou que ainda venham a ser descobertos sejam os responsáveis pelo fornecimento daquilo que hoje ainda é obtido do solo.

A preocupação dos economistas com a trajetória da produtividade dos solos agrícolas face ao crescimento populacional tem seu marco inicial mais notório em Malthus no fim do século dezoito. O ponto de vista maltuhusiano foi rapidamente contestado por W. Godwin (cit. em Howe (1979), p. 50), para quem a acumulação de conhecimentos científicos afastaria definitivamente quaisquer limites ao crescimento econômico que pudessem se originar na exaustão do solo. Embora se tem observado em décadas recentes que a participação do solo na com

binação de fatores para a produção agrícola tenha declinado como resultado da intensificação do uso de capital e energia, isto não significa que esta tendência seja irreversível (Pimentel et alii (1973)). As técnicas de produção que desencadearam este processo são baseadas principalmente em energia fóssil e esta, como se sabe, também é um recurso finito. Assim, o processo de substituição do solo por outros fatores produtivos, dado o conhecimento tecnológico atual e seu custo, ainda é bastante limitado. Desta forma, num mundo de população crescente o solo ainda desempenha um papel preponderante na produção e também pode ser, até certo ponto, fator limitante do crescimento econômico. A propósito da questão Marx ressalta: "a concentração da população em grandes centros urbanos, consequência do modo capitalista de produção, destrói o metabolismo entre o homem e a terra, isto é, impede o retorno ao solo dos elementos usados pelo homem como alimentos e vestimentas e, portanto, quebra a condição de sustentação eterna da fertilidade do solo" (Marx, K. - Capital, I (1979) p. 505 - cit. em Victor (1980)).

Qualquer consenso sobre o tema da exaustabilidade dos recursos naturais não-renováveis como freio ao crescimento econômico continuado parece, ainda hoje, longe de ser alcançado (compare-se, por exemplo, Solow (1974) e Georgescu-Roegen (1975)). No Brasil, por exemplo, o interesse pelo assunto é bastante recente, embora se reconheça que um grupo cada vez maior de pessoas esteja se preocupando com o mesmo.

O problema básico na economia da conservação de um recurso natural não-renovável é o da distribuição do seu aproveitamento entre usuários presentes e futuros (Hotelling(1931), Smith (1968), Burt e Cummings (1970)). No caso dos solos agrícolas, em particular, a análise econômica da conservação é ainda complicada pela presença de incertezas climáticas e desequilíbrios externos muito significativas, bem como por importantes diferenças nos horizontes de planejamento privados e sociais (Ciriacy-Wantrup (1963)). A perda de solo agrícola por erosão, ao reduzir a degradar a capacidade de armazenamento de

água e de nutrientes ao meio de desenvolvimento das raízes, traz consigo a queda paulatina no rendimento dos cultivos. Mesmo assim, é possível que a desertificação a curto prazo de um solo, em consequência da exploração intensiva com lavouras, gere um valor presente de lucro mais alto para seu proprietário do que o uso alternativo em pastagens por um prazo até mesmo infinito. Na verdade, diversas pesquisas empíricas realizadas em outros países tem apontado que a implementação de planos de produção conservacionistas tendem a diminuir o valor presente da renda do agricultor para horizontes iguais ou menores que vinte e trinta anos e com taxas de desconto próximas aos seus valores de mercado (Swanson e MacCallum (1969), Dumsday (1971), Kasal (1976), Heady e Voecke (1978), Walker (1982)). Entretanto, os aspectos econômicos da conservação dos solos agrícolas se estendem para além do portão da fazenda. A terra carregada para os cursos d'água causa redução na vida útil das hidroelétricas pelo assoreamento das barragens; prejudica a produção de peixes pelo aumento da demanda básica de oxigênio nas águas sedimentadas; eleva o custo de purificação da água para fins industriais e de consumo humano, bem como, aumenta a incidência de enchentes (Stoeven e Shulstad (1975)). Com a óbvia diferença entre custos privados e sociais, fica evidenciada a necessidade de intervenção do poder público na questão da conservação dos solos. Esta participação pode ser desenvolvida por diversas formas, indo desde regulamentações que limitam níveis máximos de perda de solos até suporte financeiro para que os produtores adotem práticas conservacionistas.

A elaboração adequada de políticas conservacionistas depende da disponibilidade de análises de dados empíricos sobre a economia do recurso natural em pauta. Neste particular poucas pesquisas tem sido feitas, seja em termos de país ou a nível regional, cujo enfoque de análise abordasse estes aspectos. Trabalhos desenvolvidos por Mielniczuk (1983) mostram que o problema de degradação do solo agrícola no sul do país já está atingindo níveis que podem impingir sérios danos à produtividade das principais culturas comerciais dos estados do Para

nã, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Segundo o autor, dos 17.220 mil ha. de latossolo e terras roxas estruturadas destes estados (solos nobres para a agricultura), 13.500 mil ha, (78%), podem ser cultivados e é neles que se desenvolvem a maior parte do trigo, soja e outros produtos importantes da região. Entretanto, a intensidade de cultivo e práticas agrícolas inadequadas tem, com o passar dos anos, causado sérios problemas de erosão hídrica. Estima o autor que 70 a 80% destes latossolos e terras roxas ainda detêm um potencial produtivo acima de 80%; 15 a 20% dos mesmos se encontram próximos do ponto crítico de degradação e com potencial de produção entre 65 e 80%; e 5 a 10% destes solos tem um nível de erosão muito alto e com reduzido potencial produtivo que já podem ser desconsiderados para fins agrícolas. O autor ainda destaca que os danos causados nas lavouras pela estiagem poderiam ser reduzidos em 30% se os solos não estivessem degradados. Para a zona de agricultura intensiva do Rio Grande do Sul, por exemplo, existem estimativas de que cerca de sessenta por cento da quebra observada na safra do soja de 81/82 deve ser atribuída as más condições de conservação físico-químicas do solo e apenas cerca de 20% as condições climáticas desfavoráveis (Dalla Rosa (1982)). Todavia, estas informações isoladas são insuficientes para qualquer tomada de decisão, pois nada especifica quanto aos custos das alternativas de controle do problema. Para a mesma região, um estudo de simulação empregando um horizonte de planejamento secular indicou a rentabilidade de certo método de cultivo conservacionista (Kitamura, Lanzer e Adams (1982)), o que efetivamente sugere a conveniência da intervenção do setor público no caso. A pesquisa referida, porém, é de valor limitado para a elaboração de medidas específicas posto que, por um lado, o leque de fatores intervenientes na conservação do solo é mais amplo do que o estudado por aqueles autores e, por outro, existem sabidamente dificuldades na transição para novos sistemas produtivos que também não foram estudados em qualquer detalhe. Assim, o presente trabalho procura estender o enfo-

que da análise tanto pela ampliação do conjunto de variáveis bioeconômicas como pelo exame da viabilidade de adoção de processos alternativos de produção. Mais objetivamente a pesquisa visa: a) determinar planos ótimos de longo prazo para a exploração na região de lavoura intensiva do sul do Brasil, enfatizando particularmente os aspectos de conservação de solos; b) avaliar os requerimentos de apoio para a adoção destes planos ótimos pelos produtores, levando-se em conta particularmente restrições financeiras e os riscos da transição na sobrevivência das empresas; c) estimar, a nível regional, os efeitos da adoção de planos alternativos de produção em relação a oferta de grãos, uso de fertilizantes e erosão do solo.

1.2 - Síntese Metodológica

A economia da conservação do solo envolve um estudo de relações dinâmicas. Mack (1978) utilizou programação linear multiperiódica para selecionar planos de exploração agrícola com e sem restrições conservacionistas a longo prazo. Dumsday (1971) empregou simulação para avaliar a economicidade de técnicas de controle da erosão sob condições climáticas aleatórias. Burt (1981) utilizou programação dinâmica para selecionar planos ótimos de rotação entre trigo e pastagens, considerando o efeito das alternativas sobre alterações na manta de solo agrícola. No problema que se pretende estudar, o solo será caracterizado, em cada período, por variáveis de estado descrevendo a situação físico-química de sua fertilidade e conseqüente potencial produtivo. A cada período (ou estágio) uma série de decisões alternativas envolvendo produção comercial de grãos e/ou investimentos em recuperação do solo, sob níveis diferenciados de adubação, pode ser implementada, determinando, segundo uma distribuição de probabilidades, o estado do sistema no estágio seguinte. Associada a cada transição possível entre estados existe um retorno econômico durante o estágio. Esta concepção se presta a uma descrição formal através de cadeias de Markov com alternativas,

sendo o processo de otimização realizado por programação dinâmica probabilística (Howard (1960)). Os planos, (ou sistemas) ótimos de longo prazo serão determinados sob a hipótese de maximização do valor presente de receitas líquidas.

A avaliação dos requerimentos de apoio para a transição dos sistemas atuais de exploração agrícola, utilizados pelos produtores, para os sistemas otimizados será desenvolvida mediante emprego de programação linear multiperiódica com condicionantes de risco e limitação de capital. Em contrapartida, para analisar os efeitos globais na região pela adoção de sistemas alternativos de produção adotou-se o critério de elaboração de cenários representativos destes processos e, a partir deles, foram elaboradas projeções para a década 1983/1992. Detalhes adicionais relativos aos modelos de análise adotados serão apresentados nos capítulos subsequentes.

1.3 - Área de Estudo

A área selecionada para estudo compreende as regiões denominadas de Planalto Médio e Missões. Sua localização pode ser vista na figura 1. A escolha recaiu sobre esta área por que ela possui diversas características que permitem que os resultados da pesquisa nela obtidos possam ser generalizados para outras regiões do sul do País. Entre os fatores que foram considerados para sua escolha destacam-se:

a) Esta área é responsável por mais de 60% da produção dos principais produtos agrícolas do Estado, exceto arroz. Além disso, com a grande expansão das culturas de trigo e soja verificada nas últimas décadas desenvolveu-se aí uma agricultura mais comercial, principalmente pela incorporação de áreas adicionais ao processo produtivo.

b) O duplo cultivo - soja ou milho no verão e trigo no inverno - associado com a mecanização das lavouras tem causado sérios danos ao solo, tornando-o mais suscetível à erosão.

c) As técnicas de cultivo empregadas nesta região, principalmente nas culturas de trigo, soja e milho são bastante

representativas não são das utilizadas em outras áreas dentro do estado, mas também em outras áreas no sul do país.

d) Os solos da região são derivados de derrames basálticos, argilosos, profundos e com teor de acidez elevado. Este mesmo tipo de formação de solo é observado também no oeste de Santa Catarina e Paraná, zonas onde o trigo, soja e milho são bastante cultivados.

Dado este conjunto de características, pode-se ver que a área selecionada para o estudo pode ser considerada como sendo bastante representativa das regiões agrícolas grandes produtoras de grãos do sul do País.

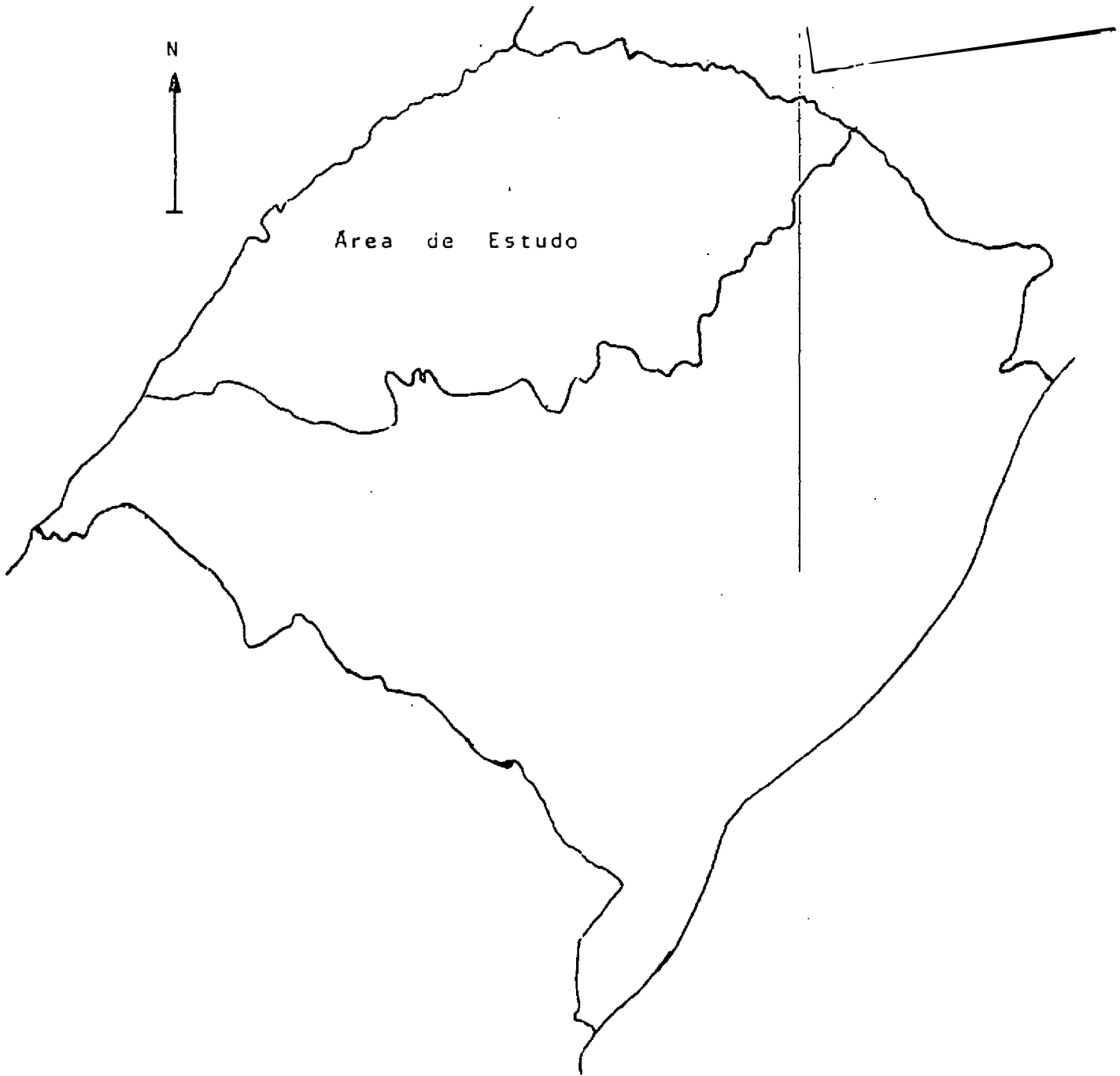


FIGURA 1 - Área de Estudo e sua localização no Estado do Rio Grande do Sul.

11 - USO ÓTIMO DO SOLO AGRÍCOLA NO LONGO PRAZO

2.1 - Modelo de Análise

Os modelos teóricos de conservação de solos existentes na literatura enfatizam sobretudo o aspecto de redução da profundidade da camada arável e as implicações daí decorrentes para a economia da empresa agrícola e da sociedade (Burt (1981), McConnel (1983)). Aquele aspecto, todavia, não é de imediato pertinente para o sul do Brasil, posto que os solos agrícolas desta região são bastante profundos. Ainda assim a degradação da estrutura física destes solos tem importantes implicações em termos de perdas de produtividade e de poluição das águas pela terra carregada pelas chuvas. Outros aspectos importantes na agricultura da região são a baixa fertilidade química dos solos e o ataque de doenças no trigo.

Em vista destes elementos necessita-se de um modelo mais adequado para a análise pretendida, isto é, determinação do uso ótimo do solo agrícola no longo prazo sob a ótica da empresa privado no sul do Brasil.

Segundo Lanzer (1978) a produtividade de um cultivo qualquer no ano t , sob condições médias de clima, pode ser representada por uma equação de efeitos com separabilidade multiplicativa:

$$Y_t = A \cdot F(f_t) \cdot Q(q_t) \cdot P(p_t) \quad (1)$$

onde Y_t = produtividade do cultivo comercial no ano t

A = produtividade máxima do cultivo em condições médias de clima

F = produtividade relativa permitida pelo grau de degradação física do solo no ano t (f_t); $0 \leq F(.) \leq 1$

Q = produtividade relativa permitida pelo grau de fertilidade química do solo no ano t (q_t); $0 \leq Q(.) \leq 1$

P = produtividade relativa permitida pelo grau de infes-
tação de patógenos (moléstias) no ano t (p_t);
 $0 \leq P(.) \leq 1$

Por simplicidade foram abstraídos os efeitos de outros fatores na equação (1). Deve ser notado, outrossim, que a equação (1) pressupõe possibilidades de substituição entre os fatores f , q e p , isto é, entre o grau de degradação física do solo, o seu grau de fertilidade química e o seu grau de infestação de patógenos.

O grau de degradação física, f , indicado por variáveis tais como a profundidade da manta agricultável, a capacidade de retenção de água, a permeabilidade, a porosidade, o teor de matéria orgânica, etc... se modifica lentamente de ano para ano segundo o uso agrícola e as técnicas de cultivo a que o solo é submetido. Assim, lavouras intensivas em sucessão inverno-verão e com alta mecanização tendem a degradar a estrutura física do solo, enquanto que pastagens perenes tendem a conservá-la. Uma variável importante para medir o grau de conservação física do solo é sua resistência a erosão, indicada pela quantidade/intensidade de chuva requerida para arrastar uma tonelada de terra por ha por ano. Na medida em que um solo se degrada, esta resistência cai. Como esta queda de resistência está associada a uma diminuição de porosidade, de capacidade de retenção de água e do teor de matéria orgânica, tem-se, paralelamente, uma queda na produtividade do cultivo, comercial. A dinâmica da degradação física do solo é expressa por:

$$f_t = G (f_{t-1}, u_{t-1}) \quad (2)$$

isto é, o grau de degradação física do solo no ano t depende do grau de degradação e do uso (u_{t-1}) que dele foi feito no ano anterior. Tipicamente as alterações em f de ano para ano são pequenas. Por outro lado, ações no sentido de melhorar as características físicas do solo num certo período, frequentemente impedem a obtenção de produto agrícola comercial no mes

mo período (ex.: adubação verde). Por vezes poderá ser útil pensar em u como o grau de intensidade do uso do solo em cultivos comerciais, sendo assim um indicador do comparecimento de tais cultivos em planos de rotação cultural com pastagens ou com adubação verde.

O grau de fertilidade química do solo, q , também apresenta variações de ano para ano que podem ser mais ou menos controladas pelo uso de adubos químicos (Lanzer e Paris (1981)). Em geral pode-se dizer que:

$$q_t = C(q_{t-1}, a_t) \quad (3)$$

isto é, o grau de fertilidade química do ano t depende do grau existente no ano anterior e da adubação realizada no ano t . Tipicamente o grau de fertilidade química pode ser sensivelmente alterado no curto prazo com benefício a produção commercial.

O grau de infestação de agentes patogénicos (p), do mesmo modo que a degradação física, depende principalmente do uso do solo e do próprio grau de infestação no ano anterior:

$$p_t = D(p_{t-1}, u_{t-1}) \quad (4)$$

Por exemplo, sabe-se que, o plantio sistemático de trigo no mesmo local, ano após ano, leva a um estoque crescente de esporos de doenças das raízes daquela gramínea com queda sensível no seu rendimento.

Em síntese, o problema económico que se quer estudar consiste em determinar um plano estável de longo prazo em termos dos controlos u_t (uso do solo) e a_t (adubação química) de modo a maximizar o valor presente das rendas obtidas com a produção agrícola comercial do biosistema representado pelas equações (1) a (4). Neste problema o estado do solo no início de qualquer período t é caracterizado pelos valores que assumem as variáveis f_t , q_t e p_t . No início do pe

ríodo seguinte o estado do solo depende do estado e das decisões de uso e adubação do período anterior. Agora, (1) se a transição entre estados tem também um componente probabilístico e (2) se associado a qualquer transição possível entre estados existir um ganho definido, então o problema econômico acima definido pode ser resolvido por um modelo de Programação Dinâmica em Cadeias de Markov.

