

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ORGANIZAÇÕES  
E MERCADOS – ECONOMIA APLICADA



DISSERTAÇÃO

**Produção Agropecuária dos Estados da Região Sul do Brasil: Uma  
Análise a Partir de um Modelo Computacional Baseado em Agentes –  
2010/2016.**

**Matheus Salies Alquati**

Pelotas, 20 de julho de 2016.

**Matheus Salies Alquati**

**Produção Agropecuária dos Estados da Região Sul do Brasil: Uma  
Análise a Partir de um Modelo Computacional Baseado em Agentes –  
2010/2016.**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Organizações e  
Mercados – Economia Aplicada da  
Universidade Federal de Pelotas  
(UFPel).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Passos

Pelotas, 20 de julho de 2016.

## **Ficha Catalográfica**

**Matheus Salies Alquati**

**Produção Agropecuária dos Estados da Região Sul do Brasil: Uma  
Análise a Partir de um Modelo Computacional Baseado em Agentes –  
2010/2016.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados – Economia Aplicada da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Aprovado pela Banca Examinadora em: 20/07/2016

### **BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Passos  
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) - Orientador

---

Prof. Gibran da Silva Teixeira  
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

---

Prof. Regis Augusto Ely  
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

## **Agradecimentos**

Acredito que todos nós estamos em uma constante evolução pessoal, percebendo ou não, sendo consigo mesmo ou para com as pessoas que convivem conosco, com nossas pessoas queridas, objetivos/metapas, prazeres da vida e afins. Não existem palavras a serem descritas para as pessoas que formam, e que sempre formaram, os alicerces de minha trajetória até aqui. Minha mãe, Carla Cunha Salies, melhor amigo e irmão, Carlos Salies Alquati, a “madrasta” e com certeza a minha segunda mãe, Amália Puccinelli da Silva e, sem sombra de dúvidas, meu único ídolo, tutor e espetacular pai, Ernesto Luiz Gomes Alquati. Estamos concluindo então mais uma etapa, pois somos uma maravilhosa família e obviamente um excelente time, e, aqui estamos, onde vocês podem ter certeza que todos vocês foram fundamentais e vitais para o término desta, e, daqui a pouco, vão ser novamente para o início da próxima.

Muito obrigado ao meu professor orientador Marcelo de Oliveira Passos, por todos os ensinamentos, auxílio e suporte, com o qual espero manter o mesmo vínculo criado na academia, dando continuidade aos projetos de pesquisa já iniciado e tentar contribuir cada vez mais para o meio acadêmico.

Agradecimentos especiais ao também professor Regis Augusto Elly, pois suas sugestões foram essenciais para o desenvolvimento do presente trabalho. Aos colegas de pesquisa, Jean Venecian, Rafaela Mortola e Simone Mota, grande equipe de pesquisa de projetos e trabalhos acadêmicos. Ao professor Gibran Texeira, meu orientador na graduação pela Universidade Federal do Rio Grande, que sempre incentivou a dar continuidade aos meus estudos. E, por fim, a excelente equipe de professores do Programa de Pós Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas (PPGOM/UFPEL), André, Cezar, Daniel, Felipe, Rodrigo, e, aos meus grandes colegas, Alan, Andrea, Angelo, Christian, Gabriel e Suamy.

“Our deepest fear is not that we are inadequate. Our deepest fear is that we are powerful beyond measure. It is our light, not our darkness, that most frightens us. Your playing small does not serve the world. There is nothing enlightened about shrinking so that other people won't feel insecure around you. We are all meant to shine as children do. It's not just in some of us; it is in everyone. And as we let our own lights shine, we unconsciously give other people permission to do the same. As we are liberated from our own fear, our presence automatically liberates others.” (Coach Carter movie, based on the poetry by Marianne Williamson)

## **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo aprofundar os resultados de Passos, Mota, Alquati e Venecian. (2016) por meio de um modelo computacional estocástico com base em agentes heterogêneos para: (i) estimar o potencial PIBs agrícolas dos estados do sul para o período de 2010-2016; (ii) estimar excedente dos produtores agrícolas (EPRA), ou, em outras palavras, o hiato do produto agropecuário, para esses estados no mesmo período; (iii) calcular os efeitos da política de juros do Banco Central sobre a produção agrícola dos três estados do sul. Logo, espera-se que os resultados obtidos também possam direcionar analistas nas tomadas de decisões de políticas públicas.

**Palavras-chave:** Economia computacional baseada no agente; excedente agregado do produtor agropecuário; PIB agropecuário potencial.

**Códigos JEL:** C63; Q11; R11

## **Abstract**

This paper aims to deepen the results of Passos, Mota, Alquati and Venecian (2016) by the means of a stochastic computational model based on heterogeneous agents for: (i) estimate the potential agricultural GDPs of the southern states for the period 2010-2016; (ii) estimate the agricultural producers' surplus (APS) for these states in the same period; (iii) calculate the effects of the Central Bank interest policy on agricultural production of the three southern states. Therefore, it is expected that the results obtained can also direct analysts in public policy decisions.

**Keywords:** Agent-based computational economics, aggregate surplus of agricultural producer; potential agricultural GDP.

**JEL Codes:** C63; Q11; R11

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Taxas de crescimento do Valor Adicionado Bruto (VAB) da agropecuária, do Produto Interno Bruto (PIB) e a participação do RS na economia do Brasil – 2001-2012.	5
<b>Tabela 2</b> – Corolários do modelo.	22
<b>Tabela 3</b> – Parâmetros utilizados na simulação do modelo.	23

## Lista de Figuras (Gráficos)

<b>Gráfico 1</b> - PIB agropecuário potencial dos estados da região sul - estimativas em R\$ mil para 2010-2016.	24
<b>Gráfico 2</b> - EPRA total da região sul, estimativas em R\$ mil para 2010-2016.	25
<b>Gráfico 3</b> - Participação porcentual dos três estados no PIB potencial total da região sul em 2010-2016.	26
<b>Gráfico 4</b> - PIBs agropecuários (de 1985 a 2009) e PIBs estimados (de 2010 a 2016) dos estados da Região Sul do Brasil. Em R\$ mil.	26
<b>Gráfico 5</b> - Excedente agregado do produtor agropecuário dos estados da região sul - estimativas em R\$ mil para 2010-2016.	27
<b>Gráfico 6</b> - EPRAs per capita (pop. residente) dos estados do sul do Brasil - Em R\$.	28
<b>Gráfico 7</b> - EPRAs per capita (pop. rural) dos estados do sul do Brasil - Em R\$.	29
<b>Gráfico 8</b> - Elasticidades-juros dos EPRAs dos estados do sul do Brasil: de 2010 a 1º sem. de 2016 - Em R\$ mil.	30
<b>Gráfico 9</b> - Produção de grãos (arroz, feijão, milho, trigo, soja e algodão) nos estados da região sul em 2004/05 a 2014/15 (valores em mil toneladas).	31

## Sumário

<b>Resumo</b>	i
<b>Abstract</b>	ii
<b>Lista de Tabelas</b>	iii
<b>Lista de Figuras (Gráficos)</b>	iv
<b>Sumário</b>	v
<b>1. Introdução</b>	1
<b>2. Revisão da Literatura</b>	2
2.1. Produção agropecuária na Região Sul	2
2.2. Economia computacional baseada no agente ( <i>Agent-Based Computational Economics</i> - ACE) e modelagem de processos de mercado	5
2.3. Excedente Marshaliano do Produtor	7
2.4. Design de modelos de agentes	8
<b>3. Metodologia e fontes dos dados</b>	10
3.1. Os métodos estatísticos univariados	10
3.2. Funções de produção e a perspectiva <i>top-down</i> : os métodos estruturais	14
<b>4. Modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes</b>	17
4.1. Dedução do modelo	17
4.2. Dedução da elasticidade - juros dos EPRA's	19

4.3. Corolários do modelo	20
<b>5. Análise dos resultados</b>	<b>23</b>
5.1. Estimativas dos PIBs agropecuários potenciais e dos EPRAs estaduais	23
5.2. Estimativas dos EPRAs per capita (populações residente e rural)	28
5.3. Estimativas das elasticidades-juros dos EPRAs estaduais e da Região Sul do Brasil	29
<b>6. Considerações finais</b>	<b>32</b>
<b>7. Referências</b>	<b>34</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>37</b>

## 1. Introdução

De acordo com as simulações feitas no presente trabalho de PIBs potenciais dos estados da região sul, o modelo proposto mostrou que o estado do Rio Grande do Sul registrou uma ligeira retração no seu PIB potencial de 2016 na comparação com o de 2015, uma vez que o maior valor registrado foi no ano de 2014. O estado de Santa Catarina demonstrou um comportamento similar ao do RS, em relação as séries dos PIBs potenciais no período de 2014 até o primeiro semestre de 2016, com uma redução em 2016 em relação às estimativas de 2015 e 2014. Por último, o Paraná, teve o seu maior PIB potencial estimado o no ano de 2011, após o qual o estado mostra um declínio até chegar ao valo mínimo em 2016.

Ao serem estimadas a série com as elasticidades-juros dos Excedentes do Produtores Agropecuários (EPRAs) dos agentes-estados, observa-se que o efeito de um aumento nos juros é um aumento dos EPRAs individuais, ou do agregado, conforme apontam os corolários do modelo computacional. É importante ressaltar que o Excedente do Produtor Agropecuário pode ser interpretado nada mais e nada menos como o hiato do PIB agropecuário.

O Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário é um dos principais indicadores de bem-estar das regiões e países nos quais o setor primário possui relevância sócio-econômica.

No caso da região sul do Brasil, a análise deste indicador, para os anos mais recentes, aponta para um crescimento apenas razoável de RS e SC e para uma continuação da trajetória de crescimento da agropecuária do PR. Como o último Censo Agropecuário ocorreu em 2009 e o Censo programado para este ano de 2016 foi cancelado por falta de recursos, tentamos aqui oferecer estimativas que auxiliem na elaboração de cenários para decisões de produções agropecuárias. É importante ressaltar que, embora utilizemos técnicas quantitativas relativamente sofisticadas, estas estimativas não possuem a presunção de substituírem os dados censitários. Obviamente, estes dados são de melhor qualidade, posto que são obtidos de forma direta e envolvem custos elevados associados a manutenção de uma equipe de analistas e recenseadores numerosa, qualificada e treinada. Pela natureza das estimativas aqui elaboradas, que utilizam uma abordagem “bottom-up” e emergem do comportamento dos agentes (as unidades federativas da região sul do país), vale ressaltar que tentamos fugir das

análises usuais baseadas no cálculo do PIB potencial por técnicas “top-down”, que serão detalhadas na seção 3.

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo aprofundar e dar prosseguimento aos resultados do modelo desenvolvido por Passos, Mota, Alquati *et al.* (2016). Nele foi desenvolvido um modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes heterogêneos (*agent based model* – ABM). Por meio deste modelo, realizamos previsões, para o ano de 2016, dos PIBs agropecuários das 27 unidades federativas brasileiras (que correspondem a estes agentes). Nele também criamos um indicador chamado de Excedente do Produtor Agropecuário (EPRA) para cada um dos referidos agentes. Em seguida, agregamos estes resultados por regiões federativas e os analisamos. Nesta dissertação, como objetivo geral, faz-se o mesmo para os estados do sul do país e na análise dos resultados, elabora-se uma comparação entre o desempenho da atividade agropecuária dos três. Como objetivos específicos: (i) estimam-se aqui os EPRAs estaduais (totais, per capita considerando a população residente e per capita considerando a população rural) desenvolvidos para o período de 2010 a 2015; (ii) estimam-se também as elasticidades dos EPRAs estaduais e lançam-se possíveis questões para investigações futuras relacionadas ao perfil produtivo e exportador de cada Estado e suas relações com seus EPRAs.

Utilizam-se as séries temporais anuais dos PIBs agropecuários do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Estas séries iniciam-se em 1985 e terminam no último dado divulgado pelo IBGE, referente ao ano de 2009. Cada agente do modelo é um produtor rural que deseja investir em seu estado. Assim sendo, ele observa a série de produção agropecuária da sua unidade federativa a projeta até 2017, em um primeiro estágio no qual se supõe um crescimento mais alto, e depois até 2019, em um segundo estágio com crescimento mais moderado. A projeção é feita de forma que o agente decida entre duas estimativas, qual é a mais eficiente: (i) a feita por ARIMA, ou (ii) a feita por OLS. O critério de escolha é baseado na estimativa que possuir menor erro quadrático médio (conforme Wackerly, Mendenhall *et al.*, 2008, p. 392 ). Em seguida, utiliza-se uma taxa de desconto intertemporal (uma *proxy* para a taxa média de juros para empréstimos direcionados ao setor agropecuário, cuja fonte é o Banco Central), para trazer tais projeções para o ano de 2016 e estimar o PIBs agropecuários corrente e potencial, sendo o intervalo entre os dois definido como sendo um novo indicador

proposto para auxiliar a tomada de decisão de investidores agropecuários: *o excedente do produtor agropecuário* (doravante denominado EPRA).

Assim, esta dissertação encontra-se estruturada do seguinte modo: na seção 2 é feita uma revisão da literatura; na seção 3 são feitos os comentários sobre a metodologia e as fontes dos dados utilizados pelo modelo de simulação computacional; na seção 4 o modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes, elaborado por Passos, Mota, Alquati e Venecian (2016) é deduzido e apresentado em detalhes; na seção 5 os gráficos com os resultados do modelo são analisados; e na seção 7 são elaboradas as considerações finais e apontadas as possíveis direções para pesquisas futuras.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. Produção agropecuária na Região Sul**

O Paraná é um Estado onde o alicerce de sua agricultura está situado na cana-de-açúcar, soja, milho (1ª e 2ª safras), mandioca e trigo, os quais representam 53,9%, 17,9%, 16,41%, 4,3% e 4,1% respectivamente, totalizando 96,6% da produção do setor. Em termos nacionais, estes produtos representam uma participação de 71,8%, 10,1%, 8%, 2,5% e 0,8% de cada produção total (IBGE – Censo Agropecuário e Conab). Por questões práticas, apenas serão considerados aqui a cana-de-açúcar, a soja e o milho, que totalizam 88,2% da agricultura do Estado.

De acordo com o Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos do Banco Bradesco (DEPEC), estas três culturas são de larga produção em termos domésticos, o que gera um excedente exportável considerável. Por causa da competitividade mundial, os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) mostram que os preços internacionais destes três produtos registraram uma queda de preços entre as safras de 2010/2011 a 2015/2016<sup>1</sup>. Logo, ocorreu uma queda do PIB potencial do estado. Ainda analisando os dados da Conab, é visível que há um aumento das áreas de plantios das culturas e aumento de produtividade, as quais representam um impulso nas estimativas de produção esperada (PIB estimado). Portanto, se por um lado tem-se um declínio do

---

<sup>1</sup> Estes dados referem-se ao primeiro semestre de 2016, apenas.

