

BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO OU SUCESSÃO DE CULTURAS,
ENVOLVENDO CEVADA E SOJA, EM PLANTIO DIRETO

Henrique Pereira dos Santos

Erlei Melo Reis

Objetivos

Avaliar o balanço energético de sistemas de rotação ou sucessão de culturas, envolvendo cevada e soja, em plantio direto.

Metodologia

O ensaio foi realizado na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava, PR, durante os anos de 1984 a 1988, em solo classificado como Associação Latossolo Bruno Álico + Cambissolo (Tabela 1).

Os tratamentos constaram de quatro sistemas de rotação de culturas para cevada: 1) monocultura; 2) rotação, com um inverno sem cevada; 3) rotação, com dois invernos sem cevada; 4) rotação, com três invernos sem cevada. No verão, a área experimental foi cultivada com milho e com soja de acordo com o sistema previsto (Tabela 2).

Na conversão dos sistemas de rotação de culturas para cevada em unidades energéticas foi utilizado um índice. O índice referido divide o rendimento de grãos de cada espécie em estudo pela energia cultural, representada pelo uso de insumos e pelas atividades de operações realizadas nos sistemas, transformados em calorias. Este

índice é denominado "produtividade cultural". O resultado é dado em kg/kcal.

$$\text{Produtividade cultural} = \frac{\text{rendimento de grãos (kg/ha)}}{\text{energia cultural (calorias/ha)} \times 1.000}$$

A energia cultural é a energia gasta na obtenção de um bem ou serviço. Exemplo: a energia gasta para se obter um (1) kg de uréia é 6.917 kcal ou a energia gasta para se aplicar um fungicida é 2.356 kcal, por hora. Desta maneira, o total de kcal é uma função da quantidade ou do número de horas utilizadas nas operações de campo. Como os valores da produtividade cultural foram relativamente baixos, os dados foram transformados em Mcal (kcal x 1.000).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. O tamanho da área total da parcela foi de 10 m de comprimento por 6 m de largura (60 m²). Foram feitas análises de variância individual e conjunta para as características estudadas. As médias foram comparadas entre si pela aplicação do teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Resultados

Os rendimentos de grãos de aveia, de cevada, de linho, de milho e de soja, obtidos no período de 1984 a 1988, nos diversos sistemas de rotação de culturas para cevada, podem ser observados na Tabela 3. A partir dos rendimentos de grãos e das quantidades dos insumos ou das horas utilizadas para as operações de campo, foi estimada a produtividade cultural das espécies em estudo (Tabela 4).

Considerando-se o balanço energético dos quatro sistemas de rotação de culturas para cevada, houve diferenças entre as médias individuais para dois invernos (1986 e 1987) e entre a média conjunta dos dados para produtividade cultural (Tabela 5). Na análise conjunta dos dados, a monocultura cevada/soja apresentou o menor índice energético de produtividade cultural (1,59 kg/Mcal), comparada à cevada/soja em rotação por um (1,71 kg/Mcal), por dois (1,68 kg/Mcal) e por três invernos (1,72 kg/Mcal). Deve-se destacar que cada unidade de Mcal investida na cevada e na soja, em rotação, rendeu mais que em monocultura.

Levando-se em conta as culturas de aveia, de cevada, de linho e de soja, notou-se diferença entre as médias individuais de produtividade cultural para todos os plantios de inverno, para a maioria dos plantios de verão (1985, 1987 e 1988) e para a média conjunta dos dados (Tabela 6). Neste caso, o sistema linho/soja mostrou menor índice de produtividade cultural, comparado aos quatro sistemas de rotação para cevada/soja e ao sistema para aveia/soja. Desta forma, e em função do baixo desempenho, o sistema para linho/soja teve menor aproveitamento energético do que os quatro sistemas de rotação para cevada e do que o sistema para aveia/soja.

Tabela 1. Valores médios de pH, de alumínio, de cálcio + magnésio, de fósforo, de potássio e de matéria orgânica do solo, em diferentes anos e após as culturas de inverno e de verão

Análise do solo	Ano									
	1984		1985		1986		1987		1988	
	In ¹	Ve ²	In	Ve	In	Ve	In	Ve	In	Ve
pH em água 1:1	5,2	5,1	5,2	5,2	5,3	5,2	5,1	5,2	5,5	5,2
Al trocável (me/100g solo)	0,25	0,89	0,29	0,32	0,29	0,35	0,32	0,41	0,68	0,71
Ca+Mg trocáveis (me/100g solo)	7,90	5,83	7,88	7,69	7,40	7,13	9,85	7,83	7,23	7,27
P extraível (ppm)	4,9	3,4	6,1	5,2	8,1	7,8	8,1	8,9	5,5	7,3
K trocável (ppm)	90	71	94	124	125	149	134	151	137	137
M.O. (%)	6,5	6,7	6,6	6,8	6,6	6,5	6,8	6,7	7,1	6,8

¹In: inverno e ²Ve: verão.