Uma descrição detalhada deste instrumento de otimização foge ao escopo deste trabalho, podendo ser encontrada em HOWARD (1960), BELLMAN & DREYFUS (1962) ou WAGNER (1969). Uma descrição sucinta, todavia, é esboçada abaixo.

Suponha que para cada estado i em que um sistema pode se encontrar num dado início de período de tempo, seja possível escolher uma decisão pertencente a um conjunto K_i ($i = 1, 2, \dots, N$). Seja p_{ij}^k a probabilidade que o sistema vá do estado i para o estado j dado que a decisão k foi tomada no estado i . Mais ainda, se tal transição efetivamente se realizar o sistema gera um retorno r_{ij}^k . Seja $v_i(n)$ o valor presente do retorno acumulado em n transições dado que uma estratégia ótima de decisões tenha sido seguida e que o processo se tenha iniciado no estado S_i . Então pode ser demonstrado que:

$$v_i(n) = \text{MAX}_{k \in K_i} \beta \sum_{j=1}^N p_{ij}^k (r_{ij}^k + v_j(n-1)) \quad (5)$$

onde $\beta = (1+r)^{-1}$ e r é a taxa de juros correspondente ao período de duração de uma transição. A equação (5) é uma aplicação direta do "Princípio de Otimalidade" de Bellman a um processo markoviano com decisões e retornos. Sua resolução é feita por recursão, partindo-se de $n = 0$ e da especificação numérica dos valores terminais $v_i(0)$. A decisão ótima encontrada para o estágio n é $d_i^*(n)$. Obviamente, $d_i^*(n) \in K_i$. Obtidas certas condições de regularidade na matriz de probabilidades de transição, a decisão ótima torna-se fixa para $n, n+1, n+2, \dots$, etc., isto é, $d_i^*(n) = d_i^*(n+1) = \dots = d_i^*$. Neste caso a probabilidade do sistema se encontrar num esta-

do qualquer a longo prazo também é fixa (vide HILLIER e LIEBERMAN (1967), secção 13.5).

2.2 - Componentes Empíricos do Modelo

2.2.1 - Componentes Biológicos

Nesta pesquisa o uso do solo compreende decisões (anuais) de plantio exclusivo de cultivos comerciais (trigo no inverno e soja/milho no verão), de adubação verde no inverno seguida de soja/milho no verão e de adubação verde com duração de um triênio, em condições de fertilidade química alta ou média conforme decisões sobre o uso de adubos.

O estado do solo num ano qualquer é descrito por uma combinação de classes possíveis para as variáveis t , q e p - definidas na secção anterior - e transita para outro estado no ano seguinte de acordo com uma certa distribuição de probabilidades. Esta, por sua vez, reflete as probabilidades de ocorrência de chuvas com baixa, média e alta carga de erosividade no ano bem como a decisão adotada quanto ao uso do solo. Associada a cada transição possível entre estados existe uma renda anual.

O problema consiste em determinar uma estratégia - decisões a tomar para cada estado possível do solo - de modo a maximizar a expectância do valor presente das rendas acumuladas. Também de interesse fundamental é a determinação do plano de uso ótimo do solo gerado pela implementação da estratégia ótima no longo prazo.

A seguir se descrevem os componentes empíricos do modelo com um maior nível de detalhamento.

2.2.2.1 - Degradação Física

Foram adotadas 15 classes possíveis para a degradação física do solo. À classe 1, solo sem nenhuma degradação física, associou-se uma produtividade relativa $F(1) = 1,00$. Daí por diante foi adotada uma perda de produtividade relativa de 2,5%

para cada grau adicional de degradação física. Tem-se então, em termos da notação usada na equação (1), que $F(2) = 0,975$, $F(3) = 0,950$, ..., $F(15) = 0,650$. Dalla Rosa (1981) observou uma redução do potencial produtivo de cerca de 33% em lavouras com cerca de 15 anos de cultivo intensivo devido a degradação física do solo, resultando numa perda de 2,2% ao ano, em média.

A caracterização do grau de degradação física foi feita também em termos da resistência do solo a erosão pela chuva. Para medir a erosividade das chuvas os especialistas utilizam um índice denominado EI que associa o volume e o tempo de precipitação numa medida de intensidade da precipitação. Dados obtidos por Cassol (1983) para os solos argilosos do Sul do Brasil sugerem que, para solos na classe 1 (sem degradação), é requerido um $EI = 24$ para provocar uma perda de uma tonelada de terra por ha por ano. Os dados também permitem estimar que esta resistência diminui a uma taxa média de 5% ao ano, taxa semelhante a encontrada por Kitamura et alii (1982) para a aceleração da suscetibilidade a erosão. Assim, para um solo classe 2 associou-se $EI = 22,8$ ($= 24 \times 0,95$) por tonelada de terra arrastada por ha por ano, para um solo classe 3 adotou-se $EI = 21,7$ ($= 22,8 \times 0,95$), por tonelada de terra perdida por ha por ano, e assim por diante até a classe 15.

Uma série histórica (1963-1982) de coeficientes EI para os meses em que o solo é preparado para o plantio no Planalto Sulino (junho, novembro e dezembro), foi obtida junto ao Instituto de Pesquisas em Recursos Naturais da Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul (Tabela 1). A partir daí foi possível estimar a distribuição de probabilidades de EI para a região de estudo. A distribuição cumulativa estimada é dada pela seguinte expressão:

$$P_r(EI \leq X) = [1 + 55,87 \exp(-0,01477X)^{-1}] (R^2=0,98)$$

Por outro lado, a partir de consultas com especialistas em solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, foram definidas três possibilidades de erosão anual: baixa, com perda de 0 a 10 toneladas de terra/ha/ano; média, com perda de 10 a 25 ton. de terra/ha/ano e alta, com perda de 25 a 50 ton. de terra/ha/ano.

A partir dos elementos acima apresentados foi possível estimar as probabilidades de ocorrência de erosão alta, média e baixa para cada classe de degradação física do solo (Tabela 2).

TABELA 1: Registro de Valores EI (Índice de Erosividade da Chuva) da Estação Meteorológica de Ijuí (RS).

Ano	EI (Jun.+nov.+dez.)
63	313.1
64	133.6
65	236.0
66	337.7
67	66.1
68	281.5
69	207.0
70	332.0
71	212.5
72	633.5
73	217.2
74	381.6
75	252.7
76	269.6
77	252.5
78	301.0
79	117.3
80	425.3
81	401.2
82	438.5

Fonte: Instituto de Pesquisas em Recursos Naturais de Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul.

TABELA 2: Distribuição de Probabilidade de Ocorrência de Erosão para os solos Agrícolas da Região de Estudo.

Classe de De gradação Fi- sica(F)	PROBABILIDADES			Expectância de Perda de Solo (t/ha/ano)
	Erosão 1 Baixa	Erosão 2 Média	Erosão 3 Alta	
1	0,38	0,61	0,01	12,95
2	0,34	0,65	0,01	13,45
3	0,31	0,67	0,02	14,03
4	0,27	0,70	0,03	14,73
5	0,24	0,72	0,04	15,30
6	0,22	0,73	0,05	15,75
7	0,19	0,73	0,08	16,73
8	0,18	0,71	0,11	17,45
9	0,16	0,70	0,14	18,30
10	0,14	0,69	0,17	19,15
11	0,13	0,65	0,22	20,28
12	0,12	0,62	0,26	21,20
13	0,11	0,58	0,31	22,33
14	0,10	0,53	0,37	23,65
15	0,09	0,48	0,43	24,98

1 - Zero a 10 ton. de terra/ha/ano

2 - 10 a 25 ton. de terra/ha/ano

3 - 25 a 50 ton. de terra/ha/ano

Nota-se, na Tabela 2, acima, que a erosão modal é a de intensidade média. A expectativa de perda de solo foi computada tomando-se os pontos médios de perda de solo em cada classe de erosão possível: 5 t/ha/ano para erosão baixa, 17,5 t/ha/ano para erosão média e 37,5 t/ha/ano para erosão alta.

A transição entre classes de degradação física depende da decisão sobre o uso do solo e do grau de erosão do ano.

No caso da decisão ser trigo no inverno e milho/soja no verão a transição entre estados ocorre como se segue: se a erosão é baixa o solo permanece na mesma classe de degradação em que se encontra (a probabilidade disto ocorrer é a probabilidade de ocorrência de erosão baixa), se a erosão é média o solo cai uma classe de degradação e se a erosão é alta o solo cai duas classes de degradação física. Como a erosão modal é de intensidade média, tipicamente haveria um avanço na deterioração física de uma classe por ano. Isto é consistente com a taxa de perda de produtividade observada por Dalla Rosa (1982), citada anteriormente.

No caso da decisão ser adubação verde no inverno e milho/soja no verão a transição ocorre como se segue: se a erosão é baixa o solo melhora sua degradação física em uma classe; se a erosão é média o solo permanece na mesma classe de degradação física e se a erosão é alta o solo tem sua degradação física piorada para a classe seguinte. Assim, modalmente, a adubação verde de inverno manteria o solo na classe de degradação física em que se encontra, evitando uma queda de 5% na sua resistência a erosão. Este valor é o mesmo sugerido por Kitamura et alii (1982) para o efeito da adubação verde na melhoria física do solo.

No caso da decisão ser adubação verde com duração trienal a transição entre estados ocorre como se segue: ao fim de três anos o solo volta a sua melhor condição física (classe I). Este efeito é baseado em resultados recentes de experimentos conduzidos na Cooperativa Tritícola de Santo Angelo pelo EngºAgrº Dalla Rosa (comunicação pessoal em 1983).

2.2.1.2 - Fertilidade Química

Foram adotadas duas classes de fertilidade química no trabalho: alta e média. A caracterização destas classes, os requisitos de adubação das mesmas e a produtividade relativa associada a cada uma foram baseadas em Lanzer e Paris (1981) e em consultas a especialistas do Departamento de Solos da UFRGS.

A produtividade relativa adotada para a classe de fertilidade química alta (Classe A) foi $Q(A) = 1,0$ e para a classe de fertilidade química média (Classe M) foi $Q(M) = 0,8$. Tem-se também, como referência para os capítulos seguintes, que para a classe de fertilidade química baixa (Classe B), $Q(B) = 0,6$. Esta classe não foi considerada nesta fase por limitações computacionais.

As decisões sobre adubação química envolvem as seguintes alternativas: (a) para classe de fertilidade química alta: manter esta fertilidade ou não adubar e, em consequência, passar para a classe de fertilidade química média no ano seguinte e (b) para classe de fertilidade química média: manter esta fertilidade ou melhorá-la com adubação para passar para a classe de fertilidade química alta imediatamente.

As regras de adubação adotadas nesta pesquisa são dadas nas Tabelas 3, 4 e 5, abaixo. Foram aí também incluídas regras de adubação para fertilidade química baixa, Classe B, utilizadas nos capítulos seguintes.

TABELA 3 - Adubação Fosfatada e Potássica requerida para a Manutenção de Distintos Graus de Fertilidade Química do Solo.

CULTIVO	Adubo de Manutenção (Kg/ha)					
	Alta Fertilidade		Média Fertilidade		Baixa Fertilidade	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Trigo	60	60	40	40	27	27
Soja	60	60	40	40	27	27
Milho	80	60	55	40	38	27

TABELA 4 - Adubação Nitrogenada e Cálctica Requerida para a Manutenção de Distintos Graus de Fertildade Química do Solo.

Classe de Degradação	Alta Fertildade			Média Fertildade			Baixa Fertildade		
	Nitrogênio ¹ (kg/ha)		Calcário (t/ha)	Nitrogênio ¹ (kg/ha)		Calcário (t/ha)	Nitrogênio ¹ (kg/ha)		Calcário (t/ha)
	Trigo	Milho		Trigo	Milho		Trigo	Milho	
1-03	10	20	0,6	7	13	0,4	5	9	0,3
4-12	30	60	0,9	20	40	0,6	13	27	0,4
13-15	50	90	1,2	33	60	0,8	22	40	0,5

1 - Após adubação verde o requerimento de Nitrogênio é reduzido em 10 kg/ha para o trigo e em 30 kg/ha para o milho.

TABELA 5 - Adubação de Correção da Fertilidade Química para a Classe A (alta fertilidade química), em kg/ha.

Fertilidade Química			Inicial		
Média			Baixa		
P ₂ O ₅	K ₂ O	Calcário	P ₂ O ₅	K ₂ O	Calcário
80	40	2000	160	80	4000

Como gastos de adubação de manutenção foram ainda acrescentadas as perdas de elementos químicos na terra carregada pela erosão (secção 2.2, abaixo).

2.2.1.3 - Frequência do Trigo

Tomasini et alii (1983) e Diehl et alii (1982) reportaram o efeito de doenças sobre a produtividade do trigo em plantios sucessivos e em anos intercalados. Em função destes resultados adotaram-se as três classes para o grau de infestação de agentes patogênicos no solo. Este grau depende da frequência com que este cereal foi plantado nas safras passadas de inverno. (Tabela 6)

TABELA 6 - Produtividade Relativa do Trigo Segundo a Frequência de Plantios Sucessivos do Mesmo.

Nº de Safras Passadas sem plantio de trigo: (p)	Produtividade Relativa do Trigo: P(p)
0	0,75
1	0,80
2	0,90

Nota-se que mesmo dois anos sem plantio de trigo são in-
suficientes para eliminação total da limitação da produtivida-
de deste cereal em decorrência de doenças do mesmo. Entretanto,
a inclusão de mais uma classe neste sentido aumentaria o dimen-
sionamento do problema para além das possibilidades da computa-
ção com a máquina disponível para tanto.

2.2.1.4 - Síntese

Foram definidas 15 classes de degradação física x 2 clas-
ses de fertilidade química x 3 classes de infestação de doenças
do trigo. A combinação de todas as possibilidades conduz a de-
finição de 90 estados possíveis para o solo. Além destes foram
criados mais dois estados auxiliares para comportar respectiva-
mente o segundo e o terceiro ano da atividade adubação verde de
duração trienal. Em cada estado a produtividade relativa do tri-
go é dada por $F(f).Q(q).P(p)$ e a do soja e milho por $F(f).Q(q)$.

A produtividade absoluta (kg/ha) de cada estado é obti-
da multiplicando a produtividade relativa do estado pela expec-
tância de produtividade máxima em condições médias de clima (vi-
de equação (1)). Foram adotadas as seguintes expectativas de pro-
dutividade máxima:

Soja: 3200 kg/ha
Trigo: 2000 kg/ha
Milho: 4800 kg/ha

(estes valores foram adotados seguindo orientação de especialis-
tas da Faculdade de Agronomia da UFRGS).

As decisões alternativas adotadas para estudo foram as
seguintes (a) para os estados com alta fertilidade química:

- (1) Trigo no inverno, soja/milho no verão; com adubação
para manutenção da fertilidade química alta.
- (2) Idem; sem adubação.

(3) Adubação verde no inverno, soja/milho no verão; com adubação para manutenção da fertilidade química alta.

(4) Idem; sem adubação.

(5) Adubação verde com duração trienal, sem adubação.

(b) para os estados de fertilidade química média.

(1) Trigo no inverno, soja/milho no verão; com correção para fertilidade química alta.

(2) Idem; com manutenção de fertilidade química média.

(3) Adubação verde no inverno, soja/milho no verão; com correção para fertilidade química alta.

(4) Idem; com manutenção de fertilidade química média.

(5) Adubação verde de duração trienal com correção para fertilidade química alta.

A matriz de transições do problema tem, consequentemente, 452 linhas (90 estados x cinco decisões por estado + 2 estados auxiliares) por 90 colunas.

2.2.2 - Componentes Econômico-Financeiros

Os coeficientes técnicos utilizados para elaborar os orçamentos das atividades trigo, soja e milho foram baseados em FECOTRIGO (82 e 83) e são representativos de uma propriedade tipificada que embasa o cálculo dos custos de produção das lavouras gaúchas para estes cereais. Os coeficientes técnicos das atividades recuperadoras do solo (adubação verde, correção do solo e terraceamento) foram obtidos de Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul (80) e informações coletadas junto a professores da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Para calcular os custos de produção destas atividades, adotaram-se os preços dos insumos e mão-de-obra vigentes em dezembro de 1982. A grande maioria dos preços utilizados na elaboração dos orçamentos foram obtidos em FECOTRIGO (82 e 83) e EMATER. Os preços dos insumos que não constavam destas publicações foram coletadas diretamente dos fornecedores (ver Anexo I).

Na elaboração dos custos das atividades não foram computados aqueles referentes a administração, benfeitorias e imposto territorial rural. Os custos de cada decisão variam de acordo com o estado físico do solo, fertilidade do mesmo e anos com plantio de trigo. Os custos diferenciais para cada uma destas situações referem-se aos requerimentos adicionais de fertilizantes e estimativas de perdas pela erosão. O custo da perda de nutrientes pela erosão foi calculado com base na seguinte equação, ajustada aos dados apresentados em Kitamura et alii (1982):

$$CE = 978,3 + 339,5 \text{ TSP} (R^{-2} = 0,965)$$

onde

CE = custo/ha/ano de perdas de nutrientes devido a erosão.

TSP = toneladas de solo perdido por ha/ano devido a erosão.

Para fins de cálculo de custo, a perda de solo utilizado para cada classe de degradação física, foi o valor esperado de toneladas de solo perdido devido a erosão para a referida classe conforme apresentado na Tabela 2.

Na elaboração dos custos das decisões adotou-se uma taxa de juros de 6% ao ano.

As receitas das atividades comerciais (trigo, soja, milho) variam para cada classe de degradação física do solo, nível de fertilidade e anos com plantio de trigo. Esta variação na receita é decorrente das diferentes produtividades atribuídas a cada uma destas situações. Para cálculo da receita, utilizou-se um preço médio para cada produto verificado no triênio 80/82 e inflacionado para dezembro de 82, usando-se para tal o índice de preços pagos pelo produtor.

Da receita assim constituída, deduziu-se os custos de cada decisão (atividades) e obteve a renda das mesmas. Estes retornos líquidos (rendas) das decisões representam, em última análise, a remuneração do capital fundiário-entendido como sendo a terra mais as benfeitorias - e a administração da propriedade, antes do pagamento dos impostos diretos. Infor-

mações adicionais a respeito destes retornos líquidos (rendas) podem ser encontradas no Anexo I.

2.3 - Resultados

A partir dos componentes bioeconômicos discutidos anteriormente foram montadas as matrizes de probabilidades de transição e de retornos representativos do problema em estudo. Para a maximização da expectância do valor presente da renda adotou-se uma taxa de desconto de 6% ao ano e um horizonte de até cinquenta anos.

A estratégia ótima, sintetizada na Tabela 7, consiste no conjunto de decisões ótimas associadas a cada estado possível para o sistema bioeconômico em estudo. Foi observado que esta estratégia era invariante para horizontes com 11 anos ou mais.

Um exame das decisões ótimas mostra que, no que se refere a adubação química, foi sistematicamente indicada a superioridade econômica de ou atingir ou manter um alto grau de fertilidade química do solo. Por outro lado, o trigo mostrou-se aparentemente pouco competitivo com a adubação verde no inverno, sendo indicado apenas na classe de menor degradação física (solo mais conservado) e em algumas classes de degradação intermediária. De modo geral obteve-se uma grande frequência de decisões envolvendo adubação verde de inverno nas classes de degradação física menos acentuada e adubação verde com duração trienal nas classes de degradação física mais acentuada, indicando, desde logo, a maior competitividade econômica de um uso menos intensivo do solo do que a sucessão continuada de cultivos comerciais no inverno e no verão. Com este uso menos intensivo do solo há uma tendência de melhoria gradativa da resistência a erosão e redução da classe de degradação até aos seus níveis menos acentuados. A adubação verde trienal, atividade recuperadora das características físicas, aparece como decisão ótima sistematicamente para as classes de degradação física correspondente a cerca de oito anos ou mais de uso intensivo do solo. Os diferen

ciais da renda da terra segundo seu grau de conservação físico-química podem ser avaliados pela expectativa do valor presente de lucros de cada estado.

