

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

Henrique Pereira dos Santos

Antonio Luiz Fancelli

Erlei Melo Reis

**Objetivo**

Determinar o balanço energético dos sistemas de rotação ou sucessão de culturas, envolvendo trigo e soja, visando a determinação do nível de conversão de energia na produção de grãos.

**Metodologia**

O presente estudo foi desenvolvido no período compreendido pelos anos de 1990 a 1992, como parte de um ensaio instalado desde 1984, em área da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava, PR, em solo classificado como Associação Bruno Álico + Cambissolo (Tabela 1).

Os tratamentos constaram de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo: 1) monocultura; 2) rotação, sendo um inverno sem trigo; 3) rotação, sendo dois invernos sem trigo; 4) rotação, sendo três invernos sem trigo. No verão, a área experimental foi cultivada com milho ou com soja (Tabela 2). As cultivares das diversas espécies utilizadas no experimento foram as seguintes: aveia UPF 7 (1990) e UPF 5 (1991), cevada Antartica 5 (1990) e BR 2 (1991), milho híbrido

Pionner (1990 e 1991), soja IAS 5 (1990 e 1991) e trigo BR 23 (1990 e 1991).

Na conversão dos sistemas de rotação de culturas para trigo em unidades energéticas foi utilizado um índice. O índice referido corresponde ao quociente do rendimento de grãos, de cada espécie em estudo, pela energia cultural, representada pelo uso de insumos e pelas atividades de operações realizadas no sistema. Este índice é denominado de "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 adotado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizadas parcelas com 10 m de comprimento e 6 m de largura. Foi realizada a análise de variância individual e conjunta dos dados 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 da aveia, da cevada, do milho, da soja e do trigo, obtidos no período de 1990 e 1991, nos diversos sistemas de rotação de culturas para trigo, podem ser observados na Tabela 3. A partir dos rendimentos de grãos e das quantidades dos insumos ou das horas utilizados para as operações de campo, foi estimada a produtividade cultural das espécies em estudo (Tabela 4).

O balanço energético dos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, no inverno, e para soja, no verão, estão apresentados na Tabela 5. Pela análise desta tabela, verificaram-se diferenças significativas entre as médias para a produtividade cultural no inverno de 1990. O trigo em monocultura mostrou menores índices energéticos de produtividade cultural (1,935 kg/Mcal) do que em rotação por um (2,200 kg/Mcal), por dois (2,240 kg/Mcal) ou por três invernos (2,251 kg/Mcal). Isto indica que, no inverno de 1990, cada unidade de Mcal investida nos sistemas de um, de dois ou de três anos de rotação de culturas para trigo rendeu mais do que na monocultura. Assim, neste ano, a rotação de culturas estabilizou os sistemas para trigo. Na média geral, porém, a diferença não foi significativa.

Considerando a aveia, a cevada, o trigo e a soja, que compõem alguns dos sistemas de rotação de culturas para trigo em plantio direto, notaram-se diferenças entre as médias para produtividade cultural, nos invernos de 1990 e 1991 (Tabela 6). A cultura da cevada, em 1990, foi a que apresentou menor índice de produtividade cultural, correspondente a 1,422 kg/Mcal, indicando que, em função do seu baixo rendimento de grãos, teve menor aproveitamento energético do que os tratamentos com trigo e com aveia, no mesmo período

agrícola. Em 1991, dois tratamentos com aveia mostraram os menores índices de produtividade cultural, em comparação aos tratamentos com cevada e com trigo. Neste caso, a cevada, em 1990, e alguns tratamentos com aveia, em 1991, apresentaram rendimentos de grãos relativamente baixos, em comparação ao seu potencial de produção, o que justifica a baixa produtividade cultural. Por outro lado, o comportamento da soja foi independente dos sistemas de rotação de culturas, tanto de inverno como de verão. O rendimento de grãos e, conseqüentemente, a produtividade cultural desta leguminosa, foi uniforme, dentro de cada período de estudo. Desta forma, a soja diluiu os efeitos dos diversos sistemas de rotação de inverno, estabilizando a produtividade cultural por eles apresentada. Assim, a soja mostrou ser uma espécie eficiente e estável energeticamente.

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. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993

Análise do solo	Ano			
	1990		1991	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
pH em água 1:1	5,9	6,0	6,1	5,9
Al trocável (me/100g de solo)	0,06	0,00	0,00	0,00
Ca + Mg trocáveis (me/100g de solo)	14,89	17,17	15,41	14,39
P extraível (ppm)	5,5	5,2	4,5	6,1
K trocável (ppm)	148	170	175	144
Matéria orgânica (%)	7,0	7,2	7,7	5,6

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

Sistema de rotação	Ano							
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Monocultura de trigo	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S
Rotação, sendo um inverno sem trigo	T/S E/M	E/M T/S	T/S E/M	E/M T/S	T/S E/M	E/M T/S	T/S A/S	A/S T/S
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	T/S L/S E/M	L/S E/M T/S	E/M T/S L/S	T/S L/S E/M	L/S E/M T/S	E/M T/S L/S	T/S E/M A/S	E/M A/S T/S
Rotação, sendo três invernos sem trigo	T/S A/S C/S Tr/M	A/S C/S Tr/M T/S	C/S Tr/M T/S A/S	Tr/M T/S A/S C/S	T/S A/S C/S Tr/M	A/S C/S Se/M T/S	C/S A/S T/S E/M	A/S T/S E/M C/S

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, L: linho, M: milho, Se: serradela, S: soja, Tr: tremoço e T: trigo.

