

RECOMENDAÇÕES ECONÔMICAS PARA A CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA DA ALFAFA NO PLANALTO CATARINENSE¹

SÉRGIO L.G. PINHEIRO², EDGAR A. LANZER³ e NEVIO J. NUERNBERG²

RESUMO - Avaliação econômica da calagem e da adubação fosfatada na alfafa (*Medicago sativa* L.) foi realizada com base em dados de um experimento conduzido em solo ácido e com baixa disponibilidade de fósforo, do Planalto Catarinense. Utilizou-se um modelo de programação linear, estruturado de modo a gerar alternativas ótimas a partir de combinações convexas dos tratamentos. O objetivo foi maximizar a renda líquida em um horizonte de seis anos com diferentes metas de rendimentos. Os resultados revelaram ser economicamente viável produzir alfafa nesse tipo de solo, considerando as altas taxas de retorno e rendas líquidas alcançadas. Entretanto, devido sobretudo aos altos custos da calagem, as receitas só começam a superar as despesas a partir do terceiro ano, caracterizando, assim, um alto risco financeiro para o investimento. A análise de sensibilidade estudou o impacto nos resultados técnicos e econômicos, em função de variações nos rendimentos e preços. Finalmente, a análise de risco indicou a estratégia relacionada com a meta de 90% de rendimentos como a menos arriscada.

Termos para indexação: administração rural, programação linear, solos ácidos.

ECONOMIC EVALUATION OF LIMING AND PHOSPHATE FERTILIZATION IN ALFALFA ON THE HIGHLANDS OF SANTA CATARINA STATE, BRAZIL

ABSTRACT - Economic evaluation of liming and phosphate fertilization in alfalfa (*Medicago sativa* L.) was realized based on a trial carried out in acid soils with low phosphorus availability on the highlands of Santa Catarina State, Brazil. A linear programming model was developed to find the optimum strategy of liming and phosphate fertilization which maximizes the net present value according to different production levels in a six year period. The results showed the economic viability of producing alfalfa in this soil type, considering the high investment ratios and net present values obtained. However, due to high liming costs (which occur only in the first year), the cumulative net revenue only starts to be positive in the third year, involving a high financial risk related to the investment. Sensitivity analysis studied the influence on the technical and economic results as a function of variations in yields as well as prices. Finally, risk analysis indicated the liming and phosphorus fertilization strategy related to the 90% production level as the least risky.

Index terms: *Medicago sativa*, farm management, linear programming, acid soils.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, os produtores de alfafa (*Medicago sativa* L.) em Santa Catarina, têm utilizado solos cuja fertilidade natural é elevada, mas com problemas de declividade e pedregosidade,

que dificultam muito a mecanização. A não utilização de corretivos e fertilizantes e a intensa ação da erosão têm provocado um acentuado empobrecimento dos solos, ao longo dos anos, e uma baixa persistência dos alfafais. Conseqüentemente a produção tende a diminuir.

De acordo com dados do Anuário Estatístico do Brasil (1988), a alfafa em Santa Catarina produz em torno de 8,2 t de matéria seca por ha/ano. Entretanto, segundo a literatura, o potencial produtivo desta leguminosa atinge cerca de 15 t anuais de matéria seca/ha, com um teor de

¹ Aceito para publicação em 17 de março de 1993.

² Eng. - Agr., M.Sc., EPAGRI-CTA Planalto Serrano Catarinense, Caixa Postal 81, CEP 88502-970 Lages, SC.

³ Eng. - Agr., Dr., Univ. Fed. de Santa Catarina, Caixa Postal 476, CEP. 88000-000 Florianópolis, SC.

proteína bruta de 22 a 25% (Milford 1967, Bickoff et al. 1972).

O cultivo continuado da alfafa em território catarinense criou, pela pressão natural de seleção, uma cultivar conhecida como 'Crioula', a qual produz apreciável quantidade de forragem nos períodos mais frios do ano, característica interessante para o Estado de Santa Catarina. Contudo, o maior obstáculo para o cultivo da alfafa é a elevada acidez e a baixa disponibilidade de fósforo nos solos do Planalto Catarinense com melhores condições de relevo e adequados ao uso de equipamentos mecânicos.

Dessa forma, a calagem é prática indispensável para o estabelecimento, produção e persistência da alfafa nesses solos, dada a sua alta sensibilidade à acidez e ao alumínio. Além de aumentar o pH e baixar a quantidade de Al, a calagem promove também uma série de alterações nas características químicas do solo, especialmente no aumento da disponibilidade de fósforo.

O objetivo do presente trabalho é derivar, da maneira mais simples possível, recomendações econômicas para calagem e adubação fosfatada na cultura da alfafa em solos ácidos do Planalto Catarinense. Foram tomados como base os dados de um experimento realizado num solo representativo da região (com baixo pH e escassa disponibilidade de P_2O_5), no qual se avaliou o efeito de diferentes níveis de calcário e fósforo na produção de alfafa, durante seis anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido num Cambissolo distrófico álico, unidade de mapeamento Lages (situado na Estação Experimental de Lages - EPAGRI), com as seguintes características químicas: pH (em água) = 5,0; P = 6,0 ppm; K = 114 ppm; Al+3 = 2,4 me/100 gr; Ca+Mg = 3,0 me/100 gr. e matéria orgânica = 3,2%.