PIB potencial e por outro o aumento das projeções estimadas, a resultante é um declínio do excedente do produtor agropecuário ao longo do período analisado.

Em relação ao Rio Grande do Sul, de acordo com o Painel do Agronegócio do RS de 2015 elaborado pela Fundação de Economia e Estatística (FEE), estima-se que aproximadamente 80% da área dos estabelecimentos agropecuários do Rio Grande do Sul são ocupados por pastagens e lavouras (naturais ou plantadas e temporárias ou permanentes). O mesmo órgão aponta que desde 2002, a participação do Estado no Valor Adicionado Bruto (VAB) vem oscilando entre 12,8% e 7,1%, sendo que a produtividade, as condições climáticas e as inovações tecnológicas influenciaram estas variações.

A partir da Tabela 01 se pode observar que a taxa de crescimento da agropecuária gaúcha está fortemente correlacionada com o PIB do RS, com exceção dos anos de 2004, 2008 e 2009. Conforme Baer (2011, p. 413), pode-se dizer que a agropecuária teve um desempenho negativo no ano de 2004 devido a uma enorme seca no Extremo Sul, que ainda perdurou pelo ano de 2005, reduzindo consideravelmente a produção de grãos. Já para os anos de 2008 e 2009, o mundo vivenciou a crise do *subprime*, que contribuiu para o declínio das exportações agrícolas e do setor de carnes. Mas já no ano de 2009 houve uma recuperação dos níveis anteriores de exportações.

De acordo com o IBGE (2014), a agropecuária gaúcha participa aproximadamente de 6% do VAB total, o que mostra que a economia gaúcha tem um considerável grau de dependência com o setor agropecuário. Lazzari (2012) ressalta a importância agropecuária gaúcha, onde o pesquisador compara os dados disponíveis de 2009 da FEE e do IBGE e constata que o setor agropecuário gaúcho é o segundo maior do Brasil. O autor também afirma que o setor está interligado diretamente como o PIB estadual onde “as oscilações na trajetória da agricultura (as taxas de crescimento da pecuária são mais estáveis) acabam por determinar as oscilações do PIB estadual em torno da média nacional”.

Tabela 1 – Taxas de crescimento do Valor Adicionado Bruto (VAB) da agropecuária, do Produto Interno Bruto (PIB) e a participação do RS na economia do Brasil – 2001-2012

ANOS	VAB DA AGROPECUÁRIA DO RS	PIB DO RS	PIB DO BRASIL	PARTICIPAÇÃO DO PIB DO RS NO PIB DO BRASIL
2001	13,1	2,0	1,3	7,1
2002	-3,5	1,7	2,7	7,1
2003	16,4	1,6	1,2	7,3
2004	-10,6	3,3	5,7	7,1
2005	-17,4	-2,8	3,2	6,7
2006	50,1	4,7	4,0	6,6
2007	12,7	6,5	6,1	6,6
2008	-5,4	2,7	5,2	6,6
2009	2,9	-0,4	-0,3	6,7
2010	7,9	6,7	7,5	6,7
2011	18,7	5,1	2,7	6,4
2012	-28,1	-1,5	1,0	6,3

Fonte: FEE/IBGE.

Feix e Leusin Jr. (2015, p. 10) também afirmam que os aumentos dos preços internacionais dos alimentos, que tiveram início na década passada acabaram por incentivar a produção agropecuária, principalmente a de grãos e oleaginosas. Em termos nacionais, pode-se dizer que os principais produtos agropecuários do RS são arroz, maçã, fumo, uva, trigo e soja. Já na pecuária, os que ganham mais destaque são a criação de suínos e frangos, e, a produção de leite. Dentro da produção estadual agrícola, os principais produtos são a soja, o arroz, o milho e o trigo, que correspondem respectivamente 39,5%, 23,2%, 14,4% e 7,8% da produção, totalizando 84,9% do setor. No complexo carnes, o estado do Rio Grande do Sul é responsável por 24,8% dos abates de suínos no Brasil e por 6,0% dos abates de bovinos.

Por fim, o Estado de Santa Catarina possui uma variedade de culturas agrícolas, bem semelhantes aos outros dois estados da região. De acordo com a CONAB o milho, a soja, o arroz, a banana, a maçã, a mandioca, a cebola, o fumo e trigo correspondem, respectivamente por 33,2%, 20,4%, 11,6%, 7,4%, 6,4%, 5,3%, 4,5%, 2,7% e 2,5% da agricultura do estado, representando um total de 95,8% da atividade. Já a sua participação de abates de suínos no Brasil é de 21,3%.

De modo geral, a Região Sul do país tem um perfil mais exportador para as carnes de suínos e de frangos, onde os três estados correspondem a 80% das exportações. De acordo com o DEPEC, as produções de ambos os segmentos apresentam uma taxa de crescimento ao decorrer dos anos, junto com os aumentos dos abates. Dados do IBGE de 2015 mostram que a Região Sul do país representa 11,5% da produção de carnes bovinas brasileiras.

## 2.2. Economia computacional baseada no agente (*Agent-Based Computational Economics - ACE*) e modelagem de processos de mercado<sup>2</sup>.

Os modelos de economia computacional baseados no agente (*Agent-Based Computational Economics – ACE*) são um dos campos mais recentes em Economia, uma vez que a modelagem ACE simulam o comportamento de vários agentes heterogêneos interagindo em uma variedade de caminhos. Diferentemente de uma modelagem neoclássica de equilíbrio geral de mercado padrão, onde se assume que os agentes têm preferências fixas, informação perfeita e completa, e nenhum comportamento reprodutivo, por exemplo, os modelos ACE permitem que os agentes exibam uma série de racionalidade e de memória, informação imperfeita ou incompleta, e comércio local. Logo, os agentes podem interagir com seus próximos em um espaço definido geograficamente e os preços emergem destas interações descentralizadas (Kendrick, Mercado, Amman, p. 267). Tesfatsion (2006) complementa que o ACE é a pesquisa computacional de sistemas econômicos (entendida como complexos ou não) que são modelados com base em agentes autônomos que interagem e evoluem.

Dadas as condições iniciais especificadas pelo modelador, estes sistemas econômicos evoluem ao longo do tempo, uma vez que os agentes interagem

---

<sup>2</sup> Esta subseção baseou-se em Passos, Mortola, Venecian e Alquati (2016, p. 2-4). Disponível em: <http://sbfin.org.br/wp-content/uploads/2016/05/162-Intrinsic-value-of-brazilian-financial-stocks-and-monetary-policy-decisions-an-agent-based-approach.pdf>

repetidamente entre si e aprendem com estas. Desta forma, o ACE possui uma abordagem *Bottom-Up*, de cima para baixo, como a maioria das abordagens realizadas dentro da Economia. Tesfatsion (2005) também diz que cada agente pode ser composto por outros agentes, assim como uma firma pode ser composta por trabalhadores e gerentes, por exemplo.

A análise da capacidade de auto-organização dos tipos específicos dos processos de mercado é considerada hoje em dia uma das áreas mais ativas de pesquisa em ACE. Marks (1998) foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar uma estrutura ACE para abordar a questão da auto-organização do mercado. Seu trabalho destaca a importância para os economistas da história, das interações e da aprendizagem como mecanismos capazes de determinar os resultados das estratégias de mercado. Ele utilizou um modelo ACE de um mercado oligopolista para analisar como os vendedores e as empresas fixadoras de preços podem competir com sucesso. O seu modelo utilizou algoritmos genéticos para modelar as empresas como aprendizes indutivos e de racionalidade limitada. Operações de mutação e recombinação foram repetidamente aplicadas ao conjunto de estratégias de preços utilizadas pelas empresas como uma forma de permitir que as empresas fossem capazes de experimentar novas ideias (mutação), bem como envolver-se em mimetismo social (recombinação), adotando os aspectos mais rentáveis das estratégias utilizadas.

Um resultado observado por Marks em seus experimentos foi o surgimento de um preço ótimo global capaz de maximizar o conjunto de empresas sem qualquer existência de conluio explícito entre as empresas nesse processo.

Modelos convencionais de mercados financeiros baseados em pressupostos de escolher racional e eficiência de mercado são extremamente rigorosos e elegantes e termos matemáticos. Infelizmente, no entanto, ainda não há um modelo único capaz de explicar as características empíricas básicas de mercados financeiros reais, incluindo distribuições de caudas grossas de retorno sobre os ativos, os volumes de negociação mais elevados, a persistência e clustering no retorno da volatilidade dos ativos, e também as correlações cruzadas entre os retornos de ativos, o volume de negociação e volatilidade.

LeBaron (2001) explorou algumas das características empíricas geradas em um modelo de economia computacional baseada no agente do mercado de ações baseado em agentes (participantes) que se adaptam e evoluem ao longo do tempo. Em seu

modelo, os investidores diferem na longitude de suas memórias como relevância para o seu processo de tomada de decisões. O que ocorre é um mercado que sofre mudanças dinâmicas em que diferentes tipos de agentes chegam e partem do mercado em função do seu atual desempenho relativo. Utilizando um algoritmo genético para co-desenvolver a coleção de regras de negociação disponíveis para os agentes, onde é calibrado para a variabilidade e crescimento de dividendos nos Estados Unidos, mostrou que o modelo calibrado gera retornos, volume e volatilidade muito semelhantes aos que caracterizam os dados reais de séries financeiras.

### 2.3. Excedente Marshaliano do Produtor

Conforme Passos, Mota, Alquati *et al.* (2016), “um excedente Marshaliano é uma medida de bem-estar que se refere a duas quantidades de bens ou serviços normais vinculadas por uma relação de consumo (no caso do excedente do consumidor) ou de produção e venda (no caso do excedente do produtor)”. Logo, o excedente do produtor seria nada mais do que a diferença entre o ganho mais alto oferecido pelo mercado na venda de bens ou serviços e o ganho mínimo que ele estaria disposto a obter através do mesmo.

A partir do excedente do produtor marshaliano, desenvolvemos um novo conceito chamado de Excedente Marshaliano Agregado do Produtor Agropecuário (EPRA), que se refere a diferença entre o PIB agropecuário estimado e o PIB agropecuário potencial, podendo ser positivo ou negativo. Se o excedente do produtor agropecuário for positivo, ele indica que há um potencial de alta na produção agropecuária para o próximo ano. Caso contrário, indica que há um potencial de queda na produção agropecuária no horizonte de um ano. O desenvolvimento do cálculo do EPRA será visto mais detalhadamente na seção 4.

### 2.4. Design de modelos de agentes

Este modelo possui três agentes que são os estados da região sul do Brasil. Projetamos o seu PIB agropecuário de cada um deles tendo por base uma série temporal deste PIB desde 1985 até o último dado obtido que é de 2009. Por simplicidade, supõe-se que estes três agentes não possuem nenhum mecanismo de trocas entre si. Nesse sentido, eles não transacionam bens e serviços, ou mesmo trocam informações que

permitam aprendizado conjunto e interativo. Portanto, a hipótese subjacente é a de que estas transações estão implícitas no cálculo dos seus PIBs agropecuários, não sendo analisadas pelo modelo a “pequena teia” de relações de exportações e importações interestaduais existente entre o Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Cada estado-agente do sul somente faz a projeção do seu PIB agropecuário com vistas à produção de estimativas de excedente do produtor agropecuário e de produto agropecuário agregado.

Segundo Lebaron (2000), quando um modelador constrói um modelo baseado no agente, ele tem que lidar com uma série de questões básicas. Elas devem ser abordadas e referem-se ao design do modelo. Ele também defende que a mais relevante delas é a modelação do *design* do próprio ambiente econômico. Para este autor o design de modelos baseados no agente deve basear-se na definição das seguintes características:

- Preferências - As questões sobre os tipos de preferência são críticas. Deveriam ser preferências simples do tipo média/variação, ou deveriam ser na forma de aversão ao risco relativo constante e padrão? Além disso, outro ponto importante é se as preferências são do tipo míope ou são intertemporais? As preferências intertemporais são objeto do modelo desse trabalho, pois os PIBs agropecuários são projetados e depois descontados a uma taxa referente ao custo do financiamento da produção agropecuária. LeBaron (2000) afirma que elas trazem mais realismo ao custo de maior complexidade no processo de aprendizagem.
- Determinação de preços - muitos modelos focam-se no problema fundamental da formação de preços e o método para a determinação de preços é crítico. Nesse modelo o foco recai sobre a formação do PIB agropecuário potencial e dos excedentes do produtor agropecuário<sup>3</sup>.
- Evolução e aprendizagem - por simplicidade, supõe-se aqui que os agentes evoluem e aprendem obtendo informações nas séries temporais anuais de PIBs agropecuários estaduais de 1985 a 2009.
- Representação da informação – importante questão sobre como descrever a maneira pela qual a informação é apresentada aos agentes e como eles a processam. Teoricamente, esta é a difícil tarefa de converter grandes quantidades de séries temporais de informações em um plano conciso para ser apresentado ao agente e

---

<sup>3</sup> Somando os vetores dos PIBs agropecuários potenciais dos estados, obtivemos o PIB potencial agropecuário regional.

facilitar sua interpretação. Neste modelo, os agentes buscam suas informações nas séries mencionadas anteriormente e nos custos de financiamento que serão expostos na seção seguinte. Após eles terem um histórico desses dados, eles o projetam por mínimos quadrados ordinários para dois anos à frente e, finalmente, o descontam pelo valor do custo de financiamento, conforme definiremos na seção 3.1. Esse processo é feito em dois estágios. O primeiro estágio corresponde ao período de crescimento mais rápido dos PIBs agropecuários estaduais e o segundo equivale o seu período de crescimento mais moderado<sup>4</sup>.

- Aprendizagem social – Por enquanto, recorreremos à Navalha de Ockham<sup>5</sup> para pressupor que, no modelo, não exista nenhum tipo de aprendizagem obtida pela interação entre agentes. Assim, cada agente é especializado na projeção de sua produção agropecuária e ignora as decisões de produção e as projeções dos outros<sup>6</sup>.
- *Benchmarks* – A última questão importante de design é a criação de comparações úteis de benchmarks. É muito importante ter um conjunto de parâmetros para os quais a dinâmica do mercado seja bem entendida. O modelo propõe o uso de um novo *benchmark* denominado de excedente do produtor agropecuário. Esse indicador é a diferença, para cada região do país, entre o PIB agropecuário real estimado e o seu PIB agropecuário potencial, conforme veremos na seção 3.2.

