

Capítulo 9

Agricultura da região de Cerrado

Eficiência econômica, produtividades e perspectivas

Geraldo da Silva e Souza

Eliane Gonçalves Gomes

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Introdução

Em estudo recente, Alves et al. (2013) fizeram uma análise da agricultura brasileira enfatizando aspectos de concentração de renda, relevância dos insumos, trabalho, terra e tecnologia na função de produção da agricultura, tomando por base os dados definidos pelos estabelecimentos agropecuários recenseados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2006. Os autores concluíram que a tecnologia impulsionou o agronegócio, sendo a principal responsável pelo seu sucesso. Nesse contexto, acentuaram que a tecnologia é o fator de produção por excelência, explicando o crescimento da produção e a existência de grande concentração de renda no meio rural: 11% dos estabelecimentos agropecuários foram responsáveis por 87% do valor da produção agropecuária em 2006.

No nível estadual, Souza e Gomes (2015a) analisaram a dependência da eficiência econômica da produção agropecuária em fatores contextuais, incluindo educação e tecnologia, esta identificada como associada ao investimento na pesquisa agropecuária. Para esse fim, os autores fizeram uso dos modelos de regressão fracionária discutidos em Papke e Wooldridge (1996) e Ramalho et al. (2010). Nesse caso, concluiu-se que o investimento na pesquisa agropecuária via efeito *spillover* aumentou a eficiência do setor em 39% no período entre censos (1995/1996–2006) e a educação, medida pela componente de educação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), em 12%, *ceteris paribus*. A medida de eficiência utilizada foi gerada pelo modelo Data Envelopment Analysis (DEA), visando à minimização de custos, sob a hipótese de retornos variáveis à escala.

No nível municipal e ainda no contexto do Censo Agropecuário 2006, Souza e Gomes (2015b) analisaram o efeito de imperfeições de mercado (Alves et al., 2015; Alves; Souza, 2015) e concentração de renda em uma medida de eficiência Free Disposal Hull (FDH) condicional, orientada a produto e com retornos variáveis à escala. Concluiu-se que as imperfeições de mercado atuam no intuito de reduzir o desempenho e que a concentração de renda tem associação positiva com a medida de eficiência.

Ressalta-se a importância da tecnologia, por isto, ela é cuidadosamente estudada. Neste capítulo, procura-se responder como a produção de culturas-chave do Cerrado se comporta, unificando tecnologia e projeções, embora formalmente as duas vertentes não sejam integradas. Contudo, como a tecnologia é dominante na explicação do crescimento da produção, as projeções refletem essa influência. Isso é visível no caso do trigo, por exemplo.

A eficiência é estudada de duas maneiras. Em uma delas, é estimada em um modelo de otimização. Na outra, é o resultado da relação entre renda bruta e custo total. Se esse valor for menor que um, a renda líquida é negativa, o que significa impossibilidade de sobrevivência do estabelecimento, que é consequência da ineficiência produtiva. O trabalho apresentado neste capítulo conecta as duas visões.

O objetivo do presente estudo é analisar muito dos aspectos considerados nas abordagens supracitadas em um recorte para o bioma Cerrado, incluindo, nas análises, tópicos relacionados à produtividade de alguns produtos, previsões estatísticas para a produção e área e elasticidades de insumos com base em dados agregados no nível municipal e por classes de renda nos municípios. A importância de se considerar o bioma separadamente infere-se de sua representatividade crescente na agropecuária nacional, dadas as novas fronteiras de expansão agrícola no Brasil e a adaptação de novas variedades e tecnologias de produção às condições edafoclimáticas do bioma. Note-se que 15% dos estabelecimentos agropecuários estão na região, gerando 32% da renda bruta agropecuária do País e ocupando 37% da área total dos estabelecimentos rurais, segundo o Censo Agropecuário 2006.

Estatísticas descritivas gerais

As informações descritivas do bioma Cerrado aqui apresentadas referem-se aos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2006). Os quantitativos apresentados podem representar pequenas variações relativamente aos dados reais decorrentes da não liberação de informações pelo IBGE quando o número de estabelecimentos em uma dada classificação é inferior a três. As informações dos estabelecimentos foram agregadas em nível municipal. Considerou-se a renda bruta rural total do município (soma da renda bruta de todos os estabelecimentos) como variável resposta do modelo de produção e os gastos com terra, trabalho e insumos tecnológicos como fatores de produção. Na Tabela 1 descrevem-se essas variáveis. Têm-se dados válidos para 1.100 municípios, que representam cerca de 20% do total de municípios brasileiros.

Os estabelecimentos foram agrupados em quatro classes de renda bruta, medidas em salários mínimos mensais: [0, 2]; [2, 10]; [10, 200]; e > 200. Consideram-se esses estabelecimentos de classes D, C, B e A, respectivamente. Na Tabela 2 mostram-se os totais e os percentuais, em relação ao bioma, do número de estabelecimentos, área dos estabelecimentos, renda bruta dos estabelecimentos, gastos com insumos, produtividade total dos fatores dos estabelecimentos (razão total da renda bruta pelos gastos totais com insumos) localizados no bioma Cerrado, por classe de renda.

Tabela 1. Descrição das variáveis de produção.

Variável	Componente	Unidade	Comentário
Y (produção)	Renda bruta do estabelecimento	Real	Valor total da produção agropecuária do estabelecimento
Terra	4% do valor da terra	Real	Valor de aluguel da terra
Trabalho	Salários ou outras formas de compensação pagos à família e aos trabalhadores contratados	Real	-
Capital (insumos tecnológicos)	Maquinário; melhorias no estabelecimento; aluguéis de equipamentos; valor de culturas permanentes, dos animais, das matas plantadas, de sementes, de sal e forragens, de medicamentos, adubação e pesticidas; despesas com combustíveis, eletricidade, armazenagem, matérias-primas e outros gastos	Real	Todos os valores de estoques foram depreciados à taxa de 6% ao ano num período determinado que varia com o tipo do estoque (máquinas – 15 anos; matas plantadas – 20 anos; culturas permanentes – 15 anos; benfeitorias – 50 anos; animais – 5 anos)

Tabela 2. Perfis de desempenho, renda e área no bioma Cerrado.

Classe de renda	Nº de estabelecimentos	Área (ha)	Renda (10 ⁶ BR\$)	Despesa (10 ⁶ BR\$)	PTF	PTF mediana
D	409.940 (62,3%)	23.759.817 (22,3%)	782,94 (1,6%)	5.555,39 (9,5%)	0,1409	0,1599
C	143.840 (21,9%)	17.958.575 (16,8%)	2.420,47 (4,8%)	5.552,34 (9,5%)	0,4359	0,4939
B	93.858 (14,3%)	39.483.424 (37,0%)	13.551,20 (26,9%)	18.232,26 (31,3%)	0,7433	0,8756
A	9.890 (1,5%)	25.482.663 (23,9%)	33.569,44 (66,7%)	28.989,53 (49,7%)	1,1580	1,5011
Total	657.528 (15,0%)	106.684.481 (36,6%)	50.324,05 (31,8%)	58.329,52 (37,5%)	0,8628 (1,0158) ^(*)	0,8214 (1,0510) ^(*)

PTF = produtividade total dos fatores.

^(*) Valores representam estimativas para o Brasil.

As distribuições da produtividade total dos fatores (PTF) (retorno), intensidade do uso de área e rentabilidade assemelham-se às informações obtidas em outros estudos para o Brasil com base em microdados, como em Alves et al. (2013). A única classe produtiva é a A, que agrega 1,5% dos estabelecimentos, 23,9% da área e 66,7% da renda bruta, indicando forte concentração de renda. A mediana do índice de concentração da renda no bioma é 0,7822, próxima da mediana para o Brasil (0,7951).

Os perfis regionais são apresentados na Figura 1, cujas medidas de produtividade e área foram transformadas utilizando-se a fórmula $(\text{valor} - \text{menor valor})/(\text{maior valor} - \text{menor valor})$, em que valor representa produtividade ou área. Observa-se maior produtividade na região Sul, seguida das regiões Nordeste e Sudeste. Observa-se aqui que somente um município contribui com informações válidas para a região Sul. O índice de concentração é aproximadamente o mesmo em todas as regiões, sendo um pouco inferior na região Norte.

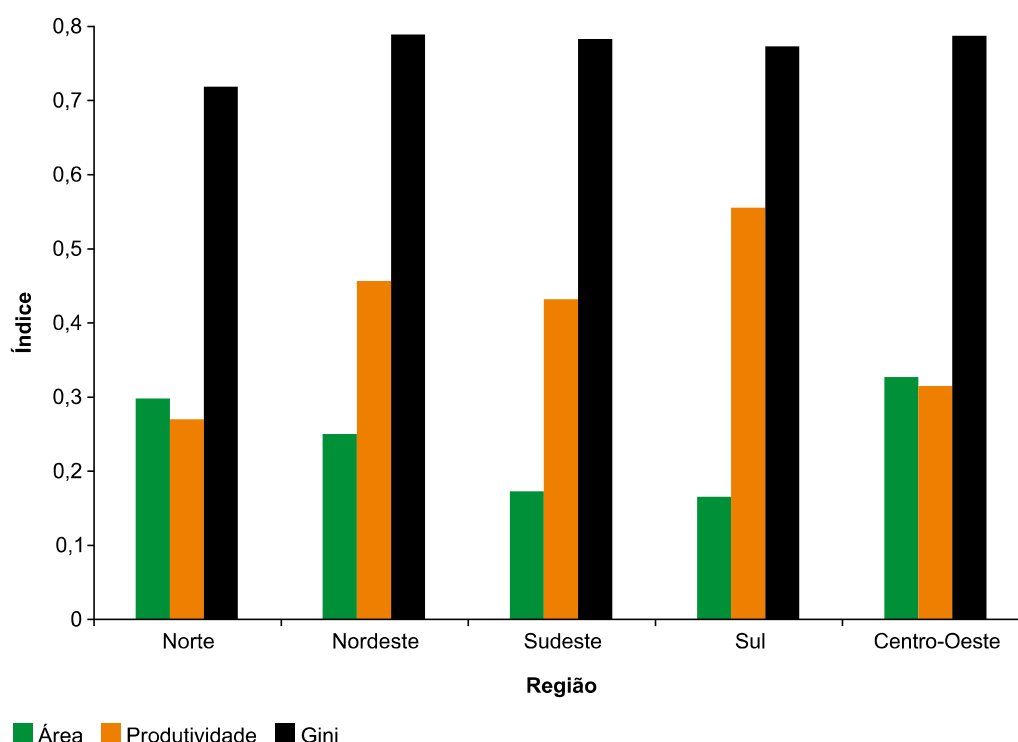


Figura 1. Perfis regionais de área, produtividade e concentração da renda (índice de Gini) no bioma Cerrado.

Eficiência econômica não paramétrica

Sob a ótica da maximização da renda, calculou-se uma medida de eficiência do tipo DEA com retornos variáveis à escala (Banker et al., 1984), para os dados de renda bruta e gastos com terra, trabalho e tecnologia no nível municipal. Os dados foram preliminarmente transformados em ordenações (ranks). Esse procedimento empresta ao cálculo propriedades robustas contra a presença de observações atípicas e heteroscedasticidade. Faz-se mister observar que não se foi bem-sucedido com a abordagem paramétrica estocástica, com as especificações usuais de meia-normal, exponencial e normal truncada para a componente de ineficiência e de Cobb-Douglas para a função de produção (Coelli et al., 2005). Se Y representa o vetor de ranks de produção, de dimensão 1 por 1.098 dos municípios com observações válidas, e X a matriz 3 por

1.098 dos ranks de gastos com cada tipo de insumo, segue-se que a medida DEA de eficiência econômica do município k vem dada pela solução do problema de programação linear.

$$\text{Max}_{\varphi, \lambda} \varphi$$

sujeito a

$$Y\lambda \geq \varphi Y_k$$

$$X\lambda \leq X_k$$

$$\lambda 1 = 1, \lambda \geq 0$$

Nesta formulação, λ define o vetor que caracteriza uma combinação linear de municípios que servem de referência na análise da eficiência do município k (Coelli et al., 2005). Y_k é o valor do *output* para o município k e X_k o seu uso de insumos. É comum usar o inverso de φ_k como medida de eficiência. Será adotada essa prática aqui. Nesse contexto, as medidas variam no intervalo $[0,1]$, com valores próximos a 1 indicando eficiência.

Para o bioma Cerrado, o resumo de cinco números é: mínimo = 0,040; Q1 = 0,312; mediana = 0,5495; Q3 = 0,779; e máximo = 1,000. A distribuição é aparentemente simétrica (média = 0,5413) e não apresenta atipicidades. Em geral (há exceções), os municípios das regiões Norte e Nordeste são dominados em eficiência econômica pelos demais. As medianas encontradas foram 0,621; 0,410; 0,330; 0,641; e 0,686 para as regiões Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul, respectivamente.

Ainda nesse contexto, é interessante observar o comportamento da medida de eficiência de municípios com PTFs representativas menor do que 1 e maiores ou iguais a 1. Com informações válidas, 682 municípios têm PTF inferior a 1, enquanto 416 municípios possuem PTF superior a 1. Medianas de eficiência econômica nesses grupos são 0,439 e 0,702, respectivamente, evidenciando que os municípios mais produtivos também mostram mais eficiência.

Ao se considerar o agrupamento por classes de renda em salários mínimos, observa-se que as classes A e B são dominantes. As medianas de eficiência são 0,8995; 0,728; 0,442; 0,182 para as classes A, B, C e D, respectivamente. Note-se que as medidas de eficiência foram recalculadas considerando-se os totais de renda e gastos por classe e município, gerando-se, em consequência, um arquivo com 3.731 observações válidas, já que nem todas as classes de renda estão presentes em todos os municípios.

É de interesse identificar os municípios com comportamento superior no que concerne à eficiência econômica e ao nível de PTF. Tomando-se por base os quantis de ordem 90% de ambas as distribuições, obtém-se um conjunto de 31 municípios caracterizados na Tabela 3. Acrescentou-se a esta tabela uma coluna representativa da intensidade de uso de área (em hectares) disponível para agricultura no município,

medida pela soma das áreas dos estabelecimentos rurais. O indicador é definido como anteriormente pela razão $(\text{valor} - \text{menor valor}) / (\text{maior valor} - \text{menor valor})$. A correlação de Spearman entre área física e produtividade não difere significativamente de zero. A produção vegetal é dominante.

Elasticidades dos insumos

A hipótese de produção associada ao cálculo da medida DEA assume um modelo determinístico e desvios estocásticos negativos relativamente a uma fronteira de produção ótima desconhecida (Banker, 1993). A fronteira ótima nos pontos observacionais é estimada consistentemente, projetando-se na fronteira DEA as observações de produção. Isso é obtido pela multiplicação do nível de produto pelo inverso da medida de eficiência econômica (≥ 1). Observações DEA eficientes são invariantes por essa transformação. Utilizando-se a família Cobb-Douglas como flexível para as respostas de produção, medida pela renda bruta, e os gastos dos insumos como *proxies* para intensidade de uso dos fatores de produção, podem-se avaliar elasticidades via mínimos quadrados ordinários aplicados à renda ajustada pela eficiência. Em outras palavras, antes de determinar os efeitos marginais dos fatores de produção na renda, ajusta-se esta ao nível ótimo, que poderia ser obtido caso todos os municípios fossem eficientes. As contribuições marginais dos fatores de produção obtidas na abordagem estatística, isto é, ajuste da resposta Cobb-Douglas às fronteiras ótima e ineficiente, podem ser vistas na Tabela 4. Em ambos os casos, têm-se retornos decrescentes à escala. As aplicações das elasticidades sugeridas pela fronteira ótima são diretas nos municípios eficientes, mas envolvem ajustes preliminares à fronteira para municípios ineficientes. Os resultados obtidos são consistentes com os descritos em Alves et al. (2013) e indicam forte participação dos insumos tecnológicos em qualquer hipótese.

Fatores contextuais associados à eficiência econômica

No passado recente, o comportamento dos produtores rurais tem sido abordado sob a ótica das imperfeições de mercado (Alves; Souza, 2015). Imperfeições de mercado referem-se a uma conjuntura econômica e logística que interfere diretamente na extensão rural e na competitividade de preços de mercado, no crédito e no acesso assimétrico à tecnologia por parte de pequenos produtores. Desse modo, tem-se interesse em identificar variáveis contextuais que potencialmente afetam o desempenho produtivo na vertente agropecuária dos municípios componentes do bioma Cerrado. A identificação desses fatores pode indicar direções de ações de políticas públicas visando à inclusão produtiva.