Utilizou-se um delineamento experimental de parcelas divididas, arranjadas em blocos casualizados com três repetições. As parcelas principais receberam os tratamentos de calagem 12, 18 e 24 t/ha de calcário dolomítico com PRNT corrigido a 100%. As subparcelas receberam superfosfato triplo nas doses de 0, 60, 120 e 180 kg/ha de P_2O_5 . A partir do segundo ano, as subparcelas foram divididas em quatro sub-subparcelas, que passaram a receber superfosfato triplo como adubo de

manutenção, nas doses de 0, 50, 100 e 150 kg/ha de P_2O_5 , aplicadas superficialmente (sem incorporação), no início do crescimento primaveril da alfafa. Os demais fertilizantes foram aplicados superficialmente em dosagens únicas anuais, como segue: K = 300 kg/ha de K_2O (1/3 no outono e 2/3 na primavera); S = 12 kg/ha de flor de enxofre; B = 20 kg/ha de borax; Zn = 10 kg/ha de sulfato de zinco.

Por ocasião do plantio (05.11.81), empregou-se a quantidade de 20 kg/ha de N, na forma de uréia, e 12 kg/ha de sementes de alfafa cultivar Crioula, com 92% de germinação. As sementes receberam inóculo de *Rhizobium mililoti* e foram semeadas em linhas com espaços entre si de 20 cm.

Aspectos econômicos e financeiros

Estabelecidas as alternativas possíveis de produção e os custos e retornos associados a cada uma, torna-se necessário decidir qual o tratamento ou combinações de tratamentos que melhor atinjam os objetivos propostos.

O método usado para identificar a melhor estratégia de ação, sob o ponto de vista econômico, foi a Programação Linear (Lanzer 1982, Dent et al. 1986). Esse método foi considerado o mais apropriado para as circunstâncias, uma vez que é capaz de gerar soluções ótimas, tendo em vista um leque de alternativas possíveis e um objetivo que possa ser quantificado. No caso, as alternativas são representadas pelos tratamentos experimentais, e o objetivo, pela maximização da renda líquida. O modelo foi estruturado de modo a gerar alternativas ótimas, a partir de combinações convexas dos tratamentos. Em síntese:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{j=1}^n C_j x_j \quad \text{onde } j = 1, 2 \dots n$$

$$\text{Sujeito a } b_i \geq \sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \quad \text{onde } i = 1, 2 \dots m$$

$$I = \sum x_j$$

$$\text{Para todos os } X_j \geq 0 \quad \text{onde:}$$

Z = renda líquida total

X_j = nível da atividade j (participação-fração do trat. J)

C_j = custos e retornos associados a atividade j (inclusive custos fixos)

b_i = nível do recurso/restrrição i (no caso meta de produção)

a_{ij} = quantidade do recurso i requerida/gerada por cada unidade da atividade j (coef. técnicos ou de produção)

O modelo de programação linear considerou como função objetiva a maximização da renda líquida (ou margem líquida), definida como a diferença entre a receita e os custos totais (fixos e variáveis). O horizonte de análise foi de seis anos. O modelo foi estruturado de maneira a determinar o(s) tratamento(s) "ótimo(s)" em função de diferentes metas de produtividade, que variaram de 60 a 100% da produção máxima anual, obtida no experimento. Visando à redução dos efeitos da variação climática entre anos, os coeficientes técnicos referentes ao rendimento da alfafa foram expressos em termos de produção relativa. Isto quer dizer que a produção de cada tratamento e de cada ano foi expressa como percentagem do rendimento relativo máximo anual, caracterizado como a média das quatro maiores produções anuais.

Foram utilizados os preços médios dos últimos anos para os insumos e produto (no caso feno de alfafa), expressos em US\$ (câmbio oficial). Esta série histórica serviu de base para a análise de sensibilidade na qual se avaliou a modificação nos tratamentos ótimos e nos resultados econômicos, em função da variação nos preços e na produtividade.

Após a determinação através da programação linear das alternativas "ótimas" de calcário e do fósforo (correção e manutenção), em relação a cada meta de rendimentos estabelecida, efetuou-se uma análise de investimento, no sentido de avaliar econômica e financeiramente as estratégias propostas. Nesse processo foram usados alguns parâmetros de análise de custo-benefício. Em síntese, as receitas e os custos totais através dos anos foram descontados (a uma taxa de 6% ao ano), com o objetivo de se obter o valor presente líquido (net present value), ou a renda líquida, já descontado o fator tempo.

Em seguida, calculou-se a taxa de retorno do investimento (investment ratio), também conhecida como taxa de lucratividade ou razão de benefício-custo (benefit-cost ratio), que representa o retorno por cada US\$ investido, expresso em termos percentuais. Maiores detalhes com relação ao método podem ser obtidos na literatura especializada (Gittinger 1982, Pearce 1983, Mishan 1976, Lanzer 1982, Dent et al. 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados biológicos

Os dados de produção de matéria seca estão apresentados na Tabela 1. Foram efetuados aproximadamente sete cortes anuais, que proporcionaram uma média de 9.989 kg/ha/ ano de matéria

seca, numa amplitude de 2.261 a 16.944 kg/ha/ano. O encerramento do experimento deveu-se à ação conjunta das plantas invasoras, além de um ataque localizado numa das repetições de *Ehrhizococcus brasiliensis* (Humpel, 1982), e de uma *Homoptera: Margarodidae*, vulgarmente conhecida como pérola da terra, que ocorreu principalmente nas parcelas menos favorecidas com os tratamentos de fósforo e calcário.