É importante notar que a Tabela 6 indica a decisão a tomar para cada estado possível do solo. Entretanto, como as transições entre estados são probabilísticas e como, do ponto de vista pragmático, é difícil identificar em que estado o solo efetivamente se encontra quanto a sua degradação física, a utilidade da estratégia ótima torna-se limitada como meio efetivo de tomada de decisões. Pode-se estimar, todavia, a frequência de cada estado (e da decisão ótima a ele associado) no longo prazo sob a hipótese de que a estratégia ótima é utilizada controlando o sistema em estudo. Tais frequências são dadas pela equação de Chapman-Kolmogorov que, na prática, é resolvida pela exponenciação sequencial da matriz de probabilidades de transição associada a estratégia ótima até o grau de convergência desejado. A partir daí torna-se possível inferir o uso mais provável do solo no longo prazo dado que a estratégia ótima fosse sistematicamente adotada. Os resultados neste sentido são apresentados na Tabela 7.

TABELA 6 - Estratégia Ótima para o Uso do Solo Agrícola no Sul do Brasil Segundo Classes de Degradação Física, de Fertilidade Química e Nº de Safras Passadas sem Plantio de Trigo (Horizonte \geq 11 Anos).

Estado do Solo	Caracterização da Classe ¹			Decisão Ótima ²	Expectância do Valor Presente de Lucros ³ (Horizonte: 50 anos)
	Degradação Física	Fertilidade Química	Nº de Safras Passadas sem Plantio de Trigo		
1	1	A	0	F/SM/MAF	595.556
2	1	A	1	AV/SM/MAF	601.820
3	1	A	2	T/SM/MAF	609.903
4	1	M	0	AV/SM/CAF	567.032
5	1	M	1	AV/SM/CAF	574.581
6	1	M	2	T/SM/CAF	576.271

Estado do Solo	Caracterização da Classe ¹			Decisão Ótima ²	Expectância do Valor Presente de Lucros ³ (Horizonte: 50 anos)
	Degradação Física	Fertilidade Química	Nº de Safras Passadas sem Plantio de Trigo		
7	1	A	0	AV/SM/MAF	569.621
8	2	A	2	AV/SM/MAF	572.214
9	2	A	2	AV/SM/MAF	572.214
10	2	M	0	AV/SM/CAF	542.382
11	2	M	1	AV/SM/CAF	544.975
12	2	M	2	AV/SM/CAF	544.975
13	3	A	0	AV/SM/CAF	525.482
14	3	A	1	AV/SM/MAF	525.482
15	3	A	2	AV/SM/MAF	525.482
16	3	M	0	AV/SM/CAF	498.245
17	3	M	1	AV/SM/CAF	498.245
18	3	M	2	AV/SM/CAF	498.245
19	4	A	0	AV/SM/MAF	459.591
20	4	A	1	AV/SM/MAF	459.806
21	4	A	2	AV/SM/MAF	459.806
22	4	M	0	AV/SM/CAF	432.352
23	4	M	1	AV/SM/CAF	432.567
24	4	M	2	AV/SM/CAF	432.567
25	5	A	0	AVT	409.306
26	5	A	1	AV/SM/MAF	413.566
27	5	A	2	T/SM/MAF	421.178
28	5	M	0	AVT	380.194
29	5	M	1	AVT	385.613
30	5	M	2	T/SM/CAF	387.904
31	6	A	0	AVT	409.306
32	6	A	1	AVT	409.306
33	6	A	2	T/SM/MAF	415.894
34	6	M	0	T/SM/CAF	369.502
35	6	M	1	T/SM/CAF	374.863
36	6	M	2	T/SM/CAF	382.263
37	7	A	0	AVT	409.306

...

Estado do Solo	Caracterização da Classe ¹			Decisão Ótima ²	Expectância do Valor Presente de Lucros ³ (Horizonte: 50 anos)
	Degradação Física	Fertilidade Química	Nº de Safras Passadas sem Plantio de Trigo		
38	7	A	1	AVT	409.306
39	7	A	2	T/SM/MAF	410.432
40	7	M	0	AVT	365.446
41	7	M	1	T/SM/CAF	370.882
42	7	M	2	T/SM/CAF	376.801
43	8	A	0	AVT	409.306
44	8	A	1	AVT	409.306
45	8	A	2	AVT	409.306
46	8	M	0	AVT	365.446
47	8	M	1	AVT	365.446
48	8	M	2	T/SM/CAF	371.424
49	9	A	0	AVT	409.306
50	9	A	1	AVT	409.306
51	9	A	2	AVT	409.306
52	9	M	0	AVT	365.446
53	9	M	1	AVT	365.446
54	9	M	2	T/SM/CAF	366.003
55	10	A	0	AVT	409.306
56	10	A	1	AVT	409.306
57	10	A	2	AVT	409.306
58	10	M	0	AVT	365.446
59	10	M	1	AVT	365.446
60	10	M	2	AVT	365.446
61	11	A	0	AVT	409.306
62	11	A	1	AVT	409.306
63	11	A	2	AVT	409.306
64	11	M	0	AVT	365.446
65	11	M	1	AVT	365.446
66	11	M	2	AVT	365.446
67	12	A	0	AVT	409.306
68	12	A	1	AVT	409.306
69	12	A	2	AVT	409.306

...

Estado do Solo	Caracterização da Classe ¹			Decisão Ótima ²	Expectância do Valor Presente de Lucros ³ (Horizonte: 50 anos)
	Degradação Física	Fertilidade Química	Nº de Safras Passadas sem Plantio de Trigo		
70	12	M	0	AVT	365.446
71	12	M	1	AVT	365.446
72	12	M	2	AVT	365.446
73	13	A	0	AVT	409.306
74	13	A	1	AVT	409.306
75	13	A	2	AVT	409.306
76	13	M	0	AVT	365.446
77	13	M	1	AVT	365.446
78	13	M	2	AVT	365.446
79	14	A	0	AVT	409.306
80	14	A	1	AVT	409.306
81	14	A	2	AVT	409.306
82	14	M	0	AVT	363.422
83	14	M	1	AVT	363.422
84	14	M	2	AVT	363.422
85	15	A	0	AVT	409.306
86	15	A	1	AVT	409.306
87	15	A	2	AVT	409.306
88	15	M	0	AVT	363.422
89	15	M	1	AVT	363.422
90	15	M	2	AVT	363.422
91	-	-	-	AVT2	539.615
92	-	-	-	AVT3	573.735

1 - A caracterização das classes é discutida no texto (secções 2.1.2, 2.1.2 e 2.1.3).

2 - T/SM/MAF: Trigo/Soja, milho/Manutenção de alta fertilidade química.

AV/SM/MAF: adubação verde/soja, milho/manutenção de alta fertilidade química.

T/SM/CAF: trigo/soja, milho/correção para alta fertilidade química.

AV/SM/CAF: adubação verde/soja, milho/correção para alta fertilidade química.

AVT: adubação verde trienal com alta fertilidade química.

AVT2: segundo ano de adubação verde trienal.

AVT3: terceiro ano de adubação verde trienal.

3 - A Preços de dezembro/82; taxa de juros de 6% a.a.

TABELA 7 - Uso Ótimo do Solo no Longo Prazo sob Controle da Estratégia Ótima.

Nº	ESTADO DO SOLO			Decisão	Frequência de Longo Prazo
	Classe de De gradação Física	Classe de Fer tilidade Química	Nº de Safras que não é plantado Trigo		
1	1	Alta	0	Trigo/soja/milho	12,1
2	1	Alta	1	AV/soja/milho	6,6
3	1	Alta	2	Trigo/soja/milho	19,7
7	2	Alta	0	AV/soja/milho	19,4
8	2	Alta	1	AV/soja/milho	12,7
9	2	Alta	2	AV/soja/milho	26,1
15	3	Alta	2	AV/soja/milho	2,2
		Outros			1,2

A Tabela 7, permite inferir que, sob a estratégia ótima de decisão, a longo prazo, o trigo seria plantado apenas uma vez a cada três anos - pois a frequência desta decisão é de 31,8% ou aproximadamente um terço - com adubação verde dois invernos em sequência e plantio comercial (soja/milho) em todos os verões. Observa-se também que, no longo prazo, a estratégia ótima conduz a uma concentração nos estados de maior conservação do solo, tanto física quanto química. Mais ainda, os resultados de longo prazo supra citados são independentes do estado inicial do solo. Do ponto de vista do agricultor, a meta a atingir consiste em um plano com um plantio de trigo a cada três invernos, seguido de dois invernos com adubação verde e cultivo comercial (soja/milho) todos os verões,

sobre um solo com alta fertilidade química e degradação física insignificante, características estas mantidas pela adubação química e adubação verde. Na ausência de restrições financeiras e adotado um horizonte de 11 anos ou mais, se o solo se apresenta inicialmente bastante degradado (classe 8 em diante) e com baixa fertilidade química, a obtenção do estado desejado se dá com a adubação verde trienal com correção da fertilidade através da adubação química necessária. Ao final de três anos sem qualquer produção comercial o solo atinge o estado visado e o plano ótimo se estabelece: trigo, soja/milho, adubação verde, soja/milho, adubação verde, soja/milho, trigo, etc.... Alternativamente o trigo poderia ser plantado em 1/3 de área de inverno com os 2/3 restantes cobertos por adubação verde, sendo a área de trigo rotativa.

O estudo das possibilidades de transição para o plano ótimo sob limitações financeiras será objeto do capítulo seguinte.

III - IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ÓTIMO DE LONGO PRAZO

3.1 - Modelo da Análise

No capítulo anterior foi determinado um plano ótimo de uso do solo agrícola para a região de estudo, entendendo-se como plano ótimo aquele obtido a longo prazo quando é seguida uma estratégia que visa maximização da expectativa de lucros para um horizonte de onze anos ou mais. Esta estratégia foi obtida num processo de otimização incondicional através de um algoritmo de Programação Dinâmica. Assim, caso o solo se encontre bastante degradado química e fisicamente, a decisão ótima é a de aplicar adubos corretivos e realizar adubação verde permanente por um triênio, para só então entrar no plano ótimo propriamente dito (rotação de trigo e adubação verde de inverno com milho e soja). Entretanto, é preciso admitir que, para o produtor rural, a extensão desta decisão para toda sua área explorada de uma só vez é, na prática, pouco plausível. Na verdade, dependendo do estado de degradação em que o solo se encontra, da escassez de poupanças próprias e das condições vigentes de crédito rural, a realização do investimento que precede a adoção do plano ótimo pode não ser viável nem mesmo para qualquer fração da área explorada¹.

A discussão acima justifica a necessidade de verificar as possibilidades de implementação gradativa do plano ótimo para empresas rurais com diferentes estados do solo, sob condições de limitação financeira, e dentro dos parâmetros do crédito rural em vigor.

(1) A situação de tenência da terra e a aversão a riscos podem também se constituir em limitações aos investimentos pelos agricultores (PERRIN et alii (1976), OLSON (1955), LEE (1980), Mc CONNEL (1983)).

Para fazer tal verificação adotou-se o seguinte modelo de Programação Linear Multiperiódica²:

$$\text{Max } VPL(N) = \sum_{i \in S} \sum_{j \in A_i} v_{ij} x_{ij} + C_N$$

$$\text{dado que: } \sum_{j \in A_i} x_{ij} \leq D_i \quad ; \quad \text{para todo } i \in S$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in A_i} r_{ij,t} x_{ij} + kc_{t-1} - c_t \geq R_t \quad ; \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, N$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{para todo } i \in S \text{ e } j \in A_i$$

$$c_t \geq 0 \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, N$$

$$c_0 = 0$$

onde

- VPL(N) : valor presente da renda esperada para um horizonte do ano N até ∞ , em Cr\$;
- S : conjunto dos estados de solo existentes na propriedade;
- A_i : conjunto das alternativas de uso do solo nos próximos N anos para o solo em estado i;
- v_{ij} : valor presente da renda esperado do ano N até ∞ de 1 ha do solo em estado i explorado segundo a alternativa de uso j (Cr\$/ha);
- x_{ij} : área, em ha, de solo em estado i que é explorado segundo a alternativa j definida para $t = 1, 2, \dots, N$;
- c_t : excedente de caixa no ano t, em Cr\$;
- D_i : área disponível de solo em estado i, em ha;

(2) Modelos de programação matemática tem sido extensivamente usados para avaliação de investimentos sob racionamento financeiro (vide, por exemplo, BAUMOL & QUANDT (1965); BERNHARD (1969), WEINGARTNER (1966)).

- r_{ijt} : renda, em Cr\$/ha, da alternativa j de uso de solo i no ano t , levando em conta a possibilidade de obtenção de crédito rural;
- k : propensão média a poupar corrigida pela taxa de juros real para o período de um ano;
- R_t : renda mínima estipulada para o ano t (em Cr\$).

No modelo adotado competem alternativas de uso do solo dentro de um horizonte de N anos, incluindo-se aí as possibilidades de manter o plano de produção tradicional, de recuperar o solo gradativamente com adubação verde de inverno ou de recuperá-lo com adubação verde permanente com duração trienal. Estas últimas são acompanhadas de adubação química corretiva e podem iniciar em qualquer ano do horizonte de planejamento, porém de modo que o plano ótimo de longo prazo esteja implementado no ano N ou antes. Assim, por exemplo, uma alternativa considerada é a de seguir o plano tradicional por n anos e iniciar o processo de recuperação no ano $n+1$. Pela própria natureza do modelo as alternativas não são mutuamente exclusivas, de modo que não se trata aqui de determinar qual o ano específico em que se dará a implementação do plano ótimo de longo prazo³. Na verdade o modelo de Programação Linear Multiperiódico é mais flexível, permitindo a adoção gradativa do plano ótimo de longo prazo para uma fração crescente da área explorada.

A hipótese comportamental adotada para o período de transição é a de obtenção de uma certa renda mínima. Estipulou-se que esta renda mínima seria aquela obtida pelo plano tradicional⁴. O nível de consumo é o dado pela renda mínima mais o va

(3) Um modelo com tal característica pode ser encontrado em WALKER (1982).

(4) O conceito de renda é o mesmo adotado no capítulo anterior.

lor dado pela propensão média a consumir multiplicada pela renda eventualmente excedente sobre a mínima estipulada. Portanto, o modelo incorpora risco sob o conceito lexicográfico de "safety-first" ou "foco-perda"⁵ durante o período de transição. O risco da transição limita o objetivo de maximização do valor presente de lucros a longo prazo. A fração de renda excedente não consumida é transferida, corrigida pela taxa de juros anual, para o período seguinte como capital financeiro próprio. Adotou-se a hipótese conservadora de inexistência de capital financeiro próprio como condição inicial ($c_0 = 0$). Esta limitação financeira pode ser superada, eventualmente, pelo uso de crédito. As alternativas de recuperação do solo levam em conta, no conjunto da sequência de rendas anuais, a possibilidade de tomada de crédito para investimento com dois anos de carência (PROINVEST).

Por fim deve ser notado que o horizonte de planejamento (N) é dado no modelo. Inicia-se com um valor arbitrário (N = 10 anos). Se o resultado obtido mostrar que toda área disponível é explorada sob o plano ótimo de longo prazo ao cabo do horizonte dado, tem-se o resultado final. Caso contrário o horizonte é estendido até obter-se tal situação.

3.2- Elementos Empíricos do Modelo

Na secção anterior foi definido um modelo de Programação Linear Multiperiódico para avaliar a possibilidade de transição do plano tradicional de uso do solo para o plano ótimo de longo prazo em uma propriedade típica da região de estudo. Todavia, a caracterização desta propriedade representativa em termos de estado atual de conservação da área explorada é dificultada pela inexistência de levantamentos es-

(5) Vide, por exemplo, ANDERSON, DILLON & HARDACKER (1977), cap. 7 ou ROUMASSET (1976).

pecíficos. Sem embargo, conforme será visto no capítulo seguinte, as classes de degradação física mais representativas da área investigada são as classes 5 (degradação moderada; produtividade relativa = 0,9) e 14 (degradação alta; produtividade relativa = 0,675) combinadas com as classes de fertilidade química M (fertilidade média; produtividade relativa = 0,8) e B (fertilidade baixa; produtividade relativa = 0,6).

A partir daí estabeleceram-se condições de solo para seis propriedades referência (Tabela 8). O propósito é o de avaliar as possibilidades de adoção do plano ótimo em situações bastante diferenciadas em termos de condições iniciais dos recursos de solo.

TABELA 8 - Caracterização dos Recursos de Solo para Seis Situações Representativas de Propriedades Rurais na Região de Estudo.

Situação	Área (ha)	Classe de Fertilidade Química	Distribuição de Área Segundo Degradação Física do Solo	
			Classe 5 (ha)	Classe 14 (ha)
1	100	Média	75	25
2	100	Média	50	50
3	100	Média	25	75
4	100	Baixa	75	25
5	100	Baixa	50	50
6	100	Baixa	25	75

FONTE: Dados da pesquisa.

Uma vez definidas as situações básicas de recursos do solo, estabeleceu-se um horizonte de 10 anos para a operação com o modelo de análise.

A renda mínima adotada para cada ano, conforme mencionado na secção anterior, é aquela decorrente da alternativa de produção tradicional para toda área disponível (100ha), considerando-se que a cada ano a degradação física do solo avança uma classe enquanto que o estado químico é mantido na classe ini-

cial. A alternativa da produção tradicional consiste no plantio de 1/3 da área de inverno com trigo e os restantes 2/3 em pousio (rotativo) enquanto que, no verão, 1/3 da área é dedicada a milho e os restantes 2/3 a soja.

Adotou-se ainda, para a renda eventualmente excedente sobre a mínima, uma propensão a consumir igual a 0,5 (Mattuel la (1974), pg. 41). Considerando uma taxa real de juros de 6% a.a., obteve-se $k = 0,53$, isto é, cada cruzeiro de renda excedente acima da mínima gera uma disponibilidade de capital próprio de 53 centavos no ano seguinte.

No cálculo da sequência de rendas anuais foi considerada a possibilidade de financiamento dos gastos com adubação química e adubação verde necessários para estabelecer as condições de solo do plano ótimo de longo prazo. Tal financiamento seria feito através do PROINVEST, em 5 anos de prazo e dois de carência, com taxa de juros nominal igual a variação da ORTN mais 3% a.a. Como a análise é feita a preços reais constantes, admitiu-se o pressuposto de que a ORTN terá a mesma variação dos preços recebidos e dos preços pagos pelos agricultores.

A seguir se descrevem as atividades alternativas incluídas no modelo de Programação Linear Multiperiódico discutido na secção anterior.

(a) Alternativas de Uso do Solo em Condições Iniciais de Degradação Moderada (Classe 5).

(a.1) Em Condições Iniciais de Fertilidade Química Média (Classe M)

(a.1.1) Plano Tradicional (MSPT)

O plano tradicional consiste em manter, ao longo do período de 10 anos, o uso de 1/3 da área no inverno com trigo e o resto em pousio e 1/3 da área de verão com milho e o resto com soja. O uso de fertilizantes químicos é limitado ao suficiente para manter a fertilidade no seu estado inicial (nível médio). Admite-se o avanço da degradação física de uma classe

por ano, o que, gradativamente, reduz a receita pela perda de produtividade e aumenta os custos pela maior perda de nutrientes através da erosão. A sequência de rendas anuais⁶ calculada para esta atividade é a seguinte:

$R_1 = 19.015$	$R_6 = 2.257$
$R_2 = 15.773$	$R_7 = - 771$
$R_3 = 11.719$	$R_8 = -4.274$
$R_4 = 9.458$	$R_9 = - 10.951$
$R_5 = 6.846$	$R_{10} = - 13.653,$

onde R_t é a renda da atividade no ano t em Cr\$ por ha/ano (a preços de dez. 82).