Nossa análise modela a eficiência econômica como função de: a) valor adicionado pela agropecuária per capita no ano de 2009, oriundo de uma pesquisa sobre produto interno bruto (PIB) dos municípios publicada pelo IBGE em 2011; b) taxa de

Tabela 3. Municípios nos decis superiores de eficiência e produtividade, ordenados por produtividade total dos fatores (PTF), indicador de área e tipo de produção (porcentuais referem-se à participação no valor total da produção do município).

UF	Município	Eficiência	PTF	Indicador de área	Tipo de produção
MG	Grão Mogol	1,000	26,809	0,654	Animal (0,9%); Vegetal (99,06%)
MA	Belágua	1,000	20,445	0,016	Animal (1,96%); Vegetal (97,69%)
MA	Joselândia	1,000	15,822	0,148	Animal (4,09%); Vegetal (95,85%)
MA	Cachoeira Grande	1,000	12,280	0,034	Animal (2,12%); Vegetal (74,88%)
SP	Estiva Gerbi	0,932	11,882	0,020	Animal (1,07%); Vegetal (98,92%)
MA	São Bernardo	0,990	11,537	0,400	Animal (2,71%); Vegetal (91,41%)
MA	Barreirinhas	1,000	9,814	0,046	Animal (6,13%); Vegetal (65,3%)
MA	São João do Soter	1,000	8,237	0,043	Animal (5,45%); Vegetal (94,54%)
MA	Coelho Neto	1,000	8,111	0,150	Animal (1,43%); Vegetal (98,55%)
MA	Chapadinha	0,978	6,174	0,389	Animal (6,2%); Vegetal (89,99%)
MG	Itapagipe	1,000	5,608	0,489	Animal (8,27%); Vegetal (91,72%)
SP	Santa Lúcia	1,000	5,566	0,035	Animal (1,35%); Vegetal (98,65%)
SP	Jardinópolis	0,986	4,326	0,327	Animal (1,29%); Vegetal (98,6%)
SP	Avaí	0,953	4,239	0,170	Animal (7,07%); Vegetal (92,91%)
SP	São Joaquim da Barra	0,933	4,120	0,133	Animal (1,4%); Vegetal (98,57%)
SP	Ribeirão Preto	0,983	3,909	0,389	Animal (0,53%); Vegetal (99,4%)
MT	Nova Xavantina	0,999	3,734	1,000	Animal (10,82%); Vegetal (89%)
SP	Morro Agudo	0,987	3,114	0,409	Animal (1,08%); Vegetal (98,92%)
SP	Colômbia	0,965	3,026	0,188	Animal (7,25%); Vegetal (92,75%)
SP	Guataporá	0,930	2,943	0,139	Animal (14,26%); Vegetal (85,16%)
MG	São José da Varginha	0,934	2,691	0,067	Animal (92,8%); Vegetal (4,26%)
SP	Pederneiras	0,971	2,491	0,188	Animal (2,06%); Vegetal (97,73%)
SP	Holambra	0,921	2,376	0,012	Animal (27,72%); Vegetal (72,16%)
MT	Primavera do Leste	0,985	2,345	0,645	Animal (2,51%); Vegetal (97,15%)
TO	São Félix do Tocantins	1,000	2,330	0,074	Animal (15,96%); Vegetal (83,86%)
SP	Patrocínio Paulista	0,946	2,304	0,183	Animal (5,69%); Vegetal (94,27%)
MG	Passos	0,987	2,288	0,357	Animal (15,08%); Vegetal (84,91%)
MG	Curvelo	0,930	2,166	0,573	Animal (23,72%); Vegetal (76,26%)
SP	Limeira	0,938	2,140	0,133	Animal (2,82%); Vegetal (97,11%)
SP	Mogi Mirim	0,925	2,135	0,106	Animal (23,23%); Vegetal (76,71%)
MT	Santa Rita do Trivelato	0,933	2,016	0,594	Animal (1,81%); Vegetal (98,18%)

Tabela 4. Elasticidades dos fatores de produção em função da renda bruta.

Fator de produção	Contribuição para a fronteira ótima	Contribuição para a fronteira ineficiente
Terra	0,144 (28,3%)	0,238 (26,2%)
Trabalho	0,162 (31,8%)	0,299 (32,9%)
Tecnologia	0,203 (39,9%)	0,371 (40,9%)
R ²	0,769	0,799

alfabetização no meio rural das pessoas com 10 anos ou mais de idade, determinada pelo Censo Demográfico 2010; c) vulnerabilidade das crianças até 5 anos de idade, medida pela proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes rurais com responsável ou cônjuge analfabeto e saneamento inadequado, conforme Censo Demográfico 2010; d) proporção de estabelecimentos rurais que receberam orientação técnica, como relatado no Censo Agropecuário 2006; e) indicador ambiental, aferido a partir de dados extraídos do Censo Agropecuário 2006 sobre as práticas recomendadas de utilização do solo adotadas nos estabelecimentos rurais. Entende-se que esses indicadores refletem o potencial agrícola do município, as condições educacionais, de saneamento e infraestrutura de saúde, de acesso à assistência técnica e de consciência ambiental. Portanto, atributos correlacionados aos aspectos principais determinantes das imperfeições de mercado. Esses indicadores foram propostos pela Confederação Nacional da Agricultura para o cálculo de um índice de desenvolvimento rural (Lopes, 2013).

A especificação do modelo estatístico apropriado ao comportamento da eficiência deve levar em conta dois aspectos fundamentais: a resposta define um atributo no intervalo [0,1], com massa probabilística no extremo direito; e a correlação induzida pelo método de cálculo das medidas DEA de eficiência econômica. Tratou-se o primeiro caso adotando-se o modelo de regressão fracionária sugerido por Papke e Wooldridge (1996) e Ramalho et al. (2010). Esse modelo define uma função de pseudo-verossimilhança, motivada por regressões do tipo logito e normito, e tem comportamento assintótico normal sob hipótese de independência das observações. Tratou-se a correlação por meio do *bootstrap* com 5.000 repetições. Desse modo, postula-se que a medida de eficiência φ_k do município k satisfaz o modelo:

$$E(\varphi_k) = G(\mu_k)$$

$$\mu_k = z'_k \beta$$

em que, tipicamente: $G(\cdot)$ representa a função de distribuição da logística ou da distribuição normal padrão, β é um vetor de parâmetros desconhecidos e z_k é o vetor de observação das covariáveis para o município k .

O procedimento de cálculo está disponível no software Stata 14 (Stata..., 2015). Em nossa aplicação, o modelo com resposta definida pela distribuição normal apre-

sentou um valor maior da função de pseudo-verossimilhança. O resultado do exercício estatístico aparece na Tabela 5. A correlação de Spearman entre valores observados e preditos é de 61%.

Tabela 5. Regressão fracionária – influência de fatores contextuais na eficiência econômica.

Covariável	Coefficiente	Viés	Desvio-padrão	Intervalo de confiança 95% (viés corrigido)	
Valor adicionado	1,108463	0,003166	0,104027	0,897068	1,3020440
Educação	1,222681	-0,003010	0,193133	0,854735	1,6051160
Saúde e Saneamento	-0,430970	0,002794	0,160108	-0,735230	-0,1180689
Assistência técnica	0,018047	0,000636	0,128817	-0,222820	0,2797311
Indicador ambiental	-0,976860	0,002527	0,307227	-1,573320	-0,3859383
Constante	-0,497580	-0,003140	0,139483	-0,763270	-0,2237736

Da Tabela 5, vê-se que assistência técnica não afeta significativamente a eficiência de produção e observa-se um efeito negativo da variável ambiental. O nível de desenvolvimento do município tem efeito dominante e positivo, como também a educação. Como esperado, as condições de saneamento e saúde insatisfatórias têm efeito negativo sobre a eficiência da produção. A intensidade da resposta esperada a alterações marginais nos níveis das covariáveis da Tabela 5 depende dos coeficientes e dos valores do construto $Margem_k = f(\mu_k)$ para cada município, sendo $f(\cdot)$ a função densidade da distribuição normal padrão. Os valores dessas margens sugerem um efeito regional. No entanto, a inclusão de *dummies* regionais leva a instabilidade na convergência da pseudo-verossimilhança do modelo e, por isso, foi evitada. Observa-se um gradiente de intensidade associado aos quartis de eficiência. Quanto menor o nível de eficiência, maior a sensibilidade da resposta (eficiência) ao aumento de uma unidade em qualquer covariável. Mantidos os níveis de agricultura atuais, os menos eficientes (1º quartil) e as regiões Nordeste e Norte serão os mais beneficiados por alterações positivas nas covariáveis.

Previsões estatísticas para área, produção e produtividade de produtos selecionados para o bioma Cerrado

Escolheram-se os produtos algodão, arroz, café em grão, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, sorgo e trigo para estudar sua evolução passada nos componentes produção e área, segundo dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal do IBGE (IBGE, 2017a). Incluíram-se no estudo a produção de leite (IBGE, 2017b), o efetivo do rebanho de bovinos (IBGE, 2017b) e uma estimativa da produção de carnes, utilizando-se a relação entre a produção de carne bovina no Brasil em 2015 (9.206.101,5 t por carcaça equivalente, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab) e o efetivo de bovinos do País em 2015 [215.199.488 cabeças (IBGE, 2017b)].

O estudo dos produtos supracitados foi levado a efeito por meio da análise das séries temporais associadas à evolução dos construtos de interesse, utilizando modelos de processos estocásticos nas famílias Autorregressivo Integrado de Médias Móveis (do inglês, *Autoregressive Integrated Moving Average* – Arima) e de Espaço de Estados (*State Space*). A referência básica para nossa exposição é Brocklebank e Dickey (2003). O modelo Arima ajusta os dados de uma série temporal univariada, submetida à estacionariedade via cálculo de diferenças, como uma combinação linear de valores passados, utilizando os processos autorregressivos e de médias móveis. O processo estacionário y_t após o cálculo das diferenças de ordem d , com média zero, é um processo Arima(p, q, d) se satisfaz a definição do Arma(p, q) (do inglês, *Autoregressive Moving Average*, média zero).

$$y_t - \phi^1 y_{t-1} \dots - \phi_{t-p} y_{t-p} = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

em que: $\theta_q, \phi_p \neq 0$, sendo ε_t ruído branco ($0, \sigma^2$) e t , um ponto dos inteiros.

O processo é Arma(p, q) com média μ se $(y_t - \mu)$ for Arma(p, q) com média zero.

Séries temporais estacionárias do tipo *short memory* podem ser descritas por processos Arma. O processo é autorregressivo quando $q = 0$ e de média móvel quando $p = 0$. Os processos Arma(p, q) aqui usados satisfazem as seguintes condições:

Estacionaridade: as raízes da equação $x^p - \phi_1 x^{p-1} - \dots - \phi_{p-1} x - \phi_p = 0$ são menores do que um em valor absoluto.

Inversibilidade: as raízes da equação $x^q - \theta_1 x^{q-1} - \dots - \theta_{q-1} x - \theta_q = 0$ são menores do que um em valor absoluto.

O modelo de Espaço de Estados é um modelo estatístico para séries temporais multivariadas estacionárias. Ele representa uma série temporal multivariada por meio de variáveis auxiliares, sendo algumas destas não observáveis diretamente. Essas variáveis auxiliares são denominadas variáveis de espaço de estados. O vetor de espaço de estados resume toda a informação de valores do presente e do passado das séries de tempo relevantes para a predição de valores futuros da série. As séries de tempo observadas são expressas como combinação linear das variáveis de estado. O modelo de Espaço de Estados é chamado de representação markoviana ou representação canônica de um processo de séries temporais multivariado estacionário. Utilizou-se aqui a representação desse modelo segundo Akaike (1974, 1976).

Uma série temporal estacionária x_t de dimensão r satisfazendo o modelo markoviano é definida pelas equações seguintes:

$$\text{Equação observacional: } x_t = (I|0)z_t \quad (1)$$

$$\text{Equação de estado: } z_t = Fz_{t-1} + Ge_t \quad (2)$$

em que: z_t (o vetor de estado) é um processo estocástico vetorial de dimensão $s > r$, cujas r primeiras componentes coincidem com x_t e as demais $s - r$ contêm toda a informação necessária para a previsão de valores futuros de z_t ; F é uma matriz de transição; $s \times s$; G é uma matriz $s \times r$; e_t é um vetor de erros ou choques, de dimensão r .

A sequência e_t é um ruído branco multivariado, com vetor de médias nulo e matriz de variância Σ . Todo processo vetorial Arma tem uma representação em espaço de estado e, reciprocamente, todo processo estacionário satisfazendo o modelo markoviano acima tem uma representação Arma.

Os parâmetros da representação em espaço de estados são estimados por máxima verossimilhança, supondo-se que o vetor de choques residuais tem distribuição normal multivariada. O procedimento inicia-se com a identificação do vetor de espaço de estados. Isso é feito com o auxílio de uma aproximação AR (k) multivariado de ordem suficientemente elevada. O critério de informação de Akaike é utilizado na escolha da ordem do processo. O AR (k) que aproxima é, então, utilizado no cálculo da matriz de variância-covariância M entre valores atuais e passados e entre valores atuais e futuros da série temporal. A análise da Matriz M é equivalente à determinação da forma do vetor de espaço de estado z_t . Isso é feito por meio de Análise de Correlação Canônica.

O software que se utilizou na análise de séries temporais foi o SAS – procedimentos Arima e State Space. Nas Tabelas 6 a 19 e nas Figuras 2 a 14 resumem-se os dados e os resultados obtidos. Na Tabela 19 identifica-se a produtividade de um passo à frente para as culturas estudadas. Nestas tabelas e figuras, Linf e Lsup referem-se, respectivamente, aos limites inferior e superior das projeções. Os intervalos de confiança para a produtividade foram calculados utilizando-se os intervalos a 95% de um passo à frente para produção e área, obtidos na aplicação dos modelos Arima ou de Espaço de Estados. Se $[la, Ua]$ representa o intervalo para a área e $[lp, Up]$ o intervalo para a produção, então $[a, b]$ tem limite de pelo menos 90% em qualquer caso para a produtividade em que $a = lp/Ua$ e $b = Up/la$.

Tipicamente, as séries evoluem com tendência estocástica crescente. As exceções são as séries do arroz e da mandioca, as quais apresentam expectativas de produção e área decrescentes. O trigo apresenta componente de tendência estacionária para área e levemente crescente para produção, indicando crescimento da produtividade. De um modo geral, mantidos os níveis de agricultura atualmente prevalentes no bioma, os intervalos de confiança indicam que é viável o aumento da produtividade pela redução substancial de área e aumento de produção, procurando atingir os níveis superiores de produtividade listados na Tabela 19.