Os dados da Tabela 1 mostram grande variação na produtividade entre tratamentos e entre anos. Esta variação anual esteve relacionada com fenômenos climáticos, sobretudo à precipitação pluvial que variou de 1.132 a 2.751 mm durante os ciclos da cultura. A menor produção no primeiro ano (1982) se deve ao plantio primaveril da alfafa (nov./81), restringindo o primeiro ciclo a apenas cinco meses (março a agosto de 1982). Em 1985 ocorreram as maiores médias de produção de matéria seca, principalmente devido a uma menor precipitação pluvial, mas com melhor distribuição mensal. Em 1986 aconteceu o contrário, com chuvas prolongadas, desfavorecendo a produção. Ocorreram também dificuldades no controle de espécies invasoras.

A relação entre a pluviosidade e a produção da alfafa se deve, em grande parte, ao crescimento horizontal da maioria das raízes na camada de solo corrigida pela calagem, reduzindo a capacidade de absorção de água em estagiagens mais prolongadas.

Esses fatores ambientais contribuíram para que o ano de 1986, o quinto ano do experimento, se caracterizasse como o pior em termos de produtividade, em contraste com o ano anterior (1985), que foi o melhor.

Em síntese, os resultados biológicos demonstram que a adubação fosfatada e a calagem são imprescindíveis para garantir os rendimentos de alfafa nesses tipos de solos. A quantidade de calcário necessária para atingir o ponto de inflexão (produção máxima) é superior a das atuais recomendações.

Resultados econômicos e financeiros

A economicidade no uso de fertilizantes e corretivos depende de uma série de fatores, entre os quais destacam-se:

TABELA 1. Produção de matéria seca da alfafa 'Crioula' em função de diferentes níveis de calcário e P_2O_5 , residual e de manutenção, num horizonte de seis anos (média de 3 repetições).

Tratamentos			Produção de matéria seca (kg/ha)						Média/ tratam. (kg/ha)
Calcário (t/ha)	P_2O_5 (kg/ha)		Anos (NR de cortes)						
	Res.	Man.	82(5)	83(7)	84(7)	85(8)	86(7)	87(7)	
12	0	0	5.975	7.686	6.195	4.960	3.409	2.261	5.081
		50		10.052	9.310	8.416	6.895	7.819	8.498
		100		12.817	12.334	13.696	7.973	7.826	10.929
		150		10.997	11.067	11.456	8.246	7.427	9.839
	60	0	6.725	10.626	9.317	7.048	4.200	2.989	6.818
		50		11.347	10.451	8.728	5.880	5.082	8.298
		100		11.465	11.760	12.520	8.414	7.644	10.361
		150		12.110	11.655	11.232	8.337	8.127	10.292
	120	0	7.020	9.863	7.833	7.400	4.039	2.982	6.523
		50		11.284	10.738	10.176	5.719	6.041	8.792
		100		11.270	11.704	12.680	7.721	7.455	10.166
		150		11.893	11.725	13.160	8.967	7.966	10.742
180	0	7.625	11.333	10.682	10.816	6.328	4.501	8.548	
	50		11.718	10.902	13.160	7.721	6.454	9.991	
	100		12.089	11.991	13.328	8.148	7.539	10.619	
	150		11.683	12.894	14.584	9.506	8.904	11.514	
18	0	0	6.255	10.690	9.380	8.920	5.838	3.864	7.491
		50		10.883	11.669	12.088	7.791	6.797	9.846
		100		11.648	12.523	14.944	10.797	10.325	12.047
		150		11.705	12.796	15.336	10.626	9.030	11.899
	60	0	7.135	10.814	10.108	8.032	5.670	4.606	7.728
		50		11.969	11.725	12.088	8.358	7.602	10.348
		100		11.899	11.326	12.856	9.443	10.934	11.292
		150		12.038	12.796	14.704	10.124	9.429	11.818
	120	0	7.090	10.654	9.002	8.640	5.747	3.759	7.482
		50		12.243	12.894	14.272	8.764	6.812	10.997
		100		12.075	13.034	13.712	9.632	6.979	11.086
		150		11.816	13.090	14.336	9.688	9.212	11.628
180	0	7.985	10.990	10.346	10.032	6.496	3.640	8.148	
	50		11.844	12.082	12.976	9.170	8.148	10.844	
	100		11.550	12.635	14.712	10.829	9.359	11.817	
	150		11.599	13.062	15.272	10.941	9.534	12.082	
0	0	6.890	10.465	10.997	10.864	6.797	4.341	8.392	
	50		11.711	11.718	13.032	8.071	8.617	10.630	
	100		12.522	13.755	15.416	10.857	10.045	12.519	
	150		12.928	14.175	16.304	10.899	11.697	13.201	
60	0	7.835	12.166	11.809	11.457	6.888	5.481	9.273	
	50		13.083	13.356	15.048	9.968	9.387	12.168	
	100		12.176	13.741	15.736	11.627	9.541	12.564	
24	0		13.181	14.021	16.944	11.683	13.320	13.830	
	0	8.835	12.691	12.488	13.360	8.337	6.902	10.436	

TABELA 1. Continuação.