Tabela 2. Sistemas de rotação de culturas para cevada, com espécies de inverno e de verão, em plantio direto, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993.

Sistema de rotação	Ano				
	1984	1985	1986	1987	1988
Monocultura de cevada	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S
Rotação, com um inverno sem cevada	C/S	E/M	C/S	E/M	C/S
	E/M	C/S	E/M	C/S	E/M
Rotação, com dois invernos sem cevada	C/S	L/S	E/M	C/S	L/S
	L/S	E/M	C/S	L/S	E/M
	E/M	C/S	L/S	E/M	C/S
Rotação, com três invernos sem cevada	C/S	L/S	A/S	E/M	C/S
	L/S	A/S	E/M	C/S	L/S
	A/S	E/M	C/S	L/S	A/S
	E/M	C/S	L/S	A/S	E/M

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, L: linho, M: milho e S: soja.

Tabela 3. Efeitos de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos (kg/ha) de espécies de inverno e de verão, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993

										Ano				
										1984	1985	1986	1987	1988
----- kg/ha -----														
Monocultura de cevada														
Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja			
2.290	3.054	2.636	2.952	2.199	2.201	3.039	1.898	1.480	2.775					
Rotação, com um inverno sem cevada														
Cevada	Soja	Erv. ¹	Milho	Cevada	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Cevada	Soja			
2.479	3.037	*	6.898	2.709	2.388	*	5.340	1.870	2.951					
Erv.	Milho	Cevada	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Erv.	Milho					
*	7.564	2.945	2.960	*	7.873	3.108	2.064	*	6.927					
Rotação, com dois invernos sem cevada														
Cevada	Soja	Linho	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Cevada	Soja			
2.434	3.069	925	2.480	*	8.654	2.978	2.006	1.371	2.460					
Linho	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Erv.	Milho					
1.071	3.043	*	6.450	2.021	2.442	1.339	1.867	*	7.669					
Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja					
*	7.607	3.094	3.043	641	2.479	*	5.115	1.850	2.973					
Rotação, com três invernos sem cevada														
Cevada	Soja	Linho	Soja	Aveia	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Cevada	Soja			
2.480	3.145	1.001	2.764	1.326	2.451	*	5.884	1.808	3.111					
Linho	Soja	Aveia	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja					
1.197	3.194	2.605	3.020	*	8.981	3.392	2.085	1.501	2.590					
Aveia	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Aveia	Soja					
2.296	2.875	*	5.697	2.416	2.257	1.371	1.705	1.406	2.618					
Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Aveia	Soja	Erv.	Milho					
*	7.553	2.894	2.977	487	2.553	3.463	1.681	*	6.505					

¹ Erv.: ervilhaca.

* cultura para cobertura do solo, no inverno, e para adubação verde, no verão.

Tabela 4. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de espécies de inverno e de verão, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993.

Ano									
1984		1985		1986		1987		1988	
----- kg/Mcal -----									
Monocultura de cevada									
Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja	Cevada	Soja
0,75	2,54	1,51	2,07	1,39	1,44	1,73	1,52	0,85	2,09

Rotação, com um inverno sem cevada									
Cevada	Soja	Erv. ¹	Milho	Cevada	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja
0,81	2,53	-	3,13	1,71	1,56	-	2,30	1,08	2,22
Erv.	Milho	Cevada	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Erv.	Milho
-	2,06	1,71	2,07	-	3,59	1,78	1,65	-	2,92

Rotação, com dois invernos sem cevada									
Cevada	Soja	Linho	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja
0,80	2,56	0,70	1,73	-	3,73	1,70	1,61	0,95	1,85
Linho	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Erv.	Milho
0,36	2,54	-	2,92	1,29	1,59	1,00	1,50	-	3,24
Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja
-	2,08	1,80	2,13	0,43	1,62	-	2,21	1,06	2,24

Rotação, com três invernos sem cevada									
Cevada	Soja	Linho	Soja	Aveia	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja
0,81	2,62	0,76	1,94	0,85	1,60	-	2,54	1,04	2,34
Linho	Soja	Aveia	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja
0,40	2,66	1,90	2,12	-	3,87	1,94	1,68	1,04	1,95
Aveia	Soja	Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Aveia	Soja
0,76	2,39	-	2,58	1,54	1,47	1,03	1,36	0,94	1,97
Erv.	Milho	Cevada	Soja	Linho	Soja	Aveia	Soja	Erv.	Milho
-	2,06	1,68	2,09	0,32	1,66	2,47	1,35	-	2,74

¹ Erv.: ervilhaca.