Tabela 6. Algodão. Modelo: Arima(2,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	276.757				342.020			
1991	304.668	305.177	-	614.175	403.500	480.682	-	1.559.638
1992	275.435	333.088	-	642.086	332.274	542.162	-	1.621.118
1993	210.113	304.139	-	613.137	306.291	520.736	-	1.599.691
1994	225.515	270.808	-	579.805	345.315	580.378	-	1.659.334
1995	251.413	306.413	-	615.411	398.412	590.210	-	1.669.166
1996	250.942	287.120	-	596.118	403.552	601.363	-	1.680.319
1997	245.998	280.773	-	589.771	444.576	597.423	-	1.676.378
1998	433.195	290.591	-	599.589	771.749	669.390	-	1.748.345
1999	419.937	480.292	171.294	789.290	1.126.663	973.409	-	2.052.365
2000	468.964	359.470	50.472	668.468	1.549.028	1.143.693	64.737	2.222.649
2001	635.738	520.715	211.717	829.713	2.218.308	1.548.159	469.203	2.627.115
2002	567.562	652.621	343.623	961.619	1.836.750	2.173.918	1.094.962	3.252.874
2003	542.619	518.528	209.530	827.526	1.889.578	1.633.044	554.089	2.712.000
2004	888.518	625.114	316.117	934.112	3.297.358	2.363.899	1.284.943	3.442.854
2005	987.477	946.811	637.813	1.255.809	3.278.266	3.491.402	2.412.447	4.570.358
2006	768.094	838.166	529.168	1.147.164	2.684.231	2.598.062	1.519.106	3.677.018
2007	995.865	757.024	448.026	1.066.022	3.834.426	2.924.680	1.845.724	4.003.635
2008	959.840	1.163.009	854.011	1.472.007	3.723.278	4.445.842	3.366.886	5.524.798
2009	751.142	876.659	567.661	1.185.657	2.765.779	3.209.274	2.130.318	4.288.230
2010	771.821	815.639	506.641	1.124.637	2.813.216	3.065.625	1.986.669	4.144.580
2011	1.299.866	932.983	623.985	1.241.981	4.793.605	3.659.148	2.580.192	4.738.104
2012	1.296.522	1.332.619	1.023.621	1.641.617	4.626.935	4.991.128	3.912.172	6.070.083
2013	888.216	1.045.243	736.245	1.354.240	3.257.906	3.577.270	2.498.314	4.656.225
2014	1.069.444	934.417	625.419	1.243.415	4.040.387	3.593.576	2.514.620	4.672.531

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	989.992	1.342.350	1.033.352	1.651.348	3.872.348	5.151.848	4.072.892	6.230.804
2016		932.867	623.869	1.241.865		3.595.602	2.516.647	4.674.558
2017		1.021.675	584.686	1.458.664		3.932.155	2.406.281	5.458.029
2018		1.097.984	640.316	1.555.652		4.338.849	2.765.694	5.912.003
2019		1.092.597	615.145	1.570.048		4.349.826	2.730.770	5.968.882
2020		1.094.207	563.000	1.625.414		4.315.548	2.495.240	6.135.856
2021		1.141.552	561.550	1.721.554		4.536.595	2.535.171	6.538.019
2022		1.184.980	578.090	1.791.870		4.786.842	2.713.290	6.860.395
2023		1.202.805	570.169	1.835.441		4.872.348	2.729.092	7.015.603
2024		1.222.823	556.560	1.889.085		4.939.012	2.675.121	7.202.903
2025		1.257.173	558.902	1.955.444		5.111.972	2.733.556	7.490.388
2026		1.290.296	566.109	2.014.484		5.297.089	2.842.069	7.752.108
2027		1.315.396	566.188	2.064.603		5.413.621	2.884.316	7.942.926
2028		1.341.182	565.348	2.117.016		5.522.309	2.901.536	8.143.082
2029		1.371.460	569.883	2.173.038		5.675.250	2.966.096	8.384.404
2030		1.401.354	576.118	2.226.591		5.833.252	3.050.420	8.616.083
2031		1.428.733	580.497	2.276.970		5.962.701	3.108.092	8.817.309
2032		1.456.328	585.022	2.327.633		6.088.884	3.157.040	9.020.728
2033		1.485.330	591.550	2.379.109		6.233.491	3.226.394	9.240.587
2034		1.514.211	598.871	2.429.551		6.380.204	3.304.163	9.456.245
2035		1.542.305	605.900	2.478.709		6.515.031	3.371.557	9.658.504
2036		1.570.466	613.267	2.527.665		6.648.498	3.436.258	9.860.737
2037		1.599.068	621.517	2.576.619		6.789.634	3.510.070	10.069.198
2038		1.627.632	630.248	2.625.016		6.931.648	3.587.824	10.275.472
2039		1.655.950	639.119	2.672.780		7.068.713	3.661.841	10.475.586
2040		1.684.288	648.321	2.720.255		7.205.213	3.735.377	10.675.049

Tabela 7. Arroz. Modelo: Passeio aleatório [Arima(0,0,1)] para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)		
	Observação	Projeção	Linf	Observação	Projeção	Linf
1990	1.800.212			1.576.926		
1991	1.748.590	1.745.179	1.313.232	2.602.180	1.563.377	536.187
1992	2.260.649	1.693.557	1.261.610	2.556.240	2.588.631	1.561.441
1993	1.936.312	2.205.616	1.773.669	2.165.430	2.542.691	1.515.501
1994	1.734.913	1.881.279	1.449.332	2.807.336	2.151.881	1.124.691
1995	1.650.405	1.679.880	1.247.933	2.691.548	2.793.787	1.766.597
1996	1.148.684	1.595.372	1.163.425	1.823.444	2.677.999	1.650.809
1997	1.046.142	1.093.651	661.704	1.762.466	1.809.895	782.705
1998	991.110	991.109	559.162	1.578.293	1.748.917	721.727
1999	1.426.510	936.077	504.130	2.916.125	1.564.744	537.554
2000	1.214.392	1.371.477	939.530	2.591.339	2.902.576	1.875.386
2001	928.481	1.159.359	727.412	1.740.213	2.577.790	1.550.600
2002	904.533	873.448	441.501	1.614.549	1.726.664	699.474
2003	886.126	849.500	417.553	1.869.341	1.601.000	573.810
2004	1.097.752	831.093	399.146	2.381.656	1.855.792	828.602
2005	1.203.126	1.042.719	610.772	2.386.558	2.368.107	1.340.917
2006	812.180	1.148.093	716.146	1.493.399	2.373.009	1.345.819
2007	853.185	757.147	325.200	1.626.859	1.479.850	452.660
2008	786.810	798.152	366.205	1.704.346	1.613.310	586.120
2009	774.642	731.777	299.830	1.622.400	1.690.797	663.607
2010	729.492	719.609	287.662	1.518.944	1.608.851	581.661
2011	700.305	674.459	242.512	1.669.291	1.505.395	478.205
2012	595.396	645.272	213.325	1.108.107	1.655.742	628.552
2013	562.877	540.363	108.416	1.199.491	1.094.558	67.368
2014	522.102	507.844	75.897	1.331.557	1.185.942	158.752
						2.213.132

Continua...

Tabela 7. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	424.380	467.069	35.122	899.016	1.238.201	1.318.008	290.818	2.345.198
2016		369.347	-	801.294		1.224.652	197.462	2.251.842
2017		314.313	-	925.179		1.211.103	-	2.663.770
2018		259.280	-	1.007.434		1.197.554	-	2.976.700
2019		204.247	-	1.068.141		1.184.005	-	3.238.386
2020		149.214	-	1.115.077		1.170.456	-	3.467.323
2021		94.180	-	1.152.230		1.156.907	-	3.672.999
2022		39.147	-	1.181.972		1.143.358	-	3.861.048
2023		-	-	1.205.845		1.129.809	-	4.035.142
2024		-	-	1.224.922		1.116.260	-	4.197.831
2025		-	-	1.239.984		1.102.711	-	4.350.972
2026		-	-	1.251.620		1.089.162	-	4.495.967
2027		-	-	1.260.289		1.075.613	-	4.633.905
2028		-	-	1.266.355		1.062.064	-	4.765.651
2029		-	-	1.270.112		1.048.515	-	4.891.909
2030		-	-	1.271.805		1.034.966	-	5.013.257
2031		-	-	1.271.636		1.021.417	-	5.130.178
2032		-	-	1.269.778		1.007.868	-	5.243.082
2033		-	-	1.266.377		994.319	-	5.352.319
2034		-	-	1.261.561		980.770	-	5.458.189
2035		-	-	1.255.440		967.221	-	5.560.956
2036		-	-	1.248.111		953.672	-	5.660.849
2037		-	-	1.239.659		940.123	-	5.758.073
2038		-	-	1.230.160		926.574	-	5.852.806
2039		-	-	1.219.681		913.025	-	5.945.209
2040		-	-	1.208.283		899.476	-	6.035.428

Tabela 8. Café em grão. Modelo: Arima(1,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1996	313.368				627.691			
1997	341.128	319.618	292.016	347.219	533.049	630.757	352.877	908.636
1998	367.180	353.045	325.443	380.646	858.533	591.083	313.203	868.962
1999	392.936	378.647	351.045	406.248	784.241	680.214	402.335	958.094
2000	402.035	404.325	376.723	431.926	785.801	830.826	552.947	1.108.706
2001	419.436	409.035	381.434	436.637	852.394	789.714	511.835	1.067.594
2002	440.357	428.624	401.022	456.225	619.641	819.721	541.842	1.097.601
2003	419.738	450.472	422.871	478.073	405.670	755.373	477.493	1.033.252
2004	416.309	418.909	391.308	446.510	550.688	530.835	252.956	808.715
2005	401.453	420.009	392.408	447.610	440.076	473.895	196.016	751.775
2006	413.855	402.142	374.541	429.744	625.548	507.094	229.215	784.974
2007	402.680	421.726	394.124	449.327	476.019	525.997	248.117	803.876
2008	402.250	404.339	376.738	431.941	655.584	564.931	287.051	842.810
2009	398.085	406.740	379.139	434.341	560.382	559.356	281.476	837.235
2010	415.293	401.591	373.990	429.192	750.382	618.731	340.851	896.610
2011	414.780	424.430	396.828	452.031	592.997	648.283	370.404	926.163
2012	420.250	419.248	391.647	446.849	802.640	686.329	408.449	964.208
2013	425.141	426.294	398.693	453.896	731.109	689.491	411.611	967.370
2014	429.240	431.033	403.431	458.634	757.622	776.141	498.262	1.054.021
2015	425.311	434.923	407.322	462.524	608.715	747.497	469.618	1.025.377
2016		428.879	401.278	456.480		697.277	419.398	975.157
2017		434.422	389.948	478.897		652.245	348.943	955.546
2018		440.486	382.768	498.204		682.370	313.749	1.050.990

Continua...

Tabela 8. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2019		446.687	377.969	515.405		670.213	268.357	1.072.068
2020		452.923	374.675	531.172		681.843	238.246	1.125.439
2021		459.170	372.416	545.924		680.091	204.245	1.155.937
2022		465.419	370.919	559.919		685.867	176.757	1.194.976
2023		471.668	370.009	573.327		687.408	148.719	1.226.097
2024		477.918	369.572	586.263		691.332	123.732	1.258.931
2025		484.168	369.524	598.811		693.915	99.278	1.288.552
2026		490.417	369.805	611.030		697.252	76.501	1.318.003
2027		496.667	370.367	622.967		700.165	54.493	1.345.838
2028		502.917	371.175	634.659		703.317	33.575	1.373.059
2029		509.166	372.198	646.134		706.335	13.400	1.399.270
2030		515.416	373.414	657.418		709.428	-	1.424.827
2031		521.666	374.803	668.529		712.479	-	1.449.645
2032		527.916	376.347	679.484		715.553	-	1.473.869
2033		534.165	378.033	690.298		718.614	-	1.497.502
2034		540.415	379.848	700.982		721.683	-	1.520.614
2035		546.665	381.783	711.546		724.747	-	1.543.231
2036		552.914	383.828	722.001		727.814	-	1.565.395
2037		559.164	385.975	732.353		730.879	-	1.587.131
2038		565.414	388.217	742.611		733.945	-	1.608.469
2039		571.664	390.547	752.780		737.011	-	1.629.433
2040		577.913	392.961	762.866		740.077	-	1.650.045

Tabela 9. Cana-de-açúcar. Modelo: Arima(1,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	1.425.577				101.286.106			
1991	1.456.033	1.547.919	1.300.327	1.795.511	102.242.205	111.468.702	88.278.491	134.658.913
1992	1.471.632	1.535.302	1.287.710	1.782.894	108.629.924	109.326.954	86.136.742	132.517.165
1993	1.490.409	1.543.936	1.296.344	1.791.528	110.796.623	117.538.369	94.348.158	140.728.580
1994	1.620.544	1.564.203	1.316.611	1.811.795	125.676.446	118.287.837	95.097.626	141.478.049
1995	1.715.162	1.746.539	1.498.947	1.994.131	128.399.126	137.436.162	114.245.951	160.626.373
1996	1.886.547	1.824.508	1.576.916	2.072.100	142.023.913	136.077.014	112.886.803	159.267.225
1997	1.884.184	2.031.879	1.784.287	2.279.471	145.041.002	153.362.244	130.172.032	176.552.455
1998	1.969.275	1.948.068	1.700.476	2.195.660	148.973.394	152.817.739	129.627.528	176.007.951
1999	1.989.167	2.074.155	1.826.563	2.321.747	148.933.293	157.057.449	133.867.238	180.247.661
2000	1.939.997	2.063.484	1.815.892	2.311.076	140.574.626	155.683.562	132.493.351	178.873.773
2001	1.977.916	1.981.940	1.734.348	2.229.532	150.040.934	144.531.890	121.341.679	167.722.102
2002	2.083.469	2.060.683	1.813.091	2.308.275	158.779.972	159.983.032	136.792.821	183.173.244
2003	2.190.866	2.197.941	1.950.349	2.445.533	172.742.494	168.477.885	145.287.674	191.668.097
2004	2.314.027	2.306.202	2.058.610	2.553.794	183.058.246	184.194.221	161.004.010	207.384.432
2005	2.398.528	2.436.753	2.189.161	2.684.345	191.824.191	193.285.550	170.095.339	216.475.761
2006	2.657.881	2.503.131	2.255.539	2.750.723	213.464.088	201.531.139	178.340.927	224.721.350
2007	2.988.878	2.844.449	2.596.857	3.092.041	244.631.346	227.493.536	204.303.325	250.683.748
2008	3.507.994	3.209.030	2.961.438	3.456.622	291.257.384	261.859.658	238.669.447	285.049.870
2009	3.875.591	3.816.330	3.568.738	4.063.922	311.382.321	313.676.067	290.485.856	336.866.279
2010	3.908.442	4.112.900	3.865.308	4.360.492	326.697.876	324.903.113	301.712.902	348.093.324
2011	4.238.824	3.988.834	3.741.241	4.236.426	339.925.946	338.603.891	315.413.680	361.794.103
2012	4.343.009	4.458.688	4.211.096	4.706.280	341.679.276	351.131.077	327.940.865	374.321.288
2013	4.604.787	4.456.840	4.209.247	4.704.432	363.772.267	349.031.699	325.841.488	372.221.911
2014	4.745.830	4.792.492	4.544.900	5.040.084	350.129.146	377.953.844	354.763.633	401.144.055

Continua...

Tabela 9. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	4.745.120	4.876.938	4.629.346	5.124.530	362.012.386	352.312.126	329.121.914	375.502.337
2016		4.809.779	4.562.187	5.057.371		372.765.983	349.575.771	395.956.194
2017		4.905.082	4.465.142	5.345.021		383.140.295	344.444.991	421.835.599
2018		5.014.748	4.407.853	5.621.643		393.387.261	342.146.033	444.628.490
2019		5.131.148	4.379.435	5.882.861		403.591.470	341.835.986	465.346.954
2020		5.250.705	4.371.745	6.129.665		413.781.323	342.913.702	484.648.943
2021		5.371.741	4.379.165	6.364.317		423.966.355	344.987.948	502.944.763
2022		5.493.471	4.397.901	6.589.041		434.149.769	347.805.831	520.493.708
2023		5.615.526	4.425.365	6.805.687		444.332.640	351.199.718	537.465.562
2024		5.737.733	4.459.755	7.015.712		454.515.328	355.054.441	553.976.216
2025		5.860.012	4.499.781	7.220.243		464.697.955	359.287.885	570.108.026
2026		5.982.324	4.544.498	7.420.151		474.880.562	363.839.456	585.921.668
2027		6.104.652	4.593.190	7.616.115		485.063.162	368.663.070	601.463.253
2028		6.226.988	4.645.306	7.808.669		495.245.759	373.722.762	616.768.756
2029		6.349.327	4.700.410	7.998.244		505.428.355	378.989.843	631.866.867
2030		6.471.667	4.758.149	8.185.185		515.610.952	384.441.000	646.780.903
2031		6.594.008	4.818.238	8.369.779		525.793.548	390.056.982	661.530.114
2032		6.716.350	4.880.435	8.552.265		535.976.144	395.821.677	676.130.610
2033		6.838.692	4.944.542	8.732.841		546.158.740	401.721.440	690.596.040
2034		6.961.034	5.010.386	8.911.681		556.341.336	407.744.590	704.938.081
2035		7.083.375	5.077.822	9.088.929		566.523.932	413.881.042	719.166.822
2036		7.205.717	5.146.721	9.264.714		576.706.528	420.122.011	733.291.045
2037		7.328.059	5.216.972	9.439.146		586.889.124	426.459.793	747.318.455
2038		7.450.401	5.288.478	9.612.324		597.071.720	432.887.588	761.255.853
2039		7.572.743	5.361.153	9.784.333		607.254.316	439.399.354	775.109.279
2040		7.695.085	5.434.918	9.955.251		617.436.913	445.989.697	788.884.128

Tabela 10. Feijão. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	677.856				432.941			
1991	685.266	681.720	560.856	802.585	519.977	467.924	282.328	653.521
1992	665.854	695.300	574.436	816.165	482.579	533.768	348.172	719.364
1993	660.833	665.900	545.035	786.764	599.467	547.109	361.513	732.705
1994	717.852	678.159	557.295	799.024	623.101	601.166	415.569	786.762
1995	636.695	706.376	585.511	827.240	558.435	662.477	476.881	848.073
1996	447.361	649.051	528.186	769.915	419.484	634.320	448.723	819.916
1997	509.021	477.672	356.808	598.537	612.317	526.048	340.452	711.645
1998	516.063	519.387	398.522	640.252	629.862	582.836	397.240	768.432
1999	617.553	516.727	395.863	637.592	695.255	671.927	486.331	857.523
2000	541.026	600.224	479.359	721.088	708.710	717.454	531.858	903.050
2001	560.996	562.821	441.956	683.686	777.052	752.792	567.196	938.388
2002	593.293	565.224	444.360	686.089	890.439	798.396	612.799	983.992
2003	619.353	600.458	479.593	721.322	990.240	893.404	707.808	1.079.001
2004	582.155	626.286	505.421	747.150	796.009	998.759	813.163	1.184.355
2005	568.536	565.454	444.590	686.319	961.988	924.421	738.824	1.110.017
2006	637.107	594.781	473.916	715.645	939.646	943.751	758.154	1.129.347
2007	596.195	616.370	495.506	737.235	924.660	997.678	812.082	1.183.275
2008	676.258	604.873	484.009	725.738	1.094.125	980.163	794.566	1.165.759
2009	736.316	678.665	557.800	799.530	1.230.161	1.074.073	888.477	1.259.670
2010	729.052	739.361	618.497	860.226	1.234.041	1.223.794	1.038.198	1.409.391
2011	788.439	731.568	610.703	852.432	1.272.945	1.281.726	1.096.130	1.467.322
2012	797.473	778.428	657.563	899.293	1.320.485	1.306.099	1.120.503	1.491.695
2013	823.127	801.706	680.841	922.571	1.201.694	1.350.338	1.164.742	1.535.934
2014	847.258	800.391	679.526	921.255	1.388.800	1.299.148	1.113.551	1.484.744

Continua...