Tratamentos			Produção de matéria seca (kg/ha)						Média/ tratam. (kg/ha)	
Calcário (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)		Anos (NR de cortes)							
	Res.	Man.	82(5)	83(7)	84(7)	85(8)	86(7)	87(7)		
120	50			13.153	13.713	15.264	9.968	11.032	12.626	
	100			13.167	14.245	15.760	11.256	11.354	13.156	
	150			12.866	14.290	16.243	12.173	10.521	13.219	
	0		8.775	12.747	12.915	13.416	7.161	6.706	10.287	
	50			12.363	13.020	15.064	9.352	7.574	11.475	
	100			13.244	14.140	16.288	10.801	9.849	12.864	
180	150			13.426	14.203	16.336	11.221	9.366	12.910	
Média anual				7.345	11.761	11.909	12.767	8.510	7.641	9.989
Prod. relativa máxima anual				8.805	13.245	14.228	16.468	12.926	11.851	

- a resposta da planta à aplicação dos insumos;
- os custos dos insumos;
- o valor da produção.

Os dados biológicos do experimento (Tabela 1) mostram a resposta significativa da alfafa ao calcário e à adubação fosfatada. Também não deixam dúvidas de que a acidez é fator limitante para o desenvolvimento desta cultura no tipo de solo em que o experimento foi conduzido. Conseqüentemente, a produção de alfafa nessas circunstâncias exige quantidades consideráveis de calcário e fósforo, além de outros insumos. A questão é saber se é econômico produzir alfafa nessa situação e qual a estratégia ótima (isto é, o tratamento ou a combinação de tratamentos ideal), que melhor atinja os objetivos do produtor.

Como a cultura da alfafa é perene, existe ainda uma outra questão importante a ser analisada, referente ao aspecto financeiro. Investir em um alfafal significa custos e retornos ao longo dos anos. As maiores despesas estão concentradas no primeiro ano, enquanto as receitas estão mais distribuídas no tempo.

Na Tabela 2 estão os custos de produção de um alfafal, com os coeficientes técnicos usados no experimento. Antes de se prosseguir a análise, é importante observar que os rendimentos obtidos neste experimento estão diretamente relacionados com o nível tecnológico, representado pelos coe-

ficientes técnicos da Tabela 2, mais as quantidades de calcário e fósforo referentes ao(s) tratamento(s). Logo, caso não se adote a tecnologia ilustrada na Tabela 2, é pouco provável que se obtenham os mesmos rendimentos alcançados a nível experimental (Tabela 1).

No sentido de melhor visualizar o aspecto dinâmico desse tipo de investimento, os custos da Tabela 2 foram divididos em três níveis: **custos fixos de implantação**, que ocorrem apenas no primeiro ano; **custos fixos anuais**, referentes às despesas fixas que ocorrem todos os anos (independente do tratamento); e **custos que variam anualmente** conforme o(s) tratamento(s) utilizado(s).

Observando-se os dados da Tabela 2, pode-se notar que os custos totais na fase inicial do investimento são consideravelmente superiores aos custos que ocorrem nos outros anos. No primeiro ano, além dos custos de implantação, existem os custos fixos anuais e os custos que variam conforme o(s) tratamento(s). A partir do segundo ano, não existem mais os custos de implantação. Como o calcário é aplicado somente no primeiro ano, as despesas relacionadas com os tratamentos nesse período são bem maiores que nos anos subsequentes, as quais se restringem apenas ao fósforo de manutenção.

Por outro lado, as receitas são mais distribuídas

TABELA 2. Custo de produção de alfafa (1 ha) - US\$ (câmbio oficial).

Item	Unid.	Quant.	V. unit.	V. total	%
Custos fixos de implantação					
Terraceamento	H/T	2.5	9.16	22.9	6.75
Aração	H/T	4	9.16	36.64	10.80
Gradação	H/T	3	9.16	27.48	8.10
Sementes	kg	12	19.24	230.88	68.07
Semeadura	D/H	3	3.7	11.1	3.27
Uréia	kg	45	0.21	9.45	2.79
Adubação	D/H	2	3.7	0.74	0.22
Sub-total				339.19	100.00
Custos fixos anuais					
Cerca (depreciação anual)	m	300	0.04	12	4.78
Capinas	D/H	20	3.7	74	29.46
Borax	kg	20	0.67	13.4	5.34
Sulfato de zinco	kg	10	0.53	5.3	2.11
Kcl	kg	500	0.19	95	37.82
Flor de enxofre	kg	12	0.89	10.68	4.25
Adubação (2 vezes/ano)	D/H	2	3.7	7.4	2.95
Treflan	l	2.5	6.46	16.15	6.43
Malathion	kg	1.5	5.38	8.07	3.21
Pulverização (2 vezes/ano)	H/T	1	9.16	9.16	3.65
Sub-total				251.16	100.00
Custos que variam conforme cada tratamento					
Transp.+distr. calcário/t. + tratamentos (cal., P ₂ O ₅)	H/T	03	9.16	2.74/t.	

