

Análise de risco em sistemas de produção agrícola

Uma abordagem heurística

Eliseu Alves¹
Geraldo da Silva e Souza¹
Antônio Jorge de Oliveira¹

Resumo: Com base em um argumento probabilístico-heurístico na especificação da distribuição da produtividade, e levando-se em conta as expectativas de preço de mercado, caracteriza-se um método de avaliação do risco para sistemas de cultivo. Nesse contexto, são determinados também níveis críticos de produtividade e de preços. A técnica é utilizada na análise de 14 sistemas de cultivo, de práticas modais, levantados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Nesse exercício, os sistemas considerados envolvem a produção de leite e as culturas de arroz, feijão e soja.

Palavras-chave: risco, sistemas de cultivo, preços agrícolas, produtividade.

Introdução

Periodicamente, por intermédio de suas unidades descentralizadas, a Embrapa levanta e armazena, em bases de dados da SGE/Sede, características dos sistemas de produção agrícola em uso, tendo-se em conta locais e regiões de interesse. Faz-se uso de metodologia padronizada para a escolha das regiões, locais de levantamento e o tratamento dos dados relevantes sobre os sistemas de produção investigados. O resultado desse exercício é informação para regiões e locais de interesse sobre a produtividade do sistema de produção, custo de produção (planilha de custos) e preços de mercado. No artigo procura-se adicionar à informação disponível uma componente de risco econômico, levando-se em conta variações estocásticas na produtividade e a evolução da série de preços. A abordagem é heurística no sentido de que não se dispõe de resultados de pesquisa que permitam a caracterização experimental das distribuições de produtivi-

dade envolvidas e de seus parâmetros, menos ainda de uma teoria que guie as hipóteses. A exposição procede como se segue. Primeiramente, define-se a análise do comportamento estatístico das séries de tempo e seu uso na elaboração de classificação de níveis de risco. A seguir, com base na distribuição de probabilidades das produtividades e de níveis de preço potencialmente realizáveis, define-se a classificação em níveis decrescentes de risco e patamares mínimos de operação de produtividades e preços para o sistema de produção. Finalmente, apresenta-se um exemplo de uso da metodologia proposta e a classificação de risco, com os parâmetros respectivos para 14 sistemas de produção.

Séries de preços

As séries cobrem os 12 meses de cada ano, de 1995 a 2005. Trata-se de preços pagos aos

¹ Pesquisadores da Secretaria de Gestão e Estratégica - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Eliseu.Alves@embrapa.br, Geraldo.Souza@embrapa.br e Antonio.Jorge@embrapa.br.

produtores, como publicados pela revista *Agroanalysis* (IPEA-DATA, 2006). Para cada produto de interesse – feijão, arroz, milho, soja e leite, ajustou-se o modelo ARMA, de ordem apropriada, à série de preços correspondente, após sua redução à estacionaridade, via o processo de diferenciação (BROCKWELL; DAVIS, 2003). Com base no modelo ajustado, foram preditos os valores para o período 1995–2005 e os seus limites inferior e superior, no nível de confiança de 95%. Dividiu-se a série original pela predita e buscou-se o resultado mínimo da divisão. O valor mínimo foi multiplicado pelo preço do produto respectivo disponível no sistema de informação da Embrapa, e o resultado denomina-se nível provável. Repetiu-se a operação, agora com o limite superior. O mínimo encontrado foi multiplicado pelo preço do respectivo produto e denominou-se o resultado de nível pessimista. As culturas e os respectivos multiplicadores estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Multiplicadores por produto, níveis provável e pessimista.

Exploração	Nível provável	Nível pessimista
Feijão	0,8288	0,7131
Arroz	0,9137	0,7916
Milho	0,8858	0,7603
Soja	0,8757	0,7034
Leite	0,9430	0,8828