Tabela 10. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)		
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção
2015	774.463	866.583	745.719	987.448	1.307.528	1.361.808
2016		782.387	661.522	903.251		1.390.133
2017		791.684	629.332	954.036		1.405.725
2018		791.497	598.943	984.051		1.448.575
2019		797.484	576.777	1.018.192		1.480.375
2020		800.364	555.773	1.044.955		1.516.645
2021		804.659	537.859	1.071.459		1.551.109
2022		808.341	521.233	1.095.448		1.586.302
2023		812.281	506.135	1.118.427		1.621.201
2024		816.114	492.075	1.140.153		1.656.219
2025		819.991	478.986	1.160.996		1.691.188
2026		823.850	466.688	1.181.012		1.726.177
2027		827.716	455.096	1.200.337		1.761.159
2028		831.580	444.117	1.219.042		1.796.143
2029		835.444	433.688	1.237.201		1.831.126
2030		839.309	423.749	1.254.868		1.866.110
2031		843.173	414.255	1.272.091		1.901.093
2032		847.037	405.164	1.288.910		1.936.077
2033		850.901	396.442	1.305.361		1.971.060
2034		854.766	388.060	1.321.471		2.006.044
2035		858.630	379.991	1.337.269		2.041.027
2036		862.494	372.212	1.352.776		2.076.011
2037		866.359	364.704	1.368.014		2.110.994
2038		870.223	357.447	1.382.999		2.145.978
2039		874.087	350.427	1.397.747		2.180.961
2040		877.951	343.628	1.412.275		2.215.944
						1.547.300
						2.884.589

Tabela 11. Mandioca. Modelo: Arima(1,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	258.001				2.718.691			
1991	249.812	255.885	209.848	301.922	2.772.162	2.714.043	2.015.368	3.412.719
1992	238.817	249.386	203.349	295.423	2.366.889	2.751.550	2.052.874	3.450.225
1993	240.350	239.172	193.135	285.209	2.539.939	2.472.290	1.773.614	3.170.965
1994	237.734	237.218	191.181	283.255	2.730.894	2.486.479	1.787.804	3.185.154
1995	258.036	235.757	189.720	281.794	2.945.293	2.672.516	1.973.841	3.371.191
1996	167.126	249.681	203.644	295.718	1.552.312	2.880.475	2.181.800	3.579.150
1997	170.191	189.720	143.683	235.757	1.860.332	1.929.028	1.230.353	2.627.703
1998	197.293	166.633	120.596	212.670	2.001.703	1.769.797	1.071.122	2.468.472
1999	188.068	187.046	141.009	233.082	2.085.120	1.956.945	1.258.270	2.655.620
2000	205.672	187.930	141.893	233.967	2.384.930	2.056.282	1.357.606	2.754.957
2001	212.825	198.068	152.031	244.105	2.353.982	2.296.650	1.597.975	2.995.325
2002	247.883	208.129	162.092	254.166	2.593.410	2.356.559	1.657.883	3.055.234
2003	223.934	235.422	189.385	281.458	2.633.620	2.521.717	1.823.041	3.220.392
2004	240.793	227.894	181.857	273.930	2.947.352	2.616.650	1.917.975	3.315.325
2005	245.039	233.396	187.359	279.433	3.032.592	2.855.248	2.156.573	3.553.923
2006	248.135	241.152	195.115	287.189	3.024.474	3.003.253	2.304.578	3.701.928
2007	246.887	244.568	198.531	290.605	3.137.498	3.020.780	2.322.104	3.719.455
2008	265.511	244.529	198.492	290.566	3.177.654	3.100.527	2.401.852	3.799.202
2009	241.740	257.623	211.586	303.660	2.845.479	3.160.699	2.462.024	3.859.374
2010	240.229	245.650	199.613	291.687	2.869.402	2.930.800	2.232.125	3.629.476
2011	237.318	237.944	191.907	283.981	3.055.023	2.856.906	2.158.231	3.555.581
2012	240.577	235.423	189.386	281.460	2.876.226	2.998.110	2.299.435	3.696.785
2013	218.959	236.965	190.928	283.002	2.464.121	2.919.416	2.220.740	3.618.091
2014	217.709	222.270	176.233	268.307	2.821.298	2.571.398	1.872.723	3.270.074

Continua...

Tabela 12. Milho. Modelo: Passeio aleatório [Arima(0,0,1)] para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)		
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção
1990	2.938.831				5.293.478	
1991	3.315.307	3.093.118	2.392.267	3.793.970	8.769.752	6.719.556
1992	3.347.032	3.469.594	2.768.743	4.170.446	8.504.603	10.195.830
1993	3.131.804	3.501.319	2.800.468	4.202.171	8.341.595	9.930.681
1994	3.430.245	3.286.091	2.585.240	3.986.943	9.160.347	9.767.673
1995	3.430.300	3.584.532	2.883.681	4.285.384	10.178.757	10.586.425
1996	3.116.338	3.584.587	2.883.736	4.285.439	9.841.723	11.604.835
1997	3.367.000	3.270.625	2.569.774	3.971.477	11.169.480	11.267.801
1998	2.850.621	3.521.287	2.820.436	4.222.139	8.645.316	12.595.558
1999	3.224.525	3.004.908	2.304.057	3.705.760	10.482.716	10.071.394
2000	3.204.924	3.378.812	2.677.961	4.079.664	10.833.172	11.908.794
2001	3.273.343	3.359.211	2.658.360	4.060.063	12.337.708	12.259.250
2002	3.167.722	3.427.630	2.726.779	4.128.482	11.869.097	13.763.786
2003	3.424.134	3.322.009	2.621.158	4.022.861	14.364.328	13.295.175
2004	3.460.625	3.578.421	2.877.570	4.279.273	14.696.879	15.790.406
2005	3.441.029	3.614.912	2.914.061	4.315.764	13.519.286	16.122.957
2006	3.573.723	3.595.316	2.894.465	4.296.168	14.182.596	14.945.364
2007	4.329.617	3.728.010	3.027.159	4.428.862	18.282.307	15.608.674
2008	4.591.408	4.483.904	3.783.053	5.184.756	21.884.790	19.708.385
2009	4.357.561	4.745.695	4.044.844	5.446.547	21.379.452	23.310.868
2010	4.477.346	4.511.848	3.810.997	5.212.700	21.540.677	22.805.530
2011	4.545.230	4.631.633	3.930.782	5.332.485	22.204.503	22.966.755
2012	5.783.050	4.699.517	3.998.666	5.400.369	34.321.294	23.630.581
2013	6.366.754	5.937.337	5.236.486	6.638.189	36.262.956	35.747.372
2014	6.719.283	6.521.041	5.820.190	7.221.893	38.553.245	37.689.034
						32.358.826
						43.019.242

Continua...

Tabela 12. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)		
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção
2015	6.796.011	6.873.570	6.172.719	7.574.422	40.945.422	39.979.323
2016		6.950.298	6.249.447	7.651.150		42.371.500
2017		7.104.585	6.113.432	8.095.739		43.797.578
2018		7.258.873	6.044.962	8.472.783		45.223.655
2019		7.413.160	6.011.457	8.814.862		46.649.733
2020		7.567.447	6.000.296	9.134.598		48.075.811
2021		7.721.734	6.005.006	9.438.462		49.501.889
2022		7.876.021	6.021.743	9.730.300		50.927.966
2023		8.030.309	6.048.002	10.012.616		52.354.044
2024		8.184.596	6.082.042	10.287.150		53.780.122
2025		8.338.883	6.122.596	10.555.170		55.206.200
2026		8.493.170	6.168.709	10.817.631		56.632.277
2027		8.647.457	6.219.637	11.075.278		58.058.355
2028		8.801.745	6.274.789	11.328.700		59.484.433
2029		8.956.032	6.333.686	11.578.377		60.910.511
2030		9.110.319	6.395.933	11.824.705		62.336.588
2031		9.264.606	6.461.201	12.068.012		63.762.666
2032		9.418.893	6.529.209	12.308.577		65.188.744
2033		9.573.181	6.599.720	12.546.641		66.614.822
2034		9.727.468	6.672.528	12.782.408		68.040.899
2035		9.881.755	6.747.453	13.016.057		69.466.977
2036		10.036.042	6.824.338	13.247.746		70.893.055
2037		10.190.329	6.903.045	13.477.614		72.319.133
2038		10.344.617	6.983.452	13.705.782		73.745.210
2039		10.498.904	7.065.448	13.932.360		75.171.288
2040		10.653.191	7.148.934	14.157.448		76.597.366
						74.310.578
						38.350.601
						37.277.939
						36.825.561
						37.789.497
						67.430.150
						69.770.747
						72.061.798
						74.310.578
						76.522.738
						78.702.772
						80.854.324
						82.980.396
						85.083.499
						87.165.755
						89.228.980
						91.274.738
						93.304.393
						95.319.138
						97.320.025
						99.307.991
						101.283.869
						103.248.407

Tabela 13. Soja. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)			Produção (t)		
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção
1990	4.775.585				7.278.359	
1991	3.765.779	5.193.677	3.878.787	6.508.568	8.002.706	8.768.029
1992	4.079.966	3.973.765	2.658.874	5.288.655	8.949.991	9.025.185
1993	4.697.657	4.415.410	3.100.519	5.730.301	10.148.234	10.485.603
1994	5.336.852	5.089.979	3.775.088	6.404.869	12.259.123	11.768.648
1995	5.629.991	5.857.055	4.542.164	7.171.945	12.158.987	13.738.564
1996	4.634.027	5.818.934	4.504.043	7.133.825	10.596.141	13.857.898
1997	5.094.253	4.526.471	3.211.580	5.841.361	12.747.597	12.000.038
1998	6.175.999	5.607.012	4.292.121	6.921.903	15.163.357	14.146.064
1999	6.135.342	6.770.686	5.455.796	8.085.577	15.956.508	16.776.480
2000	6.581.308	6.423.563	5.108.672	7.738.453	17.933.153	17.370.098
2001	6.890.036	7.068.832	5.753.942	8.383.723	18.648.982	19.354.411
2002	8.108.031	7.193.048	5.878.157	8.507.938	22.324.095	20.220.344
2003	9.214.017	8.886.957	7.572.066	10.201.847	25.310.556	23.786.944
2004	10.729.652	9.889.459	8.574.569	11.204.350	27.425.697	26.840.007
2005	11.614.852	11.314.391	9.999.501	12.629.282	30.920.895	29.268.357
2006	10.979.312	12.344.595	11.029.704	13.659.486	27.280.259	32.275.111
2007	9.800.241	10.610.483	9.295.592	11.925.374	27.733.574	29.175.088
2008	10.218.731	9.958.365	8.643.475	11.273.256	30.917.929	28.730.287
2009	10.543.729	10.871.400	9.556.509	12.186.291	30.784.142	32.129.413
2010	11.244.660	10.730.339	9.415.448	12.045.230	33.195.840	32.501.809
2011	11.491.551	11.811.000	10.496.109	13.125.890	35.044.587	34.651.508
2012	12.018.330	11.946.849	10.631.958	13.261.740	36.562.618	36.404.192
2013	13.348.253	12.448.278	11.133.387	13.763.168	38.061.123	38.092.759
2014	14.458.818	13.834.098	12.519.208	15.148.989	41.762.862	39.927.954
						36.666.809

Continua...

Tabela 13. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	15.227.892	15.233.590	13.918.700	16.548.481	44.520.103	43.176.730	39.915.586	46.437.875
2016		15.847.027	14.532.137	17.161.918		45.947.310	42.686.165	49.208.455
2017		16.271.144	14.054.608	18.487.680		47.530.717	42.983.756	52.077.677
2018		16.702.649	13.827.985	19.577.312		49.007.492	43.329.384	54.685.600
2019		17.119.935	13.696.096	20.543.774		50.504.849	43.899.807	57.109.890
2020		17.539.032	13.642.421	21.435.643		51.992.921	44.567.436	59.418.406
2021		17.956.977	13.638.192	22.275.762		53.483.271	45.320.851	61.645.690
2022		18.375.153	13.671.995	23.078.310		54.972.767	46.134.030	63.811.505
2023		18.793.227	13.734.764	23.851.690		56.462.500	46.995.779	65.929.221
2024		19.211.327	13.820.937	24.601.717		57.952.152	47.896.540	68.007.764
2025		19.629.417	13.926.381	25.332.453		59.441.828	48.829.968	70.053.688
2026		20.047.510	14.048.101	26.046.919		60.931.496	49.791.122	72.071.869
2027		20.465.602	14.183.786	26.747.418		62.421.166	50.776.243	74.066.089
2028		20.883.694	14.331.632	27.435.757		63.910.836	51.782.334	76.039.338
2029		21.301.787	14.490.192	28.113.381		65.400.506	52.806.980	77.994.031
2030		21.719.879	14.658.284	28.781.474		66.890.175	53.848.196	79.932.154
2031		22.137.971	14.834.929	29.441.013		68.379.845	54.904.329	81.855.361
2032		22.556.064	15.019.305	30.092.822		69.869.515	55.973.981	83.765.049
2033		22.974.156	15.210.714	30.737.598		71.359.185	57.055.962	85.662.408
2034		23.392.248	15.408.557	31.375.940		72.848.854	58.149.245	87.548.464
2035		23.810.340	15.612.314	32.008.366		74.338.524	59.252.941	89.424.108
2036		24.228.433	15.821.535	32.635.331		75.828.194	60.366.268	91.290.120
2037		24.646.525	16.035.820	33.257.230		77.317.864	61.488.540	93.147.187
2038		25.064.617	16.254.819	33.874.415		78.807.533	62.619.149	94.995.918
2039		25.482.710	16.478.220	34.487.199		80.297.203	63.757.550	96.836.856
2040		25.900.802	16.705.741	35.095.863		81.786.873	64.903.258	98.670.488

Tabela 14. Sorgo. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	63.036				110.672			
1991	101.584	84.972	-	201.701	149.841	180.717	-	463.874
1992	63.752	119.684	-	236.413	125.408	224.484	-	507.641
1993	82.091	93.562	-	210.291	155.701	228.212	-	511.369
1994	110.274	139.528	22.799	256.257	210.355	367.314	84.157	650.471
1995	100.378	160.527	43.798	277.256	183.478	392.051	108.894	675.208
1996	157.981	120.159	3.429	236.888	296.975	263.878	-19.279	547.035
1997	223.427	195.937	79.208	312.666	441.397	427.555	144.398	710.712
1998	291.979	221.100	104.370	337.829	494.921	418.030	134.873	701.187
1999	347.662	286.866	170.137	403.595	432.858	494.234	211.077	777.391
2000	479.799	352.411	235.681	469.140	626.464	501.889	218.732	785.046
2001	408.463	479.042	362.313	595.771	696.600	623.746	340.589	906.902
2002	423.046	459.944	343.215	576.673	617.656	829.852	546.695	1.113.009
2003	600.276	600.067	483.337	716.796	1.478.412	1.301.620	1.018.463	1.584.777
2004	771.008	688.255	571.526	804.985	1.821.790	1.590.949	1.307.792	1.874.106
2005	638.055	657.502	540.772	774.231	1.227.071	1.374.339	1.091.182	1.657.496
2006	584.843	642.958	526.229	759.687	1.361.495	1.390.246	1.107.089	1.673.403
2007	536.477	572.203	455.474	688.932	1.188.660	1.247.204	964.047	1.530.361
2008	686.360	657.020	540.291	773.749	1.713.680	1.668.787	1.385.630	1.951.944
2009	672.474	764.407	647.678	881.136	1.628.622	1.892.724	1.609.567	2.175.881
2010	548.234	599.826	483.096	716.555	1.327.462	1.389.840	1.106.683	1.672.996
2011	628.727	622.238	505.508	738.967	1.668.596	1.645.726	1.362.569	1.928.882
2012	599.509	653.008	536.279	769.737	1.786.503	1.681.669	1.398.513	1.964.826
2013	662.342	626.241	509.512	742.971	1.858.692	1.833.085	1.549.928	2.116.242
2014	722.648	671.548	554.819	788.277	2.030.965	1.901.091	1.617.934	2.184.248

Continua...