Obs.: - Preços dos insumos baseados na média dos últimos 3 anos.

- A quantidade de K₂O foi estimada visando a repor o potássio extraído do solo pela alfafa, considerando-se uma produtividade média de 10 t./ha/ano. Com rendimentos mais baixos, obviamente a necessidade de reposição potássica diminui.

ao longo do tempo. A produção no primeiro ano geralmente é mais baixa, em virtude de o ciclo produtivo ser reduzido. Do segundo ano em diante a produção do alfafal tende a subir, gerando uma renda anual superior às despesas anuais. Com isso, o pesado investimento realizado no primeiro ano é compensado gradativamente. Os dados biológicos (Tabela 1) demonstram que a produção continua alta até o sexto ano, embora a partir do quarto ocorra o fenômeno dos rendimentos decrescentes.

A maioria dos produtores de alfafa no Planalto Catarinense produz feno. Em consequência, a renda gerada pelo cultivo desta leguminosa é obti-

da através da venda (ou uso) do feno produzido. Entretanto, os custos da fenação são elevados, conforme pode ser constatado na Tabela 3.

Um estudo de mercado revelou que o preço médio recebido pelos produtores de feno de alfafa, durante os últimos seis anos (1984 a 1989), situou-se em torno de US\$ 143,7/t (câmbio oficial). Isso evidencia os elevados gastos do processo de fenação, que custa cerca de 40% do preço médio recebido pelo agricultor por cada kg de feno produzido, enquanto os gastos com a produção da lavoura somam apenas 32%.

Cabe ainda esclarecer que o kg de feno foi cal-

TABELA 3. Estimativa do custo por tonelada de feno produzida (US\$).

Itens	Unidade	Quant.	Valor unit.	Valor total
Custo p/corte				
Corte (≅ 1 t.M.S.)	D/H	3	3,70	11,10
Recolhimento+transp.	D/H	1	3,70	3,70
	H/T	2	9,16	18,32
Enfardamento	D/H	2	3,70	7,40
Sub-total (p/corte)				40,52
Total anual (X 9 corte)	Corte	9	40,52	364,68
+ Depreciação				
Paiol e equipamentos	m ²	96	16,84	161,67*
Custo total anual da fenação				526,35
Custo estimado por t. de feno**				58,50

* Considerou-se 1/10 do valor total para efeitos de depreciação anual, uma vez que a vida útil do paiol e equipamentos foi estimada em 10 anos.

** Supondo-se uma produção média de 9 t de ms/ha/ano.

culado como sendo aproximadamente 100% do rendimento de matéria seca (Tabela 1) pela seguinte razão: 1 kg de matéria seca é equivalente a 1,17 kg de feno (17% umidade). Considerando-se perdas de 15% na confecção e no armazenamento do feno, obtém-se o resultado, por arredondamento, igual a 1 (1,17 x 0,58).

Com base nos preços esperados para calcário, P₂O₅ e feno de alfafa, determinados através de análise estatística, e usando-se os preços médios reais dos últimos três anos (87 a 89) para os demais insumos, efetuou-se então a análise econômica e financeira do experimento em questão. O modelo de programação linear definiu as doses "ótimas" de calcário e P₂O₅ para cada meta de rendimentos relativos estabelecida. As razões para esse procedimento são basicamente as seguintes:

1. Os produtores nem sempre dispõem dos recursos financeiros necessários à aplicação da tecnologia recomendada em seus níveis máximos. Logo, é interessante oferecer alternativas tecnológicas que, embora não proporcionem os melhores resultados técnicos e econômicos por serem de menor custo, tenham maior possibilidade de serem adotadas.

2. Independentemente de se dispor ou não dos recursos financeiros necessários para a adoção da tecnologia em sua plenitude, por questões de risco

pode acontecer que o agricultor prefira uma alternativa tecnológica que exija menos capital, mesmo que para isso tenha que se satisfazer com a perspectiva de obter um resultado técnico e econômico inferior.

Os resultados da avaliação econômica e financeira são mostrados na Tabela 4, onde, para cada meta de rendimentos, estão relacionados os respectivos rendimentos, doses ótimas de calcário e P₂O₅ (residual e de manutenção) custos e receitas totais, além da margem líquida e da taxa de retorno, através dos anos. Numa primeira análise, pelo menos três aspectos se sobressaem:

1. Os resultados econômicos finais, considerando-se os seis anos de experimento, são muito bons, haja vista as altas taxas de retorno e margens líquidas obtidas. Entretanto, no primeiro ano o lucro sempre é negativo, e isso se deve aos elevados gastos com a calagem, que representam aproximadamente 50% dos custos do período. Os gastos com P₂O₅ e KCl, apesar de elevados, são bem menores que os do calcário e mais distribuídos ao longo dos anos.

2. Em vista disso, o retorno do capital investido só começa a superar os custos a partir do terceiro ano. Em outras palavras, requerem-se quase três anos de carência para o investimento, e quanto menor a meta de produtividade, maior o prazo de carência. Isso se deve principalmente à parcela de custos fixos que não se alteram, mesmo quando se diminui a meta de rendimentos e os custos variáveis.