### 3. Metodologia e fontes dos dados

Com base na metodologia tradicional, o PIB pode ser decomposto em um componente com caráter estrutural e outro componente de cunho conjuntural. Normalmente, a primeira recebe o nome de “produto potencial”, conceito que usualmente se define como sendo o nível de produto no qual os fatores de produção de uma economia estão totalmente empregados. Ou de modo mais prático: no qual a taxa

---

<sup>4</sup> Todavia, não existe nenhum tipo de aprendizagem obtida pela interação entre eles. Assim, cada agente é especializado na estimação de uma série temporal anual dos valores do PIB agropecuário potencial e outra série com um novo indicador denominado de excedente do produtor agropecuário.

<sup>5</sup> A “Navalha de Ockham” ou “Princípio da Parcimônia”, conforme Bunge (1999), diz que “entidades não devem ser multiplicadas sem necessidade”. Por esse princípio, um modelo deve usar a mais simples entre duas hipóteses que dão conta dos mesmos dados.

<sup>6</sup> Para pesquisas futuras, o próximo passo será fazer com que esses agentes interajam entre si e evoluam por meio da inclusão de processos de redes neurais e de mecanismos de evolução e aprendizagem baseadas em técnicas de algoritmos genéticos, que são, conforme LeBaron, um componente útil para os modelos baseados no agente.

de desemprego iguala a sua taxa natural. O segundo componente é chamada de hiato do produto e equivale ao desvio percentual entre o PIB observado e o PIB potencial. Ela abrange os elementos mais influenciados pelo tempo (ou conjunturais), os quais refletem as flutuações de curto prazo, e não caracterizam somente a evolução do ciclo econômico.

Pelo fato de ser uma variável estimada e não observável diretamente, o produto potencial é calculado tendo por base uma amostra de dados referentes à variáveis observáveis e utilizando técnicas que geralmente classificadas em dois métodos: os estatísticos e os estruturais. Os primeiros separam as componentes tendencial, cíclica e errática (ou irregular) da série do PIB. Os segundos incorporam a teoria econômica no cálculo do produto potencial. Inversamente ao que ocorre quando tratamos com variáveis observáveis, não há como avaliar de forma direta a qualidade do valor estimado para o produto potencial tendo por critério os desvios em relação aos valores observados. Logo, os valores estimados para cada ano devem ser interpretados não como se fossem valores observados, mas sim como números próximos, em termos probabilísticos, dos verdadeiros níveis da variável.

### 3.1. Os métodos estatísticos univariados

Os métodos estatísticos se dividem em univariados e multivariados. Os univariados seguem o preceito da parcimônia defendido por Courtney e Courtney (2008), pelo qual ambos afirmam que, em Ciência, deve-se dar a preferência pela explicação mais simples para uma observação, que raramente deixa de ser a melhor maneira de julgar as hipóteses. Portanto, pelo fato de os métodos univariados serem de interpretação objetiva e direta, e também permitirem calcular o produto potencial de forma prática e mais fácil, eles são largamente adotados na literatura sobre o tema<sup>7</sup>.

Cabe, contudo, algumas ressalvas quanto a estas técnicas. Em primeiro lugar, elas não possuem fundamentação na teoria macroeconômica, o que gera, em certa medida, uma certa restrição na interpretação dos valores calculados. Ademais, há duas outras considerações a serem feitas a respeito dos métodos estatísticos: (i) eles também padecem de questões críticas relativas ao final do período amostral, o que obriga a prolongar a série do PIB. As técnicas de reamostragem e de “aumento” das séries,

---

<sup>7</sup> Por estes motivos, e também pelo fato de não ser este o método adotado neste trabalho, restringiremos nossos comentários às técnicas univariadas.

podem ser uma fonte adicional de incerteza para os cálculos: e (ii) eles carecem de uma correção prévia das quebras estruturais, oriundas de choques repentinos, que podem estar presentes na amostra, pois os métodos estatísticos usualmente distribuem o impacto destes choques ao longo da trajetória temporal, com uma inevitável influência no cálculo do PIB potencial em vários subperíodos amostrais e não somente no período no qual se deu a quebra estrutural.

Isto posto, quando os métodos univariados são aplicados, usam-se filtros estatísticos que decompõem a série temporal do PIB em componentes com frequências distintas, a partir do uso de médias móveis bilaterais. Os filtros univariados mais usados pela literatura empírica sobre *business cycles* e crescimento são os que usam os filtros de Hodrick e Prescott (1997), de Christiano e Fitzgerald (1999) e de Baxter e King (1999).

O primeiro deles obtém a componente de tendência de qualquer série temporal por intermédio do uso de média móvel bilateral ponderada. Neste procedimento, a seguinte função de perda quadrática<sup>8</sup> é minimizada:

$$\min_{y_t^T} L = \sum_{t=1}^S (y_t - y_t^T)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{S-1} (\Delta y_{t+1}^T - \Delta y_t^T)^2 \quad (1)$$

Onde as variáveis em letra minúscula representam os logaritmos das variáveis análogas em letra maiúscula e  $y_t$  representa o PIB observado,  $y_t^T$  representa a componente tendência do PIB,  $S$  corresponde ao número de observações e  $\lambda$  é o parâmetro de alisamento. Minimizar esta função significa escolher um valor para  $\lambda$  (que é a penalização imposta para flutuações bruscas do produto potencial, de modo que se  $\lambda$  tiver um valor alto, o produto será mais “alisado” e o hiato do produto terá maior amplitude, valendo o raciocínio recíproco para valores baixos de  $\lambda$ ).

O filtro HP apresenta alguns pontos favoráveis, além da simplicidade já citada, que explicam sua maior utilização. Entre eles, conforme King e Rebelo (1993) destacam que há a garantia que o filtro de estacionariedade do hiato do produto que o filtro proporciona.

---

<sup>8</sup> Esta função penaliza quer os desvios da série observada face à tendência calculada, quer a volatilidade da própria tendência.

Mas foram as limitações do referido método, que foram discutidas por Almeida e Félix (2006, p. 77), que motivou-nos a escolha da abordagem da modelação baseada em agentes para calcular os produtos potenciais dos estados da região sul.

“Em primeiro lugar, a escolha do parâmetro  $\lambda$  é em larga medida discricionária, não existindo um consenso quanto ao melhor valor a adoptar para diferentes frequências dos dados. Em segundo lugar, existe o já referido problema do final da amostra, comum a todos os filtros bilaterais, que determina que o peso das últimas observações disponíveis aumente à medida que se pretende estimar o valor da tendência para períodos mais próximos do final da amostra. Este tipo de efeito tem sido largamente estudado<sup>9</sup> e gera resultados enviesados para os anos mais recentes, que são precisamente os de maior interesse do ponto de vista dos decisores de política económica. Uma forma comum de ultrapassar este problema é prolongar a série utilizando quer projecções publicadas, quer projecções obtidas com modelos estatísticos univariados (por exemplo, modelos ARIMA). Finalmente, é geralmente reconhecido que se a série original do PIB for integrada, o filtro HP tende a criar ciclos espúrios, isto é, gera ciclos mesmo quando estes não estão presentes nos dados originais.”

Outro método estatístico univariado é o uso filtros *band-pass*, os quais partem do exame do espectro de frequência da série temporal do PIB e fazem com que as flutuações ao longo do tempo de qualquer série sejam tratadas como uma representação no domínio da frequência. Estes filtros supõem que o ciclo económico é análogo a um intervalo bem definido de frequências, o que possibilita que as informações associadas a este intervalo sejam tratadas de forma isolada e, ao fim e ao cabo, a componente cíclica da série temporal seja extraída.

Conforme Baxter e King (1999), a série filtrada é uma média ponderada da série original. Nela os pesos atribuídos a cada observação são obtidos em função das frequências consideradas. Assim, o filtro é um vetor de pesos que se aplica à série

---

<sup>9</sup> Os referidos autores citam, como exemplos, os trabalhos de Giorno *et al.* (1995), Cerra e Saxena (2000) e Mohr (2005).

observada do PIB e que gera uma série que equivale à componente cíclica do produto. Isto posto, esta variável pode ser expressa por:

$$B(L)y_t = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_j L^j y_t \quad (2)$$

Onde  $B(L)y_t$  é o filtro;  $b_j$  representa o peso atribuído a  $y_t$  e  $L^j$  é o operador de defasagem.

Os filtros *band-pass* mais usados são os BK e CF. O primeiro aplica uma média ponderada bilateral à série do PIB. Esta média usa números idênticos de *leads* e *lags* e confere também pesos idênticos àquelas observações equidistantes em relação ao período para o qual se deseja calcular a componente cíclica. Este procedimento garante que o filtro faça com que a série não possua mudança de fase, de modo que o momento das fases altas e baixas do ciclo se torne consistente com a trajetória temporal do PIB observado. Mas ele também gera um efeito um tanto distorcivo, na medida em que, em nome da manutenção da condição de simetria do filtro, ocorrem perdas de observações da amostra (no início e no final da mesma). Aí novamente o econometrista é obrigado a recorrer a processos de reamostragem que prolongam a amostra, tal como ocorre no uso do filtro HP.

A diferença entre os filtros CF e BK está no fato de que o CF recorre a todas as observações amostrais. Com efeito, os número de *leads* utilizados em cada período difere do número de *lags* (a não ser, obviamente, para a observação central). Isto faz com que o filtro fique assimétrico e com que ele tenha esta vantagem em relação ao filtro BK: embora possam ainda existir mudanças de fase, no CF não há a perda de observações no início e no fim da amostra.

### 3.2. Funções de produção e a perspectiva “top-down”: os métodos estruturais

Em relação os métodos estruturais, a literatura empírica usa a abordagem tradicional da função de produção em suas duas usuais formulações alternativas: a função com elasticidade de substituição constante (CES – *Constant Elasticity Substitution*) e a da função Cobb-Douglas (um caso particular da função CES).

Os métodos estruturais diferem dos estatísticos porque levam em conta a teoria económica ao efetuar o cálculo do produto potencial e do hiato do produto. Nesse sentido, ambos ficam relacionados a um certo número de variáveis macroeconômicas.

Todavia, se por um lado isto permite uma maior gama de insights obtidos a partir dos resultados dos modelos, por outro, estes métodos seguem a metodologia econométrica conhecida como “medida com teoria”. Nesta metodologia, pelo fato de o modelo mais adequado ser definido *a priori*, pode ocorrer um condicionamento prévio dos resultados e até mesmo da interpretação dos mesmos. Este problema se torna ainda mais sério se considerarmos que existe um grau de abstração talvez excessivamente elevado, ou uma simplificação um tanto exagerada da realidade, quando definimos uma função de produção agregada, quer seja Cobb-Douglas ou CES. Ainda que tais recursos tenham sido largamente utilizados na literatura econômica (e que sejam típicos da abordagem “top-down”), consideramos que o tratamento por meio de técnicas de agregação obtidas por meio de modelos de agentes heterogêneos possam ser mais efetivas para efetuar o cálculo de produtos potenciais.

Com efeito, este artigo propõe uma abordagem alternativa, na qual investiga-se o PIB potencial com base nas técnicas de modelação<sup>10</sup> baseada em agentes (*agent-based modelling*) e nos conceitos de excedente do produtor agropecuário e de uma concepção de produto potencial estimado por mecanismos *bottom-up*, que emergem da dinâmica dos agentes. Assim, ao optarmos por esta abordagem de simulação de comportamentos de agentes, deixamos de lado os métodos estatísticos ou estruturais que produzem estimativas de produto potencial por meio de cálculos *top-down*.

O ponto central da metodologia aqui adotada é que ela baseia-se na utilização de um modelo de simulação computacional estocástico intertemporal e baseado em três agentes heterogêneos (os estados do sul). Mas processo de estimação de cada agente é feito pela escolha da melhor entre duas estimativas: uma feita por ARIMA e outra feita por OLS. O critério de escolha é a estimativa que apresenta menor desvio quadrático médio.

Assim, são utilizadas três séries temporais anuais de PIBs agrícolas, desde 1985 até o último dado referente a 2009. A fonte destes dados é o Censo Agropecuário do IBGE. Projetam-se estas três séries até 2019, por meio de MQO e ARIMA, logo após descontam-se elas para os períodos de 2010-2016 utilizando uma taxa de desconto intertemporal que corresponde a 60% da taxa Selic definida do Copom descontada do IPCA esperado no período. Esta é uma *proxy* para a taxa real média<sup>11</sup> de empréstimos

---

<sup>10</sup> O termo “*modelling*” pode ser traduzido como “modelação” ou “modelagem”, verbetes que são sinônimos, conforme dicionários portugueses e brasileiros.

<sup>11</sup> Esta taxa real é obtida a partir do desconto do IPCA esperado da taxa nominal mencionada.

direcionada aos projetos do setor agropecuário e praticada pelo BNDES, que costuma situar-se dentro deste percentual da Selic. A fonte dos dados desta taxa são os Relatórios Focus e as estatísticas produzidas pelo BC.

O modelo é implementado utilizando os softwares Mathematica 9.0, para a dedução matricial do modelo computacional, o Gretl (para as estimativas de OLS), o R (versão 3.3.0), para as estimativas de ARIMA e o Excel 2013, para a elaboração dos gráficos. Uma vez dito que os agentes se baseiam apenas em seus PIBs passados, para a estimativa dos PIBs dos anos de 2010 a 2016 eles terão apenas como variáveis independentes apenas uma constante e o tempo. Utilizou-se apenas a função de logaritmo para a variável dependente PIB, enquanto que as demais variáveis independentes permaneceram inalteradas.

Conforme Morettin (2011), a modelagem de um modelo ARIMA de séries temporais deve considerar três estágios: (i) identificação; (ii) estimação; (iii) diagnóstico. O autor enfatiza que caso se tenha um diagnóstico “ruim” no estágio (iii) é necessário refazer os estágios anteriores. Geralmente, ao se construir uma modelagem ARIMA, aconselha-se verificar entre os modelos qual é o modelo mais adequado, através de um critério de seleção de Akaike, por exemplo. Como o propósito dos agentes é de previsão, não são feitas aqui comparações, pois os agentes estão apenas preocupados com o menor EQM.

O procedimento de identificação de um modelo ARIMA pode ser considerada a fase mais crítica do processo, onde “esta escolha é feita principalmente com base nas autocorrelações e autocorrelações parciais estimadas, que esperamos que representem adequadamente as respectivas quantidades teóricas, que são desconhecidas” (Morettin, 2011).