Tabela 14. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	611.425	668.057	551.328	784.786	1.861.805	1.804.779	1.521.622	2.087.936
2016		567.081	450.352	683.811		1.708.806	1.425.649	1.991.963
2017		671.039	527.208	814.870		2.123.480	1.806.782	2.440.178
2018		697.343	550.483	844.203		2.129.784	1.755.785	2.503.783
2019		654.730	496.567	812.892		1.988.318	1.591.013	2.385.623
2020		674.010	459.351	888.668		2.090.783	1.619.433	2.562.133
2021		678.705	420.220	937.191		2.085.451	1.563.663	2.607.238
2022		725.013	433.651	1.016.375		2.262.215	1.705.191	2.819.238
2023		752.898	438.824	1.066.972		2.328.806	1.755.212	2.902.401
2024		759.982	425.488	1.094.476		2.348.683	1.754.903	2.942.463
2025		785.887	425.243	1.146.532		2.443.425	1.817.345	3.069.506
2026		800.993	416.959	1.185.028		2.481.921	1.828.299	3.135.543
2027		829.099	423.157	1.235.041		2.582.105	1.902.095	3.262.116
2028		853.166	427.600	1.278.731		2.652.481	1.951.025	3.353.937
2029		870.903	427.187	1.314.620		2.708.110	1.985.662	3.430.559
2030		895.142	432.553	1.357.731		2.789.529	2.043.939	3.535.119
2031		914.526	434.188	1.394.864		2.847.439	2.080.356	3.614.521
2032		938.046	440.468	1.435.623		2.926.231	2.137.765	3.714.697
2033		960.699	446.643	1.474.756		2.996.637	2.188.229	3.805.046
2034		981.296	451.501	1.511.092		3.062.015	2.234.254	3.889.776
2035		1.004.240	458.806	1.549.673		3.136.710	2.289.370	3.984.051
2036		1.025.271	464.774	1.585.767		3.202.332	2.336.188	4.068.475
2037		1.047.629	472.403	1.622.854		3.275.012	2.390.238	4.159.787
2038		1.069.815	480.251	1.659.378		3.345.265	2.442.446	4.248.084
2039		1.091.291	487.808	1.694.775		3.413.682	2.493.233	4.334.131
2040		1.113.626	496.439	1.730.813		3.485.527	2.547.595	4.423.458

Tabela 15. Trigo. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)			Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf
1990	155.757				163.189		
1991	73.277	155.216	98.805	211.627	105.075	175.415	33.525
1992	111.799	100.265	43.854	156.676	98.266	109.809	-
1993	68.607	84.862	28.451	141.273	86.588	110.683	-
1994	66.424	85.604	29.193	142.015	84.892	95.731	-
1995	26.755	63.276	6.865	119.687	38.117	96.163	-
1996	42.204	32.944	-	89.355	79.465	45.131	-
1997	31.920	40.177	-	96.588	72.075	94.143	-
1998	34.913	31.812	-	88.223	67.713	82.686	-
1999	50.992	28.231	-	84.642	95.058	79.000	-
2000	67.059	45.082	-	101.493	68.443	108.858	-
2001	74.795	47.533	-	103.944	141.955	78.772	-
2002	93.339	85.152	28.741	141.563	142.220	158.423	16.533
2003	94.398	79.230	22.819	135.641	241.569	154.368	12.478
2004	142.030	114.968	58.557	171.379	352.129	259.457	117.567
2005	122.432	139.689	83.278	196.100	285.390	372.425	230.535
2006	83.440	112.488	56.077	168.899	205.207	291.847	149.957
2007	70.715	80.821	24.410	137.232	202.615	210.096	68.207
2008	112.201	73.167	16.756	129.578	338.932	213.447	71.557
2009	116.844	119.760	63.349	176.171	312.143	360.662	218.772
2010	92.892	103.588	47.177	159.999	293.087	322.047	180.158
2011	76.251	97.393	40.982	153.804	228.594	302.453	160.563
2012	66.925	65.240	8.829	121.651	219.848	235.302	93.413
2013	56.125	65.945	9.534	122.356	151.990	230.407	88.517
2014	107.508	41.036	-	97.447	356.125	158.693	16.804

Continua...

Tabela 15. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	142.231	126.718	70.307	183.129	468.839	382.575	240.686	524.465
2016		147.569	91.158	203.980		488.806	346.916	630.695
2017		145.733	64.822	226.644		501.743	293.330	710.155
2018		146.087	46.143	246.031		513.967	254.987	772.948
2019		145.051	29.374	260.727		526.226	225.076	827.376
2020		144.792	15.202	274.381		538.436	200.303	876.569
2021		144.091	1.995	286.187		550.671	179.235	922.107
2022		143.640	-	297.252		562.892	160.894	964.890
2023		143.048	-	307.356		575.121	144.730	1.005.512
2024		142.536	-	316.893		587.345	130.320	1.044.370
2025		141.979	-	325.832		599.572	117.382	1.081.762
2026		141.447	-	334.331		611.798	105.693	1.117.903
2027		140.901	-	342.411		624.024	95.084	1.152.964
2028		140.362	-	350.145		636.250	85.421	1.187.079
2029		139.820	-	357.560		648.476	76.595	1.220.357
2030		139.280	-	364.697		660.702	68.517	1.252.887
2031		138.738	-	371.580		672.928	61.112	1.284.743
2032		138.197	-	378.234		685.154	54.318	1.315.989
2033		137.656	-	384.678		697.380	48.081	1.346.678
2034		137.115	-	390.930		709.606	42.355	1.376.856
2035		136.574	-	397.005		721.832	37.099	1.406.564
2036		136.033	-	402.916		734.058	32.279	1.435.837
2037		135.492	-	408.674		746.284	27.863	1.464.705
2038		134.951	-	414.291		758.510	23.823	1.493.196
2039		134.410	-	419.774		770.736	20.136	1.521.335
2040		133.869	-	425.134		782.962	16.780	1.549.144

Tabela 16. Leite. Modelo: Arima(1,0,1) para produção.

Ano	Produção (mil litros)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	4.172.437			
1991	4.356.719	4.406.925	3.874.974	4.938.876
1992	4.621.695	4.597.686	4.065.735	5.129.637
1993	4.755.338	4.852.248	4.320.297	5.384.199
1994	4.797.256	5.002.841	4.470.890	5.534.792
1995	4.928.262	5.056.598	4.524.647	5.588.549
1996	6.087.476	5.176.105	4.644.154	5.708.056
1997	5.903.764	6.202.613	5.670.662	6.734.564
1998	6.100.088	6.192.227	5.660.276	6.724.178
1999	6.250.991	6.339.501	5.807.550	6.871.452
2000	6.400.123	6.496.266	5.964.315	7.028.217
2001	6.633.157	6.645.627	6.113.676	7.177.578
2002	6.931.755	6.867.832	6.335.881	7.399.783
2003	7.052.340	7.157.968	6.626.017	7.689.919
2004	7.326.787	7.301.528	6.769.577	7.833.479
2005	7.651.274	7.556.117	7.024.166	8.088.068
2006	7.635.134	7.874.146	7.342.195	8.406.097
2007	7.762.064	7.901.969	7.370.018	8.433.920
2008	8.171.607	8.010.434	7.478.483	8.542.384
2009	8.509.912	8.383.501	7.851.550	8.915.452
2010	9.056.159	8.731.000	8.199.049	9.262.951
2011	9.594.284	9.250.409	8.718.458	9.782.360
2012	9.861.744	9.789.582	9.257.631	10.321.533
2013	10.227.182	10.091.976	9.560.025	10.623.927
2014	10.165.396	10.444.768	9.912.817	10.976.719
2015	9.981.747	10.438.122	9.906.171	10.970.073
2016		10.270.202	9.738.251	10.802.153
2017		10.497.724	9.792.307	11.203.141
2018		10.733.110	9.884.261	11.581.959
2019		10.967.482	9.996.711	11.938.253
2020		11.201.984	10.122.916	12.281.053
2021		11.436.470	10.259.031	12.613.909
2022		11.670.958	10.402.755	12.939.160
2023		11.905.445	10.552.555	13.258.336

Continua...

Tabela 16. Continuação.

Ano	Produção (mil litros)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2024		12.139.933	10.707.352	13.572.514
2025		12.374.420	10.866.354	13.882.487
2026		12.608.908	11.028.959	14.188.857
2027		12.843.395	11.194.695	14.492.096
2028		13.077.883	11.363.185	14.792.581
2029		13.312.371	11.534.123	15.090.618
2030		13.546.858	11.707.255	15.386.462
2031		13.781.346	11.882.368	15.680.323
2032		14.015.833	12.059.282	15.972.384
2033		14.250.321	12.237.843	16.262.799
2034		14.484.808	12.417.916	16.551.700
2035		14.719.296	12.599.386	16.839.206
2036		14.953.783	12.782.150	17.125.417
2037		15.188.271	12.966.117	17.410.425
2038		15.422.758	13.151.207	17.694.310
2039		15.657.246	13.337.350	17.977.143
2040		15.891.734	13.524.479	18.258.988

Tabela 17. Efetivo do rebanho de bovinos. Modelo: Arima(1,0,1) para efetivo.

Ano	Efetivo rebanho (cabeças)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	55.904.172			
1991	57.877.590	56.711.368	54.179.784	59.242.952
1992	58.727.026	59.185.847	56.654.263	61.717.431
1993	61.322.312	59.552.370	57.020.786	62.083.954
1994	62.103.755	62.897.752	60.366.168	65.429.336
1995	62.502.379	62.899.886	60.368.302	65.431.470
1996	59.658.720	63.134.034	60.602.450	65.665.618
1997	60.379.896	58.897.345	56.365.760	61.428.929
1998	62.041.068	61.150.134	58.618.550	63.681.718
1999	62.507.863	63.215.170	60.683.586	65.746.755
2000	63.653.705	63.168.807	60.637.223	65.700.392
2001	65.283.814	64.606.398	62.074.814	67.137.983
2002	68.381.439	66.444.570	63.912.986	68.976.154

Continua...

Tabela 17. Continuação.

Ano	Efetivo rebanho (cabeças)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2003	71.664.957	70.172.706	67.641.122	72.704.290
2004	72.684.317	73.536.092	71.004.508	76.067.676
2005	72.990.225	73.582.668	71.051.084	76.114.252
2006	71.722.926	73.582.045	71.050.461	76.113.629
2007	70.034.065	71.638.826	69.107.242	74.170.410
2008	69.802.676	69.768.843	67.237.259	72.300.427
2009	70.889.658	70.163.649	67.632.065	72.695.233
2010	72.455.820	71.817.063	69.285.478	74.348.647
2011	73.353.159	73.589.102	71.057.518	76.120.686
2012	73.528.085	74.199.084	71.667.500	76.730.669
2013	72.901.736	74.063.629	71.532.045	76.595.213
2014	72.890.197	73.093.017	70.561.432	75.624.601
2015	74.180.472	73.345.628	70.814.043	75.877.212
2016		75.195.220	72.663.636	77.726.805
2017		76.091.590	71.674.803	80.508.377
2018		76.937.099	70.919.776	82.954.422
2019		77.760.756	70.372.274	85.149.238
2020		78.575.024	69.989.089	87.160.960
2021		79.385.259	69.732.669	89.037.848
2022		80.193.760	69.574.560	90.812.960
2023		81.001.517	69.494.000	92.509.034
2024		81.808.954	69.475.886	94.142.022
2025		82.616.253	69.509.103	95.723.403
2026		83.423.493	69.585.321	97.261.666
2027		84.230.708	69.698.168	98.763.249
2028		85.037.912	69.842.672	100.233.153
2029		85.845.112	70.014.878	101.675.346
2030		86.652.309	70.211.584	103.093.034
2031		87.459.506	70.430.159	104.488.853
2032		88.266.702	70.668.409	105.864.994
2033		89.073.898	70.924.486	107.223.310
2034		89.881.094	71.196.811	108.565.376
2035		90.688.290	71.484.028	109.892.552
2036		91.495.485	71.784.957	111.206.014
2037		92.302.681	72.098.568	112.506.795
2038		93.109.877	72.423.953	113.795.802
2039		93.917.073	72.760.307	115.073.839
2040		94.724.269	73.106.915	116.341.623

Tabela 18. Carne bovina. Modelo: Arima(1,0,1) para produção.

Ano	Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	2.391.525			
1991	2.475.945	2.426.056	2.317.757	2.534.354
1992	2.512.283	2.531.911	2.423.613	2.640.210
1993	2.623.307	2.547.591	2.439.292	2.655.889
1994	2.656.737	2.690.703	2.582.404	2.799.002
1995	2.673.789	2.690.794	2.582.496	2.799.093
1996	2.552.140	2.700.811	2.592.512	2.809.109
1997	2.582.992	2.519.570	2.411.271	2.627.868
1998	2.654.055	2.615.942	2.507.643	2.724.240
1999	2.674.024	2.704.282	2.595.983	2.812.580
2000	2.723.042	2.702.298	2.594.000	2.810.597
2001	2.792.776	2.763.797	2.655.498	2.872.096
2002	2.925.290	2.842.432	2.734.134	2.950.731
2003	3.065.755	3.001.918	2.893.620	3.110.217
2004	3.109.362	3.145.800	3.037.502	3.254.099
2005	3.122.449	3.147.793	3.039.494	3.256.092
2006	3.068.235	3.147.766	3.039.468	3.256.065
2007	2.995.987	3.064.637	2.956.339	3.172.936
2008	2.986.089	2.984.641	2.876.343	3.092.940
2009	3.032.589	3.001.531	2.893.232	3.109.829
2010	3.099.588	3.072.262	2.963.963	3.180.561
2011	3.137.975	3.148.068	3.039.770	3.256.367
2012	3.145.458	3.174.163	3.065.864	3.282.461
2013	3.118.663	3.168.368	3.060.069	3.276.667
2014	3.118.170	3.126.846	3.018.548	3.235.145
2015	3.173.366	3.137.653	3.029.354	3.245.951
2016		3.216.776	3.108.478	3.325.075
2017		3.255.122	3.066.176	3.444.068
2018		3.291.292	3.033.877	3.548.707
2019		3.326.527	3.010.456	3.642.599
2020		3.361.361	2.994.063	3.728.659
2021		3.396.022	2.983.094	3.808.950
2022		3.430.609	2.976.330	3.884.888
2023		3.465.164	2.972.884	3.957.444

Tabela 18. Continuação.

Ano	Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2024		3.499.705	2.972.109	4.027.302
2025		3.534.241	2.973.530	4.094.951
2026		3.568.774	2.976.790	4.160.757
2027		3.603.305	2.981.618	4.224.993
2028		3.637.837	2.987.800	4.287.874
2029		3.672.368	2.995.166	4.349.570
2030		3.706.899	3.003.581	4.410.217
2031		3.741.430	3.012.932	4.469.929
2032		3.775.961	3.023.124	4.528.799
2033		3.810.492	3.034.079	4.586.906
2034		3.845.023	3.045.728	4.644.318
2035		3.879.554	3.058.015	4.701.093
2036		3.914.085	3.070.889	4.757.282
2037		3.948.616	3.084.305	4.812.928
2038		3.983.147	3.098.224	4.868.071
2039		4.017.678	3.112.613	4.922.744
2040		4.052.209	3.127.441	4.976.978

Tabela 19. Produtividade de um passo à frente para as culturas selecionadas.