3. Quando se investe em um alfafal, é necessário manejá-lo eficientemente de modo que mantenha o potencial produtivo ao longo dos anos. Os resultados deste estudo demonstram ser economicamente viável manter um alfafal produzindo adequadamente, pelo menos durante seis anos. Menos de três anos é econômica e financeiramente desaconselhável.

É conveniente observar que os dados da Tabela 4 refletem os resultados econômicos e financeiros numa situação de normalidade, isto é, quando a produtividade e os preços dos insumos e produtos forem os esperados. No entanto, na agricultura existe sempre a probabilidade de que esses valores se situem um pouco acima ou abaixo do esperado. Alguns dos fatores do setor agrícola têm

TABELA 4. Doses ótimas de calcário e P_2O_5 para diferentes metas de produtividade da alfafa em um horizonte de seis anos - Resultados obtidos através de programação linear - US\$ (C.Of.).

Meta de produção	Anos	%	Rendimento (kg/ha)	Doses ótimas			Custo total/ha (US\$)	Receita total/ha (US\$)	Margem líquida/ha (US\$)	Retorno %
				Calcário (t./ha)	P_2O_5 res. (kg/ha)	P_2O_5 man. (kg/ha)				
1	60		5.283	12.7	53.9		1.127	451	-676	-60
2	60		7.947			40.7	235	640	405	172
3	60		8.537			40.7	221	648	427	193
4	60		9.881			40.7	209	708	499	239
5	60		7.170			40.7	197	485	287	146
6	60		7.111			40.7	186	453	267	144
Total			45.929	12.7	53.9	203.5	2.175	3.385	1.210	56
1	70		6.164	14.5	30.5		1.192	526	-666	-56
2	70		9.272			62.3	260	746	486	187
3	70		9.960			62.3	246	756	511	208
4	70		11.528			62.3	232	826	594	256
5	70		8.416			62.3	219	569	350	160
6	70		8.296			62.3	206	529	323	156
Total			53.636	14.5	30.5	311.5	2.355	3.952	1.598	68
1	80		7.044	17.8	48.9		1.354	601	-753	-56
2	80		10.596			65.8	272	853	581	213
3	80		11.382			65.8	257	864	608	237
4	80		13.174			65.8	242	944	702	290
5	80		9.286			65.8	228	628	399	175
6	80		9.481			65.8	216	605	389	180
Total			60.963	17.8	48.9	329	2.569	4.494	1.926	75
1	90		7.925	21.6	78.3		1.545	676	-869	-56
2	90		11.921			65	280	960	679	242
3	90		12.806			65	265	973	708	268
4	90		14.821			65	250	1.062	812	325
5	90		10.069			65	235	681	445	189
6	90		10.666			65	222	680	458	206
Total			68.208	21.6	78.3	325	2.797	5.031	2.233	80
1	100		8.582	24	104.8		1.676	732	-944	-56
2	100		13.171			112.6	326	1.060	734	225
3	100		14.189			112.6	308	1.078	770	250
4	100		16.059			112.6	290	1.151	860	296
5	100		11.364			112.6	270	768	498	185
6	100		11.851			112.6	258	756	497	192
Total			75.216	24	104.8	563	3.128	5.544	2.416	77

como característica própria esta possibilidade de grandes variações.

Tradicionalmente, os preços e as condições climáticas se constituem as duas maiores fontes de incerteza na agricultura. Por essa razão, um eficiente sistema de informações é essencial na tomada de decisão. A acumulação de conhecimento rele-

vante a respeito de um problema reduz consideravelmente o grau de incerteza, de modo que decisões podem ser tomadas de forma mais consciente. Nesse sentido, foi realizada uma análise de sensibilidade, objetivando estudar a variação nos resultados decorrente de diferentes condições de clima e preços.

Análise de sensibilidade

O objetivo principal desta seção é proporcionar maior quantidade e qualidade de informações a respeito da variabilidade nos resultados técnicos e econômicos, em função de variações em alguns dos parâmetros considerados mais importantes, notadamente os preços. Por meio de uma melhor avaliação dos principais fatores de risco relacionados com o investimento, espera-se diminuir o grau de incerteza em relação à tomada de decisão.

Com a intenção de se estimar quais os preços mais prováveis do calcário, P_2O_5 e feno de alfafa, assim como as respectivas probabilidades de ocorrência, efetuou-se uma análise de mercado baseada em séries históricas de preços regionais. Com relação ao calcário e P_2O_5 , tomou-se como fonte de informações um levantamento mensal de preços pagos pelos produtores, realizado pela ACARESC (Associação de Crédito e Assistência Técnica do Estado de Santa Catarina), entre os anos de 1972 e 1988. No caso da alfafa, utilizaram-se os preços recebidos mensalmente pelos agricultores, junto às cooperativas que comercializam feno na região, durante os anos de 1984 a 1989. Com base nesses dados, realizou-se uma análise estatística, visando a determinar quais os preços esperados (mais prováveis) e as probabilidades de ocorrência, assim como as variações em torno desses valores (identificando-se preços altos e baixos). Os resultados estão ilustrados na Tabela 5.