Utilizou-se o pacote *forecast* do *software* R, em particular a função *auto.arima*, para identificar qual o modelo ARIMA para cada agente com o menor EQM. A partir desta função se obteve os valores de  $p, d, eq$  para cada um dos agentes. Logo após, por questões mais práticas, foram realizadas as previsões através do *software* Gretl com os resultados obtidos a partir do R.

Dado que os agentes são heterogêneos, se assume aqui que estes farão suas projeções para os PIBs Agrícolas a partir dos seus dados passados, utilizando ou um modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS), ou um modelo ARIMA. O critério pela qual cada um deles determinará o seu modelo mais apropriado de previsão será

oque apresentar o menor Erro Quadrático Médio (EQM). Portanto, os agentes farão projeções através de uma modelagem por OLS e outra através de um ARIMA, sendo assim, escolherá o modelo que apresentar o menor EQM.

Logo, as séries temporais de PIB Agrícola anuais, de 1985 a 2009, para cada um dos 27 Estados e o Distrito Federal foram retirados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde estão tratados a preços correntes com o ano base de 2000. A justificativa para o tamanho da amostra é que apenas a partir de 1985 os dados anuais fornecidos pelos censos do IBGE são contínuos.

Vale ressaltar que os dados foram transformados em logaritmos já que se está trabalhando com uma variável de crescimento. Logo os modelos são não-lineares, e , ao final, é aplicado a função *antilog* para os valores estimados, de modo que se obtêm os valores correntes reais.

Após a obtenção do modelo mais adequado, ainda foi necessário verificar sua validade. Logo, foram realizados os testes de autocorrelação residual de Ljung-Box para cada uma das previsões dos agentes, onde nenhuma delas foi aceita a hipótese nula de autocorrelação serial. Não houve autocorrelação residual, por isso não foi necessário investigar um modelo alternativo mais adequado para o propósito dos agentes.

As fontes dos dados são:

- PIB Estadual - agropecuária - valor adicionado - preços básicos - R\$, a preços do ano 2000 (mil) – para o período 2002-2006: Sistema de Contas Regionais do IBGE Referência 2002. Para 1985-2001: Antigo Sistema de Contas Regionais do IBGE. Conceito utilizado a partir de 1985 a preços básicos.
- IPCA esperado: várias edições dos Relatórios Focus do Banco Central.
- Taxa Selic definida pelo Copom: Banco Central

#### **4. Modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes**

##### **4.1. Dedução do modelo**

Utiliza-se aqui uma extensão do modelo computacional proposto por Passos, Mota, Venecian e Alquati (2016). Nele, desenvolvemos um índice chamado de excedente marshalliano do produtor agropecuário (EPRA). Este indicador foi criado a

partir de estimativas para o PIB Agrícola de cada agente heterogêneo, que no caso são os 26 estados brasileiros e Distrito Federal. O EPRA é dado pela diferença entre o PIB agropecuário estimado em um período  $t$  e o seu PIB potencial calculado para este mesmo período. Isto é:

$$EPRA_t = PIB_{est_t} - PIB_{pot_t} \quad (3)$$

Como visto anteriormente, cada agente, por não coletar e nem trocar informações com os outros agentes, estima sua previsão a partir de um modelo de OLS ou de ARIMA. Logo, o modelo proposto pelos autores para o cálculo dos EPRA's é feito com base em um PIB estimado para o ano de 2019 (pelo melhor dos dois métodos citados), que é depois descontado por uma taxa intertemporal de custo de capital da produção agropecuária para cada um dos anos do período 2010-2016. Este custo de capital é definido por meio de uma *proxy* para a taxa de juros média dos financiamentos agropecuários.

Assim sendo, o modelo busca complementar o vácuo de informações sobre os PIBs agropecuários estaduais, uma vez que os últimos dados disponíveis referem-se ao Censo Agropecuário de 2009 e não há previsão ainda de termos outro levantamento censitário deste tipo apenas antes de meados de 2017.

Logo, pode-se expressar os valores de PIB potencial por meio da seguinte fórmula:

$$PIB_{pot} = \frac{\left[ \frac{PIB_{est}^{2019}}{\left( \frac{i_e}{100} + \frac{g}{100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^k} \quad (4)$$

Onde:  $PIB_{pot}$  é o PIB potencial agropecuário do ano em questão ; ao  $PIB_{est}^{2019}$  corresponde ao PIB agropecuário estimado para o ano de 2019, com base em uma amostra de dados referente ao período 1985- 2009;  $i_e$  é a taxa de juros esperada pelos agentes<sup>12</sup>;  $g$  é a taxa estocástica de crescimento que cada um dos três estados espera

---

<sup>12</sup>O BNDES e o Banco do Brasil, principais responsáveis pelas políticas de crédito de longo prazo e de custeio para o setor primário, não divulgam periodicamente as taxas praticadas para as linhas de crédito agrícola. Evitam tal divulgação no intuito de evitar que tais práticas sejam consideradas como subsídios creditícios para o setor, o que poderia dar margem à sanções contra o Brasil na OMC. Assim, utiliza-se uma *proxy* para a taxa de juros do produtor agropecuário (custo de capital) que corresponde a 60% da

para o ano de 2019:  $k$  é o expoente que designa o número de períodos no qual o PIBest2019 é descontado (a terceira potência geraria o PIB<sub>pot</sub> de 2016; a quarta, o de 2015; a terceira, o de 2014 e assim por diante).

A taxa  $g$  é uma taxa de crescimento que foi calculada como a variação do PIB real de um ano para outro acrescida de um componente estocástico.

A taxa de crescimento  $g$  pode ser definida então como sendo:

$$g = (PIB_t / PIB_{t-1}) + \Psi \quad (5)$$

onde  $(\Psi)$  é o componente estocástico do modelo, calculado através do *software* Mathematica 10.0 a partir de uma simulação de Monte Carlo. A razão pela qual foi utilizado este *software* é de que ele gera um número pseudo-aleatório mais robusto. Logo, através da simulação de Monte Carlo é gerado um número onde  $g_{max}$  é a taxa máxima de crescimento do PIB rural;  $g_{min}$  é a taxa mínima deste crescimento. Foram geradas 50 simulações, e, logo após, retirou-se a média.

Após realizadas as estimativas para os PIBs agropecuários e PIBs potenciais, o cálculo do EPRA de cada agente é dado por:

$$EPRA_{(7 \times 3)} = \begin{bmatrix} EPRA_{PR}^{2010} & EPRA_{RS}^{2010} & EPRA_{SC}^{2010} \\ EPRA_{PR}^{2011} & EPRA_{RS}^{2011} & EPRA_{SC}^{2011} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ EPRA_{PR}^{2016} & EPRA_{RS}^{2016} & EPRA_{SC}^{2016} \end{bmatrix}_{(7 \times 3)} = \begin{bmatrix} PIB_{est PR}^{2010} & PIB_{est RS}^{2010} & PIB_{est SC}^{2010} \\ PIB_{est PR}^{2011} & PIB_{est RS}^{2011} & PIB_{est SC}^{2011} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ PIB_{est PR}^{2016} & PIB_{est RS}^{2016} & PIB_{est SC}^{2016} \end{bmatrix}_{(7 \times 3)} - \begin{bmatrix} PIB_{pot PR}^{2010} & PIB_{pot RS}^{2010} & PIB_{pot SC}^{2010} \\ PIB_{pot PR}^{2011} & PIB_{pot RS}^{2011} & PIB_{pot SC}^{2011} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ PIB_{pot PR}^{2016} & PIB_{pot RS}^{2016} & PIB_{pot SC}^{2016} \end{bmatrix}_{(7 \times 3)} \quad (6)$$

Note-se que a equação matricial (6) representa simplesmente as equações individuais de todos os agentes.

De forma mais resumida, temos:

$$EPRA_{(7 \times 3)} = \begin{bmatrix} PIB_{est PR}^{2010} - PIB_{pot PR}^{2010} & PIB_{est RS}^{2010} - PIB_{pot RS}^{2010} & PIB_{est SC}^{2010} - PIB_{pot SC}^{2010} \\ PIB_{est PR}^{2011} - PIB_{pot PR}^{2011} & PIB_{est RS}^{2011} - PIB_{pot RS}^{2011} & PIB_{est SC}^{2011} - PIB_{pot SC}^{2011} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ PIB_{est PR}^{2016} - PIB_{pot PR}^{2016} & PIB_{est RS}^{2016} - PIB_{pot RS}^{2016} & PIB_{est SC}^{2016} - PIB_{pot SC}^{2016} \end{bmatrix}_{(7 \times 3)} \quad (7)$$

Como as estimativas foram feitas a partir de valores descontados ao longo de nove anos (2010-2018), a equação matricial (7) ficará da seguinte forma:

---

taxa esperada Selic, valor que fica próximo ao custo efetivo total dos empréstimos do Banco do Brasil para o custeio agrícola e do BNDES para os programas de financiamento para capital fixo (tratores, colheitadeiras, silos, armazéns etc.). A fonte da série da taxa Selic esperada é o Relatório Focus do Banco Central.

$$EPRA_{(7 \times 3)} = \begin{bmatrix} PIB_{est PR}^{2010} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est PR}^{2019}}{\left( \frac{i_e + g_{PR}}{100 + 100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^9} & PIB_{est RS}^{2010} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est RS}^{2019}}{\left( \frac{i_e + g_{RS}}{100 + 100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^9} & PIB_{est SC}^{2010} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est SC}^{2019}}{\left( \frac{i_e + g_{SC}}{100 + 100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^9} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ PIB_{est PR}^{2016} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est PR}^{2019}}{\left( \frac{i_e + g_{PR}}{100 + 100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^3} & PIB_{est RS}^{2016} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est RS}^{2019}}{\left( \frac{i_e + g_{RS}}{100 + 100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^3} & PIB_{est SC}^{2016} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est SC}^{2019}}{\left( \frac{i_e + g_{SC}}{100 + 100} \right)} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^3} \end{bmatrix}_{(7 \times 3)} \quad (8)$$

É a partir da matriz (6) que será desenvolvida a discussão do presente trabalho. Cada vetor coluna  $j$  da matriz (8) representa todos os EPRA's estimados dos três estados para o período de 2010 a 2016.

#### 4.2. Dedução da elasticidade-juros dos EPRA's

Diferenciando-se a matriz (8) em relação a  $i_e$  obtemos a matriz das elasticidades-juros dos EPRA's dos três estados no período 2010-2016<sup>13</sup>.

$$\frac{\partial EPRA_{(7 \times 3)}}{\partial i_e} = \begin{bmatrix} PIB_{est PR}^{2010} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est PR}^{2019}}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^9 \left( \frac{i_e + g_{PR}}{100 + 100} \right)^2} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^9} - \frac{9 PIB_{est PR}^{2019}}{100 \left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^{10} \left( \frac{i_e + g_{PR}}{100 + 100} \right)} & \dots & PIB_{est SC}^{2010} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est SC}^{2019}}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^9 \left( \frac{i_e + g_{SC}}{100 + 100} \right)^2} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^9} - \frac{9 PIB_{est SC}^{2019}}{100 \left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^{10} \left( \frac{i_e + g_{SC}}{100 + 100} \right)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ PIB_{est PR}^{2016} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est PR}^{2019}}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^3 \left( \frac{i_e + g_{PR}}{100 + 100} \right)^2} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^3} - \frac{3 PIB_{est PR}^{2019}}{100 \left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^4 \left( \frac{i_e + g_{PR}}{100 + 100} \right)} & \dots & PIB_{est SC}^{2016} - \frac{\left[ \frac{PIB_{est SC}^{2019}}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^3 \left( \frac{i_e + g_{SC}}{100 + 100} \right)^2} \right]}{\left( 1 + \frac{i_e}{100} + \frac{Rp}{100} \right)^3} - \frac{3 PIB_{est SC}^{2019}}{100 \left( 1 + \frac{i_e}{100} \right)^4 \left( \frac{i_e + g_{SC}}{100 + 100} \right)} \end{bmatrix}_{(7 \times 3)} \quad (9)$$

Na matriz (9), por razões de espaço e de simplicidade, optamos por suprimir a segunda coluna com as elasticidades-juros dos EPRA's do estado do Rio Grande do Sul para 2010-2016. Todavia, desde (6) é fácil perceber que as equações das linhas e colunas seguem um padrão semelhante.

<sup>13</sup> Estes cálculos matriciais foram efetuados no Mathematica 9.0.

### 4.3. Corolários do modelo

Os resultados dos EPRA's, dado o caráter cíclico<sup>14</sup> da produção agropecuária, podem ser de três tipos: (i) os que apontam para uma tendência declinante (por estarem já elevados); (ii) os que prenunciam uma elevação (por estarem reduzidos); (iii) os que estão em situação próxima ou igual a zero (o que é uma possibilidade, porém é algo raro em se tratando de valores agregados a partir da dinâmica produtiva dos agentes aqui propostos).

Nesse sentido, tal como a Tabela 2 demonstra, as elasticidades-juros dos EPRA's dos estados do sul devem ser negativas em qualquer situação (nos casos A, B e C, portanto).

Isto significa que o mecanismo de transmissão da política de fixação de juros do Bacen afetará sempre negativamente os PIBs potenciais dos estados em análise. Portanto, no caso de uma redução de juros, os PIBs potenciais aumentam e os EPRA's dos produtores agropecuários irão reduzindo com a entrada de novos produtores no mercado, *coeteris paribus*. Neste caso, eles só cairão em três situações:

- (i) se os produtores já tiverem iniciado investimentos, antes do aumento de juros, que lhes permitam aumentar seu PIB estimado (e manter o EPRA igual ao maior ao anterior à queda de juros);
- (ii) se os preços dos principais produtos agropecuários componentes do PIB aumentarem e, com as melhoras das expectativas, o PIB estimado subir; e
- (iii) ocorrer(em) acontecimento(s) que altere(m) positivamente as expectativas do produtores (mudança climática favorável, inovação tecnológica, alteração nos preços de bens substitutos ou complementares etc.). Contudo, se um destes três fatores não ocorrer, o impacto da variação de juros sobre o EPRA é sempre positivo (Tabela 2).

---

<sup>14</sup> O caráter das séries de PIB agropecuário da amostra utilizada é cíclico, porém não sazonal. As séries não são sazonais porque são anuais. Exatamente por isso, utilizou-se aqui o modelo ARIMA e não o SARIMA (que é mais indicado para séries com sazonalidade).