Produto	Produtividade	Linf	Lsup
Algodão	3,85	2,03	7,49
Arroz	3,32	0,32	66,77
Café em grão	1,63	0,92	2,43
Cana-de-açúcar	77,50	69,12	86,79
Feijão	1,78	1,33	2,38
Mandioca	12,93	7,73	21,18
Milho	6,10	4,84	7,63
Soja	2,90	2,49	3,39
Sorgo	3,01	2,08	4,42
Trigo	3,31	1,70	6,92

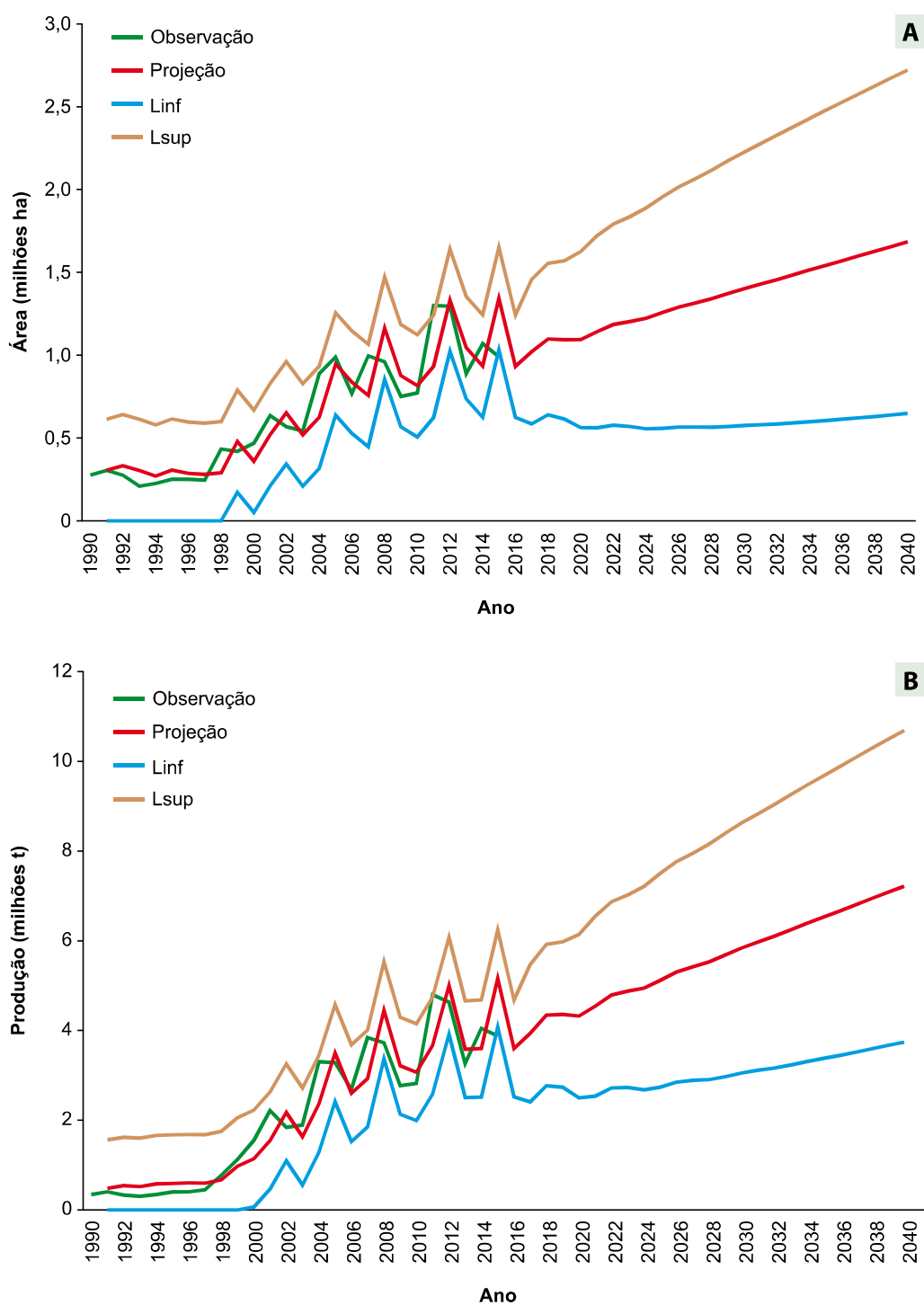


Figura 2. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de algodão no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

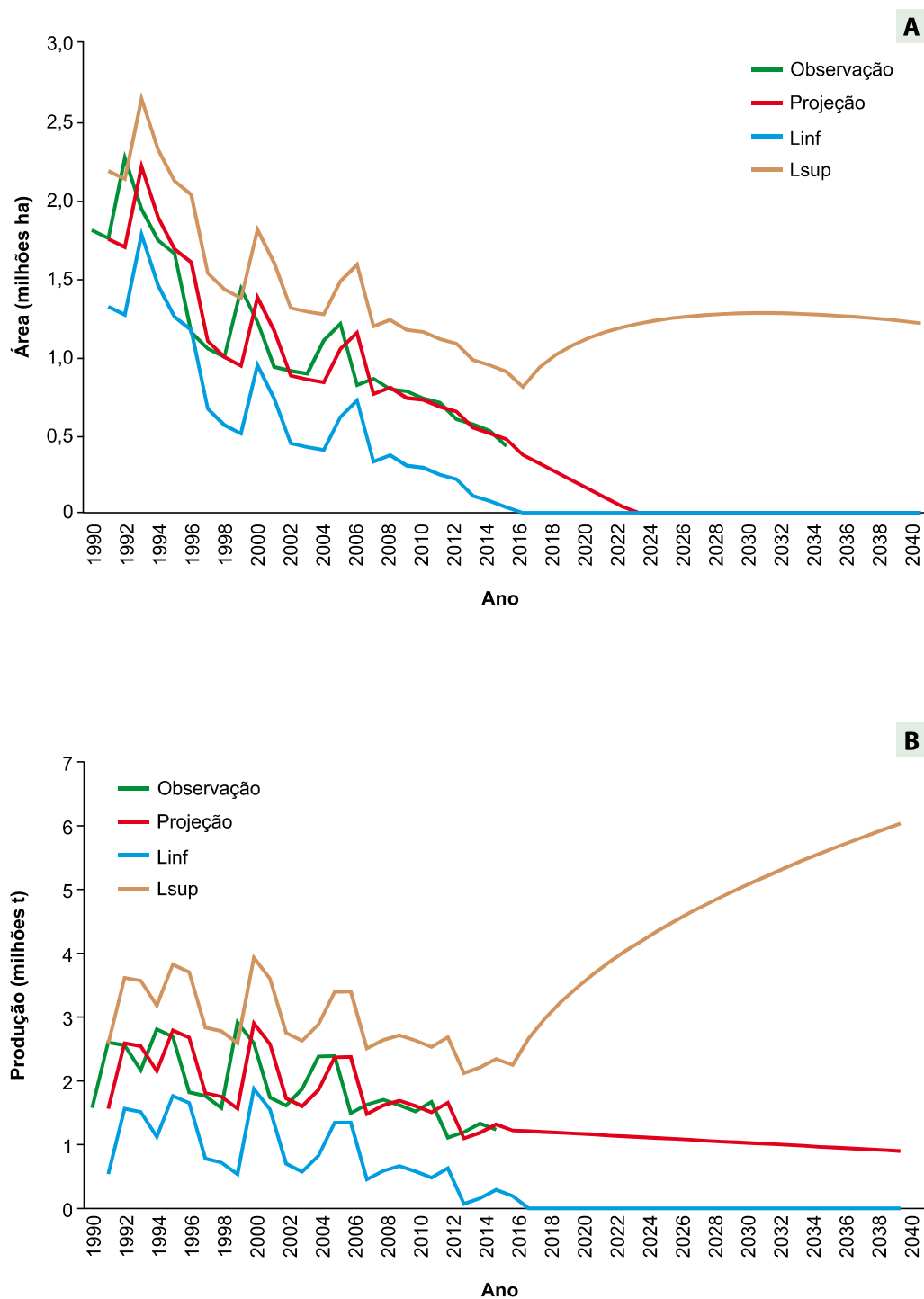


Figura 3. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de arroz no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

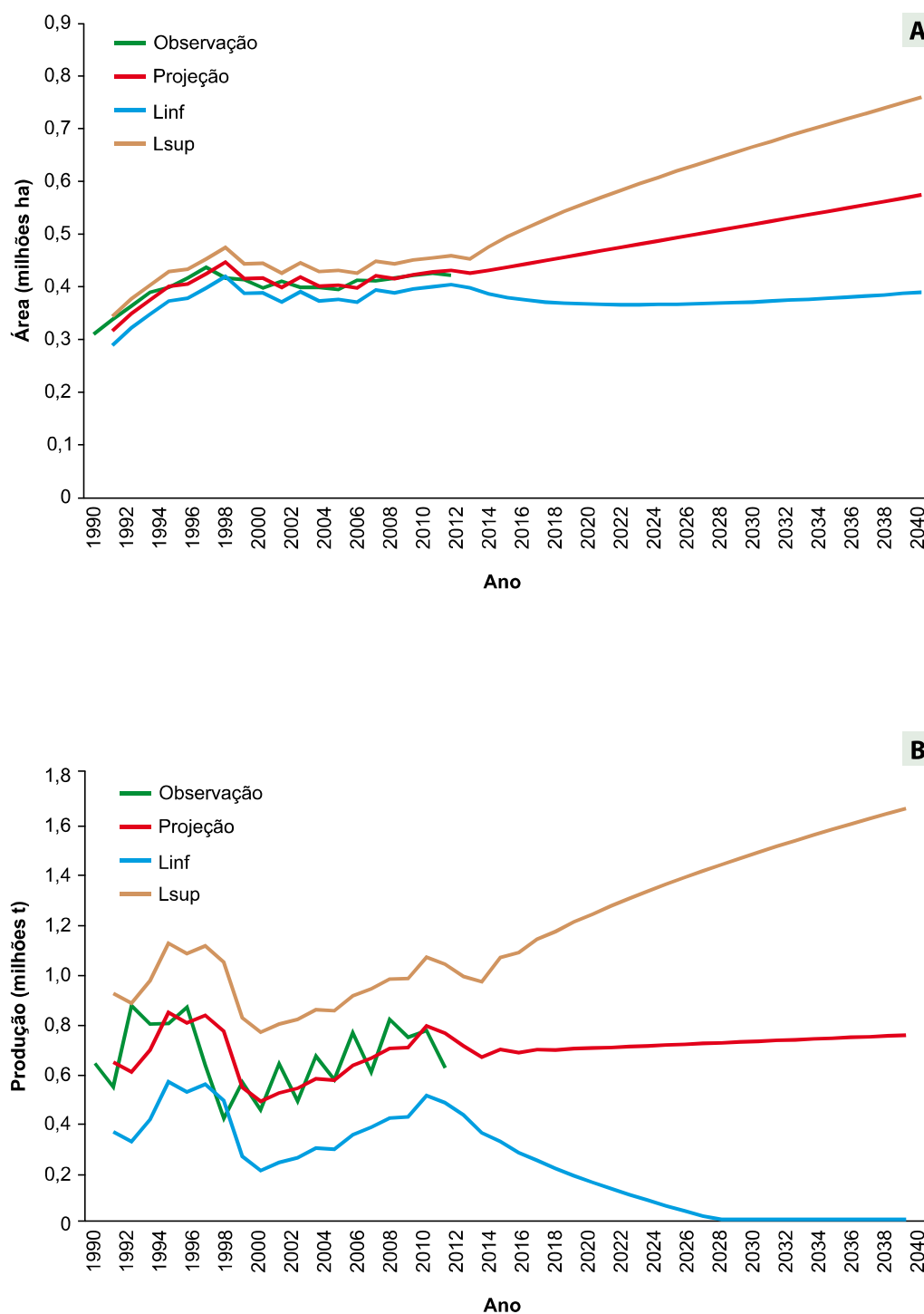


Figura 4. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de café em grão no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

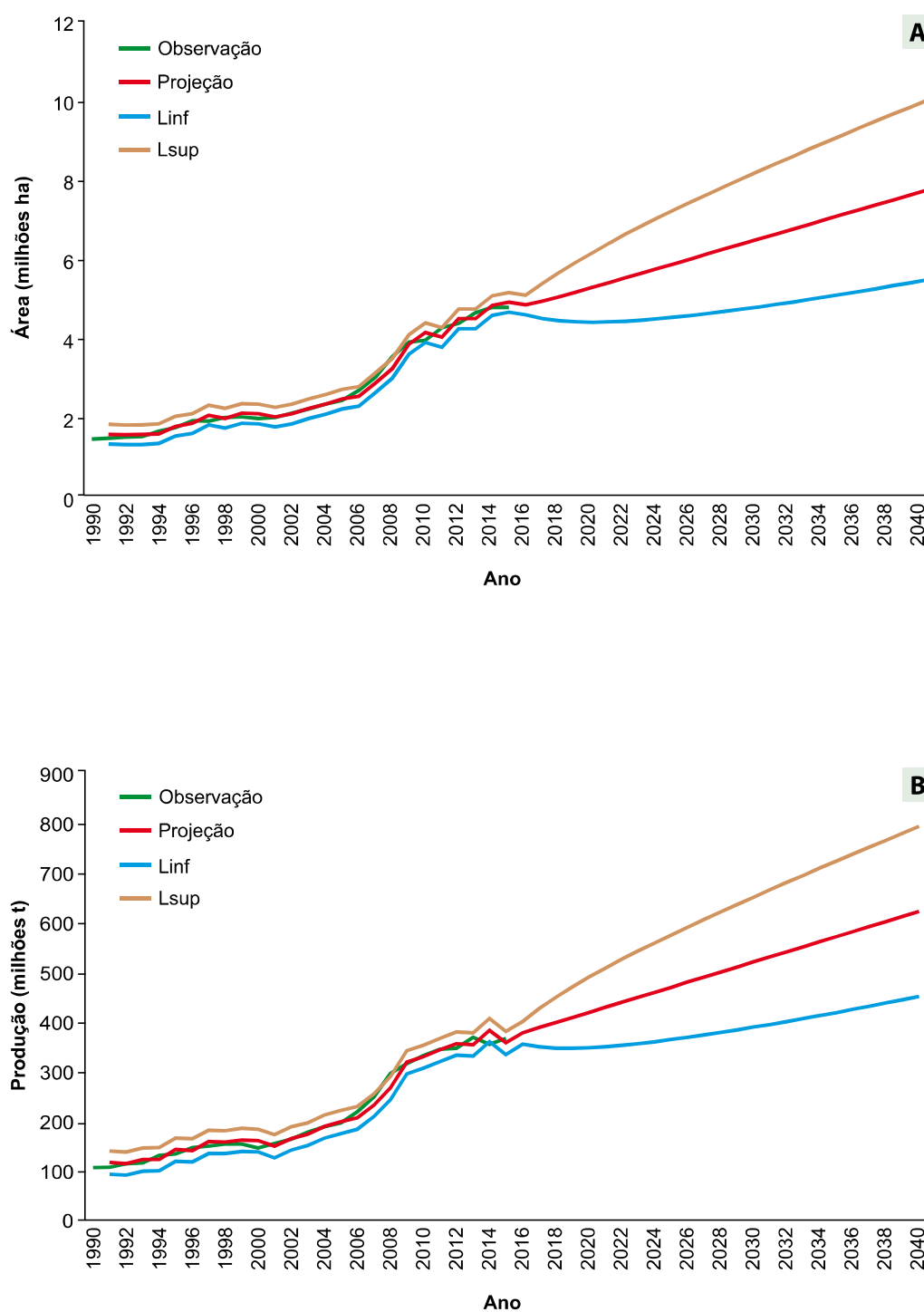


Figura 5. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de cana-de-açúcar, no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