A análise estatística mostrou, entre outros fatores, que o preço do feno da alfafa é o valor que possui a maior amplitude de variação, ao longo dos anos. Além disso, em alguns meses do ano (de maio a outubro) existe uma tendência de o preço do feno subir, provavelmente em função do aumento da demanda, embora as maiores variações ocorram entre anos. Esse fenômeno pode ser explicado possivelmente pelo comportamento variável dos produtos substitutos, como a soja, o azevém e a aveia, entre outros. Quando essas alternativas alimentares se tornam escassas e/ou extremamente caras, a tendência é que os preços do feno de alfafa sejam pressionados para cima, e vice-versa.

Por outro lado, os preços reais do calcário e do fósforo não têm apresentado grandes oscilações ao

TABELA 5. Estimativa dos valores e probabilidades de ocorrência de diferentes níveis de preços do feno de alfafa, calcário e P_2O_5 , em função de séries históricas* - US\$ (câmbio oficial).

Itens	Feno de alfafa		Calcário		P_2O_5	
	Valor US\$/t.	Prob. %	Valor US\$/t.	Prob. %	Valor US\$/kg	Prob. %
Baixo	40.4	16	35.86	29	0.67	24
Esperado	85.3	66	41.57	43	0.81	42
Alto	130.2	18	44.46	28	0.99	34

Obs.: Nos preços da alfafa estão descontados os custos de colheita e confecção do feno, assim como as perdas de armazenagem.

Os preços do calcário incluem os custos de transporte e distribuição, e já foram corrigidos para o equivalente a 100% PRNT (considerando-se o calcário comercial com uma média de 70% PRNT).

* - Calcário e P_2O_5 - 18 anos (1972 a 1989)
Feno de alfafa - 6 anos (1984 a 1989)

longo dos anos. Em relação a estes dois insumos, a série histórica demonstra duas tendências interessantes. Primeiro, existe uma forte correlação entre os preços reais do calcário e do P_2O_5 (coeficiente de correlação 71%). Em outras palavras, é de se esperar que quando o preço de um destes insumos está alto, o do outro também estará, e vice-versa. Segundo, ambos os insumos demonstram uma tendência de diminuição de preços reais nos últimos anos.

É inquestionável que a informação se constitui um dos mais importantes recursos para a tomada de decisão. No momento de decidir se vale a pena ou não investir na produção de alfafa e que nível tecnológico é o mais adequado às suas condições e objetivos, o produtor conhece o valor de algumas variáveis importantes, como os preços do calcário e P_2O_5 . Por outro lado, o comportamento dos fatores climáticos, que influenciam a produção, é desconhecido e incerto, assim como o valor do produto a ser vendido, (no caso, feno de alfafa).

A primeira questão a ser analisada por meio da análise de sensibilidade é verificar se, uma vez que os preços do calcário e P_2O_5 são conhecidos na hora da tomada de decisão, caso a relação dos preços entre estes insumos seja diferente da esperada, as doses "ótimas" de calcário e P_2O_5 se modificarão ou não. Em vista disso, avaliou-se o impacto nas estratégias de calagem e adubação fosfa-

tada, assim como nos resultados econômicos, em função de quatro diferentes relações de preços entre o calcário e P_2O_5 :

$$\text{Relação 1: } \frac{\text{preço calcário baixo}}{\text{preço } P_2O_5 \text{ alto}}$$

$$\text{Relação 2: } \frac{\text{preço calcário alto}}{\text{preço } P_2O_5 \text{ baixo}}$$

$$\text{Relação 3: } \frac{\text{preço calcário baixo}}{\text{preço } P_2O_5 \text{ baixo}}$$

$$\text{Relação 4: } \frac{\text{preço calcário alto}}{\text{preço } P_2O_5 \text{ alto}}$$

Os demais fatores (produtividade, preço do feno da alfafa e preço dos outros insumos) foram mantidos em seus valores mais prováveis. Os preços alto e baixo do calcário e P_2O_5 são os da Tabela 5. Em síntese, os resultados demonstraram serem relevantes os seguintes aspectos:

1. A variação na relação de preços entre o calcário e P_2O_5 não influencia significativamente as estratégias ótimas de calagem e adubação fosfatada. Na situação 1 (preço do calcário baixo e P_2O_5 alto), o modelo de programação linear definiu uma redução de 50% no fósforo de manutenção e um aumento de 15% no fósforo residual, mas isso somente para a meta de 100% de rendimentos. Nos demais níveis (60, 70, 80 e 90%), não houve mudanças nas doses ótimas, e nas outras situações (relação de preços 2, 3 e 4) ocorreram pequenas modificações apenas nos níveis de 80 e 90% de rendimentos.

2. Como era de se esperar, na situação de preços baixos tanto para o P_2O_5 quanto para o calcário (relação 3), os resultados econômicos foram superiores aos da Tabela 4 (com preços esperados). Obviamente, quando os preços de ambos os insumos estão altos (relação 4), os resultados econômicos se invertem. Nas situações de preço alto de um insumo e de preço baixo de outro (relações 1 e 2), não ocorreram modificações significativas nos resultados econômicos.

Essa pouca variabilidade (tanto nas doses

"ótimas" de calagem e adubação fosfatada, quanto nos resultados econômicos), em função da modificação na relação de preços entre o calcário e P_2O_5 , reflete a estabilidade das estratégias determinadas em condições de preços esperados. Isso por que a amplitude de variação nos preços destes dois insumos não é tão grande a ponto de modificar significativamente os resultados, tendo em vista sua forte complementariedade e alta produtividade marginal.