Tabela 5. Efeitos de sistemas de rotação na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de cevada e de soja, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993.

Ano										
1984		1985		1986		1987		1988		Média
----- kg/Mcal -----										
Monocultura de cevada										
Ceva ¹	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,75	2,54	1,51	2,07	1,39bc	1,44	1,73b	1,52	0,85	2,09	1,59b
Rotação, com um inverno sem cevada										
Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,81	2,53	1,71	2,07	1,71a	1,56	1,78b	1,65	1,08	2,22	1,71a
Rotação, com dois invernos sem cevada										
Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,80	2,56	1,80	2,13	1,29c	1,59	1,70b	1,61	1,06	2,24	1,68a
Rotação, com três invernos sem cevada										
Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,81	2,62	1,68	2,09	1,54ab	1,47	1,94a	1,68	1,04	2,34	1,72a
Média										
0,79	2,56	1,67	2,09	1,48	1,51	1,78	1,62	1,01	2,23	1,68
C.V. (%)										
5,75	6,59	8,55	3,92	9,01	10,89	4,76	7,29	10,92	5,88	-
F tratamentos										
1,7ns	0,2ns	2,8ns	0,4ns	7,7**	0,8ns	6,3*	1,4ns	3,7ns	2,6ns	5,6**

¹ Ceva: cevada.

Médias seguidas da mesma letra na vertical não apresentam diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo.

*: nível de significância de 5 %.

** : nível de significância de 1 %.

Tabela 6. Efeitos de sistemas de rotação na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de aveia, de cevada e de linho, no inverno, e de soja, no verão, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPQ, Passo Fundo, RS, 1993.

Ano										Média
1984		1985		1986		1987		1988		
----- kg/Mcal -----										
Monocultura de cevada										
Ceva ¹	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,75 a	2,54	1,51 b	2,07 ab	1,39 bc	1,44	1,73 c	1,52 bc	0,85 b	2,09 bc	1,59 a
Rotação, com um inverno sem cevada										
Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,81 a	2,53	1,71 ab	2,07 ab	1,71 a	1,56	1,78 c	1,65 ab	1,08 a	2,22 ab	1,71 a
Rotação, com dois invernos sem cevada										
Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,80 a	2,56	1,80 ab	2,13a	1,29 c	1,59	1,70 c	1,61 abc	1,06 a	2,24 ab	1,68 a
Linho	Soja	Linho	Soja	Linho	Soja	Linho	Soja	Linho	Soja	
0,36 b	2,54	0,70 c	1,73 c	0,43 e	1,62	1,00 d	1,50 cd	0,95 ab	1,85 d	1,27 b
Rotação, com três invernos sem cevada										
Aveia	Soja	Aveia	Soja	Aveia	Soja	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
0,76 a	2,39	1,90 a	2,12 a	0,85 d	1,60	2,47 a	1,35 e	0,94 ab	1,97 cd	1,64 a
Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	Ceva	Soja	
0,81 a	2,62	1,68 ab	2,09 ab	1,54 ab	1,47	1,94 b	1,68 a	1,04 a	2,34 a	1,72 a
Linho	Soja	Linho	Soja	Linho	Soja	Linho	Soja	Linho	Soja	
0,40 b	2,66	0,76 c	1,94 b	0,32 e	1,66	1,03 d	1,36 de	1,04 a	1,95 cd	1,31 b
Média										
0,67	2,55	1,44	2,02	1,07	1,56	1,66	1,52	0,99	2,10	1,56
C.V. (%)										
9,49	6,01	13,75	5,55	15,57	8,10	4,56	6,14	9,89	6,54	-
F tratamentos										
39**	1,2ns	25**	6,3**	42**	1,7ns	184**	8,1**	2,8**	6,9**	5,6**

¹ Ceva: cevada.

Médias seguidas da mesma letra na vertical não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

** : nível de significância de 1 %.

ns: não significativo.