Com efeito, os corolários do modelo revelam uma nova utilidade do EPRA como ferramenta decisória; se um analista ou empresário dispõe do EPRA do seu estado e verifica que o efeito de um aumento nos juros dos seus financiamentos e empréstimos não aumentou o seu EPRA, isto é um sinal claro de que o PIB estimado também subiu (devido aos três fatores mencionados) a ponto de anular o efeito positivo da alta dos juros sobre o PIB potencial.

Tabela 2 – Corolários do modelo

Interações possíveis entre o EPRA e as condições de lucratividade dos produtores agropecuários		
Condição	Resultados possíveis	Conclusões
1	$EPRA_t > 0 \Leftrightarrow PIBest_t > PIBpot_t$ e $\frac{dEPRA}{dt} \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{d\Pi}{dt} \rightarrow \infty$	À medida em que o EPRA cresce, aumenta a distância do PIBest em relação ao PIBpot. Assim, aumenta o potencial de lucratividade dos produtores agropecuários ( $\pi$ ) que tentarão aproveitá-lo investindo e produzindo mais. Assim, a tendência de queda do próprio EPRA se acentua ao longo do tempo. É uma situação equivalente a uma bolha em um mercado de ativos: quanto maior for esta bolha ( <i>bull market</i> ), maior será potencial de queda dos preços dos ativos (downside).
2	$EPRA_t < 0 \Leftrightarrow PIBest_t < PIBpot_t$ e $\frac{dEPRA}{dt} \rightarrow -\infty \Rightarrow \frac{d\Pi}{dt} \rightarrow -\infty$	Situação inversa à anterior: à medida em que o EPRA declina, reduz-se a distância do PIB est em relação ao PIBpot. Assim, reduz-se o potencial de aumento de seus investimentos. Assim, a tendência de aumento do próprio EPRA se acentua. É uma situação equivalente a um mercado de ativos em situação de baixa: quanto maior for esta baixa ( <i>bear market</i> ), maior será potencial de alta dos preços dos ativos (upside).
3	$EPRA_t \approx 0 \Leftrightarrow PIBest_t \approx PIBpot_t$ e $\frac{dEPRA}{dt} \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{d\Pi}{dt} \rightarrow 0$	Nesta situação menos frequente, o EPRA está próximo de zero, indicando que o PIBest está muito próximo do PIBpot. Neste caso, é preciso olhar as expectativas dos produtores, a evolução dos investimentos feitos previamente e o comportamento esperado dos preços dos principais produtos para verificar se há tendência de um EPRA negativo ou positivo. Se estes fatores tenderem para um aumento do PIB est, então a situação 1 ocorre. Do contrário, a situação 2 acontece. <i>Coeteris paribus</i> , neste cenário 3 a lucratividade esperada dos estados tende ficar estável ou próxima de zero.
<b>Cenários possíveis da elasticidade-juros do EPRA tendo em vista as três situações descritas acima</b>		
A	$EPRA_t > 0 \Leftrightarrow PIBest_t > PIBpot_t$	$\frac{\partial EPRA}{\partial i_e} > 0$
B	$EPRA_t < 0 \Leftrightarrow PIBest_t < PIBpot_t$	$\frac{\partial EPRA}{\partial i_e} > 0$

C	$EPRA_t \approx 0 \Leftrightarrow PIBest_t \approx PIBpot_t$	$\frac{\partial EPRA}{\partial i_e} > 0$
---	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. Análise dos resultados

Dado que os agentes estimam os seus PIBs agrícolas se baseando apenas nos dados dos PIBs agrícolas anteriores, cada um utilizará o método de estimação que forneça o menor Erro Quadrado Médio. Logo, para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina utilizou-se o método de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS), e, para o estado do Paraná, a modelagem ARIMA resultou em um menor EQM.

As estimativas para os Estados onde as previsões foram feitas por OLS apresentam uma tendência declinante, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde o coeficiente angular é de -1,862% e -1,321%, respectivamente. Já o Estado do Paraná apresentou um coeficiente angular positivo e descendente ao longo do tempo (convergindo para zero).

Os parâmetros utilizados na simulação constam da tabela 3:

Tabela 3 – Parâmetros utilizados na simulação do modelo

Parâmetros	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009
I	4,284	1,68	2,73	1,428	1,668	3,15	2,394	3,492
IPCAe	7,11	10,67	6,41	5,91	5,84	6,5	5,91	4,31
Rp	0,6426	0,252	0,4095	0,2142	0,2502	0,4725	0,3591	0,5238

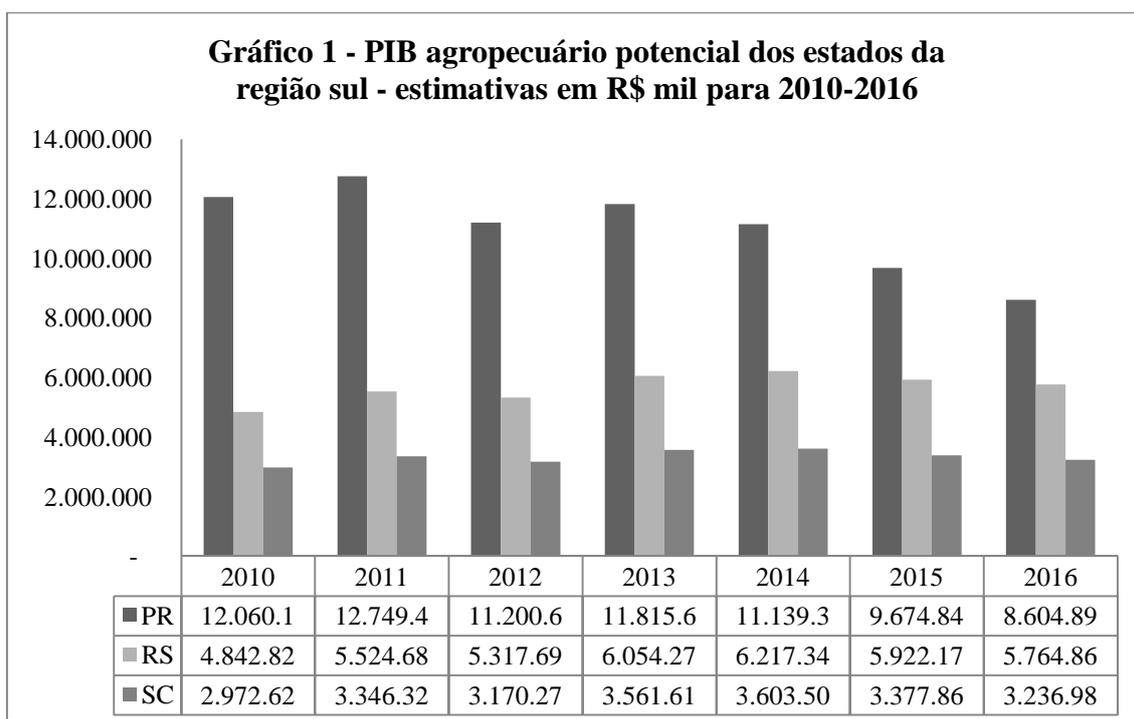
Fonte: Copom/Bacen, Relatórios Focus do Bacen.

Onde:  $i$  é a *proxy* para taxa de juros dos empréstimos agropecuários (equivalente à 60% da taxa real Selic, isto é, a taxa anual média Selic definida pelo Copom descontada do IPCA esperado), IPCAe (inflação esperada), Rp (prêmio de risco do produtor agropecuário, equivalente a, por hipótese, 15% a mais do que a taxa real Selic).

### 5.1. Estimativas dos PIBs agropecuários potenciais e dos EPRA's estaduais

O gráfico 1 resume as estimativas dos PIBs agropecuários potenciais dos estados sulistas. Pelo seu exame, percebe-se que o estado do Rio Grande do Sul apresenta

pequena redução no seu PIB potencial de 2016 em relação ao de 2015, sendo o de 2014 o maior valor registrado no período considerado. A série dos PIBs potenciais de Santa Catarina também demonstra perfil semelhante à do RS no último triênio considerado, com reduções nos PIBs potenciais em 2016 em relação aos de 2015 e 2014, respectivamente. Já no caso do Paraná, o seu PIB potencial máximo ocorre no ano de 2011 e, em seguida, apresenta tendência declinante, com o ano de 2016 registrando o valor mínimo da série.

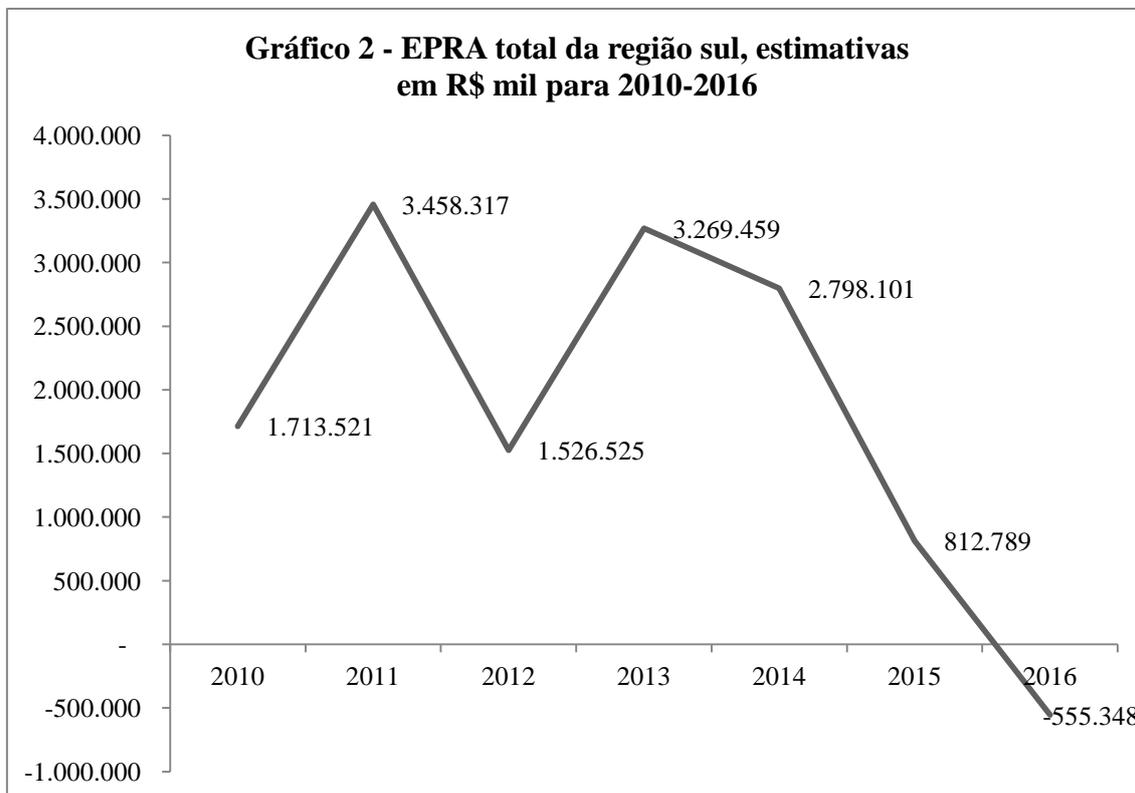


Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

Agregando os resultados dos EPRA's estaduais, obtemos a série do EPRA total da região sul para o período considerado (gráfico 2). Nota-se que o EPRA máximo foi obtido no ano de 2011, com a contribuição do PIB potencial também máximo do Paraná (gráfico1). Verifica-se também uma queda abrupta no ano de 2012, motivada pela redução dos juros empreendida pelo Copom<sup>15</sup>. Conforme se depreende da equação (4) e da equação matricial (7), uma redução na taxa de juros básica Selic afeta positivamente o PIB potencial e, portanto, reduz o EPRA, *coeteris paribus*. No ano seguinte, com o

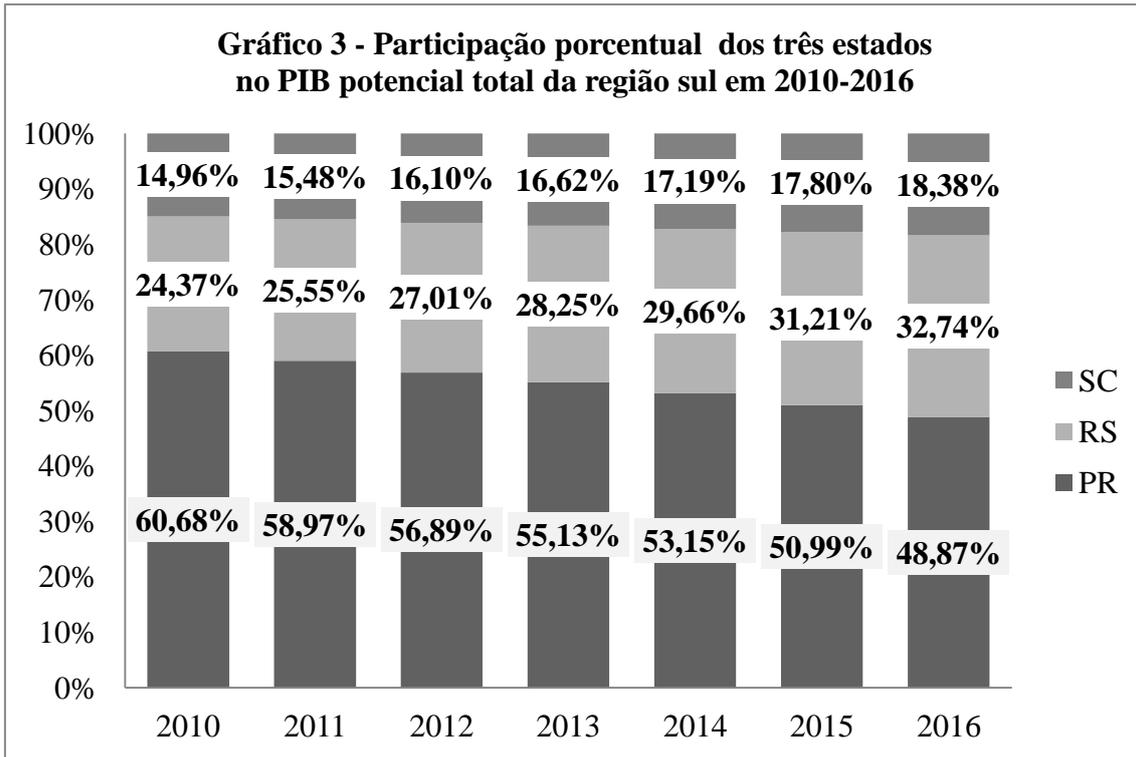
<sup>15</sup> Recordamos que a proxy utilizada para os empréstimos agropecuários corresponde ao valor de 60% da taxa Selic definida pelo Copom.

aumento de juros, o EPRA volta aumentar e, no último triênio da série, apresenta tendência francamente declinante. Em outras palavras, no último triênio ocorre uma menor diferença entre os hiatos dos PIBs agropecuários.