Classes de risco e medidas críticas de produtividade e preços

A produtividade modal do sistema de produção de interesse é obtida pela Embrapa por meio de métodos específicos. Tomou-se essa produtividade como sendo a média de uma distribuição gama (CASELLA; BERGER, 2001) com parâmetros positivos p e λ . A constante p é o parâmetro de localização e o inverso de λ , o parâmetro de escala. A escolha da distribuição gama é heurística, em vista de a informação modal ser obtida por consenso, via entrevistas. Faz-se

mister observar que, a julgar pelas informações disponíveis do IBGE, a maioria das produtividades associadas aos sistemas de produção considerados aqui têm distribuição gama. Outras alternativas, como a distribuição log-normal, por exemplo, mostraram-se menos flexíveis. Por não haver informação sobre o desvio padrão, ele foi tomado como 10% da média, outra consideração heurística. Esse tipo de variabilidade relativa é comum em ensaios controlados e é o que se esperaria em repetições do sistema modal. O coeficiente de variação de gama é o inverso de p e, portanto, $p = 100$ para qualquer sistema de produção. A constante de escala fica determinada pela média, variável para cada sistema de produção. Vale informar, para um coeficiente de escala próximo de dois, a distribuição da produtividade é essencialmente normal pelo Teorema Central do Limite (CASELLA; BERGER, 2001).

Para um dado sistema de produção modal, conhece-se o custo total e o preço de venda do produto². O custo dividido pelo preço dá o nivelamento. Ou seja, a produção por hectare que tão somente cobre o custo. Produtividade menor que ela significa prejuízo.

Com base nos níveis esperados de preços e nas produtividades correspondentes de nivelamento, sugerimos a classificação de risco. A regra de classificação toma como base a posição relativa da produtividade de nivelamento relativamente ao quinto percentil da distribuição gama. A idéia é comum na área de finanças (*value at risk*) e em experimentação agrônômica, na qual o valor probabilístico de 0,05 é comumente utilizado como fronteira para significância. A classificação é simples. Para cada um dos três níveis de preço (1=observado, 2=provável e 3=pessimista), obtém-se a correspondente produtividade de nivelamento τ_i ($i = 1, 2, 3$) e verifica-se, na distribuição gama, a probabilidade de ocorrência δ_i ($i = 1, 2, 3$) de produtividade menor ou igual. O sistema de produção é classificado como inconfiável se $\delta_i \geq 0,05$ para quaisquer dos

² O custo total permanece fixo. A produtividade varia de acordo com a distribuição gama.

preços. É classificado como instável se $\delta_1 < 0,05$ e $\delta_2, \delta_3 \geq 0,05$. É classificado como sob suspeita se $\delta_1, \delta_2 < 0,05$ e $\delta_3 \geq 0,05$. Se $\delta_i < 0,05$ para qualquer i , diremos que o sistema é estável. A Tabela 2 resume a classificação.

Observa-se na Tabela 2 que, uma vez que se obtém $\geq 5\%$ numa coluna, o mesmo ocorrerá com as seguintes, porque o preço que corresponde a uma coluna é maior que o da seguinte: observado $>$ provável $>$ pessimista.

Tabela 2. Classes de risco para um sistema de produção. Base nas probabilidades δ_i ($i = 1, 2, 3$) = Probabilidade (Gama $\leq \tau_i$) dos níveis de nivelamento τ_i correspondentes aos níveis de preços.

Nível de preço observado	Nível de preço provável	Nível pessimista	Classificação
$\geq 5\%$	$\geq 5\%$	$\geq 5\%$	Inconfiável
$< 5\%$	$\geq 5\%$	$\geq 5\%$	Instável
$< 5\%$	$< 5\%$	$\geq 5\%$	Sob suspeita
$< 5\%$	$< 5\%$	$< 5\%$	Estável

Outra informação relevante para a análise do sistema de produção é o que chamamos de nivelamento crítico. Verifica-se na distribuição gama associada ao sistema de produção sob análise que produtividade menor ou igual a w ocorre com 5% de chance. Essa quantidade é o quinto percentil. O preço de nivelamento é o quociente (Custo de produção)/ w .

O tomador de decisão vê a classificação do sistema. O inconfiável não é adotado. O instável pode ser adotado, mas convém comprar um seguro, cujo prêmio é arbitrado em 5% do valor segurado. Sendo segurado R\$ 1.000,00, o prêmio do seguro corresponde a R\$ 50,00. Esse prêmio não é parte do custo e deve ser descontado da receita. O estável ou sob suspeita pode ser adotado sem restrição. O prêmio de seguro para eles corresponde àquele de catástrofe, a ser estabelecido pelo governo.