O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ - 229.916/ha.

O código M5PT designa a quantidade, em ha, de solo classe 5 devotados ao plano tradicional.

(a.1.2) Correção Química no Ano 1 em Correção Física Gradativa (M5CQ1)

Nesta alternativa é feita adubação química corretiva no ano 1, mudando a classe de fertilidade de média para alta. Nos dois invernos seguintes é feita adubação verde, utilizando o solo no verão para plantio de milho e soja. Admite-se que tanto os gastos de adubação química corretiva quanto os ganhos das duas primeiras adubações verdes são financiadas pelo PROINVEST. A adubação química é a requerida para manter a fertilidade química alta. A melhoria do estado de degradação física ocorre paulatinamente. No primeiro ano o solo continua na classe 5. No ano seguinte admitiu-se uma melhoria para uma classe intermediária entre as classes 4 e 5. Depois passaria a uma classe intermediária entre 3 e 4, a seguir entre 2 e 3 para, finalmente, estabilizar entre as classes 1 e 2. O plano ótimo é implan

(6) Do mesmo modo que no capítulo anterior, o conceito de renda anual aqui adotado equivale a diferença entre a receita bruta e os custos totais (exceto arrendamento da terra) na unidade de tempo em questão.

tado a partir do inverno do terceiro ano. A seqüência de rendas anuais calculada para esta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 34.418 & R_6 = 30.565 \\ R_2 = 18.277 & R_7 = 37.820 \\ R_3 = - 395 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = 5.765 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = 11.436 & R_{10} = 37.820, \end{array}$$

onde R_t é a renda anual da atividade em Cr\$ por ha/ano (a preços de dez. 82).

O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333/ha.

O código M5CQ1 designa a quantidade, em ha, de solo classe 5 (no ano 1) devotados a atividade ora descrita.

(a.1.3) Correção Química no Ano 2 com Correção Física Gradativa (M5CQ2)

Nesta alternativa, no primeiro ano, é seguido o plano tradicional. No segundo ano é feita adubação química corretiva para classe alta, onde será mantida pelo uso correspondente de fertilizantes. Do primeiro para o segundo ano a classe de degradação passa de 5 para 6. No inverno do segundo e terceiro ano é feita adubação verde de inverno. No verão o solo é devotado a soja (2/3 da área) e milho (1/3 da área). A partir do inverno do quarto ano é implantado o plano ótimo. A melhoria do estado de degradação do solo ocorre gradativamente, a partir do segundo ano, de modo semelhante aquele visto acima (a.2). A seqüência de rendas anuais calculadas para esta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 19.015 & R_6 = 6.505 \\ R_2 = 31.037 & R_7 = 30.565 \\ R_3 = 14.604 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -6.841 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = - 680 & R_{10} = 37.820, \end{array}$$

onde R_t é a renda anual da atividade em Cr\$/ha/ano (a preços de dez. 82).

O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código M5CQ2 designa a quantidade de ha do solo em classe 5 (no ano 1) devotados a atividade supra descrita.

(a.1.4) Correção Química no Ano 3 com Correção Física Gradativa (M5CQ3)

Esta alternativa difere das duas anteriores no que tange ao ano em que será iniciado o processo de recuperação do solo. Aqui, nos dois primeiros anos, é seguido o plano tradicional para, no terceiro ano, fazer-se adubação química corretiva da fertilidade média para alta, seguindo-se dois invernos com adubação verde e adoção do plano ótimo no quinto ano. A classe de degradação física modifica de 5 para 6 e 7 do primeiro ao terceiro ano, respectivamente. A partir daí inicia-se o processo de reversão para classes intermediárias 6/7, 5/6, 4/5, 3/4, 2/3 até estabilizar na classe intermediária 1/2 no nono ano. A sequência de rendas anuais desta atividade é a seguinte:

$R_1 = 19.015$	$R_6 = 19.998$
$R_2 = 15.773$	$R_7 = 26.444$
$R_3 = 27.478$	$R_8 = 32.889$
$R_4 = 28.107$	$R_9 = 37.820$
$R_5 = 15.962$	$R_{10} = 37.820,$

onde R_t é a renda anual da atividade em Cr\$/ha/ano (a preços de dez. 82).

O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código M5CQ3 designa a quantidade, em ha, de solo da classe 5 (no ano 1) devotados a esta atividade.

(a.5) Correção Química no Ano 4 com Correção Física Gradativa (M5CQ4)

Semelhante as anteriores, iniciando o processo de recuperação do solo no quarto ano. A seqüência de rendas anuais desta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 19.015 & R_6 = 11.857 \\ R_2 = 15.773 & R_7 = 15.962 \\ R_3 = 11.719 & R_8 = 19.998 \\ R_4 = 24.004 & R_9 = 26.444 \\ R_5 = 25.741 & R_{10} = 32.889, \end{array}$$

onde R_t é a renda do ano t em Cr\$/ha/ano (a preços de dez.82).

O valor capitalizado, da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333/ha.

O código M5CQ4 designa o nível desta atividade, em ha.

(a.2) Em Condições Iniciais de Fertilidade Química Baixa (Classe B)

(a.2.1) Plano Tradicional (B5PT)

O plano tradicional consiste em manter, ao longo do período de 10 anos, o uso de 1/3 da área de inverno com trigo e o resto em pousio e 1/3 da área de verão com milho e o resto com soja. O uso de fertilizantes é limitado ao suficiente para manter a fertilidade no seu estado inicial (nível baixo). A degradação física avança uma classe por ano. A seqüência de rendas anuais desta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -837 & R_6 = -13291 \\ R_2 = -2865 & R_7 = -15991 \\ R_3 = -6146 & R_8 = -18623 \\ R_4 = -8077 & R_9 = -23409 \\ R_5 = -10684 & R_{10} = -25339 \end{array}$$

onde R_t é a renda do ano t em Cr\$/ha/ano (a preços de dez.82).

O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ -419211/ha.

O código B5PT designa o nível desta atividade em ha.

(a.2.2) Correção Química no Ano 1 com Correção Física Gradativa (B5CQ1)

Esta atividade é semelhante a atividade M5CQ1 descrita em (a.2), acima. A diferença reside na quantidade de corretivos necessários para elevar a fertilidade do solo: a correção de baixa para alta fertilidade requer o dobro de insumos químicos que a correção de média para alta fertilidade. A sequência de rendas é:

$R_1 = 34.418$	$R_6 = 37.820$
$R_2 = 36.130$	$R_7 = 37.820$
$R_3 = 26.444$	$R_8 = 37.820$
$R_4 = 32.889$	$R_9 = 37.820$
$R_5 = 37.820$	$R_{10} = 37.820,$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado de renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B5CQ1 designa o nível desta atividade, em ha.

(a.2.3) Correção Química no Ano 2 com Correção Física Gradativa (B5CQ2)

Esta atividade é semelhante a M5CQ2, vista em (a.3) acima. No primeiro ano é seguido o plano tradicional, com uso de adubos limitado ao suficiente para manter a fertilidade química no seu nível inicial (classe-baixa). No segundo ano é feita a correção do solo para a classe de alta fertilidade química. No inverno do segundo e do terceiro ano é feita adubação verde e, a partir daí, segue-se o plano ótimo. A melhoria da degradação física é paulatina, como visto em (a.3). A sequência de rendas anuais calculada para esta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll}
 R_1 = -837 & R_6 = 32889 \\
 R_2 = 31037 & R_7 = 37820 \\
 R_3 = 32727 & R_8 = 37820 \\
 R_4 = 19998 & R_9 = 37820 \\
 R_5 = 26444 & R_{10} = 37820,
 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B5CQ2 designa o nível desta atividade, em ha.

(a.2.4) Correção Química no Ano 3 com Correção Física Gradativa (B5CQ3)

Nesta atividade o plano tradicional é seguido nos dois primeiros anos. No terceiro ano inicia-se o processo de recuperação do solo, com correção para alta fertilidade química e dois invernos consecutivos com adubação verde. No quinto ano é adotado o plano ótimo que consagra 2/3 da área de inverno a adubação verde. A melhoria da degradação física é gradativa, com o solo atingindo as classes 1/2 do novo ano em diante. A sequência de rendas desta atividade é dada abaixo:

$$\begin{array}{ll}
 R_1 = -837 & R_6 = 19.998 \\
 R_2 = -2.865 & R_7 = 26.444 \\
 R_3 = 27.478 & R_8 = 32.889 \\
 R_4 = 28.107 & R_9 = 37.820 \\
 R_5 = 15.962 & R_{10} = 37.820,
 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B5CQ3 designa o nível desta atividade, em ha.

(a.2.5) Correção Química no Ano 4 com Correção Física Gradativa (B5CQ4)

Nesta atividade o plano tradicional em nível de baixa fertilidade química é seguido nos três primeiros anos do horizonte. No quarto ano é feita a recuperação da fertilidade quí-

mica, passando seu nível para alto, e iniciada a recuperação física através de adubações verdes no inverno do quarto e quinto anos. Estes gastos, do mesmo modo como presumido nas atividades anteriores, seriam financiados através do PROINVEST, com cinco anos de prazo e dois de carência. A sequência de rendas anuais estimada para esta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -837 & R_6 = 11.857 \\ R_2 = -2.865 & R_7 = 15.962 \\ R_3 = -6.146 & R_8 = 19.998 \\ R_4 = 24.004 & R_9 = 26.444 \\ R_5 = 25.741 & R_{10} = 32.889 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

(b) Alternativas de Uso do Solo em Condições Iniciais de Forte Degradação (Classe 14)

(b.1) Em Condições Iniciais de Fertilidade Química Média (Classe M)

(b.1.1) Plano Tradicional (M14PT)

O plano tradicional consiste em manter, ao longo do período de 10 anos, o uso de 1/3 da área de inverno com trigo e os restantes 2/3 em pousio e 1/3 da área de verão com milho e o restante com soja. A adubação química se restringe ao necessário para manter as condições iniciais. A degradação física avança para a classe 15 no segundo ano e aí se mantém pelo restante do horizonte. A sequência de rendas anuais calculada para esta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -13.653 & R_6 = -13.795 \\ R_2 = -13.795 & R_7 = -13.795 \\ R_3 = -13.795 & R_8 = -13.795 \\ R_4 = -13.795 & R_9 = -13.795 \\ R_5 = -13.795 & R_{10} = -13.795, \end{array}$$

onde o R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado

das rendas futuras, no décimo ano, é Cr\$ -229.916 por ha.

O código M14PT designa o nível desta atividade, em ha.

(b.1.2) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 1º Ano
(M14T1)

Nesta alternativa é feita correção da fertilidade química para a classe A (alta) seguida de uma adubação verde com duração de três anos. Os gastos são financiados pelo PROINVEST. No quarto ano é implementado o plano ótimo. A sequência de rendas desta atividade é como se segue:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 0 & R_6 = 37.820 \\ R_2 = -34.860 & R_7 = 37.820 \\ R_3 = -39.044 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -177 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = 869 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 630.333 por ha.

O código M14T1 designa o nível desta atividade, em ha.

(b.1.3) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 2º Ano
(M14T2)

A alternativa consiste em manter o uso tradicional do solo no primeiro ano e iniciar o processo de recuperação no segundo ano, através de adubação química corretiva e implementação de adubação verde por um triênio. No quinto ano é adotado o plano ótimo de longo prazo do uso do solo. A sequência de rendas anuais calculada para esta atividade é:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -13.653 & R_6 = 869 \\ R_2 = 0 & R_7 = 37.820 \\ R_3 = -34.860 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -39.044 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = -177 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

(b.1.4) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 3º Ano
(M14T3)

Atividade semelhante a anterior, com início do processo de recuperação físico-químico do solo no 3º ano e implementação do plano ótimo no sexto ano. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -13.653 & R_6 = 869 \\ R_2 = -13.795 & R_7 = 37.820 \\ R_3 = 0 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -34.860 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = -177 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

(6.1.5) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 4º Ano
(M14T4)

Atividade semelhante a anterior, com início do processo de recuperação físico-químico do solo no 4º ano e implementação do plano ótimo no sétimo ano. A sequência de rendas anuais é:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -13.653 & R_6 = -177 \\ R_2 = -13.795 & R_7 = 869 \\ R_3 = -13.795 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = 0 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = -34.860 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

(b.1.6) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 5º Ano
(M14T5)

Atividade semelhante e anterior, com início do processo de recuperação físico-químico do solo no 5º ano e implementação do plano ótimo no oitavo ano. A sequência de rendas anuais é:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -13.653 & R_6 = -34.860 \\ R_2 = -13.795 & R_7 = -177 \\ R_3 = -13.795 & R_8 = 869 \\ R_4 = -13.795 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = 0 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

(b.1.7) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 6º Ano
(M14T6)

Atividade semelhante e anterior, com início do processo de recuperação físico-químico do solo no 6º ano e implementação do plano ótimo no nono ano. A sequência de rendas anuais é:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -13.653 & R_6 = 0 \\ R_2 = -13.795 & R_7 = -34.860 \\ R_3 = -13.795 & R_8 = -177 \\ R_4 = -13.795 & R_9 = 869 \\ R_5 = -13.795 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

O valor capitalizado das rendas futuras, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

(b.1.8) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 7º Ano
(M14T7)

Atividade semelhante a anterior, com início do processo de recuperação físico-químico do solo no sétimo ano e implementação do plano ótimo no décimo ano. A sequência de rendas anuais é:

$$\begin{array}{ll}
 R_1 = -13.653 & R_6 = -13.795 \\
 R_2 = -13.795 & R_7 = 0 \\
 R_3 = -13.795 & R_8 = -34.860 \\
 R_4 = -13.795 & R_9 = -177 \\
 R_5 = -13.795 & R_{10} = 869
 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras é Cr\$ 630.333 por ha.

(b.2) Em Condições Iniciais de Fertilidade Química Baixa (Classe B)

(b.2.1) Plano Tradicional (B14PT)

O plano tradicional consiste em manter, ao longo do período de 10 anos, o uso de 1/3 da área de inverno com trigo e os restantes 2/3 em pousio e 2/3 da área de verão com soja e o restante com milho. A adubação química é apenas a suficiente para manter as condições iniciais. A degradação física avança para o estado 15 no segundo ano e aí se mantém. A sequência de rendas anuais calculada para esta atividade é a seguinte:

$$\begin{array}{ll}
 R_1 = -25.339 & R_6 = -25.153 \\
 R_2 = -25.153 & R_7 = -25.153 \\
 R_3 = -25.153 & R_8 = -25.153 \\
 R_4 = -25.153 & R_9 = -25.153 \\
 R_5 = -25.153 & R_{10} = -25.153
 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B14PT designa o nível desta atividade, em ha.

(b.2.2) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 1º Ano (B14T1)

Esta atividade é semelhante a descrita em (b.1.2), diferindo apenas no custo da correção química do solo. Esta correção é feita no primeiro ano juntamente com a implantação da adubação verde trienal. Os gastos são financiados pelo PROIN-

VEST. No quarto ano é implementado o plano ótimo. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 0 & R_6 = 37.820 \\ R_2 = -43.274 & R_7 = 37.820 \\ R_3 = -48.467 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -9.347 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = -8.049 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 630.333/ha.

O código B14T1 designa o nível desta atividade, em ha.

(b.2.3) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 2º Ano (B14T2)

Esta atividade difere da anterior no sentido em que no primeiro ano é seguido o plano tradicional e apenas no segundo ano é iniciado o processo de recuperação físico-químico do solo. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -25.339 & R_6 = -8.049 \\ R_2 = 0 & R_7 = 37.820 \\ R_3 = -43.273 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -48.467 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = -9.347 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado da renda futura, no décimo ano, é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B14T2 designa o nível desta atividade em ha.

(b.2.4) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 3º Ano (B14T3)

Nesta atividade o processo de recuperação do solo inicia no terceiro ano do horizonte de planejamento, enquanto que nos dois primeiros anos é seguido o plano tradicional. O plano ótimo - 1/3 da área de inverno com trigo e os 2/3 restan-

tes com adubação verde de inverno e 1/3 da área de verão com milho e os restantes 2/3 com soja - é implementado a partir do sexto ano. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -25.339 & R_6 = -9.347 \\ R_2 = -25.153 & R_7 = -8.049 \\ R_3 = 0 & R_8 = 37.820 \\ R_4 = -43.273 & R_9 = 37.820 \\ R_5 = -48.467 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B14T3 designa o nível desta atividade em ha.

(b.2.5) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 4º Ano
(B14T4)

Atividade semelhante a anterior, iniciando o processo de recuperação do solo no quarto ano e implementação do plano ótimo no sétimo ano. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -25.339 & R_6 = -43.273 \\ R_2 = -25.153 & R_7 = -48.467 \\ R_3 = -25.153 & R_8 = -9.347 \\ R_4 = -25.153 & R_9 = -8.049 \\ R_5 = 0 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como definido anteriormente. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 630.333/ha.

O código B14T4 designa o nível desta atividade, em ha.

(b.2.6) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 5º Ano
(B14T5)

Atividade semelhante a anterior, mas com início do processo de recuperação do solo no quinto ano e implementação do plano ótimo no sétimo ano. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -25.339 & R_6 = -43.273 \\ R_2 = -25.153 & R_7 = -48.467 \\ R_3 = -25.153 & R_8 = -9.347 \\ R_4 = -25.153 & R_9 = -8.049 \\ R_5 = 0 & R_{10} = 37.820 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B14T5 designa o nível desta atividade, em ha.

(b.2.7) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 6º Ano
(B14T6)

Atividade semelhante a anterior, mas com início do processo de recuperação do solo no sexto ano e implementação do plano ótimo no sétimo ano. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -25.339 & R_6 = 0 \\ R_2 = -25.153 & R_7 = -43.273 \\ R_3 = -25.153 & R_8 = -48.467 \\ R_4 = -25.153 & R_9 = -9.347 \\ R_5 = -25.153 & R_{10} = -8.049 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 630.333 por ha.

O código B14T6 designa o nível desta atividade, em ha.

(b.2.8) Correção Química e Adubação Verde Trienal no 7º Ano
(B14T7)

Atividade semelhante a anterior, mas com início do processo de recuperação do solo no sétimo ano e implementação do plano ótimo no oitavo ano. A sequência de rendas anuais é a seguinte:

$$\begin{array}{ll} R_1 = -25.339 & R_6 = -25.153 \\ R_2 = -25.513 & R_7 = 0 \\ R_3 = -25.513 & R_8 = -43.273 \\ R_4 = -25.513 & R_9 = -48.467 \\ R_5 = -25.513 & R_{10} = -9.347 \end{array}$$

onde R_t é como anteriormente definido. O valor capitalizado das rendas futuras desta atividade é Cr\$ 620.986 por ha.

Para a definição do vetor de constantes do lado direito (RHS), representando a renda mínima a alcançar a cada ano, a renda tomada como base foi aquela do plano tradicional. Para a situação 1, por exemplo, dada a existência de 75 ha de solo classe 5 e 25 ha de solo classe 14, ambos na classe de fertilidade média (vide Tabela 8, acima) a renda mínima anual é dada pela renda combinada de 75 ha da atividade (a.1.1), isto é, $M5PT = 75$, com 25 ha da atividade (b.1.1), isto é, ... $M14PT = 25$. A renda anual mínima de cada situação estudada é dada na Tabela 9, a seguir.