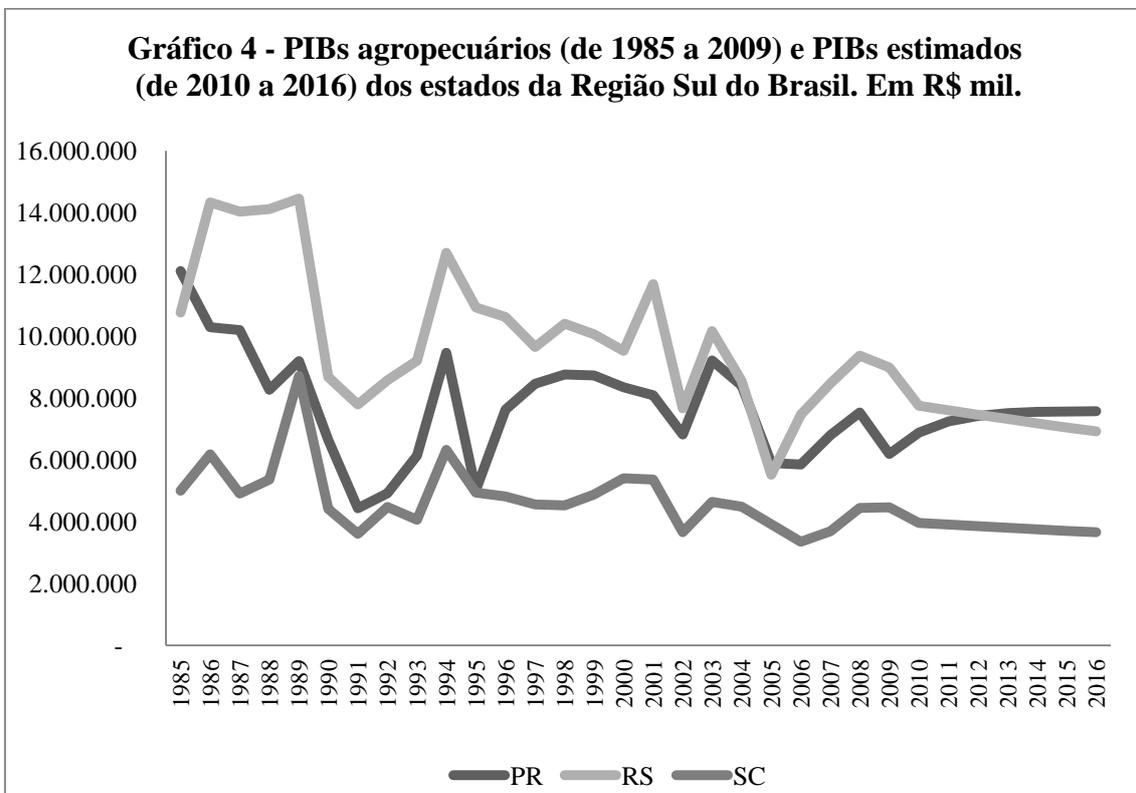


Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

O gráfico 3 complementa as estimativas dos gráfico 1 e 2, revelando que os estados do RS e de SC aumentam participação no PIB potencial da região no período analisado, ao passo que o PR perde participação ao longo do tempo. O fato de os PIBs potenciais de SC e RS manterem-se elevados no último triênio, enquanto o do PR cai (gráfico 1), enquanto os PIBs estimados destes três estados mostram estabilidade com tendência marginal de declínio (gráfico 4), ajuda a explicar o declínio dos EPRA da região sul nesse mesmo período.



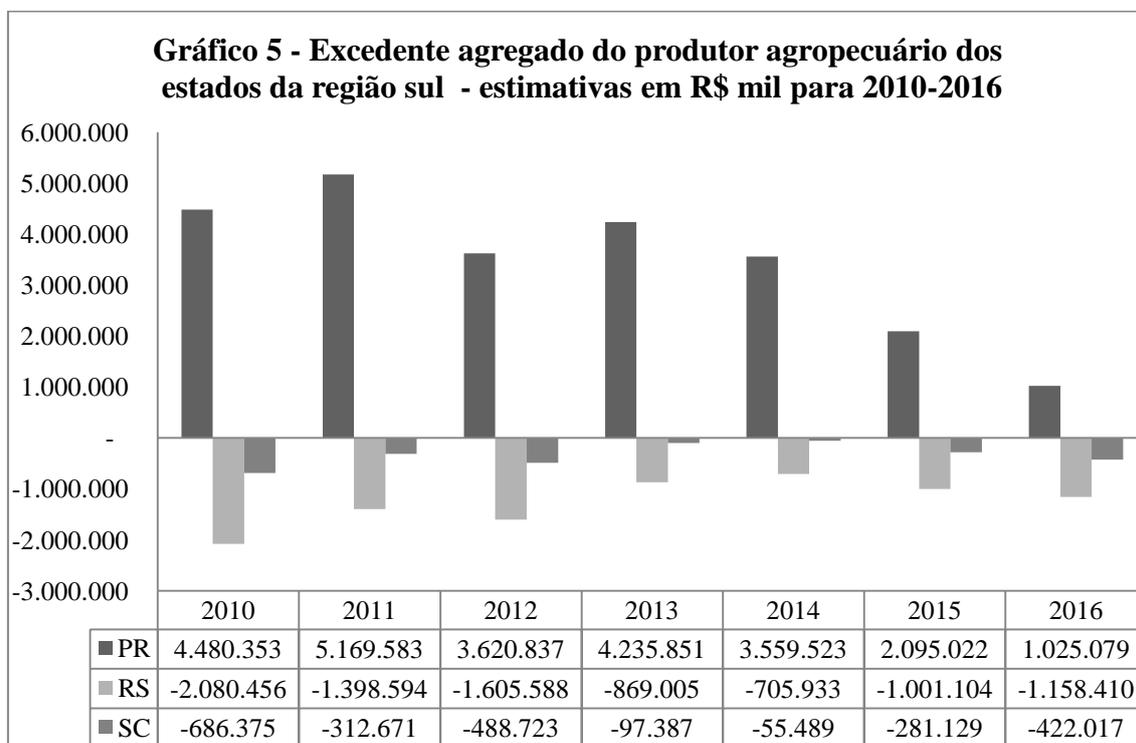
Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.



Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

Ao desagregarmos os dados do EPRA da região sul, confirmamos a análise anterior e verificamos que a queda dos PIBs estimados de RS e SC (gráfico 4) associada ao aumento do PIB potencial destes dois estados (gráfico 1), motivou a geração de EPRA's negativos para ambos ao longo do período. A ocorrência de EPRA's negativos (gráfico 5) é resultante de um PIB potencial maior do que o PIB estimado. Neste caso, há uma tendência de aumento na produção agropecuária (uma situação equivalente ao conceito macroeconômico de hiato deflacionário do produto).

Os efeitos conjuntos (ou agregados) do declínio do EPRA positivo do PR e da estabilidade dos EPRA's negativos de RS e SC no período mais recente de 2014-2016 confirmam a trajetória decrescente da curva do EPRA da região sul conforme aponta o gráfico 2.



Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

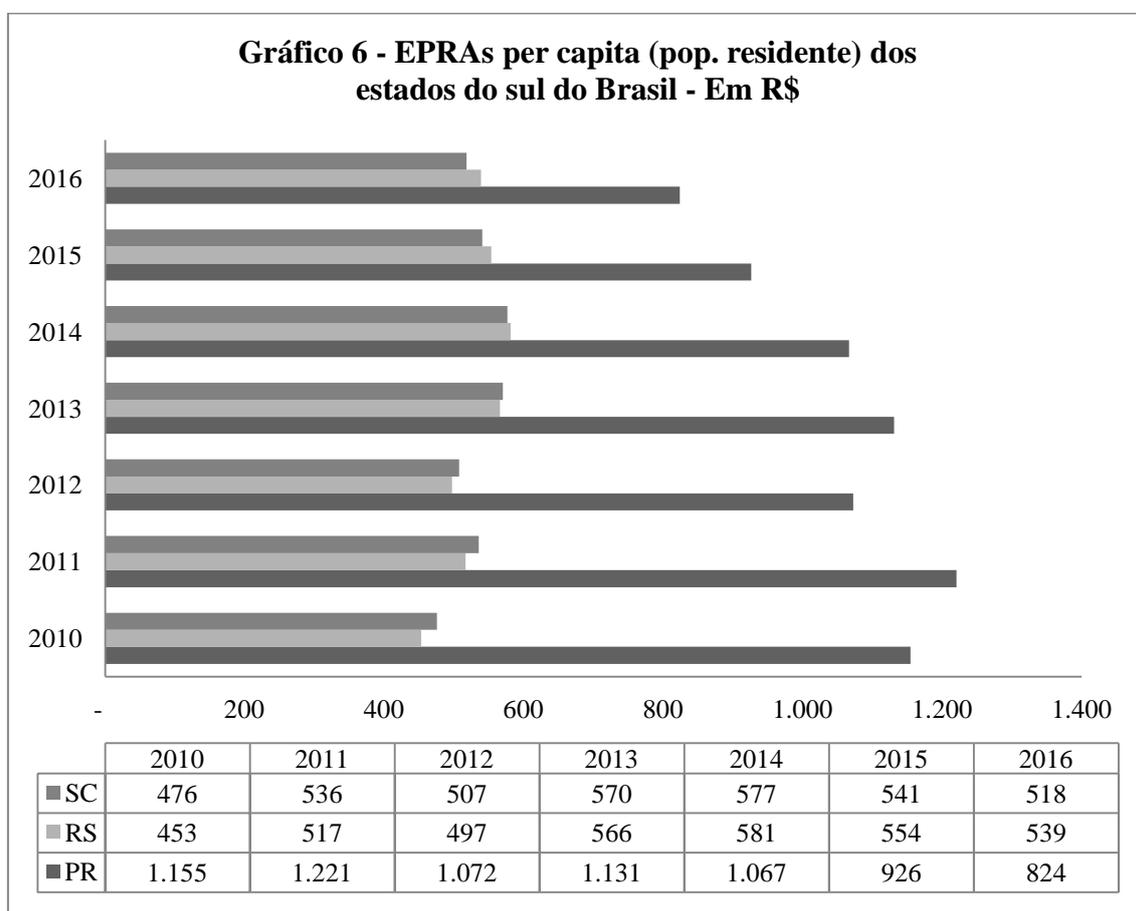
Portanto, pode-se afirmar, pela observação do gráfico 5, que os estados de RS e SC vem apresentando maior potencial de aumento de produção agropecuária do que o estado do PR, que apresenta EPRA positivo e declinante (em situação equivalente ao conceito de hiato inflacionário com tendência clara de redução no último triênio analisado).

## 5.2. Estimativas dos EPRAs per capita (populações residente e rural)

A análise dos EPRAs per capita considerando a população residente dos estados sulistas permite tirar conclusões sobre o potencial de crescimento da renda per capita estadual decorrente da atividade agropecuária.

Nesse sentido, os estados de RS e SC apresentam séries de EPRAs per capita que apontam para uma estabilidade em patamares próximos de renda.

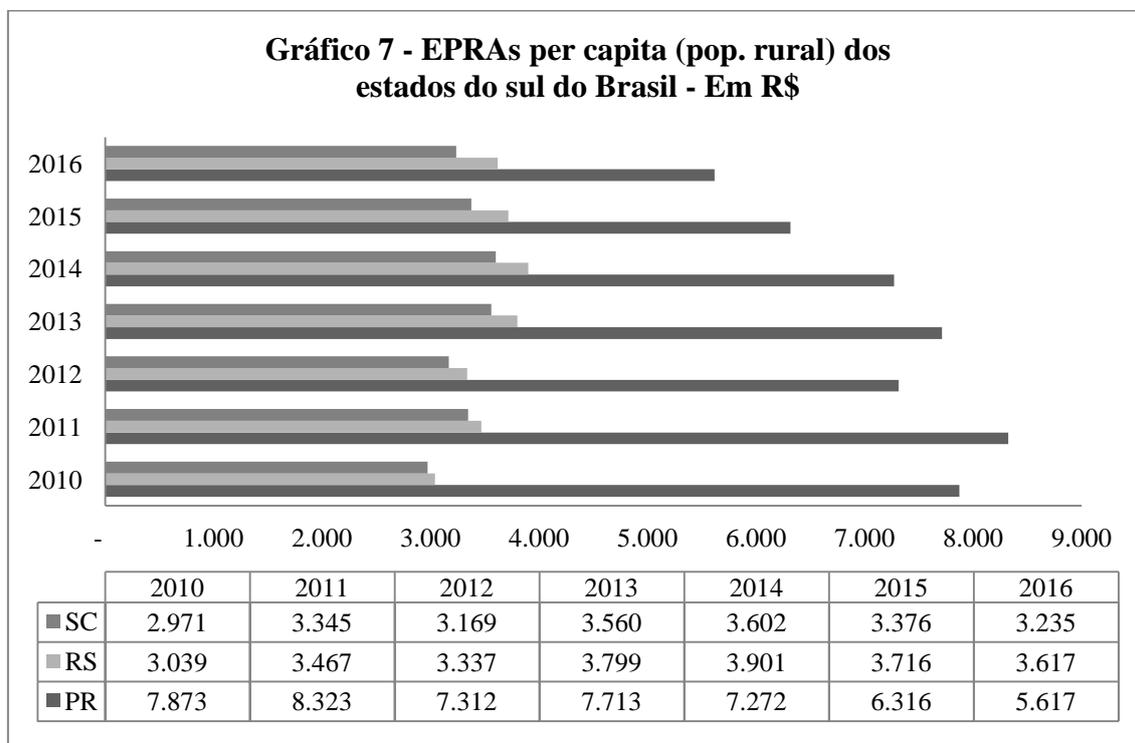
Já o PR apresenta decréscimos em seus EPRAs per capita desde o ano de 2011, com o registro de um nível mínimo justamente no ano de 2016, o último da série. Novamente, este fenômeno é decorrente da queda de seus EPRAs positivos ao longo dos últimos anos (gráfico 6).



Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

Quando se observa os EPRAs per capita considerando as populações rurais (gráfico 7), a análise do gráfico 5 se mantém. No gráfico 6, os únicos pontos a ser

destacados em relação ao gráfico anterior referem-se ao aumento da distância do RS para SC e ao aumento do efeito de queda dos EPRA's do PR.