O menor preço também dá informação muito relevante para a decisão. Como ele é encontrado? Determina-se, na distribuição gama, o 95º percentil h . O menor preço é definido pela

relação (Custo de produção)/ h . Ou seja, ao menor preço, tem-se 95% de probabilidade de ocorrência de uma produtividade que colocará o sistema no vermelho. O menor preço é, assim, o limite inferior para o preço. Portanto, se a expectativa de preços pessimista for inferior ao menor preço, o sistema de produção será inconfiável.

Exemplo

Na Tabela 3, ilustra-se o cálculo das medidas críticas e a determinação da classificação de um sistema de produção para a cultura do feijão, no Município de Castro, PR. O nível de preço observado para essa cultura é de R\$ 60,00 por saco. Utilizando os coeficientes da Tabela 1, obtém-se os níveis de preço provável (R\$ 49,73) e pessimista (R\$42,79). A distribuição gama pertinente a esse sistema de produção fica determinada quando se faz $p=100$ e $p\lambda^{-1} = 40$, que é a média da distribuição. Logo, $\lambda^{-1} = 0,40$.

Os nivelamentos observados para os preços – observado, provável e pessimista – são, respectivamente, 30,19; 36,43 e 42,35 sacos por hectare e são obtidos pela divisão do custo total (R\$ 1.811,35) pelo nível de preço correspondente. Para a variável aleatória X , com distribuição gama e parâmetros $p = 100$ e $\lambda = 2,5$ obtém-se os níveis de probabilidades $\tau_1 = \text{Prob}(X \leq 30,19) = 0,04$, $\tau_2 = \text{Prob}(X \leq 36,43) = 0,19$ e $\tau_3 = \text{Prob}(X \leq 42,34) = 0,73$.

As probabilidades associadas à distribuição gama podem ser obtidas de um pacote estatístico que disponibilize as funções quantílica e de distribuição de probabilidades. Utilizamos o SAS, em que essas funções são $\lambda \times \text{gamainv}(0,05,x)$ e $\text{cdf}(\text{'gamma'}, x, p, \lambda^{-1})$, respectivamente.

O nivelamento crítico w é a solução da equação $\text{Prob}(X \leq w) = 0,05$. Segue que $w = 33,656$ sacos por hectare e o preço de nivelamento correspondente é de R\$ 53,82 (1.811,35/33,656) por saco. Observe que a queda de cerca de 9% do preço observado, para o nível de R\$ 53,82, põe o sistema no vermelho.

Finalmente, o 95º percentil h da distribuição gama é a solução da equação $\text{Prob}(X \leq h) = 0,95$. Tem-se $h=46,799$, e o preço mínimo correspondente é de R\$ 38,71 (1.811,35/46,799) por saco.

Tabela 3. Sistema de produção do feijão em Castro, PR. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $\rho = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,4$.

Item	Anotação
Título	Feijão das águas; plantio direto
Local	Castro, PR
Data da coleta	18/6/2004
Produtividade	40 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.811,35
Preço de venda	R\$ 60,00
Nivelamento crítico	Produtividade=33,565 sacos/hectare; Preço=R\$ 53,82; Prob($X \leq 33,565$) = 0,05 Queda de preço de 10,3% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=30,189 sacos/hectare; Preço=R\$ 60,00; Prob($X \leq 30,189$) = 0,04
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=36,425 sacos/hectare; Preço=R\$ 49,73; Prob($X \leq 36,425$) = 0,19 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=42,335 sacos/hectare; Preço=R\$ 42,79; Prob($X \leq 42,335$) = 0,73 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 38,71; Produtividade=46,799 sacos/hectare Queda de preço de 35,49% relativamente ao observado
Classificação	Instável. Precisa de seguro para ser adotado
Prêmio seguro/R\$ 1.000,00	R\$ 50,00

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Resultados resumidos de 14 sistemas de produção

Apresenta-se na Tabela 4 a classificação de 14 sistemas de produção, sendo nove deles sobre feijão, dois sobre milho e um para cada uma das explorações arroz, leite e soja.

Nenhum deles alcançou a classificação estável. Foram encontrados três sistemas inconfiáveis, todos eles de alto custo total por hectare. Cinco sistemas são instáveis, e o empreendedor precisa de seguro para adotá-los, sendo o prêmio equivalente a 5% do valor

segurado. Os restantes seis sistemas receberam a classificação sob suspeita, sendo muito baixa a probabilidade de ocorrência de um evento desfavorável. Por isso, o empresário pode correr o risco de adotá-los sem a compra de seguro. Ou então, deve-se segurar contra calamidade, ou seja, eventos de probabilidade menor ou igual a um em mil, prêmio a ser estabelecido pelo governo.