Uma vez definidos a função objetivo, a matriz de coeficientes das atividades e o vetor de constantes do lado direito para cada uma das seis situações possíveis, os problemas foram resolvidos através do programa MPS/TEMPO da Burroughs. Na secção seguinte reportam-se os resultados obtidos.

TABELA 9 - Renda Anual Mínima de Seis Situações Representativas de Propriedades Rurais na Região de Estudo (em Cr\$, a preços de dezembro de 1982)

Ano	Renda Anual Mínima					
	Situação 1	Situação 2	Situação 3	Situação 4	Situação 5	Situação 6
1	1.084.800	268.100	-548.600	-696.200	-1.308.800	-1.978.200
2	838.100	989.000	-640.300	-843.700	-1.400.900	-1.958.100
3	534.000	-103.800	-741.600	-1.089.700	-1.564.900	-2.040.100
4	364.400	-216.900	-798.100	-1.234.600	-1.661.500	-2.088.400
5	168.500	-347.500	-863.400	-1.430.100	-1.791.800	-2.153.500
6	-175.600	-576.900	-978.100	-1.625.600	-1.922.200	-2.218.700
7	-402.700	-728.300	-1.053.800	-1.828.100	-2.057.200	-2.286.200
8	-665.400	-903.500	-1.141.400	-2.025.500	-2.188.800	-2.352.000
9	-1.166.200	-1.237.300	-1.308.300	-2.384.500	-2.428.100	-2.471.700
10	-1.368.800	-1.372.400	-1.365.300	-2.529.200	-2.524.600	-2.519.900

FONTE: Dados da pesquisa.

3.3-Resultados

A resolução dos problemas de programação linear discutidos nas secções anteriores deste capítulo é apresentada nas tabelas 10 e 11. Verifica-se, de imediato, que o plano tradicional não comparece em qualquer das situações estudadas. Isto permite concluir que toda área explorada é recuperada no horizonte de dez anos. Os resultados mostram ainda que, em geral, as atividades de correção química do solo menos erodido recebe prioridade cronológica sobre a recuperação do solo mais erodido através da adubação verde trienal. Esta observação se explica pela necessidade de geração imediata de excedentes de renda através da adubação das áreas mais conservadas da propriedade para financiar a recuperação das áreas menos conservadas, posto que nestas a adubação verde impede a obtenção de receitas por três anos e meio (três anos de adubação verde mais o período até a colheita e comercialização da safra) enquanto que as condições do PROINVEST permitem apenas dois anos de carência.

Na tabela 12 são apresentados os excedentes sobre a renda mínima anual para cada situação estudada. Nota-se que para as situações de baixa fertilidade inicial estes excedentes começam a se verificar a partir do 5º ano, enquanto que para as situações de fertilidade inicial média os excedentes só se consolidam a partir do 8º ano. Isto se explica porque a renda mínima anual é aquela dada pelo plano tradicional, sendo mais baixa em condições de baixa fertilidade química. De qualquer modo a consolidação do processo de transição, na medida em que o aparecimento de excedentes sobre a renda mínima representa uma diminuição de riscos, deve tomar um prazo mínimo de cinco a oito anos. Qualquer modificação induzida no sentido de recuperar a plena produtividade potencial do solo deve ter este dado presente.

Além dos pontos gerais acima comentados, parece difícil obter, a partir das tabelas 10, 11 e 12, normas mais específicas para conduzir o processo de recuperação do solo a ní-

vel de propriedade agrícola. Aqui, na prática, deverá existir uma ação de crédito rural orientado por técnicos de extensão treinados para tanto. Evidentemente tal ação deve cercar-se dos cuidados necessários para minimizar efeitos indesejáveis sobre a estrutura fundiária: a recuperação físico-química do solo tenderá a gerar rendas diferenciais entre as propriedades agrícolas adotantes da nova tecnologia e aquelas retardatárias. No meio rural estes diferenciais de renda, uma vez viabilizados por crédito discriminatório, tendem a se consolidar em investimentos na expansão horizontal das propriedades grandes e médias em detrimento das pequenas.

Um aspecto importante a levar em conta nesta análise é a hipótese adotada de preços reais constantes, aí incluindo-se a equivalência entre as variações da ORTN (adotada pelo PROINVEST) e as variações dos preços dos insumos e produtos agrícolas. Tal hipótese, todavia, é relativamente frágil. Por outro lado o investimento na recuperação físico-química do solo requer condições de financiamento a médio prazo com um índice de correção monetária que não aumente os riscos do produtor (desde que se pretenda efetivamente estimular tais investimentos).

TABELA 10 - Resultados do Problema de Implementação do Plano Ótimo de Longo Prazo em Condições Iniciais de Fertilidade Química Média: Atividades na Solução (em ha)

Situação ¹	Atividades na Solução ²													
	M5PT	M5CQ1	M5CQ2	M5CQ3	M5CQ4	M14PT	M14T1	M14T2	M14T3	M14T4	M14T5	M14T6	M14T7	
1	0	41,1	0	31,0	2,9	0	6,9	0	0	0	18,1	0	0	
2	0	7,0	4,3	38,7	0	0	16,2	6,0	0	0,5	27,3	0	0	
3	0	10,6	0	14,4	0	0	8,2	0	7,8	6,1	29,8	17,3	5,8	

FONTE: Dados da pesquisa

(1) Para descrição das situações vide Tabela 8

(2) Para descrição das atividades vide secção 2

TABELA 11 - Resultados do Problema de Implementação do Plano Ótimo de Longo Prazo em Condições Iniciais de Fertilidade Química Média: Atividades na Solução (em ha)

Situação ¹	Atividades na Solução ²													
	B5PT	B5CQ1	B6CQ2	B5CQ3	B5CQ4	B14PT	B14T1	B14T2	B14T3	B14T4	B14T5	B14T6	B14T7	
4	0	75,0	0	0	0	0	25,0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	50,0	0	0	0	0	23,4	23,6	3,0	0	0	0	0	0
6	0	25,0	0	0	0	0	38,0	9,0	28,0	0	0	0	0	0

FONTE: Dados da pesquisa

(1) Para descrição das situações, vide Tabela 6

(2) Para descrição das atividades, vide Tabela 2.

TABELA 12 - Resultados do Problema de Implementação do Plano Ótimo de Longo Prazo: Excedentes sobre a Renda Mínima (em Cr\$ 1000, a preços de dezembro de 1982)

Situação	Excedentes sobre a Renda Mínima Anual									
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
1	363,3	171,7	0	0	0	0	0	1.630,4	2.976,4	8.251,5
2	137,2	0	0	0	0	0	0	815,9	1.872,6	6.268,9
3	164,9	0	0	0	0	0	0	1.579,8	2.843,1	8.168,1
4	1.638,8	1.109,3	158,7	456,9	951,0	2.935,8	4.361,0	5.215,0	5.847,3	12.509,2
5	1.178,2	1.020,0	0	0	681,6	2.420,6	4.133,6	5.175,2	5.848,4	12.505,9
6	922,0	413,9	0	0	235,7	2.167,9	3.542,1	4.944,3	5.747,3	12.309,0

FONTE: Dados da pesquisa.

IV - AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO A NÍVEL REGIONAL

4.1- Modelo Analítico

As técnicas de produção predominantes nos principais cultivos do Estado tem sido, tradicionalmente, aquelas voltadas para um uso intenso do solo sem a necessária preocupação com a conservação do mesmo. Este sistema de produção tem causado, com o passar dos anos, sérios danos ao solo (erosão e compactação), principalmente nas regiões onde a intensificação do uso da mecanização favoreceu o desenvolvimento de cultivos comerciais de inverno e verão. Como consequência, em muitos casos, a capacidade produtiva destas regiões tem sido sensivelmente afetada. Em contrapartida, existem já em disponibilidade, técnicas de produção alternativas que poderiam superar ou, ao menos, minorar este problema, porém, sua utilização pelos agricultores ainda é incipiente. Estas colocações caracterizam duas situações distintas e, aparentemente, até contraditórias. Uma, que se define pelo uso de técnicas de produção que reduz a potencialidade de um recurso agrícola essencial. A outra, onde o efeito é exatamente o contrário, mas que são preteridas pelas unidades de decisão. Embora sem entrar nos motivos desta situação, parece ser importante questionar quais seriam os efeitos, a nível regional, se o sistema atual de produção ou outro alternativo fosse o adotado. Para investigar alguns destes efeitos, desenvolveu-se três cenários, cada qual representando diferentes processos de produção. A definição destes cenários bem como os resultados das projeções feitas para o período 83/92 são apresentadas abaixo.

4.2 - Componentes Empíricos

Como foi visto anteriormente, a capacidade produtiva do solo depende do nível de fertilidade e grau de degradação do mesmo. Para se avaliar a capacidade de produção da região estudada deve-se inicialmente se conhecer o estado do

solo em relação a estas variáveis. Utilizando-se informações contidas em (TEDESCO, M.T. et alii (1984)), referentes a 41.226 análises de solo, concluiu-se que, em termos de fertilidade, o solo da região pode ser assim distribuído: 23% com fertilidade alta; 47% com média fertilidade; e 30% com fertilidade baixa.

Paralelamente estimou-se o grau de degradação física do solo utilizando-se a matriz de possibilidade de transições (descrita na parte II) e uma série histórica do índice de erodibilidade (EI) observado para a região estudada. Estabeleceu-se estimativas de transições que possivelmente vem ocorrendo no estado físico do solo para dois tipos de intensidade de uso do mesmo: a) solo cultivado no inverno e verão e b) solo cultivado somente no verão. Estas estimativas compreendem o período de 1969 a 1982 e são apresentadas na tabela 13.

A área de solo correspondente a cada estado foi estimada a partir da série histórica dos cultivos comerciais da região: soja e milho como cultivos de verão e trigo como cultivo de inverno. Admitiu-se que toda a área cultivada com estas culturas em 1969, bem como qualquer incremento de área após esta data estivesse na classe inicial de degradação física e que, após isto, as transições se dariam conforme a tabela 13. Pressupôs-se, também, que toda a área com trigo fosse em sucessão com os cultivos de verão e que as técnicas de produção utilizadas para todos os cultivos fossem as convencionais.

Assim procedendo, estimou-se que o total de área cultivada na região em 1980 com milho, soja e trigo deveria estar em 1982 distribuída em classes de degradação física conforme abaixo.

TABELA 13 - Estimativa da matriz de transição de classes de degradação do solo segundo o início e intensidade de cultivo, por período e intensidade de uso, 1969 a 1982.

ANOS	Classe provável de degradação do solo segundo o início e intensidade de cultivo											
	1969		1971		1973		1975		1977		1979	
	Cultivo simples	Cultivo duplo	Cultivo simples	Cultivo duplo	Cultivo simples	Cultivo duplo	Cultivo simples	Cultivo duplo	Cultivo simples	Cultivo duplo	Cultivo simples	Cultivo duplo
1969	1	1										
1970	1	1										
1971	1	2	1	1								
1972	1	2	1	1								
1973	1	4	1	3	1	1						
1974	1	5	1	4	1	1						
1975	1	6	1	4	1	1						
1976	1	7	1	5	1	2	1	1				
1977	2	8	2	7	2	4	2	3	1	1		
1978	2	9	2	8	2	5	2	4	2	2		
1979	3	10	3	9	3	6	3	5	2	3	1	1
1980	3	10	3	9	3	6	3	5	3	3	1	1
1981	4	12	4	11	4	7	4	6	3	4	2	2
1982	5	14	5	13	5	8	5	7	4	5	3	3

FONTE: Dados da Pesquisa

OBS.: Cultivo simples = solo cultivado somente no verão;

Cultivo duplo = solo cultivado com culturas de inverno e verão.

Classe de Degradação	Área Cultivada (em mil hectares)
3	285,7
4	167,9
5	2.310,0
13	452,9
14	747,1
Total	<u>3.963,6</u>

Nota-se que a distribuição acima se aproxima muito das estimativas de degradação do solo feitas por Mieiniczuk, J. (1983) para os latossolos e terras roxas da região sul do país.

Com base nesta distribuição e tendo em vista a concentração da degradação do solo em poucas classes, concluiu-se que 70% da área considerada poderia ser enquadrada na classe 5 de degradação física e o restante 30% na classe 14. Tendo em vista que para fim de análise foram considerados 3,9 milhões de hectares, aplicando este rateio se teria que 2,73 milhões dos mesmos poderiam ser considerados como pertencendo a um nível moderado de degradação física; enquanto que 1,17 milhões estariam numa faixa de degradação elevada.

As áreas médias calculadas para a região no período 69/80 a partir de dados apresentados no Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul para milho, soja e trigo foram 976 mil ha, 2.003 mil ha e 1.198 mil ha, respectivamente. Isto representa a grosso modo uma proporção 1:2:1 para o milho, soja e trigo. Esta proporção foi mantida no estudo.

Em resumo, considerou-se como situação base em 1982 3,9 milhões de ha. assim distribuídos: 1,3 milhões ha com milho, 2,6 milhões de ha com soja e 1,3 milhões de ha com trigo. Deste total, estimou-se que 70% estariam na classe 5 de degradação física (potencial produtivo de 90%) e 30% na classe 14 (com potencial de produção de 67,5%). Além disso, considerou-se que dentro de cada uma destas classes de de -

gradação física, os solos se distribuem, em termos de fertilidade, do seguinte modo: 23% com fertilidade alta, 47% com fertilidade média e 30% com baixa fertilidade. A partir desta situação base, foram elaborados três cenários, cada qual representativo de um processo de produção para os produtos acima enumerados. As características de cada um destes cenários são apresentadas abaixo.

a) Cenário A

Este cenário procura projetar para os próximos anos a tendência atual do sistema de produção empregado na região. Assim, pressupos-se que os produtores utilizem as técnicas de produção tradicionais (Capítulo III); que mantenham a mesma proporção atual entre os cultivos; e que o nível inicial de fertilidade do solo é mantido por adubação química. Admite-se, entretanto, que a degradação física do solo avança de um estado em cada ano de cultivo até atingir o máximo de degradação equivalente ao potencial produtivo da classe 15.

b) Cenário B

Nesta situação mantém-se as premissas do cenário anterior, com exceção daquelas referentes à distribuição do solo nos diversos níveis de fertilidade e das técnicas de cultivo. Supos-se, agora, que todo o solo com baixa e média fertilidade - cerca de 77% do solo cultivado na região - seja recuperado para um nível de fertilidade alta, utilizando-se para tanto adubação química corretiva. Além disso, pressupos-se também que as técnicas de cultivo empregadas pelos produtores mantenham a fertilidade do solo em níveis altos, através do uso de uma adubação de manutenção adequada. A degradação física avança uma classe por ano pela ausência de adubação verde.

c) Cenário C

Este cenário consiste na implementação da estratégia ótima determinada na consecução do primeiro objetivo. Neste

caso, parte-se da premissa de que os produtores não só recuperem a fertilidade química do solo, mas também, que adotem o sistema de cultivo do plano ótimo que permite a recuperação física do mesmo. A estratégia ótima implementada se refere às condições de fertilidade e degradação do solo antes referidas.

Note-se que os cenários acima são bastante limitados se tomados como representativos do que está ocorrendo atualmente na região ou do que possa ocorrer no futuro. Embora o cenário A represente uma situação atual, isto não significa que esta seja típica na região. Sabe-se que várias outras técnicas de produção, além da utilizada em A, são empregadas pelos produtores da região. Por outro lado, pouco se conhece quanto a real situação do solo, seja em relação a sua fertilidade ou ao nível de degradação física. Assim, somente estes dois fatores por si impõem limitações de representatividade ao cenário A. Os outros dois cenários, B e C, são hipotéticos no sentido de que representam tecnologias que não estão sendo empregadas atualmente (ao menos em níveis significativos) embora sejam pelo menos, tecnicamente viáveis. Também admitiu-se que escolhido um conjunto de técnicas de produção (cenário) este seria imediatamente adotado por todas as unidades econômicas da região. Sabe-se que isto nem sempre ocorre, pois o processo de adoção de novas tecnologias é gradual e lento, sujeito a diversos condicionantes que muitas vezes estão fora do controle da unidade de decisão. Recursos financeiros limitados - como foi verificado no capítulo anterior - pode ser um destes fatores limitantes. Desta forma, os resultados a seguir descritos devem ser tomados como indicações da potencialidade da região sob as limitações de cada um dos cenários adotados.

4.3 - Resultados

As projeções feitas para o período 82/91 são apresentadas a seguir.

4.3.1 - Estimativa de perda de solo e custo

A perda de solo na região devido a erosão, foi estimada partindo-se das projeções feitas para a degradação do solo conforme explicado anteriormente. Com base nestas projeções, calculou-se a tonelagem de perda de solo multiplicando a área estimada em cada estado de degradação pelo respectivo valor esperado de perda de solo conforme tabela 2. Este processo foi repetido para cada ano e para cada cenário. Substituindo estes resultados na função de custo de perda de solo referida no capítulo II, obteve-se também uma estimativa do custo de perdas de nutrientes. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 14.

TABELA 14 - Estimativa média anual de perda de solo e custo no período 1983/92 sob diferentes cenários.

SITUAÇÃO	Cenários A e B	Cenário C
Perda média anual de solo para a região (ton)	84.207.144	51.777.636
Perda média de solo por ha. cultivado/ano	21,59	13,28
Custo estimado de perda de nutrientes por ha. cultivado (Cr\$/ano; dez. 1982)	8.308,63	5.485,60

FONTE: Dados da Pesquisa.

Tanto para o cenário A como para o B a perda média anual de solo e o respectivo custo são iguais. Isto ocorre porque as técnicas de produção destes dois cenários não visam a conservação física do solo, permitindo que sua degradação seja mais elevada à medida em que for sendo utilizado. A perda média de solo por ha. para estas duas situações é ... 21,59 ton/ha/ano, aproximadamente, o que pode ser considerado como sendo média. Entretanto, este nível de erosão po-

deria ser reduzido em cerca de 61% se a estratégia ótima de cultivo representada pelo cenário C - fosse implementada na região. Por outro lado, a perda de cerca de 21,59 ton/ha/ano de solo representa um custo, em termos de perdas de nutrientes, da ordem de Cr\$ 8.308,62 aos preços de dezembro de 1982. Com este valor, na mesma época, se podia comprar 53,05kg de nitrogênio; ou 38,8 kg de fósforo; ou 89,2 kg de potássio ou, ainda, 1,46 ton de calcário. Nota-se, pois, que apesar da perda de solo se situar numa faixa considerada média, ela é significativa quando seu custo é expresso em termos de equivalente adubo. Além disso, este valor da perda é parcial pois computou-se apenas o custo direto e não se levou em consideração o custo das externalidades (assoreamento de barragens; aumento de materiais em suspensão em águas que são utilizadas para abastecimento urbano e industrial; efeitos sobre a pesca e etc...).

4.3.2 - Estimativas de Consumo de Fertilizantes

As estimativas anuais e globais de consumo de fertilizantes para cada um dos cenários e para o período 83/92 são apresentadas na tabela 16, enquanto que o consumo médio por hectare é mostrado na tabela 15.

A situação que demandaria um consumo menor de fertilizantes seria a representada pelo cenário A que é uma aproximação do atual processo de produção empregado na região. Entretanto, se a meta estabelecida fosse de recuperar para um nível alto de fertilidade os 3,9 milhões de ha. cultivados e, além disso, se este nível fosse mantido mediante o uso de uma adubação de manutenção adequada (cenário B), seria necessário um acréscimo ponderável no consumo de fertilizantes. Comparando com a situação atual (cenário A), seria necessário aumentar o uso de nitrogênio em cerca de 48,6%; o fósforo de 63,4%; o potássio de 57,5%; e 87,6% a mais de calcário. Em contrapartida, para melhorar não só o nível de fertilidade mas o próprio estado físico do solo (cenário C), o

volume necessário de fertilizantes seria menor do que o da situação do cenário B, mas superior ao da situação atual (cenário A), exceto em relação ao nitrogênio cuja quantidade seria menor. Esta queda na necessidade de nitrogênio é resultante da incorporação ao solo deste elemento através da adubação verde prevista no plano ótimo em 2/3 da área no período de inverno.