Tabela 3. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos (kg/ha) de aveia, de cevada, de milho, de soja e de trigo, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993

Sistema de rotação	Ano			
	1990/1991		1991/1992	
	inverno	verão	inverno	verão
	----- kg/ha -----			
Monocultura de trigo	Trigo 3.152	Soja 3.996	Trigo 3.814	Soja 3.046
Rotação, sendo um inverno sem trigo	Trigo 3.583	Soja 4.085	Aveia 3.232	Soja 3.210
	Aveia 2.703	Soja 4.120	Trigo 3.973	Soja 3.051
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	Trigo 3.650	Soja 4.081	Erv. <sup>1</sup> *	Milho 8.164
	Erv. *	Milho 3.238	Aveia 2.697	Soja 3.093
	Aveia 2.920	Soja 4.026	Trigo 4.161	Soja 3.089
Rotação, sendo três invernos sem trigo	Cevada 2.413	Soja 4.021	Aveia 3.069	Soja 2.900
	Aveia 2.878	Soja 4.073	Trigo 3.907	Soja 3.031
	Trigo 3.666	Soja 3.983	Erv. *	Milho 8.110
	Erv. *	Milho 3.416	Cevada 3.936	Soja 3.322

<sup>1</sup> Erv.: ervilhaca

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

Tabela 4. Efeito de sistemas de rotação de culturas na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de aveia, de cevada, de milho, de soja e de trigo, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993

Sistema de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	----- kg/Mcal -----				
Monocultura de trigo	Trigo 1,935	Soja 3,037	Trigo 2,688	Soja 2,311	2,493
Rotação, sendo um inverno sem trigo	Trigo 2,200	Soja 3,104	Aveia 2,641	Soja 2,440	
	Aveia 1,836	Soja 3,131	Trigo 2,800	Soja 2,319	2,559
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	Trigo 2,240	Soja 3,101	Erv. <sup>1</sup> -	Milho 3,745	
	Erv. -	Milho 1,440	Aveia 2,204	Soja 2,351	
	Aveia 1,983	Soja 3,059	Trigo 2,932	Soja 2,348	2,540
Rotação, sendo três invernos sem trigo	Cevada 1,422	Soja 3,056	Aveia 2,508	Soja 2,204	
	Aveia 1,955	Soja 3,095	Trigo 2,753	Soja 2,304	
	Trigo 2,251	Soja 3,027	Erv. -	Milho 3,721	
	Erv. -	Milho 1,519	Cevada 2,862	Soja 2,526	2,515

<sup>1</sup> Erv.: ervilhaca.

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

Sistema de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
----- kg/Mcal -----					
Monocultura de trigo	Trigo 1,935b	Soja 3,037	Trigo 2,688	Soja 2,311	2,493
Rotação, sendo um inverno sem trigo	Trigo 2,200a	Soja 3,104	Trigo 2,800	Soja 2,319	2,606
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	Trigo 2,240a	Soja 3,101	Trigo 2,932	Soja 2,348	2,655
Rotação, sendo três invernos sem trigo	Trigo 2,251a	Soja 3,027	Trigo 2,753	Soja 2,304	2,584
Média	2,157	3,067	2,793	2,320	2,585
C.V. (%)	5,52	3,36	6,86	4,74	-
F de tratamentos	6,31*	0,64	1,17ns	0,13ns	3,30ns

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 5 %.

ns: não significativo.

Tabela 6. Efeito de sistemas de rotação de culturas na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de aveia, de cevada, de soja e de trigo, em Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, 1993

Sistema de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
----- kg/Mcal -----					
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	1,935ab	3,037	2,688ab	2,311	2,493
Rotação, sendo um inverno sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	1,836b	3,131	2,641ab	2,440	2,512
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	2,200ab	3,104	2,800ab	2,319	2,606
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	1,983ab	3,059	2,204c	2,351	2,399
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	2,240a	3,101	2,932a	2,348	2,655
Rotação, sendo três invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	1,955ab	3,095	2,508bc	2,204	2,441
	Cevada	Soja	Cevada	Soja	
	1,422c	3,056	2,862a	2,526	2,466
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	2,251a	3,027	2,753ab	2,304	2,584
Média	1,978	3,076	2,674	2,350	2,520
C.V. (%)	13,78	3,91	7,86	5,35	-
F de tratamentos	4,03**	0,36ns	4,85**	2,33ns	0,85ns

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.