As Tabelas 5 a 17 complementam as avaliações dos sistemas resumidos na Tabela 4, com exceção do Feijão do Município de Castro, PR, já avaliado na Tabela 3.

Tabela 4. Avaliação de risco de 14 sistemas de produção.

Lavoura	Local	Custo (R\$/ha)	Tecnologia	Produtividade (sacos/ha)	Classe
Feijão-águas	Castro, PR	1.811,35	Plantio direto	40	Instável
Feijão-águas	Irati, PR	1.335,41	Convencional	25	Instável
Feijão-águas	Irati, PR	1.606,13	Plantio direto	40	Sob suspeita
Feijão	Primavera do Leste, MT	2.491,77	Irrigado	45	Inconfiável
Feijão-águas	Irati, PR	1.278,48	Plantio direto	35	Sob suspeita
Feijão-águas	Chapecó, SC	1.599,93	Plantio direto	30	Instável
Feijão-águas	Campos Novos, SC	1.790,33	Plantio direto	35	Sob suspeita
Feijão-águas	Unai, MG	2.584,33	Irrigado	50	Inconfiável
Feijão	Paripiranga, BA	779,46	Convencional	30	Sob suspeita
Arroz	Iguatu, CE	2.287,27	Irrigado	117	Instável
Milho	Campos Novos, SC	393,46	Baixa tecnol.	40	Sob suspeita
Milho	Rio Verde, GO	1.103,36	Alta tecnol.	120	Sob suspeita
Soja	Pedro Afonso, TO	1.675,14	Alta tecnol.	50	Inconfiável
Leite	MG	4,00 ⁽¹⁾	Convencional	10 ⁽²⁾	Instável

⁽¹⁾ Custo em R\$ por vaca.

⁽²⁾ Litros/vaca/dia.

Tabela 5. Sistema de produção do feijão em Irati, PR. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,40$.

Item	Anotação
Título	Feijão das águas; plantio convencional; semimecanizado
Local	Irati, PR
Data da coleta	18/6/2004
Produtividade	25 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.335,41
Preço de venda	R\$ 66,00
Nivelamento crítico	Produtividade=21,035 sacos/hectare; Preço=R\$ 63,49; Prob($X \leq 21,035$) = 0,05 Queda de preço de 3,81% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=20,234 sacos/hectare; Preço=R\$ 66,00; Prob($X \leq 20,234$) = 0,02
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=24,413 sacos/hectare; Preço=R\$ 54,70; Prob($X \leq 36,425$) = 0,42 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=28,374 sacos/hectare; Preço=R\$ 47,06; Prob($X \leq 42,335$) = 0,91 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 45,66; Produtividade=29,249 sacos/hectare Queda de preço de cerca de 30,82% relativamente ao observado
Classificação	Instável. Precisa de seguro para ser adotado
Prêmio seguro/R\$ 1.000,00	R\$ 50,00

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 6. Sistema de produção do feijão em Irati, PR. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $\rho = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,25$.

Item	Anotação
Título	Plantio direto de Irati, PR
Local	Irati, PR
Data da coleta	17/6/2004
Produtividade	40 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.606,13
Preço de venda	R\$ 60,00
Nivelamento crítico	Produtividade=33,656 sacos/hectare; Preço=R\$ 47,72; Prob($X \leq 33,656$) = 0,05 Queda de preço de 20,46% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=26,769 sacos/hectare; Preço=R\$ 60,00; Prob($X \leq 26,769$) < 0,001
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=32,298 sacos/hectare; Preço=R\$ 49,73; Prob($X \leq 32,298$) = 0,02 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=37,539 sacos/hectare; Preço=R\$ 47,06; Prob($X \leq 37,539$) = 0,28 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 34,32; Produtividade=46,799 sacos/hectare Queda de preço de 42,82% relativamente ao observado
Classificação	Sob suspeita. Pode ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 7. Sistema de produção do feijão em Primavera do Leste, MT. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $\rho = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,45$.