TABELA 15 - Estimativa média de utilização de fertilizantes (em kg por hectare/ano), para diferentes cenários no período 1983/92.

NUTRIENTES	CENÁRIO A	CENÁRIO B	CENÁRIO C
Nitrogênio	36,8	54,7	8,1
Fósforo	78,4	128,1	117,6
Potássio	71,9	113,3	103,6
Calcário	892,8	1.675,6	1.110,8

FONTE: Dados da Pesquisa

4.3.3 - Projeção de Produção

A projeção da produção média anual para o período 83/92 para os produtos milho, soja e trigo é mostrada na tabela 17. Nas tabelas 18, 19 e 20 são mostradas as estimativas ano a ano e individualmente para cada um destes produtos. As informações contidas nestas tabelas devem ser tomadas como sendo uma previsão otimista, considerando o potencial de produção de cada um dos processos produtivos sob condições climáticas favoráveis. Isto porém não invalida as inferências que estes resultados podem oferecer, visto que o importante são as diferenças relativas entre a produção de cada um dos sistemas e não tanto os valores absolutos. Por outro lado, também é verdade que estes resultados absolutos não são metas impossíveis de serem alcançadas, pois diversos produtores da região estudada já obtiveram produtivida-

TABELA 16 - Estimativa Anual de Consumo de Fertilizantes, em mil toneladas, sob diferentes Cenários, para o período 1983/92.

ANOS	Cenário A					Cenário B					Cenário C					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
1983	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	671,8	478,9	12.207,0	81,9	570,4	385,3	10.803,0	45,5	236,6	218,4	2.457,0
1984	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	45,5	236,6	218,4	2.457,0	45,5	236,6	218,4	2.457,0
1985	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	45,5	236,6	218,4	2.457,0	45,5	236,6	218,4	2.457,0
1986	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
1987	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
1988	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
1989	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
1990	102,6	227,5	208,5	2.483,9	152,7	338,0	312,0	3.861,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
1991	122,8	227,5	208,5	3.010,8	182,0	338,0	312,0	4.680,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
1992	122,8	227,5	208,5	3.010,8	182,0	338,0	312,0	4.680,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0	8,7	338,0	312,0	2.340,0
TOTAL	1.066,4	2.275,0	2.085,0	25.892,8	1.585,6	3.713,8	3.286,9	48.594,0	233,8	3.409,6	3.006,1	32.214,0	233,8	3.409,6	3.006,1	32.214,0

FONTE: Dados da Pesquisa.

des iguais e até mesmo superiores àquelas aqui estimadas, empregando praticamente as mesmas técnicas de produção que foram utilizadas na elaboração dos cenários.

Tomando-se o cenário A como base, pode-se observar que a produção de milho e soja poderia ser aumentada em torno de 27% apenas corrigido o solo para fertilidade alta e mantendo-o nesta situação através de técnicas de cultivo adequadas. Todavia, o ganho seria ainda maior, cerca de 50%, se, além da correção química do solo, o mesmo fosse também recuperado de sua degradação física. Resultados mais significativos são constatados para o trigo. O potencial de produção da região com este cereal poderia aumentar em cerca de 40% através do emprego do sistema de produção do Cenário B e em 68% se o plano ótimo fosse implementado. Estes resultados per se só ressaltam a importância do cultivo adequado do solo, pois os ganhos de produtividade que poderiam ser obtidos seriam suficientes para, praticamente, dobrar o potencial produtivo da região.

4.3.4 - Estimativas do valor presente de receitas e custos

Na tentativa de avaliar a viabilidade econômica de cada um dos sistemas de produção representados pelos cenários desenvolveu-se uma análise comparativa do valor presente das receitas e dos custos. As receitas, para cada ano do período 83/92, foram calculadas com base na produção anual estimada e os preços do milho, soja e trigo já utilizados anteriormente quando do cálculo dos retornos das atividades agrícolas. Concomitantemente também foram calculados os custos anuais dos processos produtivos, tomando-se por base os cálculos já feitos anteriormente para atender o primeiro objetivo do trabalho. Estes valores de receitas e custos foram descontados para um valor presente (início de 1983) através de uma taxa anual de 6%. Os valores assim calculados podem ser encontrados na tabela 22 enquanto na tabela 21 são apresentados os resultados da análise benefício/custo.

TABELA 17 - Estimativa de produção média de alguns produtos agrícolas, em ton. por hectare e por ano, para o período 1983/92 e sob diferentes cenários.

PRODUTOS CENÁRIOS	MILHO		SOJA		TRIGO	
	média anual	média por hectare	média anual	média por hectare	média anual	média por hectare
Cenário A	3.663.757	2,82	4.885.020	1,87	1.227.339	0,94
Cenário B	4.661.280	3,58	6.215.040	2,39	1.723.500	1,32
Cenário C	5.506.800	4,24	7.342.400	2,82	2.072.161	1,59

FONTE: Dados da Pesquisa

TABELA 18 - Potencial Regional de Produção de Minas, para o período 1983/1992.

Situação	Cenário A
Anos	
1983	4.083.075
1984	3.960.489
1985	3.874.676
1986	3.788.863
1987	3.702.959
1988	3.617.146
1989	3.531.333
1990	3.445.520
1991	3.359.707
1992	3.273.803
T O T A L	36.637.571

FONTE: Dados da Pesquisa

Iho sob diferentes Cenários: estimativas, em tonela-

Cenário B	Cenário C
5.194.800	3.888.000
5.038.800	3.996.000
4.820.400	4.104.000
4.820.400	6.108.000
4.711.200	6.162.000
4.602.000	6.162.000
4.492.800	6.162.000
4.383.600	6.162.000
4.274.400	6.162.000
4.165.200	6.162.000
46.612.800	55.068.000

TABELA 19 - Potencial Regional de Produção de Soja sob diferentes Cenários: estimativas, em toneladas, para o período de 1983/1992.

Anos	Situação		
	Cenário A	Cenário B	Cenário C
1983	5.444.218	6.926.400	5.184.000
1984	5.280.678	6.718.400	5.328.000
1985	5.166.200	6.572.800	5.472.000
1986	5.051.722	6.427.200	8.144.000
1987	4.937.244	6.281.600	8.216.000
1988	4.822.948	6.136.000	8.216.000
1989	4.708.470	5.990.400	8.216.000
1990	4.593.992	5.844.800	8.216.000
1991	4.479.514	5.699.200	8.216.000
1992	4.365.218	5.553.600	8.216.000
T O T A L	48.850.204	62.150.400	73.424.000

FONTE: Dados da pesquisa

TABELA 20 - Potencial Regional de Produção de Trilhas para o período de 1983/1992.

ANOS	SITUAÇÃO	CENÁRIO A
1983		1.414.800
1984		1.363.710
1985		1.359.780
1986		1.355.850
1987		1.351.920
1988		1.347.990
1989		1.344.060
1990		1.340.130
1991		1.336.200
1992		1.332.270
TOTAL		12.273.390

FONTE: Dados da Pesquisa

igo sob diferentes Cenários: estimativas em tone-

CENÁRIO B	CENÁRIO C
1.800.000	1.474.200
1.735.000	1.515.150
1.730.000	1.557.010
1.725.000	2.310.750
1.720.000	2.310.750
1.715.000	2.310.750
1.710.000	2.310.750
1.705.000	2.310.750
1.700.000	2.310.750
1.695.000	2.310.750
17.235.000	20.721.610

Na medida em que estes valores de receita e custo são representativos dos reais custos e benefícios de cada um dos cenários, pode-se deduzir que todos os processos neles representados, em relação ao período considerado, são economicamente viáveis, ao menos para a taxa de juros utilizada, pois a razão benefício/custo é igual ou maior do que a unidade. Embora esta conclusão seja válida para o global, é de se destacar que tanto o Cenário A como o B tem, com o passar dos anos, uma tendência clara de se tornarem anti-econômicos. Isto decorre, basicamente, pela degradação física do solo, pois à medida que esta aumenta, os custos provocados pela erosão aumentam, por um lado e por outro, a produtividade das culturas diminui, fazendo com que a receita caia. É a combinação destes dois efeitos que faz com que os processos de produção representados nestes dois cenários sejam deficietários com o passar dos anos.

TABELA 21 - Razão estimada entre benefício e custos no período 83/92 para diferentes cenários.

ANOS	CENÁRIO A	CENÁRIO B	CENÁRIO C
1983	1,12	0,89	0,65
1984	1,08	1,21	1,23
1985	1,06	1,18	1,27
1986	1,04	1,16	1,39
1987	1,01	1,13	1,40
1988	0,99	1,11	1,40
1989	0,97	1,08	1,40
1990	0,95	1,06	1,40
1991	0,91	1,01	1,40
1992	0,88	0,97	1,40
MEDIA	1,01	1,07	1,24

FONTE: Dados da Pesquisa.

TABELA 22 - Estimativa do Valor Presente de Receitas
tes Cenários, no período 1983/92.

ANOS	Valor Presente das Receitas		
	Cenário A	Cenário B	Cenário C
1983	367,1	467,0	354,6
1984	335,6	427,0	343,8
1985	310,6	395,2	334,6
1986	287,4	365,7	467,6
1987	265,9	338,3	443,2
1988	245,8	312,8	418,2
1989	227,2	289,1	394,5
1990	209,9	267,0	372,2
1991	193,8	246,6	351,1
1992	178,9	227,6	331,1
TOTAL	2.622,2	3.336,3	3.810,9

FONTE: Dados da Pesquisa

s e Custos, em bilhões de cruzeiros, para diferen-

Valor Presente dos Custos

Cenário A	Cenário B	Cenário C
327,6	525,8	542,4
309,9	352,9	278,8
292,9	333,4	262,4
276,9	315,2	334,7
262,1	298,2	315,7
247,8	281,8	297,9
234,3	266,4	281,0
221,7	252,0	265,1
213,5	243,9	250,1
202,1	230,8	235,9
2.588,8	3.101,4	3.060,0

Nota-se também que a economicidade do processo produtivo representado pelo cenário C se destaca em relação aos demais. Isto vem a comprovar que as práticas conservacionistas são economicamente viáveis e que sua adoção poderia gerar um importante adicional de renda para os agricultores.

V - RESUMO E CONCLUSÕES

5.1 - Resumo

Embora num horizonte amplo o solo agrícola seja considerado um recurso natural renovável, sua fertilidade - e conseqüentemente a capacidade produtiva do mesmo - poderá ser afetada com seu uso. Como o fluxo produtivo deste recurso está intimamente relacionado com a fertilidade do mesmo, ele pode então ser enquadrado naquela classe de recursos que embora sejam renováveis, são de uso dependente, isto é: seu estoque pode ser alterado pelo uso. Assim sendo, a fertilidade do solo agrícola pode ser melhorada - ao menos até certos limites - no decorrer do próprio processo produtivo pelo emprego de técnicas de produção que assim o permitam. Entretanto, também existe a possibilidade da fertilidade do solo ser gradativamente exaurida pela utilização de técnicas produtivas não conservacionistas. Enquanto que no primeiro caso o estoque do recurso, além de ser renovado seria também indiretamente ampliado pois seu fluxo produtivo potencial aumentaria no segundo o processo seria exatamente inverso e dependendo de sua extensão pode chegar a ser até irreversível. Desta forma fica assim caracterizada a dependência do potencial produtivo do solo ao emprego de processos produtivos adequados.

Dentro deste contexto o presente trabalho procurou determinar e avaliar planos alternativos de produção visando primordialmente a obtenção de uma estratégia economicamente ótima de uso do solo agrícola. Paralelamente também foi averiguada a possibilidade de adoção deste plano ótimo pelos produtores sob diversos condicionantes físico-econômicos, operacionalizados mediante tipificações situacionais de propriedades agrícolas; além de serem verificadas também as implicações do plano a nível regional.

Os resultados da análise mostraram que a estratégia ótima de uso do solo, observado o horizonte de médio e longo prazo, seria o cultivo do mesmo com milho e soja no verão em

toda sua extensão, enquanto que no inverno 1/3 estaria com trigo e o restante com adubação verde. Além disso, o plano mostrou que estes cultivos seriam viáveis quando concentrados em classes de solos com baixa degradação física e de alta fertilidade. Isto significa que quando o solo não atender a estas especificações é economicamente viável que o mesmo seja recuperado. O processo de recuperação do solo agrícola, proposto no trabalho consiste no seu cultivo com culturas não comerciais (adubação verde) por um período de três anos; construção de terraços de base larga para evitar e/ou reduzir a erosão, além de ser realizada sua recuperação química via adubação corretiva. Além disso, a decisão ótima de cultivar o solo no inverno com trigo a cada três anos, entremeada com dois cultivos de adubação verde, reforça a constatação de que a medida em que se amplia o horizonte de maximização de lucros, mais evidente se torna a necessidade de serem adotados processos produtivos conservacionistas.

Por outro lado, a adoção integral da estratégia ótima para a região estudada induziria um aumento sensível em seu potencial produtivo. Estimou-se que, em média, a produtividade do trigo poderia passar de 940 kg por ha. do sistema atual para 1.590 kg/ha. no sistema sugerido pela estratégia ótima, representando um ganho potencial de produção da ordem de 68%. O soja poderia passar das 1,87 ton/ha do processo atual para 2,82 ton/ha sob a técnica conservacionista, aumentando em cerca de 50% a sua produtividade. Resultados similares também foram observados para a cultura do milho, passando a produção de 2,82 ton/ha para 4,24 ton/ha. Em síntese, a oferta da região com estes grãos poderia ser aumentada em cerca de 50% - média anual de 10 anos - se todos os produtores da mesma que os produzissem adotassem as técnicas de cultivo sugeridas pelo plano ótimo de uso do solo. Para atingir a esta meta, entretanto, seria necessário aumentar o emprego de potássio por ha. cultivado em 44,8%; o fósforo em 50% e calcário em 24%. Em contrapartida, a necessidade de nitrogênio -

devido a adubação verde - poderia ser reduzida para 1/4 da prevista para o sistema de produção atual.

Significante também seria a diferença dos efeitos de erosão de cada um dos sistemas alternativos de produção. Enquanto o volume de perda de terra por ha/ano na estratégia ótima é estimado em torno de 13,28 tons.; no sistema de cultivo atual esta perda seria de 21,59 tons. Assim, as externalidades poderiam ser reduzidas quase pela metade simplesmente pelo uso adequado do solo.

A análise econômica comparativa entre o sistema de produção atual e o do plano ótimo revelou que, em média, este último poderia gerar uma receita 24% acima do seu custo, enquanto que o primeiro de apenas 1%. Estes resultados seriam ainda mais expressivos se fossem imputados aos mesmos os custos sociais das externalidades causadas pela erosão.

Na análise individual de empresas típicas também foi constatado que a implementação do plano ótimo é viável, mesmo para situações de solos com baixa fertilidade e alta degradação física. Tal implementação requer um horizonte de planejamento inferior a 10 anos, com um período crítico de 5 a 8 anos no qual o nível de renda obtido se encontra no limite inferior de aceitação.

5.2 - Conclusões

Os resultados desta pesquisa, obtidos por técnicas de análise econômica normativa, sugerem que a busca do objetivo individual de maximização do valor presente de lucros a médio e longo prazo (10 anos ou mais) nas atividades de produção de grãos no sul do Brasil deveria induzir, "pari passu", o cumprimento de objetivos socialmente desejados: elevação da oferta agrícola regional via aumento da produtividade física e minimização da erosão do solo e das externalidades daí decorrentes. Todavia, os sistemas de produção mais empregados na região se caracterizam por gerar baixos rendimentos físi-

cos e altas taxas de erosão (Nolla (1982)). Esta discrepância entre o resultado normativo esperado e a realidade efetivamente observada pode ser devida a várias causas. Grande parte dos agricultores devem ter ou objetivos e/ou conhecimentos técnicos e/ou restrições algo diferente dos presumidos nos modelos de programação adotados na pesquisa. É provável, por exemplo, que arrendatários e parceiros planejem visando rendas máximas a prazos bem inferiores a dez anos. O mesmo pode acontecer com proprietários, embora isto seja pouco importante caso considerem o valor de venda da terra ao fim do período de planejamento e caso este valor de mercado da terra se diferencie de acordo com seu grau de conservação físico-químico. Um mercado imobiliário com tal característica presume que seus participantes tenham conhecimentos agronômicos ao nível dos utilizados nesta pesquisa. Uma indicação de que tal requisito informacional não é ainda observado na realidade é dada pela atual situação da fertilidade química dos solos sulinos. Esta, embora superior a de duas décadas atrás, é ainda muito baixa. Na medida em que se sabe - de longa data entre técnicos da região - que o investimento em adubação corretiva é altamente rentável, que a extensão rural tem dado grande ênfase a necessidade deste tipo de investimento e que apoio creditício para a aquisição de insumos modernos não tem faltado, pelo menos até há pouco tempo atrás, seria de se esperar que a ação racional dos agricultores, se suficientemente informados, determinasse um quadro da fertilidade química do solo bem superior ao de fato hoje existente. Portanto, a necessidade de uma firme política de apoio a expansão da produção e do emprego de adubos corretivos - notadamente fosfatos naturais e calcário - persiste de maneira insofismável.

A pesquisa realizada também permite concluir de modo semelhante em relação aos aspectos de recuperação e conservação das características físicas do solo. A degradação das características físicas está profundamente associada aos problemas de erosão que se verificam em níveis crescentes na agricultura sulina. A premente necessidade de uma política bem

definida de combate a erosão, apoiando particularmente a expansão da oferta de equipamentos e insumos para plantio direto ou cultivo mínimo (Kitamura et alii (1982)) e de sementes para adubação verde, bem como da expansão do seu emprego em conjunto com técnicas de terraceamento, é complementarmente justificada pelo fato de que os custos sociais da erosão dos solos tendem a ser ainda maiores do que os custos privados considerados nesta pesquisa (Mack (1978)). Também é útil lembrar que os resultados da pesquisa permitem concluir que o crédito necessário para o investimento na recuperação físico-química do solo pode dispensar subsídios, mas urge ampliar prazos totais e de carência do PROINVEST bem como incluir linhas para adubação verde e adotar um índice de correção monetária mais compatível com a vida econômica do agricultor do que a variação relativa das ORTN.

Por fim, cabe notar que os principais insumos requeridos para a recuperação físico-química dos solos sulinos - fosfatos naturais, calcário e sementes para adubação verde - podem ser obtidos no país. A ampliação de sua oferta e emprego para o aumento da produção de milho, trigo, soja e outros produtos agrícolas deve ter contribuição muito significativa tanto para a meta de geração de saldos positivos no balanço de pagamentos quanto para a meta de redução da taxa de inflação. Poucas opções de política econômica podem apresentar esta complementariedade tão importante para a atenuação da crise a que o Brasil foi conduzido pela sistemática ignorância das verdadeiras possibilidades de melhor aproveitamento dos seus recursos naturais.