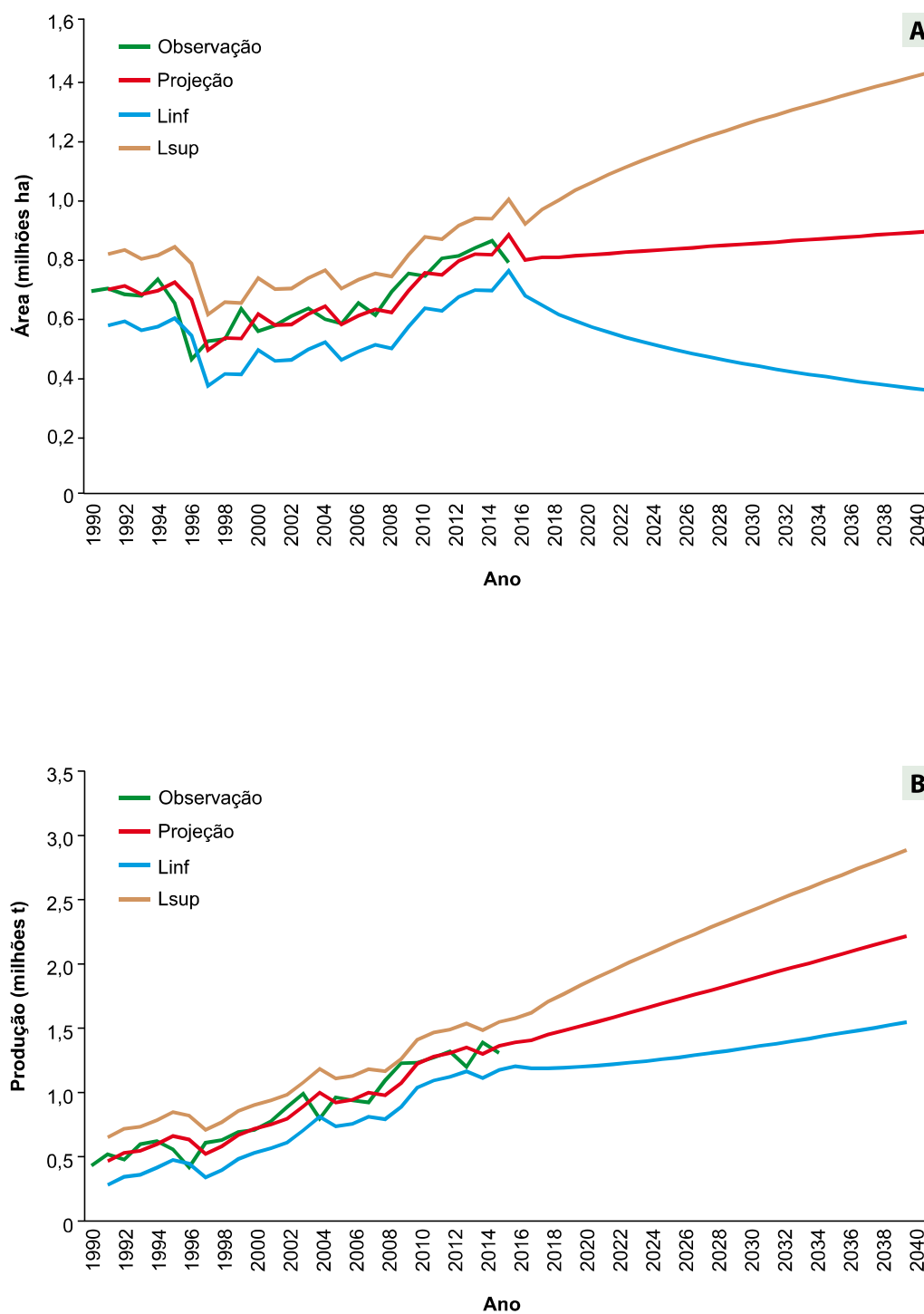


Figura 6. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de feijão no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

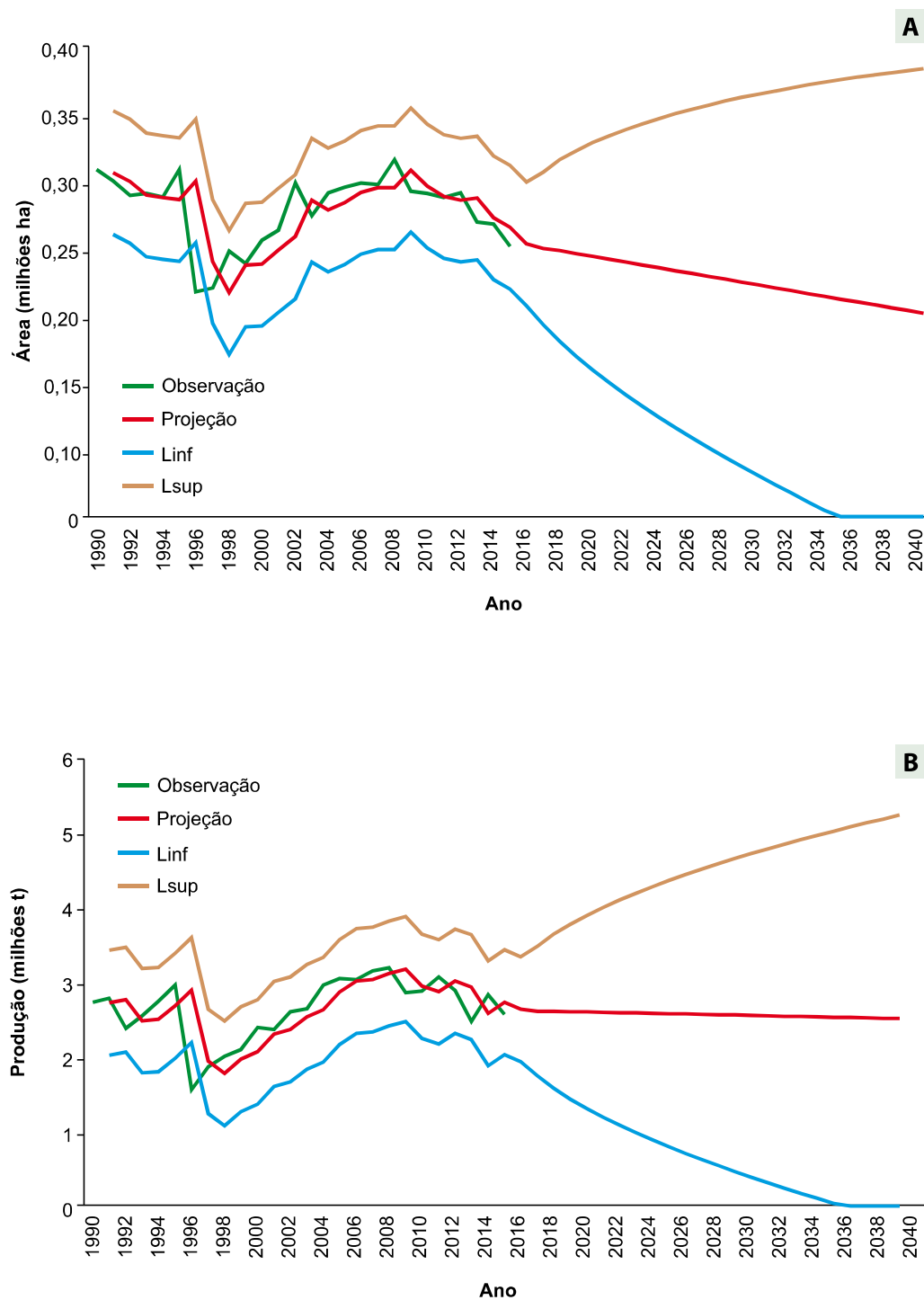


Figura 7. Valores observados e projeções de área (A) e produção (B) de mandioca no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

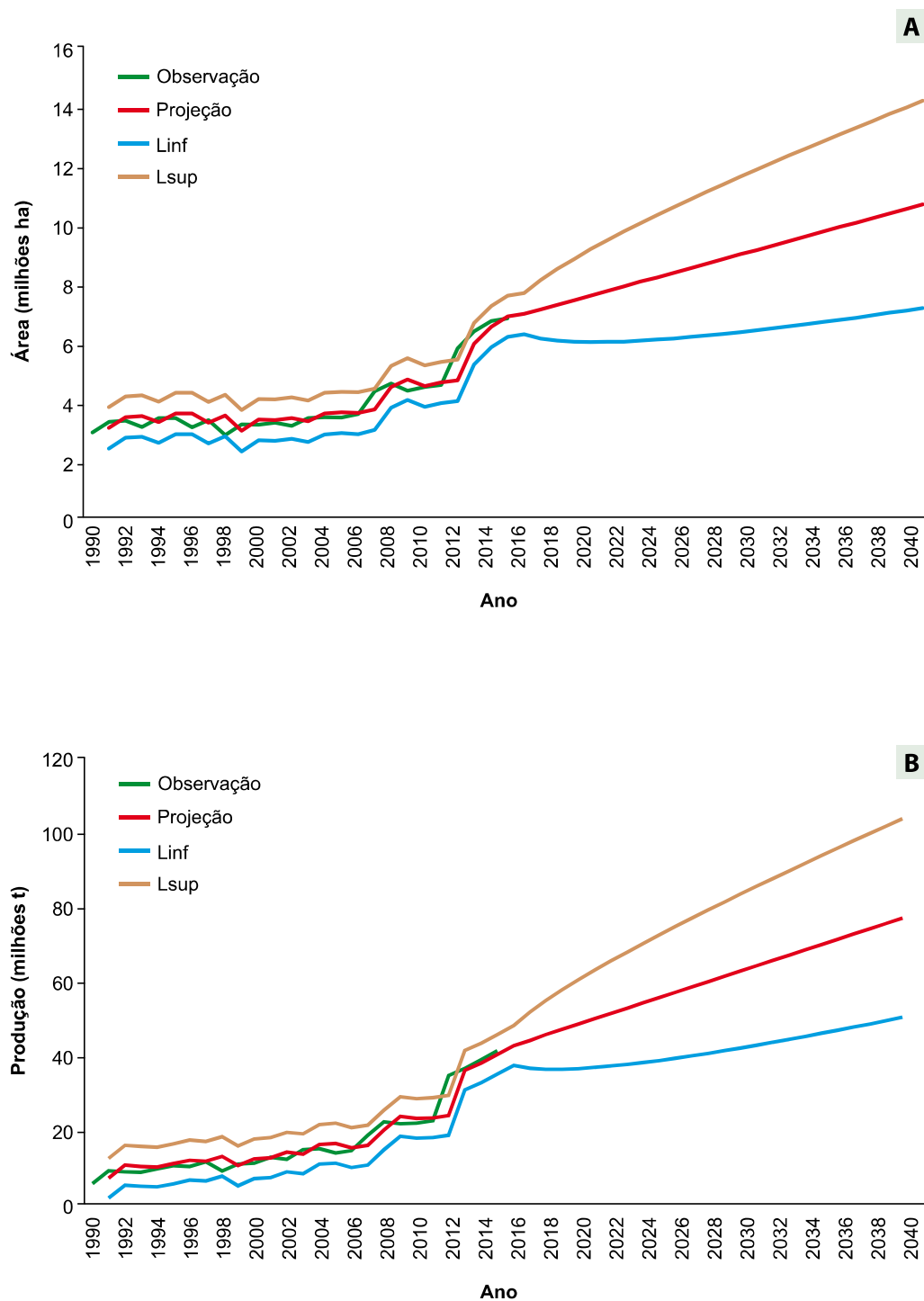


Figura 8. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de milho no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

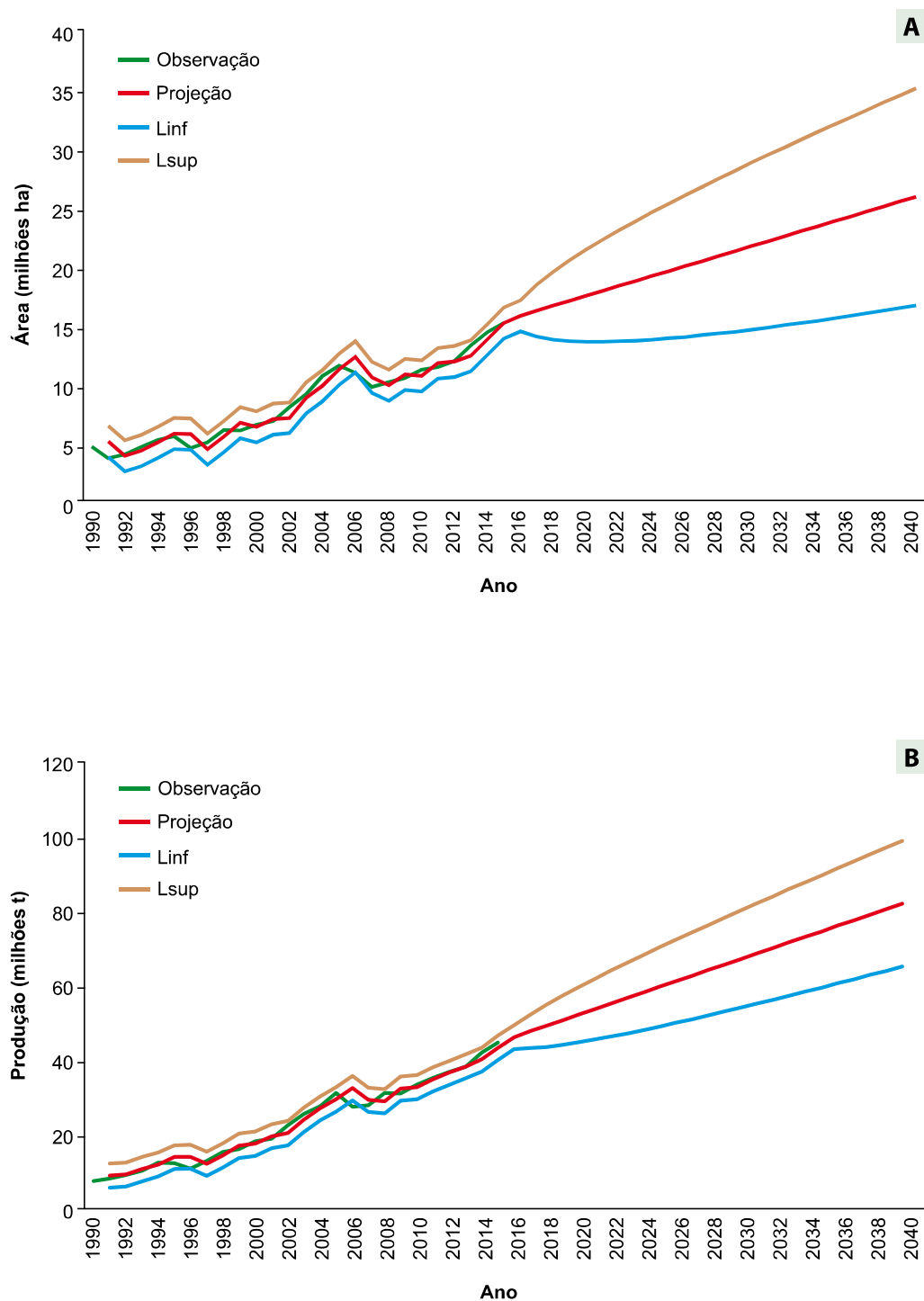


Figura 9. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de soja no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

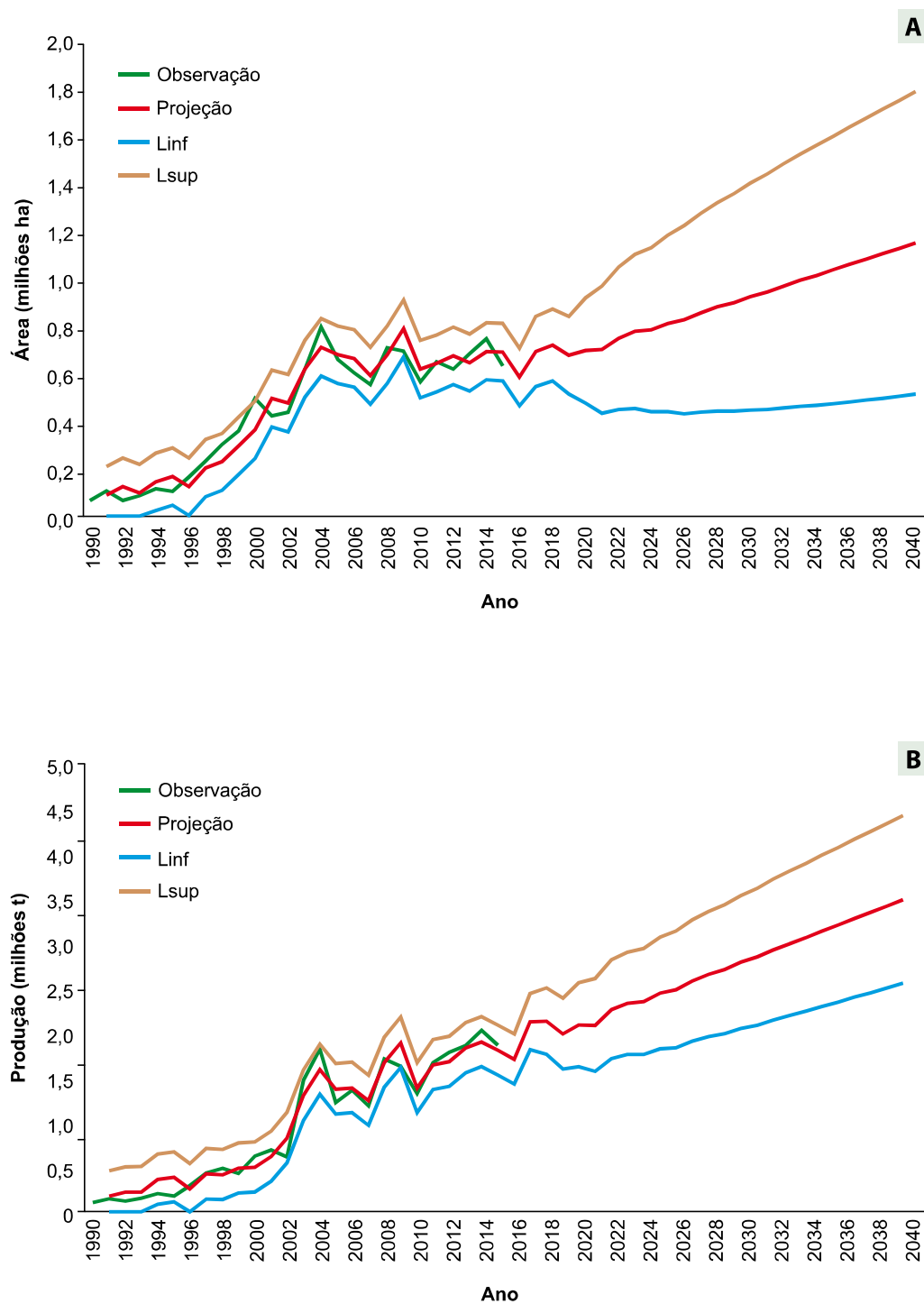


Figura 10. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de sorgo no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