Item	Anotação
Título	Feijão; plantio direto; irrigado; pivô central
Local	Primavera do Leste, MT
Data da coleta	19/7/2005
Produtividade	45 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 2.491,77
Preço de venda	R\$ 60,00
Nivelamento crítico	Produtividade=37,863 sacos/hectare; Preço=R\$ 65,81; Prob($X \leq 37,863$) = 0,05 Aumento de preço de 9,68% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=41,529 sacos/hectare; Preço=R\$ 60,00; Prob($X \leq 41,529$) = 0,22
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=50,108 sacos/hectare; Preço=R\$ 49,73; Prob($X \leq 50,108$) = 0,87 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=58,238 sacos/hectare; Preço=R\$ 47,06; Prob($X \leq 58,238$) = 1,0 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 47,33; Produtividade=52,649 sacos/hectare Queda de preço de 21,12% relativamente ao observado
Classificação	Inconfiável. Não deve ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 8. Sistema de produção do feijão em Irati, PR. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,35$.

Item	Anotação
Título	Feijão; plantio direto
Local	Irati, PR
Data da coleta	17/6/2004
Produtividade	35 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 2.491,77
Preço de venda	R\$ 60,00
Nivelamento crítico	Produtividade=29,449 sacos/hectare; Preço=R\$ 43,41; Prob($X \leq 29,449$) = 0,05 Aumento de preço de 9,68% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=21,308 sacos/hectare; Preço=R\$ 60,00 ; Prob($X \leq 21,308$) < 0,0001
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=25,709 sacos/hectare; Preço=R\$ 49,73; Prob($X \leq 25,709$) = 0,002 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade =29,881; Preço=R\$ 47,06; Prob($X \leq 29,881$)=0,07 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 31,22; Produtividade=40,949 sacos/hectare Queda de preço de 47,96% relativamente ao observado
Classificação	Sob suspeita. Pode ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 9. Sistema de produção do feijão em Chapecó, SC. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,30$.

Item	Anotação
Título	Feijão; plantio direto, manual e colheita semimecanizada
Local	Chapecó, SC
Data da coleta	16/5/2005
Produtividade	30 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.599,93
Preço de venda	R\$ 70,00
Nivelamento crítico	Produtividade=25,242 sacos/hectare; Preço=R\$ 63,38; Prob($X \leq 25,242$) = 0,05 Aumento de preço de 9,46% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=22,856 sacos/hectare; Preço=R\$ 70,00; Prob($X \leq 22,856$) < 0,006
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=27,577 sacos/hectare; Preço=R\$ 49,73; Prob($X \leq 27,577$) = 0,21 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade =32,052 sacos/hectare; Preço=R\$ 47,06; Prob($X \leq 32,052$) = 0,76 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 45,58; Produtividade=35,099 sacos/hectare Queda de preço de 34,89% relativamente ao observado
Classificação	Instável. Pode ser adotado com seguro

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 10. Sistema de produção do feijão em Campos Novos, SC. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,35$.

Item	Anotação
Título	Feijão; plantio direto; mecanizado; primeira safra
Local	Campos Novos, SC
Data da coleta	17/5/2005
Produtividade	35 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.790,33
Preço de venda	R\$ 75,00
Nivelamento crítico	Produtividade=29,449 sacos/hectare; Preço=R\$ 60,79; Prob($X \leq 29,449$) = 0,05 Queda de 18,95% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=23,871 sacos/hectare; Preço=R\$ 75,00; Prob($X \leq 23,871$) < 0,002
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=28,802 sacos/hectare; Preço=R\$ 62,16; Prob($X \leq 28,802$) = 0,03 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=33,475 sacos/hectare; Preço=R\$ 53,48; Prob($X \leq 33,475$) = 0,34 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 43,72; Produtividade=40,949 sacos/hectare Queda de preço de 41,71% relativamente ao observado
Classificação	Sob suspeita. Pode ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 11. Sistema de produção do feijão em Unaí, MG. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,50$.