VI - BIBLIOGRAFIA

- 1 - AGOSTINI, I. Alternativas de Inverno em Condições de Risco no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, IEPE/UFRGS, 1976, Tese (mestrado econ. rural). Não publicado.
- 2 - BAUMOL, W.J. & QUANDT, R.E. "Investment and Discount Rates Under Capital Rationing: A Programming Approach" - Economic Journal, vol. 75, 1965, p. 317/29.
- 3 - BELLMAN, R.E. & DREYFUS, S. Applied Dynamic Programming - Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1962, 363 p.
- 4 - BERNHARD, R.H. "Mathematical Programming Models for Capital Budgeting - A Survey, Generalization and Critique", Journal of Financial Quantitative Analysis, (4)2, 1969, p. 111/58.
- 5 - BURT, O. "Farm Level Economics of Soil Conservation in the Palouse Area of the Northwest", American Journal of Agricultural Economics, vol. 63, n. 1, Feb. 1981, p. 83/92.
- 6 - BURT, O. & CUMMINGS, R. "Production and Investment in Natural Resource Industries" - The American Economic Review, September, 1970.
- 7 - CASSOL, E.A. Perdas por Erosão em Precipitação Natural, Solos do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, IPRNR, 1983.
- 8 - CIRIACY-WANTRUP, S.V. Resource Conservation: Economics and Policies - Univ. of California Press, Berkeley, 1963.
- 9 - DALLA ROSA, A. Uma Tese Sobre o Solo: Práticas Mecânicas e Culturais na Recuperação de Características Físicas de Solos Degradados pelo Cultivo, Porto Alegre, Fac. de Agronomia/UFRGS, 1981, p.115, Tese (mestrado agron.-solos). Não publicada.

- 10 - DALLA ROSA, A. "Estudo Técnico da Cotrisa Mostra em Nú
meros Causas de Frustrações na Safra 81/82" - in: Con
trifatos - Jornal da Cotrisa, n. 44, Santo Angelo, ju
lho 1982.
- 11 - DIEHL, J.A. et alii. The Effect of Fallow Period on
Common Root Rot of Wheat in Rio Grande do Sul,
Phytopatology, (72):10, October 1982.
- 12 - DUMSDAY, R. "Evaluation of Soil Conservation Policies
by Systems Analysis"; in: DENT, J.B. & ANDERSON, J.
(eds.) Systems Analysis in Agricultural Management,
John Wiley & Sons, 1971.
- 13 - EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER
- RS. Preços Pagos e Recebidos Pelos Agricultores do
Rio Grande do Sul, Porto Alegre, div. vols. (mimeo)
- 14 - ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultu -
ra. Manual de Conservação do Solo. 2 ed. Porto Ale -
gre, 1983, 228 p.
- 15 - _____. Secretaria da Agricultura. Custo das Prá -
ticas Conservacionistas. Comissão Estadual de Conser
vação do Solo do Rio Grande do Sul. Porto Alegre,
1980 (mimeo)
- 16 - _____. Programa de Investimentos Integrados para
o Setor Agropecuário. Estudos Básicos, Porto Alegre,
1978. v.2.
- 17 - FECOTRIGO. Custo de Produção; lavouras em sucessão: tri
go - revisão safra 1982; soja - estimativa 1982/1983.
Porto Alegre, 1983.
- 18 - _____. Custo de produção; milho, estimativa safra
1982/83; lavoura mecanizada, lavoura tradicional. Por
to Alegre, 1982.

- 19 - GEORGESCU-ROEGEN, N. Energy and Economic Myths - Southern Economic Journal - January, 1975.
- 20 - HEADY, E. & VOCKE, G.F. Trade-Off between erosion control and production costs in U.S. agriculture - Journal of Soil and Water Conservation - September - October, 1978.
- 21 - HILLER, F.S. & LIEBERMAN, G.J. Introduction to Operations Research, Holden-Day Inc., San Francisco, 1967, p. 639.
- 22 - HOTELLING, H. The Economics of Exhaustible Resources - Journal of Political Economy - April, 1931.
- 23 - HOWARD, R.A. Dynamic Programming and Markov Processes - MIT Press - Cambridge, 1960.
- 24 - HOWE, C.W. Natural Resource Economics - Issues Analysis and Policy - John-Wiley & Sons, 1979.
- 25 - KASAL, J. Trade-Offs Between Farm Income and Selected Environmental Indicators: A Case Study of Soil Loss, Fertilizer and Land Use Constraints - Tech. Bull. n. 1550 - USDA-ERS, 1976.
- 26 - KITAMURA, P.C.; LANZER, E.A. e ADAMS, R.I. Avaliação Econômica de Sistemas Conservacionistas no Uso dos Solos Agrícolas: o caso do binômio trigo-soja no Rio Grande do Sul - Revista de Economia Rural - Jan./Março, 1982.
- 27 - LANZER, E.A. Fertilizer Recommendation from the Liebig-Mitscherlich Model: The Case of Wheat-Soybeans in Southern Brazil - Dept. of Agricultural Economics - University of California - Davis, 1978 (Unpublished Ph.D. Dissertation)
- 28 - _____ . Programação Linear: Conceitos e Aplicações. Rio de Janeiro, Séries PNPE n. 4, IPEA, 1982.

- 29 - LANZER, E.A. & PARIS, Q. A New Analytical Framework for the Fertilization Problem - American Journal of Agricultural Economics - February, 1981.
- 30 - LEE, L. K. "The Impact of Landownership Factors on Soil Conservation" - American Journal of Agricultural Economics - 62:5 - 1070-76, 1980.
- 31 - MACK, N. An economic analysis of the long run productivity impacts of soil erosion control - Dept. of Agric. Economics - University of Illinois at Urbana - Champaign, 1978 (Unpublished Ph.D. Dissertation).
- 32 - MATTUELLA, J.L. Análise do Consumo e Renda a Nível de Famílias Rurais - Campo Real - RS, Porto Alegre, IEPE/UFRGS, 1974. Tese (mestrado econ. rural).
- 33 - _____ . Economic Impact of Alcohol Production on Agriculture in Southern Brazil - Dept. of Agric. Economics - The Ohio State University, Columbus, 1980. (Unpublished Ph.D. Dissertation).
- 34 - McCONNEL, K.E. An Economic Model of Soil Conservation - American Journal of Agricultural Economics - 65(1): 83-89.
- 35 - MIELNICZUK, João. Crescem as Perdas de Solo na Região Sul. Jornal do Interior, Porto Alegre, ano IX, n.15, 19 de setembro de 1983.
- 36 - NADAL, Raul de. Análise Econômica da Recuperação e da Conservação das Condições Físicas e Químicas do Solo Santo Ângelo em Lavoura Mecanizada. Porto Alegre, IEPE/UFRGS, 1983. 121p. Tese (mestrado econ.rural).
- 37 - NOLA, Delvio. Erosão do Solo. Secretaria da Agricultura, Diretoria Geral, Divisão de Divulgação e Informação Rural, Porto Alegre, 1982. 412 p.

- 38 - OLSON, R.O. "Economic Evaluation of the Efforts of Conservation Farming" - Journal of Soil and Water Conservation - 10(3):132-9 - May 1955.
- 39 - PERIN, R.K. et alii. Formulaci3n de Recomendaciones a Partir de Datos Agron3micos - Um Manual Metodol3gico del Evaluaci3n Econ3mica. Folleto de Informaci3n n. 27, CIMMYT - Mexico, 1976.
- 40 - PIMENTEL, D. et alii. "Food Production and Energy Crisis", Science, November 1973, p. 443.
- 41 - ROUMASSET, J. Rice and Risk Making Among Low Income Farmers, North-Holland, Amsterdam. 1976.
- 42 - SMITH, V.L. Economics of Production from Natural Resources - The American Economic Review - June, 1968.
- 43 - SOLOW, R. The Economics of Resources or the Resources of Economics - American Journal Review - May, 1974.
- 44 - STOEVENER, H.H. & SHULSTAD, R. Externalities Relating to Environment and Natural Resources - in Heady e Whiting (eds) - Externalities in the Transformation of Agriculture: Distribution of Benefits and Costs from Development - Iowa Univ. Press, Ames, Iowa, 1975.
- 45 - SWANSON, E. & MAC CALLUM, D. Income Effects of Erosion Control - Journal of Soil and Water Conservation - March-April, 1969.
- 46 - TAKAYAMA, T. & JUDGE, F. Spatial and Temporal Price Allocation Models, North-Holland, Amsterdam, 1971.
- 47 - TAYLOR, C. & FORHBERG, K.K. (1977). The welfare effects of erosion control, banning pesticides and limiting fertilizer applications in the Corn Belt - American Journal of Agricultural Economics - February, 1977.

- 48 - TEDESCO, M.J. et alii. Avaliação da Fertilidade dos Solos do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1983. (mimeo)
- 49 - TOMASINI, R. et alii. Análise de 430 Lavouras de Trigo no Planalto Médio do Rio Grande do Sul, EMBRAPA-CNPT nº 6, Passo Fundo, 1983.
- 50 - VICTOR, P. Economics and the Challenge of Environmental Studies - in Daly, H. (ed.) - Economics, Ecology, Ethics - W.H. Fraeman Co. - 1980.
- 51 - WAGNER, H. Principles of Operations Research. With Applications to Managerial Decisions. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
- 52 - WALKER, D.J. A Damage Function to Evaluate Erosion Control Economics - American Journal of Agricultural Economics - (4)64, Nov. 1982, p. 690/97.
- 53 - WEINGARTNER, H.M. Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems - Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1963.

A N E X O I

ATIVIDADES, COEFICIENTES TÉCNICOS E CUSTOS, RETORNOS BRUTOS

1. - Atividades

Como foi mencionado anteriormente no capítulo II, foram consideradas no trabalho seis atividades básicas para dois níveis de fertilidade do solo e três situações de uso progressivo do solo. Considerou-se atividades para solo de alta e média fertilidade, combinadas com uso progressivo do solo com cultivo de trigo; cultivo no último ano; no penúltimo ano e antepenúltimo ano. Combinando estas situações tem-se um conjunto de 36 alternativas de uso do solo. Visto que o uso progressivo do solo somente afeta a produtividade dos cultivos, serão apresentadas a seguir somente as atividades que são diferenciadas em seus coeficientes técnicos devido ao nível de fertilidade do solo.

1.1. - Atividades básicas para solos com fertilidade alta

a) Trigo no inverno, soja e milho no verão com adubação de manutenção para fertilidade alta. Considerou-se 1 ha de trigo cultivado no inverno; 1/3 de ha com milho e 2/3 de ha com soja como cultivo de verão. Além da adubação normal, considerou-se nesta atividade uma adubação de manutenção destinada a deixar o solo num nível de fertilidade alta.

b) Trigo no inverno, soja e milho no verão. Manteve-se a mesma proporção de cultivo da atividade anterior, porém, não se considerou a adubação de manutenção. Neste caso, após os cultivos o solo cai para um nível de fertilidade médio.

c) Adubação verde no inverno, milho e soja no verão com adubação de manutenção para fertilidade alta. Pressupõe-se nesta atividade que no inverno seria cultivada aveia e ervilhaca para ser incorporada ao solo como adubação verde. No

verão, seriam cultivados milho e soja na proporção de 1/3 e 2/3 respectivamente. A técnica de cultivo utilizada prevê uma adubação adicional para manter o solo num nível de fertilidade alto.

d) Adubação verde no inverno, milho e soja no verão. Esta atividade é similar a de c, com exceção de que não é utilizada a adubação de manutenção, significando que após os cultivos, o solo é considerado de fertilidade média.

e) Recuperação trienal - Esta atividade prevê a recuperação químico-física do solo. A recuperação química, feita através do uso de corretivos e fertilizantes, coloca o solo num nível de fertilidade alta. Paralelamente, o solo é recuperado em seu estado físico mediante a feitura de terraços e com o cultivo por três anos com Siratro, Desmodia e Setaria. A recuperação física coloca o solo nas classes de baixa degradação.

1.2. - Atividades básicas para solos com fertilidade média

a) Trigo no inverno, soja e milho no verão com adubação de correção para fertilidade alta. Esta atividade comercial prevê 100% de cultivo de trigo no inverno; 67% soja e 33% milho no verão, porém, com uma adubação química tal que coloca o solo no nível de fertilidade alta.

b) Trigo no inverno, soja e milho no verão. Manteve-se a mesma proporção de cultivo da atividade anterior, porém, a adubação empregada é apenas suficiente para manter o solo no nível de fertilidade média.

c) Adubação verde de inverno, soja e trigo no verão. Nesta atividade prevê-se o cultivo de aveia e ervilhaca no inverno para fins de adubação verde bem como, a recuperação do solo para fertilidade alta. No verão, são desenvolvidas culturas de soja e milho na proporção de 2/3 e 1/3, respectivamente.

d) Adubação verde de inverno, soja e trigo no verão. Es

ta atividade e similar da de (c), com excessão de que a adubação utilizada apenas mantém o solo no nível de fertilidade média.

e) Recuperação trienal - Esta atividade é a mesma daquela descrita anteriormente para fertilidade alta do solo, porém, com a diferença de que nesta é usado um volume maior de corretivos e fertilizantes.

2. - Custos e Retornos Brutos

2.1. - Coeficientes Técnicos

Os coeficientes técnicos das culturas de trigo, soja e milho foram obtidos basicamente nas publicações da FECOTRIGO sobre custos de produção e de publicações da Secretaria da Agricultura, principalmente aquelas referentes ao Plano Integrado de Investimentos. Os relativos às culturas de adubação verde foram obtidos principalmente junto aos técnicos do setor de Conservação de Solos da Secretaria da Agricultura e professores do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Os coeficientes técnicos das atividades, exceto os requerimentos de adubação já apresentados no Capítulo II, são mostrados nas tabelas que seguem.

TABELA 1₁: Coeficientes técnicos, por ha, de terraço-base larga

Ítem	Unidade	O p e r a ç õ e s			Total do Ítem
		Marcação	Construção	Manutenção	
<u>1. Máquinas</u>					
- Trator 90HP	H/M		2,33		2,33
- Trator 60HP	H/M			0,33	0,33
- Arado	H/M		2,33	0,33	2,66
<u>2. Mão-de-obra</u>					
- Tratorista	H/H		2,33	0,33	2,66
- Técnico	H/H	0,8			0,8
- Operário	H/H	1,6			1,6

FONTE: Secretaria da Agricultura - RS.

H/M = horas máquinas; H/H = horas homem equivalente

TABELA 1₂: Coeficientes técnicos, por ha, para Correção Química do Solo

Ítem	Unidade	O p e r a ç õ e s		Total do Ítem
		Calagem e Adubação	Incorporação	
<u>1. Máquinas</u>				
- Trator 90HP	H/M		2,9	2,9
- Trator 60HP	H/M	0,7		0,7
- Arado	H/M		1,8	1,8
- Grade Pesada	H/M		1,1	1,1
- Distribuidor Calcário	H/M	0,7		0,7
<u>2. Mão-de-obra</u>				
- Tratorista	H/H	0,7		0,7
- Operário	H/H	0,7		0,7

FONTE: Secretaria da Agricultura - RS.

H/M = horas máquina; H/H = horas homem equivalente

TABELA 13 : Coeficientes Técnicos, por ha, da Cultura do Milho

Itens	Unidade	O p e r a ç õ e s							Total do Item
		Subsolagem	Gradagem	Adubação/ Semeadura	Adubação/ Cobertura	Tratamento Fitosanitário	Colheita	Transporte Interno	
1. Máquinas									
- Trator 90HP	H/M	1,95	0,89					0,70	3,54
- Trator 60HP	H/M			0,95	1,02	1,60		1,53	3,57
- Arado subso_ador	H/H	1,95							1,95
- Grade niveladora	H/M		0,89						0,89
- Plantadeira/Adubadeira	H/M			0,95	1,02	1,60			1,97
- Pulverizador	H/M							0,78	1,60
- Pick-Up	H/M							1,85	0,78
- Carreta	H/M						1,40		1,85
- Colheitadeira	H/M								1,40
- Plataforma p/colheitadeira	H/M						1,40		1,40
2. Mão-de-Obra									
- Tratorista	H/H	1,95	0,89	0,95	1,02	1,60	1,40	3,10	10,91
- Operário	H/H			0,95	1,02	1,83	1,40	4,78	9,98
3. Outros Insumos									
- Sementes	Kg								16,00
- Herbicida	l								5,00
- Primextra	l								15,00
- Inseticida	l								0,35
- Carbaril	l								
- Formicida	Kg								

TABELA 14: Coeficientes Técnicos, por ha, da Cultura da Soja

Itens	Unidade	O p e r a ç õ e s						Total do Item
		Subsolagem	Gradagem Pesada	Adução/ Semeadura	Tratos Fito sanitários	Colheita	Transporte Interno	
1. Máquinas								
- Trator 90HP	H/M	1,80	0,60				0,16	2,16
- Trator 60HP	H/M			0,73	1,87		0,55	3,15
- Pick-Up	H/M						0,44	0,44
- Arado Subsolador	H/M	1,80						1,80
- Grade Niveladora	H/M		0,60					0,60
- Pulverizador	H/M				1,87			1,87
- Atomizador/Polvilhador	H/M				0,29			0,29
- Carreta	H/M					1,03	0,55	0,55
- Automotriz	H/M							1,03
2. Mão-de-Obra								
- Tratorista	H/H	1,80	1,60	0,73	1,87	1,03	1,16	7,18
- Operário	H/H			0,73	2,16	1,03	1,75	5,63
3. Outros Insumos								
- Semente	Kg							82,00
- Herbicida Trifluralin	l							1,50
- Herbicida Metribuzin	l							0,50
- Inset. Contato Tri-clorfon	l							1,40
- Inst. Sistêmico Monocrofos	l							0,50
- Inset. Contato Carbosil	Kg							15,00
- Formicida	Kg							0,35

FONTE: FECOTRIGO e Secretaria da Agricultura - RS.

H/M = horas máquinas; H/H = horas homem equivalente; l = litro; Kg = quilograma

TABELA 15 : Coeficientes Técnicos, por ha, da Cultura de Trigo

Itens	Unidade	O p e r a ç õ e s							Total do Item	
		Gradagem Pesada	Gradagem Leve	Adubação/ Semeadura	Adubação/ Cobertura	Tratamento Fitosanitário	Colheita	Transporte Interno		
1. Máquinas										
- Trator 90HP	H/M	0,89							0,15	1,04
- Trator 60HP	H/M		0,82	0,73	0,65	1,89			0,51	4,60
- Trator Goble	H/M	0,89								0,89
- Grade Niveladora	H/M		0,82							0,82
- Adubadeira/Semeadeira	H/M			0,73	0,65					1,38
- Pulverizador	H/M					1,89				1,89
- Atomizador/Polvilhador	H/M					1,15				1,15
- Carreta	H/M								0,55	0,55
- Pick-Up	H/M								0,58	0,58
- Colheitadeira	H/M						0,94		0,02	0,96
2. Mão-de-Obra										
- Tratorista	H/H	0,89				1,89			1,26	7,18
- Operário	H/H		0,82	0,73	0,65	3,27			1,82	7,41
3. Outros Insumos										
- Sementes	Kg									105,00
- Herbicida 2,4 D	l									1,30
- Inset. Sist. Dime-thoato	l									0,50
- Inset. Contato Tri-clorfon	l									1,40
- Inset. Contato Carbaril	Kg									15,00
- Formicida	Kg									0,35

FORTE: FECOTRIGO e Secretaria da Agricultura - RS.
H/M = horas máquinas; H/H = horas homem equivalente; Kg = quilograma; l = litro.

TABELA 16: Coeficientes Técnicos, por ha, para o cultivo de Aveia e Ervilhaca

Itens	Unidade	O p e r a ç õ e s						Total do Item	
		Gradagem Pesada	Gradagem Leve	Semeadura	Combate Formigas	Corte	Incorporação		Transporte
1. Máquinas									
- Trator 90HP	H/M	0,89				1,80	2,06	0,15	4,90
- Trator 60HP	H/M		0,82	0,73			0,82	0,15	2,52
- Grade Pesada	H/M	0,89							0,89
- Grade Niveladora	H/M		0,82					0,82	1,64
- Semeadeira/Adubadeira	H/M			0,73					0,73
- Arado	H/M			0,73				2,06	2,06
- Tarup	H/M					1,80			1,80
2. Mão-de-Obra									
- Tratorista	H/H	0,89	0,82	0,73		1,80	2,88		7,12
- Operário	H/H			0,73	0,23				0,96
3. Outros Insumos									
- Semente Aveia	Kg								30,00
- Semente Ervilhaca	Kg								20,00

FONTE: Técnicos da Secretaria da Agricultura - RS e Professores da Faculdade Agronomia da UFRGS.