A segunda questão a ser avaliada através da análise de sensibilidade é a variabilidade nos resultados econômicos, provocada pela variação dos parâmetros desconhecidos na hora da tomada de decisão, particularmente o preço do feno e o rendimento (que varia sobretudo em função do clima). Em outras palavras, como o agricultor não tem como prever o valor desses fatores no momento de decidir, ele toma a decisão baseando-se na ocorrência dos valores mais prováveis, levando em conta também informações sobre a modificação nos resultados, caso os valores mais prováveis sejam diferentes do esperado. Com isso, o produtor tem uma idéia do risco de cada estratégia, podendo decidir mais conscientemente. As principais conclusões resultantes do impacto nos resultados econômicos em função de variações nos preços dos insumos e rendimentos, são as seguintes:

1. O preço do feno de alfafa, que varia significativamente ao longo dos meses, é o parâmetro que mais influencia os resultados econômicos.

2. A variação no rendimento médio ao longo dos anos também influencia significativamente os resultados econômicos.

3. A variabilidade nos preços do calcário e P_2O_5 não exerce influência significativa nos resultados econômicos, principalmente devido à pequena amplitude de variação determinada pela análise estatística (Tabela 5).

4. A estratégia menos arriscada é a relacionada com a meta de 90% de rendimentos. Se todos os fatores forem desfavoráveis (clima e preços), perde-se menos neste nível.

5. O preço líquido mais provável para o feno de alfafa não se revela muito atraente para o produtor, uma vez que os custos da fenação são altos. Em vista disso, sugere-se pesquisas visando à geração de tecnologias que reduzam estes custos,

além de estudos envolvendo o uso da alfafa sob pastejo.

Finalmente, é conveniente lembrar que, uma vez que esta análise se refere a um horizonte de 6 anos, é pouco provável que tanto preços como rendimentos, na média dos anos, sejam muito diferentes do esperado. Caso em um determinado ano os preços estejam baixos, no outro é de se esperar que subam, e vice-versa. No caso dos rendimentos, os próprios resultados biológicos refletem essas variações, uma vez que, ao longo dos anos, podem-se identificar os anos ruins (o quinto, por exemplo) e os anos bons (como o quarto). Dessa forma, os resultados econômicos na média dos anos provavelmente não serão muito diferentes daqueles da Tabela 4.

CONCLUSÕES

1. Os resultados deste estudo revelam ser economicamente viável produzir alfafa nos solos ácidos e com baixo disponibilidade de fósforo do Planalto Catarinense, considerando as altas taxas de retorno e margens líquidas. Isso é particularmente relevante quando se considera que a análise se refere a um horizonte de seis anos, refletindo, portanto, todas as variações (de preços e de rendimentos), ocorridas ao longo do tempo.

2. Entretanto, devido principalmente aos elevados gastos com a calagem (além dos custos da semente, do KCl e P_2O_5 na base), no primeiro ano as despesas são sempre bem maiores que as receitas. Em vista disso, a receita acumulada só começa a superar os custos a partir do terceiro ano.

3. Devido a este período de carência de quase três anos, existe um alto risco financeiro relacionado com o investimento. Logo, quando se decide investir em um alfafal, torna-se necessário manejá-lo eficientemente de modo que mantenha o potencial produtivo ao longo dos anos (no mínimo três).

4. A análise de sensibilidade demonstrou que o preço do feno de alfafa, que varia significativamente ao longo do tempo, é o fator que mais influencia os resultados econômicos, seguido da variação no rendimento decorrente sobretudo de fatores climáticos. Por outro lado, a pouca

variabilidade determinada pela análise estatística nos preços do calcário e P_2O_5 não influencia significativamente os resultados econômicos. Em termos de risco, a melhor estratégia é a relacionada com a meta de 90% de rendimentos. Caso todos os fatores sejam desfavoráveis, perde-se menos neste nível.

5. Considerando-se os elevados gastos com o processo de fenação, sugere-se pesquisas visando à geração de tecnologias que reduzam estes custos, além de estudos envolvendo o uso da alfafa sob pastejo.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1987/ 1988. Rio de Janeiro, n.48, p.331, 1988.
- BICKOFF, E.M.; KOHLER, G.O.; SMITH, D. Chemical composition of herbage. In: HANSON, C.H. *Alfafa science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, 1972. Cap. 12, p.247-278.
- DENT, J.B.; HARRISON, S.R.; WOODFORD, K.B. *Farm Planning With Linear Programming: Concept and Practice*. London: ed. Butterworths, 1986. 209p.
- GITTINGER, J.P. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. London: The John Hopkins University Press, 1982. 506p.
- LANZER, E.A. *Programação Linear: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: IPEA, 1982. 258p.
- MILFORD, R. Nutritive values and chemical composition of seven tropical legumes and lucerne grown in subtropical Southeast Queensland. *Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry*, v.7, p.540-545, 1967.
- MISHAN, E.J. *Análise de custos-benefícios: uma introdução informal*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- PEARCE, D.W. *Cost-Benefit Analysis*. London: The Macmillan Press, 1983. 112p.
- Pesq. agropec. bras., Brasília, v.28, n.10, p.1109-1119, out. 1993