Item	Anotação
Título	Feijão; plantio direto; irrigado; Pivô Central; Cultura de inverno
Local	Unaí, MG
Data da coleta	1 ^o /12/2004
Produtividade	50 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 2.584,23
Preço de venda	R\$ 60,00
Nivelamento crítico	Produtividade=42,070 sacos/hectare; Preço=R\$ 61,43; Prob($X \leq 42,070$) = 0,05 Aumento de preço de 2,38% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=43,071 sacos/hectare; Preço=R\$ 60,00; Prob($X \leq 43,071$) = 0,08
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=51,967 sacos/hectare; Preço=R\$ 49,73; Prob($X \leq 51,967$) = 0,66 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=60,399 sacos/hectare; Preço=R\$ 47,06; Prob($X \leq 60,399$) = 0,98 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 44,18; Produtividade=58,499 sacos/hectare Queda de preço de 26,37% relativamente ao observado
Classificação	Inconfiável. Não deve ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 12. Sistema de produção do feijão em Paripiranga, BA. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,30$.

Item	Anotação
Título	Feijão; plantio da seca; mecanização; animal e manual
Local	Paripiranga, BA
Data da coleta	23/8/2004
Produtividade	30 sacos/hectare
Coeficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 779,46
Preço de venda	R\$ 40,00
Nivelamento crítico	Produtividade=25,242 sacos/hectare; Preço=R\$ 30,88; Prob($X \leq 25,242$) = 0,05 Queda de preço de 22,8% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=19,487 sacos/hectare; Preço=R\$ 40,00; Prob($X \leq 19,487$) < 0,0001
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=23,512 sacos/hectare; Preço=R\$ 33,15; Prob($X \leq 23,512$) = 0,01 Queda de preço de 17,12% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=27,326 sacos/hectare; Preço=R\$ 28,52; Prob($X \leq 27,326$) = 0,19 Queda de preço de 28,69% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 22,21; Produtividade=35,099 sacos/hectare Queda de preço de 44,48% relativamente ao observado
Classificação	Sob suspeita. Pode ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 13. Sistema de produção do arroz em Iguatu, CE. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 1,17$.

Item	Anotação
Título	Arroz irrigado
Local	Iguatu, CE
Data da coleta	4/8/2005
Produtividade	117 sacos/hectare
Coeficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 2.287,27
Preço de venda	R\$ 24,00
Nivelamento crítico	Produtividade=98,443 sacos/hectare; Preço=R\$ 23,23; Prob($X \leq 98,443$) = 0,05 Queda de preço de 3,21% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=95,303 sacos/hectare; Preço=R\$ 24,00; Prob($X \leq 95,303$) = 0,03
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=104,304 sacos/hectare; Preço=R\$ 21,93; Prob($X \leq 104,304$) = 0,14 Queda de preço de 8,63% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=120,393 sacos/hectare; Preço=R\$ 19,00; Prob($X \leq 120,393$) = 0,63 Queda de preço de 20,84% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 16,71; Produtividade=136,887 sacos/hectare Queda de preço de 30,38% relativamente ao observado
Classificação	Instável. Precisa de seguro para ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 14. Sistema de produção do milho em Campos Novos, SC. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,40$.

Item	Anotação
Título	Milho; sistema convencional; primeira safra; baixa tecnologia
Local	Campos Novos, SC
Data da coleta	31/1/2005
Produtividade	40 sacos/hectare
Coeficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 393,46
Preço de venda	R\$ 14,00
Nivelamento crítico	Produtividade=33,656 sacos/hectare; Preço=R\$ 11,69; Prob($X \leq 33,656$) = 0,05 Queda de preço de 16,50% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=28,104 sacos/hectare; Preço=R\$ 14,00; Prob($X \leq 28,104$) < 0,0005
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=31,728 sacos/hectare; Preço=R\$ 12,40; Prob($X \leq 31,728$) = 0,01 Queda de preço de 11,43% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=36,965 sacos/hectare; Preço=R\$ 10,64; Prob($X \leq 36,965$) = 0,23 Queda de preço de 24,00% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 8,41; Produtividade=52,649 sacos/hectare Queda de preço de 34,93% relativamente ao observado
Classificação	Sob suspeita. Pode ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 15. Sistema de produção de milho em Rio Verde, GO. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 1,20$.