H/M = horas máquinas; H/H = horas homem equivalente; Kg = quilograma

TABELA 17: Coeficientes Técnicos, por ha, para o Cultivo de Desmódio, Siratro e Setária

Itens	Unidade	O p e r a ç õ e s							Total do Item
		Gradagem Leve	Plantio	Combate Formigas	Cortes	Incorporação	Transporte		
<u>1. Máquinas</u>									
- Trator 90Hp	H/M				5,40	2,06	0,15	7,61	
- Trator 60HP	H/M	0,82	0,73			0,82	0,15	2,52	
- Grade Niveladora	H/M	0,82				0,82		1,64	
- Semeadeira/Adubadeira	H/M		0,73					0,73	
- Arado	H/M					2,06		2,06	
- Taarup	H/M				5,40			5,40	
<u>2. Mão-de-Obra</u>									
- Tratorista	H/H	0,82	0,73		5,40	2,88	0,30	10,13	
- Operário	H/H			0,70				0,70	
<u>3. Outros Insumos</u>									
- Semente Desmódio	Kg							2,00	
- Semente Siratro	Kg							3,00	
- Semente Setária	Kg							3,00	
- Formicida	Kg							0,35	

FONTE: Técnicos da Secretaria da Agricultura - RS e Professores da Faculdade Agronomia da UFRGS.

Na elaboração dos custos de produção para cada atividade foram considerados, além dos gastos com máquinas, mão-de-obra, insumos, os seguintes valores adicionais: 1,5% sobre o gasto com máquinas referentes a ferramentas não incluídas nos coeficientes técnicos; 1% sobre o valor do custo, antes de computados os juros de financiamento, referente a transporte externo de insumos e produtos; e custo de financiamento de 6% sobre o valor do custo.

Os preços adotados para cada componente das atividades bem como, a fonte de informação são listados abaixo:

Discriminação	Unid.	Valor	Fonte
<u>1. Máquinas e equipamentos</u>			
Trator 90HP	hora	1.788,41	FECOTRIGO
Trator 60HP	hora	1.487,03	FECOTRIGO
Arado disco	hora	326,40	FECOTRIGO
Grade Goble	hora	988,35	FECOTRIGO
Grade Niveladora	hora	308,13	FECOTRIGO
Semeadeira/Adubadeira	hora	787,94	FECOTRIGO
Distribuidor de Calcário	hora	1.557,76	FECOTRIGO
Pulverizador	hora	280,54	FECOTRIGO
Atomizador/Polvilhador	hora	462,78	FECOTRIGO
Pick-Up	hora	2.681,08	FECOTRIGO
Arado Subsolador	hora	275,33	FECOTRIGO
Plataforma Colheitadeira	hora	3.632,40	FECOTRIGO
Taarup	hora	554,63	FECOTRIGO
Colheitadeira	hora	6.090,15	FECOTRIGO
Plantadeira/Adubadeira	hora	575,20	FECOTRIGO
Carreta	hora	251,60	FECOTRIGO
<u>2. Mão-de-Obra</u>			
Tratorista	hora	207,17	FECOTRIGO
Operário	hora	171,27	FECOTRIGO
Técnico (agrimensor)	hora	2.952,00	SEC. AGRICULT.
<u>3. Adubos e Corretivos</u>			
Ureia	ton.	70.481,39	EMATER-RS
Superfosfato triplo	ton.	93.810,63	EMATER-RS
Cloreto de Potássio	ton.	55.869,67	EMATER-RS
Calcário	ton.	5.663,73	EMATER-RS
<u>4. Outros Insumos</u>			
Semente de soja	Kg	82,00	FECOTRIGO
Semente de milho	Kg	172,14	EMATER-RS
Semente de trigo	Kg	106,00	FECOTRIGO

... Cont.

Discriminação	Unid.	Valor	Fonte
Semente de aveia	Kg	69,33	EMATER-RS
Semente de ervilhaca	Kg	262,71	EMATER-RS
Semente de desmódio	Kg	4.302,00	REVENDEDORES
Semente de siratro	Kg	2.150,00	REVENDEDORES
Semente de setária	Kg	1.398,00	REVENDEDORES
Formicida (isca)	Kg	252,77	FECOTRIGO
Herbicida Primextra	l	2.412,68	FECOTRIGO
Inseticida Carbaril 7,5%	Kg	165,64	FECOTRIGO
Inseticida Triclorfon	l	1.136,52	FECOTRIGO
Inseticida Monocrotophós 40%	l	2.728,08	FECOTRIGO
Herbicida Metribuzin	Kg	9.313,09	FECOTRIGO
Herbicida 2,4 D	l	1.275,88	FECOTRIGO
Inseticida Dimethoato	l	1.311,57	FECOTRIGO
Herbicida Trifluralin	l	1.066,23	FECOTRIGO

Como foi mencionado anteriormente no capítulo II, os preços de venda do milho, soja e trigo foram calculados partindo-se de uma série histórica mensal de preços fornecida pela EMATER-RS. Estes preços foram inflacionados para dezembro de 1982 usando-se, para tanto, o Índice de Preços Pagos pelos Produtores da Fundação Getúlio Vargas. Os preços médios obtidos a partir deste critério foram os seguintes:

Trigo	Kg	Cr\$ 42,29
Soja	Kg	Cr\$ 39,72
Milho	Kg	Cr\$ 27,69

Estes preços foram utilizados para estimar as receitas das atividades programadas.

Juntando-se as informações dos coeficientes técnicos de cada atividade, as diferentes necessidades de adubação, tanto em relação ao estado do solo como seu nível de fertilidade, calculou-se o custo de produção para cada uma das decisões. Paralelamente, estimou-se a receita das atividades levando-se em consideração a produtividade das mesmas em cada uma das combinações estado do solo e nível de fertilidade. A diferença entre as receitas e custos assim calculados - retornos brutos - são apresentados nas tabelas 18 a 13. Para se chegar aos retor-

nos líquidos (rendas) de cada decisão, é necessário se deduzir dos retornos brutos o custo da erosão. Este último custo é calculado conforme equação apresentada no capítulo II.

TABELA 18: Retornos brutos, em cruzeiros, das atividades, segundo classes de degradação física do solo, para solos com fertilidade alta e trigo plantado no ante-penúltimo ano.

Classes de degradação física do solo	A t i v i d a d e s							Recuperação Trienal
	Trigo, soja, milho com adubação de manutenção	Trigo, soja, milho com adubação de manutenção	Trigo, soja, milho sem adubação de manutenção	Adubação verde, soja e milho com adubação de manutenção	Adubação verde, soja e soja sem adubação de manutenção			
1	70.664	94.146	31.159	42.575	-95.444			
2	65.533	89.528	27.931	39.669	-95.444			
3	60.401	84.910	24.702	36.764	-95.444			
4	47.990	76.971	18.014	33.526	-95.444			
5	42.859	72.353	14.786	30.621	-95.444			
6	37.727	67.735	11.557	27.715	-95.444			
7	32.596	63.116	8.329	24.809	-95.444			
8	27.464	58.498	5.100	21.904	-95.444			
9	22.333	53.880	1.872	18.998	-95.444			
10	17.201	49.261	-1.356	16.093	-95.444			
11	12.070	44.643	-4.584	13.187	-95.444			
12	6.939	40.025	-7.812	10.282	-95.444			
13	-4.974	32.418	-14.503	6.380	-95.444			
14	-10.105	27.270	-17.732	3.474	-95.444			
15	-15.236	23.181	-20.960	569	-95.444			

FONTE: Dados da Pesquisa.

TABELA 19: Retornos brutos, em cruzeiros, das atividades, fertilidade e trigo plantado no penúltimo ano

Classe de degradação física do solo	A t	
	Trigo, soja e milho com adubação de manurenção	Trigo, soja e milho sem adubação de manurenção
1	62.206	86.534
2	57.286	82.106
3	52.366	77.678
4	40.167	69.930
5	35.247	65.502
6	30.327	61.074
7	25.407	56.646
8	20.487	52.218
9	15.567	47.790
10	10.647	43.362
11	5.727	38.934
12	806	34.506
13	-10.894	27.089
14	-15.814	22.661
15	-20.734	18.233

FGNTE: Dados da Pesquisa.

segundo classes de degradação física do solo, para solos com alta
o.

i v i d a d e s

Adubação verde, mi- lho e soja com adu- bação de manutenção	Adubação verde, mi- lho e soja sem adu- bação de manutenção	Recuperação Trienal
31.159	42.575	-95.444
27.931	39.669	-95.444
24.702	36.764	-95.444
18.014	33.526	-95.444
14.786	30.621	-95.444
11.557	27.715	-95.444
8.329	24.809	-95.444
5.100	21.904	-95.444
1.872	18.998	-95.444
-1.356	16.093	-95.444
-4.584	13.187	-95.444
-7.812	10.282	-95.444
-14.503	6.380	-95.444
-17.732	3.474	-95.444
-20.960	569	-95.444

TABELA 10: Retornos brutos em cruzeiros das atividades, segundo classes de degradação física do solo, para solos com alta fertilidade e trigo plantado no último ano.

Classes de degradação física do solo	A t i v i d a d e s					Recuperação Trienal
	Trigo, milho e soja com adubação de manutenção	Trigo, milho e soja sem adubação de manutenção	Adubação verde, soja e milho com adubação de manutenção	Adubação verde, soja e milho sem adubação de manutenção		
1	56.317	81.732	31.159	42.575	-95.444	
2	51.503	77.399	27.931	39.689	-95.444	
3	46.689	73.066	24.702	36.764	-95.444	
4	34.591	65.413	18.014	33.526	-95.444	
5	29.776	61.080	14.786	30.621	-95.444	
6	24.962	56.747	11.557	27.715	-95.444	
7	20.148	52.415	8.329	24.809	-95.444	
8	15.334	48.082	5.100	21.904	-95.444	
9	10.519	43.749	1.872	18.998	-95.444	
10	5.705	39.416	-1.356	16.093	-95.444	
11	891	35.083	-4.584	13.187	-95.444	
12	-3.923	30.750	-7.812	10.282	-95.444	
13	-15.515	23.429	-14.503	6.380	-95.444	
14	-20.329	19.096	-17.732	3.474	-95.444	
15	-25.143	14.763	-20.960	569	-95.444	

FONTE: Dados da Pesquisa.

TABELA III: Retornos brutos, em cruzeiros, das atividades, segundo classes de degradação física do solo, para solo com fertilidade média e trigo plantado no último ano.

Classes de degradação física do solo	A t i v i d a d e s					Recuperação trienal
	Trigo, soja, milho com adubação de recuperação	Trigo, soja, milho sem adubação de recuperação	Adubação verde, soja e milho com adubação de recuperação	Adubação verde, soja e milho sem adubação de recuperação	Adubação verde, soja e milho sem adubação de recuperação	
1	22.685	32.953	3.920	12.921	-137.281	
2	17.870	29.101	691	10.343	-137.281	
3	13.056	25.250	-2.536	7.761	-137.281	
4	962	16.878	-9.226	3.645	-139.304	
5	-3.851	13.026	-12.454	1.063	-139.304	
6	-8.666	9.175	-15.682	-1.520	-139.304	
7	-13.480	5.323	-18.911	-4.102	-139.304	
8	-18.294	1.472	-22.139	-6.685	-139.304	
9	-23.109	-2.379	-25.368	-9.268	-139.304	
10	-27.923	-6.230	-28.596	-11.850	-139.304	
11	-32.737	-10.082	-31.825	-14.433	-139.304	
12	-35.552	-13.933	-35.023	-17.016	-139.304	
13	-49.147	-21.974	-41.743	-21.795	-141.328	
14	-53.962	-25.825	-44.971	-24.378	-141.328	
15	-58.776	-29.677	-48.200	-26.961	-141.328	

FONTE: Dados da Pesquisa.

TABELA 1₂ : Retornos brutos, em cruzeiros, das atividades, segundo classes de degradação física do solo, para solo de média fertilidade e trigo plantado no penúltimo ano.

Classes de degradação física do solo	A t i v i d a d e s						Recuperação trienal
	Trigo, soja e milho com adubação de recuperação	Trigo, soja e milho sem adubação de recuperação	Trigo, soja, milho sem adubação de recuperação	Adubação verde, soja, milho com adubação de recuperação	Adubação verde, soja, milho sem adubação de recuperação	Recuperação	
1	28.574	37.332	3.920	12.921	-137.281		
2	23.654	33.396	691	10.343	-137.281		
3	18.734	29.460	-2.536	7.761	-137.281		
4	6.534	21.003	-9.226	2.981	-139.304		
5	1.614	17.067	-12.454	398	-139.304		
6	-3.305	13.131	-15.682	-2.184	-139.304		
7	-6.225	9.195	-18.911	-4.766	-139.304		
8	-13.145	5.259	-22.139	-7.349	-139.304		
9	-18.065	1.323	-25.368	-9.932	-139.304		
10	-22.985	-4.612	-28.596	-12.515	-139.304		
11	-27.905	-6.548	-31.825	-15.097	-139.304		
12	-32.825	-10.484	-35.053	-17.680	-139.304		
13	-44.527	-18.609	-41.743	-22.459	-141.328		
14	-49.447	-22.545	-44.971	-25.042	-141.328		
15	-54.367	-26.481	-48.200	-27.625	-141.328		

FONTE: Dados da Pesquisa.

TABELA 13 : Retornos brutos, em cruzeiros, das atividades, segundo classes de degradação física do solo, para solo de fertilidade média e trigo plantado no ante-penúltimo ano.

Classes de degradação física do solo	A t i v i d a d e s					
	Trigo, soja, milho com adubação de correção	Trigo, soja, milho sem adubação de correção	Adubação verde, soja e milho com adubação de correção	Adubação verde, soja e milho sem adubação de correção	Recuperação trienal	
1	37.032	44.098	3.920	12.921	-137.281	
2	31.900	39.993	691	10.343	-137.281	
3	26.769	35.888	-2.536	7.761	-137.281	
4	14.358	27.262	-9.226	2.981	-139.304	
5	9.226	23.157	-12.454	398	-139.304	
6	4.095	19.052	-15.682	-2.184	-139.304	
7	-1.036	14.946	-18.941	-4.766	-139.304	
8	-6.167	10.841	-22.139	-7.349	-139.304	
9	-11.299	6.736	-25.368	-9.932	-139.304	
10	-16.430	2.631	-28.596	-12.515	-139.304	
11	-21.562	-1.473	-31.825	-15.097	-139.304	
12	-26.695	-5.579	-35.053	-17.680	-139.304	
13	-38.606	-13.873	-41.743	-22.459	-141.328	
14	-43.738	-17.978	-44.971	-25.042	-141.328	
15	-48.869	-22.083	-48.200	-27.625	-141.328	

FONTE: Dados da Pesquisa.

SÉRIE FAC-SÍMILE

Nºs Publicados

- Nº 1 - "Inflação e Balanço de Pagamentos: Uma Análise Quantitativa das Opções de Política Econômica". André L. Resende e Francisco L. Lopes. 86 p.
- Nº 2 - "Inflação e Nível de Atividade no Brasil". Francisco L. Lopes. 98 p.
- Nº 3 - "Abertura Financeira ao Exterior: Perspectivas Latino-Americanas". Edmar Lisboa Bacha. 142 p.
- Nº 4 - "As Causas da Difusão da Posse dos Bens de Consumo Duráveis no Brasil". João L. M. Saboia. 148 p.
- Nº 5 - "Organização e Política Econômica". Jorge Vianna Monteiro. 76 p.
- Nº 6 - "Análise da Viabilidade de um Estudo sobre a Magnitude e o Perfil da Imigração Estrangeira para o Brasil no Período 1873-1932". Elisa Maria da C. Pereira Reis. 46 p.
- Nº 7 - "Urbanização e Custos numa Economia em Desenvolvimento. O Caso de Minas Gerais". Afrânio Alves de Andrade e Roberto Luiz de Melo Monte-Mór. 112 p.
- Nº 8 - "Energia e Economia: Um Modelo Integrado". Eduardo Marco Modiano. 226 p.
- Nº 9 - "Salários e Emprego na Indústria de Transformação: 1970/1976". Paulo Eduardo de Andrade Baltar e Paulo Renato Costa Souza. 198 p.
- Nº 10- "Desequilíbrio Externo e Reorientação do Crescimento e dos Investimentos: Uma Análise Multissetorial das Perspectivas da Economia Brasileira". Rogério L. Furquim Werneck. 130 p.

- Nº 11 - "Demanda de Fatores e Ofertas de Produtos na Agricultura Brasileira: Subsídios para Formulação de Políticas Agrícolas". José Carlos de Souza Santos. 112 p.
- Nº 12 - "Potencial das Exportações Brasileiras de Manufaturados". Maurício Barata de Paula Pinto. 46 p.
- Nº 13 - "Estruturas Intra-Urbanas e Segregação Social no Espaço: Elementos para uma Discussão da Cidade na Teoria Econômica". Martim Oscar Smolka. 353 p.
- Nº 14 - "Salários Médios e Salários Individuais no Setor Industrial: Um Estudo de Diferenciação Entre Firms e Entre Indivíduos". Raul José Ekerman e Uriel de Magalhães. 106 p.
- Nº 15 - "Evolução Histórica do Salário Mínimo no Brasil: Fixação, Valor Real e Diferenciação Regional". João L. M. Saboia. 106 p.
- Nº 16 - "A Economia da Escravidão nas Fazendas de Café de Vasouras e Campinas: 1850-1888". Pedro Carvalho de Mello. (2 vol.) 416 p.
- Nº 17 - "Fontes Endógenas do Crescimento do Setor Público no Brasil". Jorge Vianna Monteiro. 94 p.
- Nº 18 - "A Economia Mundial e o Brasil em Crise". Paul Singer. 149 p.
- Nº 18 - "Aspectos do Comércio Mundial no Pós-Guerra". Gesner José de Oliveira Filho. 208 p.
- Nº 20 - "A Natureza Financeira da Crise e Suas Perspectivas". Monica Baer. 169 p.
- Nº 21 - "A Economia Mundial como Ponto de Partida". Pablo Rieznik. 42 p.

- Nº 22 - " O Endividamento Externo dos Países Atrasados". Pablo Rieznik. 65 p.
- Nº 23 - "Crescimento Econômico e Estrutura Agrária. (A Dinâmica da Agricultura Nordestina: 1950/80)". Ricardo de Me deiros Carneiro. 99 p.
- Nº 24 - " Preços Industriais, Salário Nominal, Salário Real e Demanda Efetiva no Brasil: 1949/79". Raul José Ekerman. 78 p.
- Nº 25 - "O Empresário Industrial Frente ao Mercado de Capitais e à Economia Brasileira". Pedro Carvalho de Mello, Jo sé Luiz Melo e Ana Maria Ladeira Aragão. (2 vol.) 416 p.
- Nº 26 - " O Risco na Seleção de Sementes Melhoradas em Milho". Lister Manuel Corvalan Latapia. 135 p.
- Nº 27 - "Regulação Econômica e Crescimento do Setor Público no Período 1979-1984". Jorge Vianna Monteiro. 71 p.
- Nº 28 - "Estado e Pequena Produção Rural". Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale. 82 p.
- Nº 29 - "Mercado de Trabalho e Crise: Notas para uma Abordagem". Paulo Eduardo de Andrade Baltar e Leonardo Gui marães Neto. 181 p.
- Nº 30 - "Uma Aplicação de Análise Multivariada para o Estudo da Estrutura Industrial Brasileira - 1980". Francisco Anuatti Neto e Marco Klein Chow. 94 p.