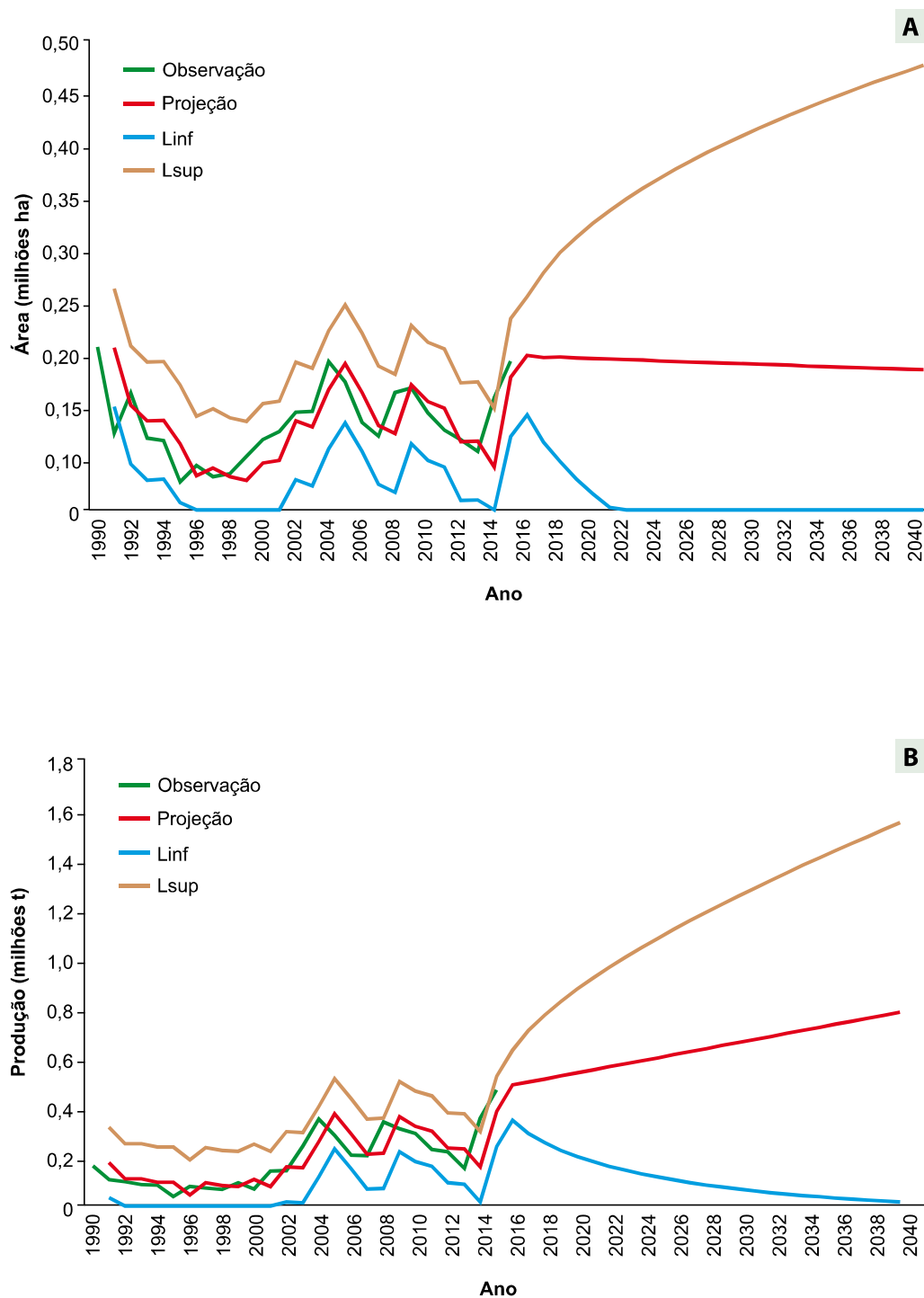


Figura 11. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de trigo no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

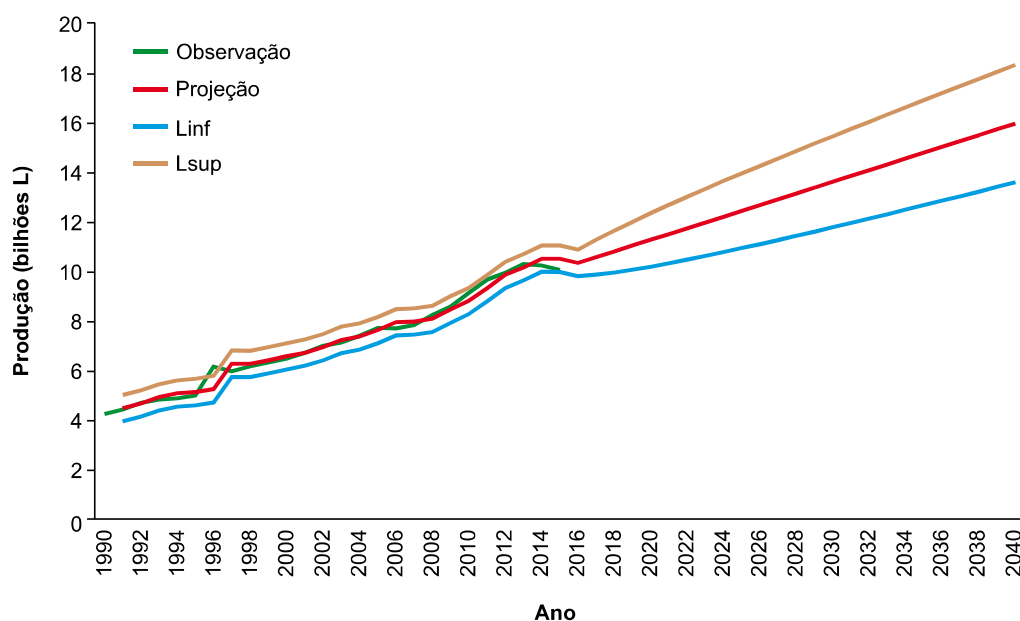


Figura 12. Valores observados e projeções para a produção de leite no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

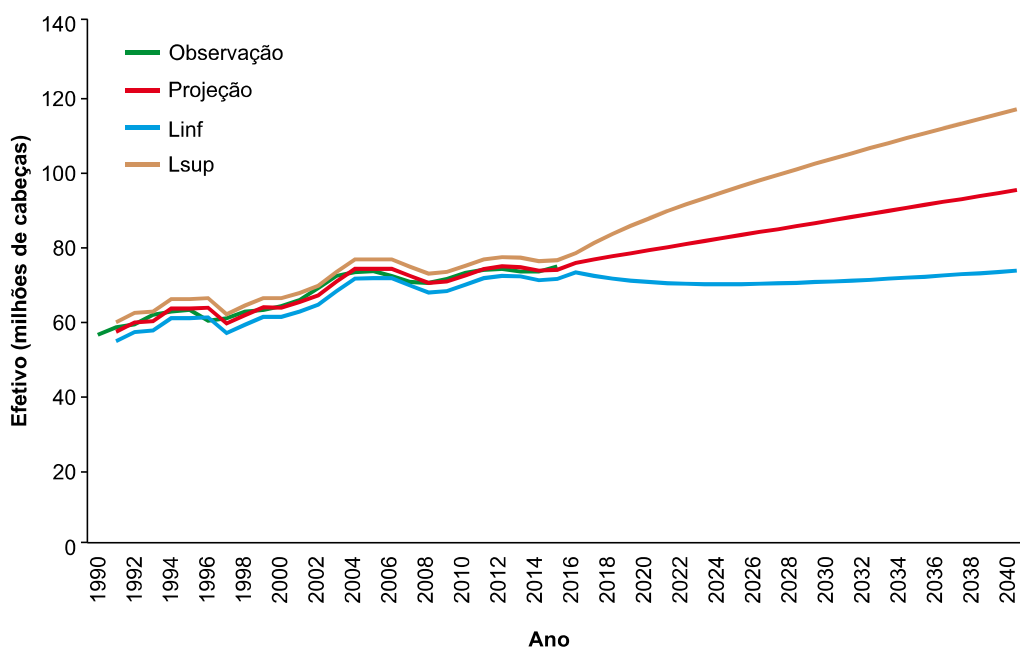


Figura 13. Valores observados e projeções para efetivo bovino no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

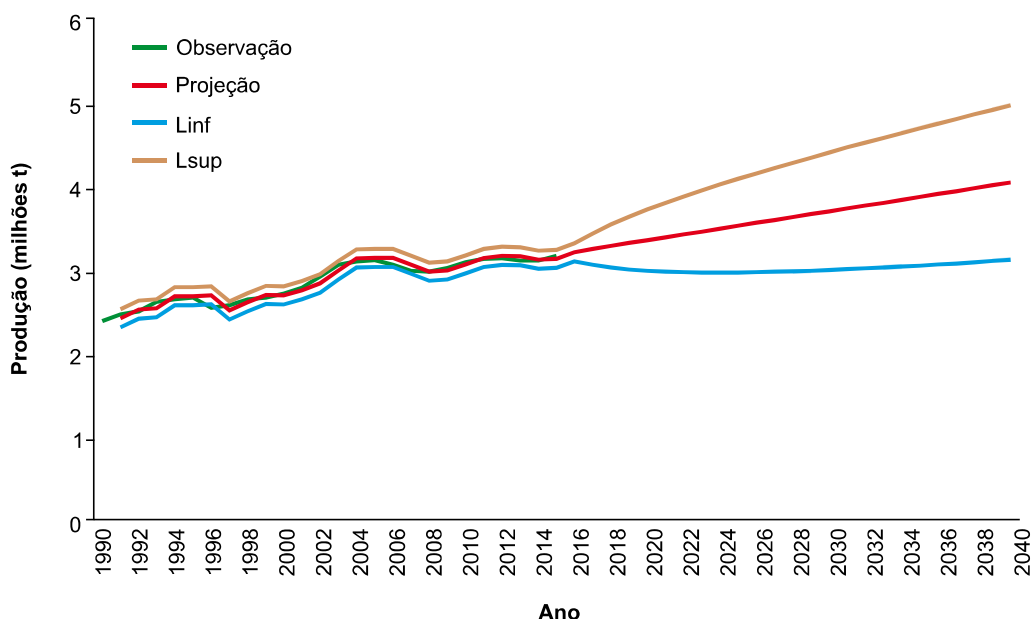


Figura 14. Valores observados e projeções para a produção de carne bovina no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

De um modo geral, faz-se mister observar que projeções no contexto de modelos estatísticos perdem a sua significância à medida que essas projeções são feitas para períodos de tempo muito afastados das séries observadas. Isso significa que os intervalos de confiança se tornam substancialmente grandes para o futuro, indicativos de incertezas quanto às projeções. Por essa razão, nossas estimativas de produtividade são obtidas para os previsores de um passo à frente. Nesse contexto, nossas previsões têm mais representatividade para um futuro próximo.

Considerações finais

Levou-se a efeito uma análise do bioma Cerrado sob a ótica geral de sua agricultura, com concentração nos aspectos da eficiência de produção dos 1.102 municípios que compõem o bioma. Ênfase foi dada ao Censo Agropecuário 2006. Nesse contexto, avaliaram-se aspectos pertinentes à estimação de uma fronteira de produção, a índices de concentração da renda bruta rural, à produtividade total dos fatores de produção e à importância de variáveis contextuais na explicação da eficiência de produção.

De um modo geral, a agricultura do bioma Cerrado apresenta os mesmos aspectos reportados em estudos anteriores para a agricultura brasileira. Possui renda concentrada, com o indicador de Gini mediano perto de 80%. Poucos são responsáveis por muito da produção. Os resultados estatísticos evidenciaram o efeito perverso das imperfeições de mercado na eficiência. A inclusão produtiva na região só poderá

ocorrer resolvendo os problemas de imperfeições de mercado que afetam a presença apropriada da extensão rural e a consequente adoção de tecnologias adequadas. Nesse contexto, duas ações fazem-se prementes. Primeiramente, a redução das imperfeições de mercado para obtenção de mais eficiência no processo produtivo, e isso vai envolver políticas públicas para a melhora do desenvolvimento regional e, ulteriormente, ajustes na função de produção do sistema, explorando de modo ótimo combinações de tecnologia e trabalho que são dominantes sobre a terra em seus efeitos sobre a produção, medidos por suas elasticidades.

Das principais culturas analisadas sobre o ponto de vista de potencial de produção para o futuro próximo (algodão, arroz, café em grão, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, sorgo, trigo, produção de leite e de carne bovina), somente o arroz e a mandioca apresentaram tendência estocástica com média decrescente. A utilização de área para o trigo é estacionária e a produção levemente crescente, indicando ganhos em produtividade. Para o bioma, existem *benchmarks* de produtividade total que podem ser utilizados para o estabelecimento de melhores práticas agropecuárias para a região. Nesse contexto, melhores níveis para a produtividade podem ser alcançados para todos os produtos estudados. Esses limites foram caracterizados no estudo pelos pontos superiores dos intervalos de confiança.

Referências

- AKAIKE, H. Canonical correlations of time series and the use of an information criterion. In: MEHRA, R.; LAINIOTIS, D. G. **Advances and case studies in system identification**. New York: Academic Press, 1976.
- AKAIKE, H. Markovian representation of stochastic processes and its application to the analysis of autoregressive moving average processes. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, v. 26, p. 363-386, 1974.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S. Pequenos estabelecimentos também enriquecem? Pedras e Tropeços. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, p. 7-21, 2015.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GARAGORRY, F. L.; MELO, P. F. O sonho de produzir: assentados da Bahia e do Rio Grande do Sul. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, p. 114-133, 2015.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P.; MARRA, R. Fatos marcantes da agricultura brasileira. In: ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 13-45.
- BANKER, R. Maximum Likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation. **Management Science**, v. 39, n. 10, p. 1265-1273, 1993. DOI: 10.1287/mnsc.39.10.1265.
- BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BROCKLEBANK J. C.; DICKEY D. A. **SAS for forecasting time series**. 2nd edition. Cary NC: SAS Institute, 2003.
- COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer, 2005.

- IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>>. Acesso em: 19 set. 2019.
- IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2017b. Acesso em: 19 set. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017>>. Acesso em: 19 set. 2019.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 19 set. 2019.
- LOPES, F. Novo índice mapeia desenvolvimento rural. **Valor Agronegócios**, 15 jul. 2013. Disponível em: <https://documentacao.socioambiental.org/noticias/anexo_noticia/25475_20130715_140743.pdf> Acesso em: 15 out. 2019.
- PAPKE, L. E.; WOOLDRIDGE, J. M. Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(k) plan participation rates. **Journal of Applied Econometrics**, v. 11, p. 619-632, 1996. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1255(199611)11:6<619::AID-JAE418>3.0.CO;2-1.
- RAMALHO, E. A.; RAMALHO, J. J. S.; HENRIQUES, P. D. Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. **Journal of Productivity Analysis**, v. 34, p. 239-255, 2010.
- SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. Conditional FDH efficiency, income dispersion and market imperfections: the case of the Brazilian agricultural census of 2006. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sobrapo. p. 760-769, 2015b.
- SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. Improving agricultural economic efficiency in Brazil. **International Transactions in Operational Research**, v. 22, p. 329-337, 2015a. DOI: 10.1111/itor.12055.
- STATA base reference manual release 16. Texas: Stata Press, 2015. Disponível em: <<https://www.stata.com/manuals/r.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2019.