Item	Anotação
Título	Milho; primeira safra; alta tecnologia com plantio direto
Local	Rio Verde, GO
Data da coleta	8/9/2005
Produtividade	120 sacos/hectare
Coeficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.103,36
Preço de venda	R\$ 14,00
Nivelamento crítico	Produtividade=100,967 sacos/hectare; Preço=R\$ 10,93; Prob($X \leq 100,967$) = 0,05 Queda de preço de 21,93% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=78,114 sacos/hectare; Preço=R\$ 14,00; Prob($X \leq 78,114$) < 0,00001
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=88,972 sacos/hectare; Preço=R\$ 12,40; Prob($X \leq 31,728$) = 0,002 Queda de preço de 11,43% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=103,658 sacos/hectare; Preço=R\$ 10,64; Prob($X \leq 103,658$) = 0,08 Queda de preço de 24,00% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 7,86; Produtividade=140,397 sacos/hectare Queda de preço de 43,86% relativamente ao observado
Classificação	Sob suspeita. Pode ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 16. Sistema de produção da soja em Pedro Afonso, TO. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,50$.

Item	Anotação
Título	Soja; primeira safra; alta tecnologia com plantio direto
Local	Pedro Afonso, TO
Data da coleta	7/12/2004
Produtividade	50 sacos/hectare
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	R\$ 1.675,14
Preço de venda	R\$ 32,00
Nivelamento crítico	Produtividade=42,070 sacos/hectare; Preço=R\$ 39,82; Prob($X \leq 42,070$) = 0,05 Aumento de preço de 24,44% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=52,348 sacos/hectare; Preço=R\$ 32,00; Prob($X \leq 52,348$) = 0,69
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=59,779 sacos/hectare; Preço=R\$ 28,02; Prob($X \leq 59,779$) = 0,97 Queda de preço de 12,44% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=74,422 sacos/hectare; Preço=R\$ 22,51; Prob($X \leq 74,422$) = 1,00. Queda de preço de 29,66% relativamente ao observado
Menor preço ⁽¹⁾	R\$ 28,64; Produtividade=58,499 sacos/hectare Queda de preço de 10,50% relativamente ao observado
Classificação	Inconfiável. Não deve ser adotado

⁽¹⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Tabela 17. Sistema de produção do leite em Minas Gerais. Variável aleatória produtividade X com distribuição gama com parâmetro de localização $p = 100$ e de escala $\lambda^{-1} = 0,1$.

Item	Anotação
Título	Leite, baixa produtividade
Local	Adaptada de Diagnóstico da Pecuária Leiteira de MG ⁽¹⁾
Data da coleta	No ano de 2005
Produtividade	10 litros/vaca/dia. Produtores entre 200 e 500 litros diários
Coefficiente de variação	0,10
Custo total	Custo diário por vaca: R\$ 4,00
Preço de venda	R\$ 0,50
Nivelamento crítico	Produtividade=8,414 litros/vaca/dia; Preço=R\$ 0,48; Prob($X \leq 8,414$) = 0,05 Queda de preço de 4,00% relativamente ao observado
Nivelamento τ_1 - Preço observado	Produtividade=8,000 litros/vaca/dia; Preço=R\$ 0,50; Prob($X \leq 8,000$) = 0,02
Nivelamento τ_2 - Preço provável	Produtividade=8,484 litros/vaca/dia; Preço=R\$ 0,47; Prob($X \leq 8,484$) = 0,06 Queda de preço de 6,00% relativamente ao observado
Nivelamento τ_3 - Preço pessimista	Produtividade=9,062 litros/vaca/dia; Preço=R\$ 0,44; Prob($X \leq 9,062$) = 0,17 Queda de preço de 12,00% relativamente ao observado
Menor preço ⁽²⁾	R\$ 0,34; Produtividade=11,70 litros/vaca/dia Queda de preço de 15% relativamente ao observado
Classificação	Instável. Precisa de seguro para ser adotado

⁽¹⁾ Gomes, T. G., Lins, Priscilla M. G. e Vilela, Pierre S. Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005, Belo Horizonte, SEBRAE-MG, FAEMG, OCEMG, SENAR-AR/MG, 2006.

⁽²⁾ Ao menor preço, a produtividade exigida para que o valor da produção iguale o custo ocorre com 95% de probabilidade. Produtividade menor que a exigida põe o sistema no vermelho.

Referências

IPEA-DATA. Fontes. **FGV-Agroanalysis**. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?158758250>. Acesso em: 15 ago 2006.

BROCKWELL; PETER J.; DAVIS RICHARD A. **Introduction to time series and forecasting**, 2.ed, Springer, New York, 2003.

CASELLA, G.; BERGER, R. **Statistical Inference**, 2. ed. New York: Duxberky, 2001.