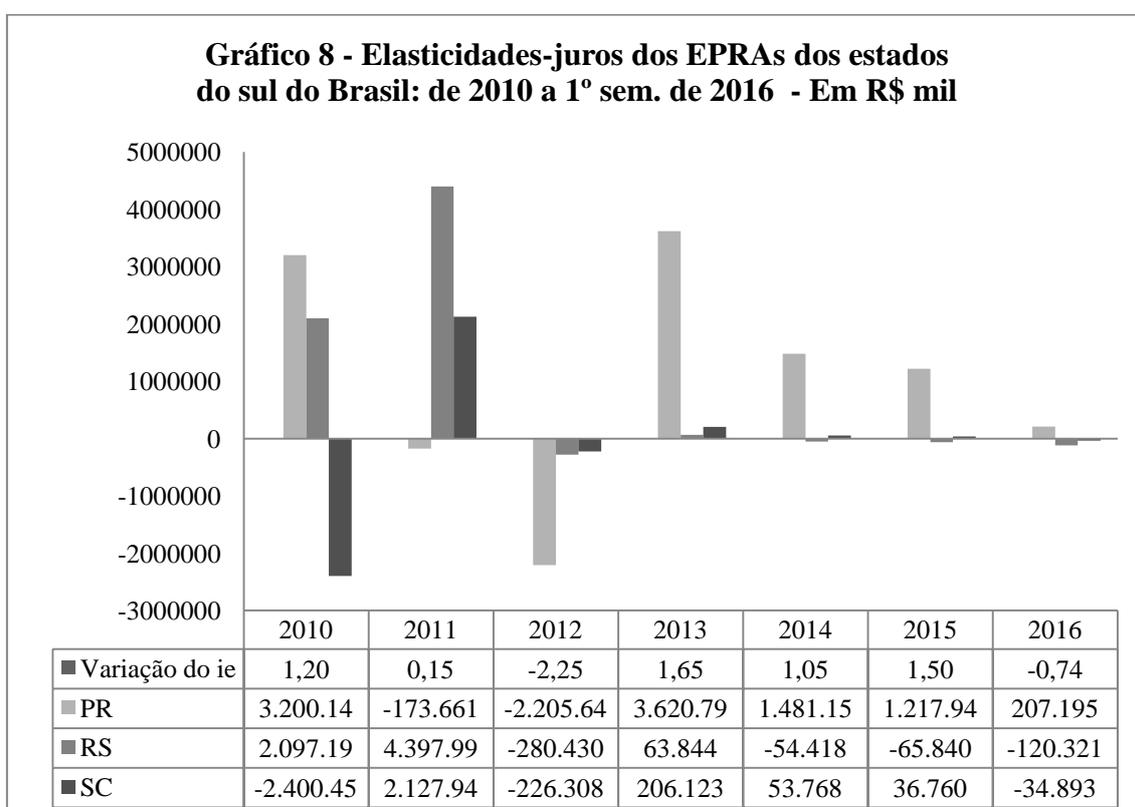


Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

Conforme a equação (2) e a equação matricial (5), a elasticidade do produto agropecuário potencial em relação à taxa de juros  $i_e$  é negativa. Assim sendo, se o PIB estimado não se alterar (*coeteris paribus*), o efeito esperado de um aumento nos juros é uma redução no PIB agropecuário potencial e um consequente aumento do EPRA. Inversamente, se os juros caírem, o EPRA tende também a reduzir-se, *coeteris paribus*. Assim sendo, passamos a analisar os efeitos dos juros reais sobre os EPRA's dos estados do sul (gráfico 8).

Em 2010 e 2011, os EPRA's do PR e do RS aumentam com o aumento de juros. Em 2010, o EPRA de SC só caiu por causa da forte retração nas exportações brasileiras de carne suína, o segundo produto mais importante na agropecuária catarinense. O quantum exportado caiu de 707 para 619 mil ton., conforme dados da USDA. A participação de Santa Catarina no valor das exportações de 2006 para 2010 caiu de 30%

para 25% e os preços internacionais do produto também caíram em relação ao máximo obtido em 2008 (de US\$ 2,79/Kg), conforme a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI)<sup>16</sup>. Além disso, a EPAGRI também aponta que a participação catarinense no número de abates de aves do Brasil, após atingir o pico de 20,6% em 2007, declinou para 18,9% em 2010. E conforme dados do DERAL, o preço do frango vivo em 2010 atingiu o menor valor do período 2008/16. Estes dois dados são relevantes quando notamos que a produção de carne avícola é a mais importante atividade agropecuária de SC.



Fonte: Estimativas do modelo computacional baseado em agentes a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE.

Já no ano seguinte o EPRA do PR cai um pouco por conta de uma retração natural resultante do fato deste estado ter atingido seu PIB potencial máximo no período em exame, conforme aponta o gráfico 1.

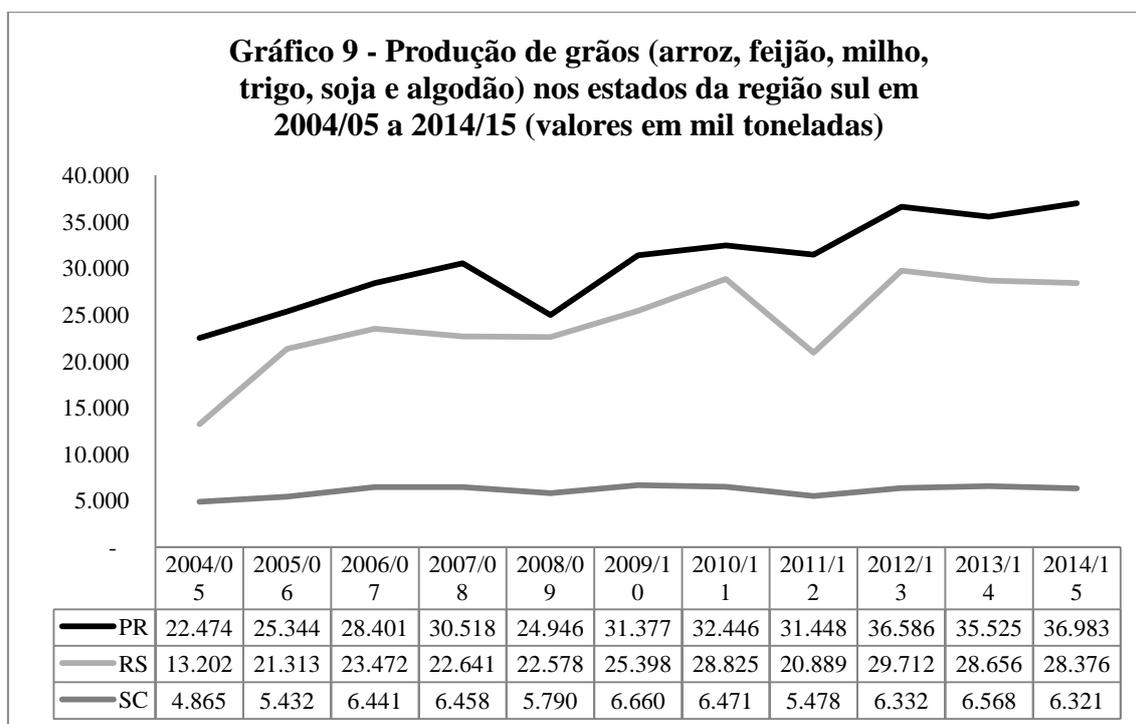
<sup>16</sup> [http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=7150](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=7150)

No ano de 2012 verifica-se o efeito previsto pelo modelo computacional: a forte redução nos juros reais provoca uma redução abrupta nos EPRA's dos três estados em relação ao ano anterior.

A mesma conclusão anterior, porém com “sinal invertido”, vale para o ano de 2013: o aumento considerável nos juros reais, reduz os PIBs potenciais. Como os PIBs estimados estaduais não se modificam muito, isto faz com que os EPRA's estaduais tornem-se todos positivos. Ressalte-se que este é o único ano em que isto acontece no período considerado.

Os resultados do gráfico 8 também reforçam o que foi visto no gráfico 4: na região sul, apenas o PR ainda apresenta tendência de crescimento nos seus PIBs estimados para estes períodos, ao contrário dos estados do RS e de SC, que apresentam viés de declínio.

Finalmente, no biênio de 2014-2015 e durante o primeiro semestre de 2016, os juros continuam a subir, o que contribui para que apenas o estado do RS apresente EPRA's negativos nestes dois anos. Isto ocorre, todavia, não pelo efeito dos juros, mas pelo fato de que o RS apresentou neste período uma estagnação da sua produção agropecuária, que parece ter atingido um patamar de “topo” que se mantém desde a safra de 2012/13 (gráfico 9).



Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da CONAB.

Este último resultado corrobora a visão de Stulp e Alvim (2014):

“No Rio Grande do Sul, onde a área disponível para plantio está no seu limite máximo, não há possibilidade de um aumento significativo da produção agropecuária por meio do aumento da área, o que exige uma maior atenção na gestão dos recursos disponíveis”.

Desta forma, os autores afirmam que o crescimento da produção agropecuária no RS pode ser estimulado através de uma maior utilização dos fatores de produção (tratores, fertilizantes, defensivos e sementes). “Esta maior utilização implicaria em uma maior produtividade de mão de obra e da terra, que conseqüentemente iriam elevar a eficiência técnica de produção.” Stulp e Alvim (2014).

## **6. Considerações finais**

De acordo com as simulações de PIBs potenciais dos estados da região sul, o modelo proposto mostrou que o estado do Rio Grande do Sul registrou uma ligeira retração no seu PIB potencial de 2016 na comparação com o de 2015 (ressaltando que em 2014 tivemos o maior valor registrado no período em análise). A série dos PIBs potenciais de Santa Catarina exibiu comportamento similar ao do RS no período de 2014 até o primeiro semestre de 2016, com uma redução em 2016 em relação às estimativas de 2015 e 2014. Já no caso do Paraná, o seu PIB potencial máximo estimado foi o do ano de 2011, após o qual o estado mostra um declínio até chegar ao valor mínimo em 2016.

Ao agregarmos os EPRA's estaduais, mostramos que o maior EPRA da região sul ocorreu em 2011. Em 2012, ocorreu uma queda significativa decorrente das reduções de juros efetuadas pelo Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil. Como os corolários do modelo apontam, reduções nas taxas de juros básicas Selic afetam positivamente o PIB potencial e vice-versa, *coeteris paribus*. No ano de 2013 os juros voltaram a subir e o EPRA, tal como o previsto, volta a aumentar. Já no último triênio da série, ele apresenta visível tendência de queda.

Já quando desagregamos os EPRA's da região sul por estados, aumentamos a consistência da análise anterior pois os resultados obtidos apontaram que uma retração nos PIBs estimados de RS e SC relacionada às elevações dos PIBs potenciais destes estados ocasionou a geração de EPRA's negativos para ambos ao longo do período em exame. Logo, sabendo que, por suposto, a ocorrência de EPRA's negativos resulta de um PIB potencial maior do que o PIB estimado, pode-se afirmar que há uma tendência de aumento na produção agropecuária.

Em termos per capita, fizemos a análise considerando a divisão dos EPRA's estaduais por suas respectivas populações residentes e rurais. De modo que os estados de RS e SC exibiram trajetórias de EPRA's per capita (pop. residente) que mostram poucas variações e também níveis próximos de renda. Já o PR exhibe quedas em seus EPRA's per capita (pop. residente) desde o ano de 2011, com o registro de um nível mínimo justamente no ano de 2016, o último da série. Este fenômeno é provocado pela queda de seus EPRA's positivos ao longo dos últimos anos. Quando se considera a população rural, ao invés da residente, as considerações anteriores permanecem válidas, apenas com a ressalva de que a renda per capita (pop. rural) do RS fica bem maior do que a de SC e de que ocorre também uma maior queda dos EPRA's per capita do PR.

Ao estimarmos a série com as elasticidades-juros dos EPRA's estaduais, concluímos que, conforme apontam os corolários do modelo computacional, o efeito de um aumento nos juros é um aumento do EPRA (sendo válido também o raciocínio inverso, *coeteris paribus*). Assim, em 2010 e 2011 os EPRA's do PR e do RS aumentam com o aumento de juros. A queda do EPRA de SC em 2010 ocorreu por causa das quedas dos preços do frango e do número de abates de aves (a avicultura é a principal atividade agropecuária do estado). Além disso, ocorreram fortes contrações nos preços e nas exportações brasileiras de carne suína, que é a segunda atividade agropecuária mais importante. Em 2012, o EPRA do PR cai um pouco por conta de o estado ter chegado ao seu PIB potencial máximo no período considerado nesta análise. Neste ano também observamos o efeito previsto pelo modelo computacional: uma significativa redução nos juros reais ajuda a fazer com que os EPRA's dos três estados caiam fortemente em relação a 2011. De modo inverso, no ano de 2013, um aumento expressivo nos juros reais, deprime os PIBs potenciais e, uma vez que os PIBs estimados estaduais não se modificam muito, os EPRA's estaduais ficam todos positivos. Finalmente, no biênio de 2014-2015 e durante o primeiro semestre de 2016, os juros permanecem em alta e

apenas o estado do RS apresenta EPRAs negativos. No caso da agropecuária gaúcha deste período, os efeitos dos juros mais altos são superados pelos fatores que levam a uma situação de estagnação da sua produção primária. Pois desde a safra de 2012/13 ela atinge valores que se configuram como uma espécie de estabilidade em situação de alta, resultante do fato de a área disponível para plantio se encontrar em seu limite máximo. Assim, não há mais como o estado do RS aumentar sua produção agropecuária por meio do aumento da área. Logo, o único caminho para incrementá-la é aumentar a utilização de tratores, fertilizantes, defensivos e sementes, o que ampliaria a produtividade de mão de obra e da terra, com efeitos positivos sobre a eficiência técnica de produção.

## 7. Referências

ALMEIDA, V.; FÉLIX, R. Cálculo do produto potencial e do hiato do produto para a economia portuguesa. **Boletim Económico**, p. 75-92, 2006.

BAER, Werner. *Economia brasileira*. 3ª ed. São Paulo: Nobel, 2008.

BAXTER, M. e KING, R. (1999): “Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series”, *Review of Economics and Statistics* (81) 4, 573-593.

CHRISTIANO, L. e FITZGERALD, T (1999): “The band pass filter”, *Working Paper* 9906, Federal Reserve Bank of Cleveland.

CERRA, V. e SAXENA, S. C. (2000): “Alternative methods of estimating potential output and the output gap: an application to Sweden”, *Working Paper* no. 59, International Monetary Fund.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, 2015. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>

COURTNEY, A. COURTNEY, M. (2008). Comments Regarding “On the Nature Of Science”, *Physics in Canada*, Vol. 64 No. 3, p. 7-8.

Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos do Banco Bradesco (DEPEC) – Economia em Dia. **Informações Setoriais**. Disponível em:

<http://www.economiaemdia.com.br/vgn-ext-templating/v/index.jsp?vgnextoid=cc6d46a1d8ef2310VgnVCM100000882810acRCRD&vgnextfmt=default>

Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos do Banco Bradesco (DEPEC) – Economia em Dia. **Informações Regionais**. Disponível em: <http://www.economiaemdia.com.br/vgn-ext-templating/v/index.jsp?vgnextoid=6541743bda303310VgnVCM100000882810acRCRD&vgnextfmt=default>

FEIX, R. D.; LEUSIN, S. J. *Painel do Agronegócio no Rio Grande do Sul – 2015*. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 2015, 44p. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/20150903painel-do-agronegocio-no-rs-2015.pdf>

GIORNO, C.; RICHARDSON, P. ; ROSEVEARE, D. e NOORD, P. V. D. (1995): “Potential output, output gaps, and structural budget balances”, *Economic studies* no.24, Organization for Economic Co-operation and Development.

HODRICK, R. J. e PRESCOTT, E. C. (1997): “Postwar U.S. business cycles: An empirical investigation”, *Journal of Money Credit and Banking* 29, 1-16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CA&z=t&o=11>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contas Regionais do Brasil: 2012**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2012/default.shtm>

KENDRICK, D. A.; MERCADO, P. R.; AMMAN, H. M. 2006. *Computational economics*. Princeton University Press.

LAZZARI, M. R. 2012. Economia gaúcha dependente da agropecuária. *Carta de Conjuntura FEE*, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 1. Disponível em: <http://carta.fee.tche.br/article/economiagaucha-dependente-da-agropecuaria>

LEBARON, B. (2000). Agent-based computational finance. In: TESTFATSION, L. & JUDD, K. L. *Handbook of computational economics (vol. 2)*. Amsterdam: Elsevier.

LEBARON, B. (2000) Agent-based computational finance: Suggested readings and early research. *Journal of Economic Dynamics and Control* ,24, 679–702.

LEBARON, B. (2001). Empirical regularities from interacting long-and short-memory investors in an agent-based stock market. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, v. 5, n. 5, p. 442-455.

KING, R. G.; REBELO, S. T. Low frequency filtering and real business cycles. *Journal of Economic dynamics and Control*, v. 17, n. 1-2, p. 207-231, 1993.

MARKS, R. (1998). Evolved perception and behaviour in oligopolies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 22, n. 8, p. 1209-1233.

MORETTIN, P. A. *Econometria financeira: um curso em séries temporais financeiras*. 2a ed. revisada e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

MOHR, M. (2005): “A trend-cycle (-season) filter”, *Working Paper Series*, no. 499, European Central Bank.

PASSOS, M. O.; MORTOLA, R.; VENECIAN, J. R.; e ALQUATI, M. S. (2016). *Intrinsic value of brazilian financial stocks and monetary policy decisions: an agent-based approach*. Rio de Janeiro: Anais do 16o Encontro Brasileiro de Finanças. 2016. Disponível em: <http://sbfin.org.br/wp-content/uploads/2016/05/162-Intrinsic-value-of-brazilian-financial-stocks-and-monetary-policy-decisions-an-agent-based-approach.pdf>

PASSOS, M. O.; MOTA, C. S.; ALQUATI, M. S. e VENECIAN, J. R. (2016). *Excedente Marshalliano Agregado do Produtor Agropecuário: Estimativas Regionais de um Modelo Estocástico Computacional*. Working paper: Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/ppgom/files/2016/05/Excedente-marshalliano-agregado-do-produtor-agropecu%C3%A1rio.pdf>

STULP, V. J. e ALVIM, A. M.. (2014). Eficiência técnica da produção agropecuária nas regiões do Rio Grande do Sul de 1975 a 2006. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 43.

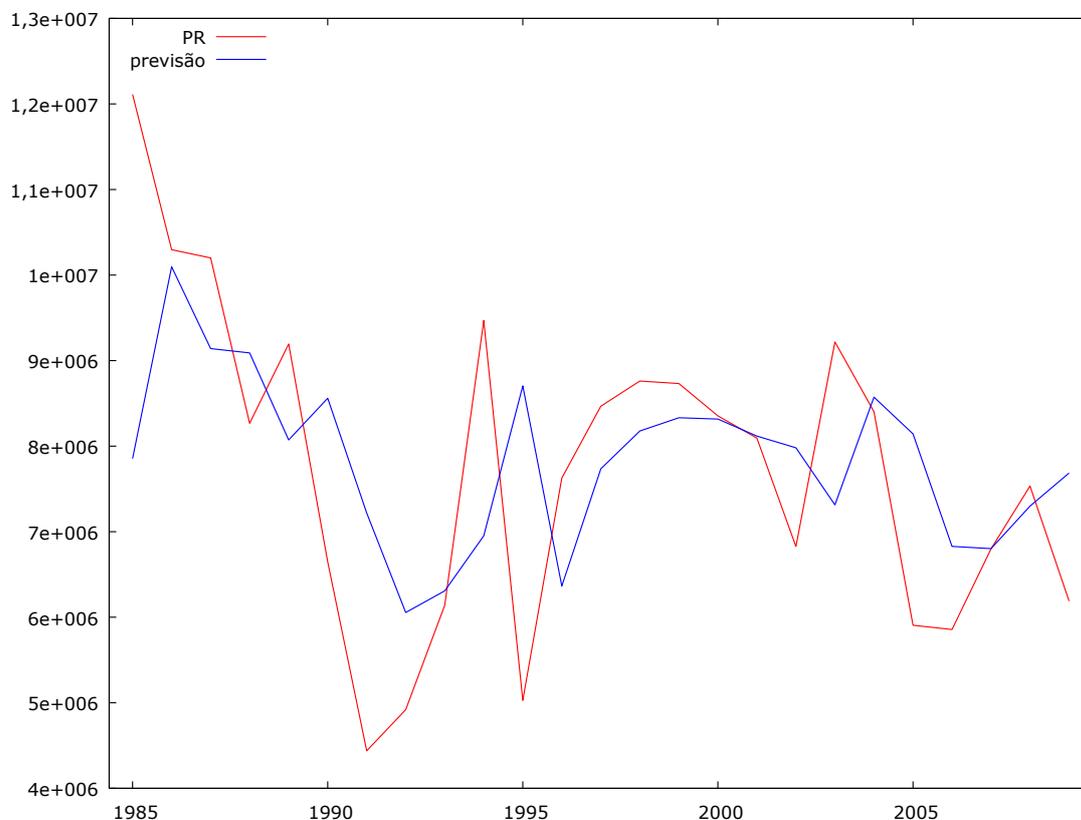
STINESPRING, J.R. (2002). *Mathematica for Microeconomics: learning by example*. Academic Press/Harcourt Inc.: San Diego, California.

TESFATSION, L. (2006). Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. *Handbook of computational economics*, Amsterdam: Elsevier, v. 2, p. 831-880.

WACKERLY, D.; MENDENHALL, W. et al. (2008). *Mathematical statistics with applications*. 7 ed. Belmont, CA, USA: Thomson Higher Education.

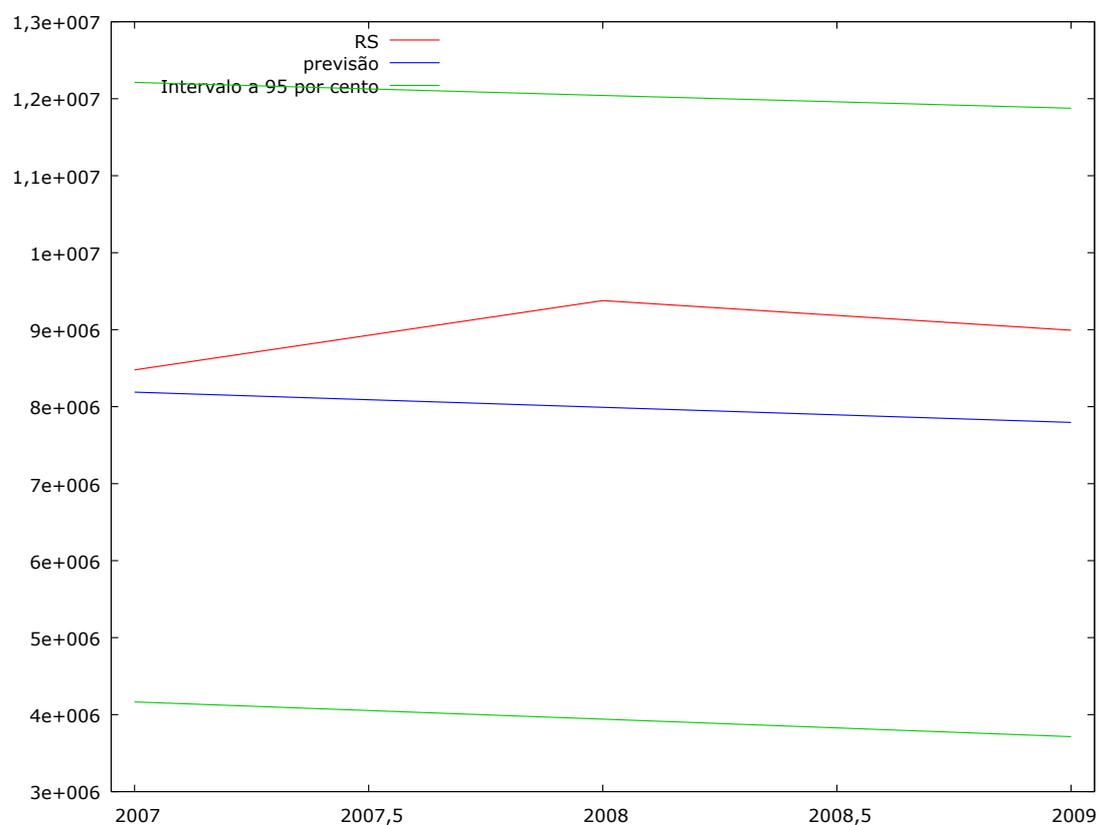
## ANEXO I - Previsões dentro das amostras dos agentes.

### Paraná:



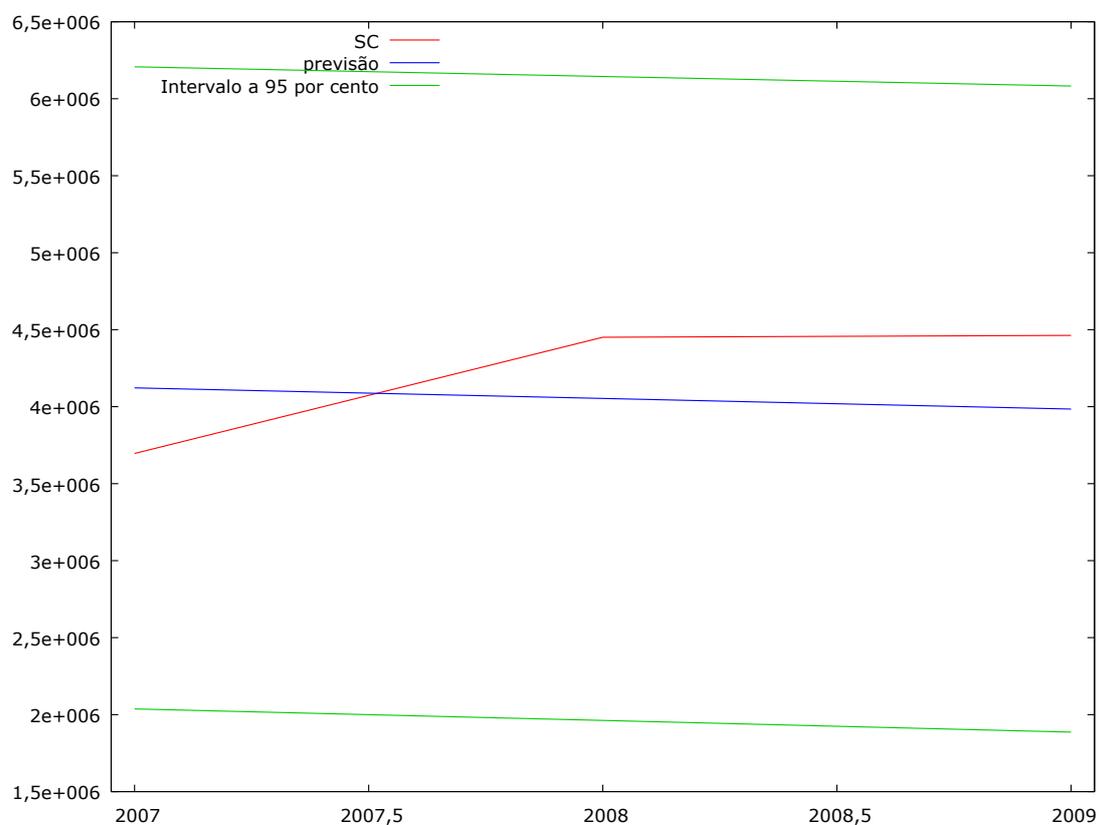
Erro Médio	-4,2127e+005
Erro Quadrado Médio	7,6419e+011
Erro Unitário Médio Quadrado	8,7418e+005
Erro Absoluto Médio	5,7786e+005
Erro Percentual Médio	-7,0306
Erro Percentual Médio Absoluto	9,1092
U de Theil	0,96643
Proporção do viés, UM	0,23224
Proporção da regressão, UR	0,4322
Proporção do distúrbio, UD	0,33556

## Rio Grande do Sul:



Erro Médio	9,5756e+005
Erro Quadrado Médio	1,1462e+012
Erro Unitário Médio Quadrado	1,0706e+006
Erro Absoluto Médio	9,5756e+005
Erro Percentual Médio	10,502
Erro Percentual Médio Absoluto	10,502
U de Theil	1,8223
Proporção do viés, UM	0,79998
Proporção da regressão, UR	0,11999
Proporção do distúrbio, UD	0,080027

## Santa Catarina:



Erro Médio	1,4987e+005
Erro Quadrado Médio	1,8943e+011
Erro Unitário Médio Quadrado	4,3523e+005
Erro Absoluto Médio	4,3395e+005
Erro Percentual Médio	2,7059
Erro Percentual Médio Absoluto	10,392
U de Theil	0,74436
Proporção do viés, UM	0,11857
Proporção da regressão, UR	0,71956
Proporção do distúrbio, UD	0,16187