

REGRESSÃO DINÂMICA: MODELO ESTRATÉGICO PARA ACOMPANHAMENTO E PREVISÃO DO ÍNDICE DE VOLUME DO PIB DE MINAS GERAIS

Thiago Rafael Corrêa de Almeida (FJP/CEI) ¹

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo a construção de um modelo estatístico satisfatório para o acompanhamento e previsão da série trimestral de índice de volume do Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais. A metodologia utilizada para esse propósito consiste na escolha de variáveis explicativas (exógenas) apropriadas que irão compor um modelo de Regressão Dinâmica capaz de retratar a série em volume do PIB de Minas Gerais. Do ponto de vista de uma análise relacionada à gestão estratégica, o artigo tenta preencher uma lacuna no que diz respeito ao diagnóstico e construção de cenários futuros (prognósticos) relacionados às expectativas de crescimento econômico no estado; balizando, assim, a tomada de decisão dos diversos atores e instituições interessados no nível de atividade econômica.

Palavras-chave:

Produto Interno Bruto (PIB), Economia de Minas Gerais, Regressão Dinâmica, Gestão Estratégica.

Abstract:

This paper aims at the construction of a satisfactory monitoring and forecasting the quarterly series of volume index of Gross Domestic Product (GDP) of Minas Gerais statistical model. The methodology used for this purpose consists in choosing appropriate explanatory variables (exogenous) that will compose a Dynamic Regression model able to portray the series in the volume of Minas Gerais GDP. From the perspective of a related strategic management analysis, the article attempts to fill a gap with regard to diagnosis and construction of future scenarios (predictions) related to expectations of economic growth in the state; thus marking out the decision making of various actors and institutions interested in the level of economic activity.

Keywords:

Gross Domestic Product (GDP), Economy of Minas Gerais, Dynamic Regression, Strategic Management.

¹ Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental (EPPGG), graduado em Administração Pública pela Fundação João Pinheiro (FJP) e pós-graduado (*lato sensu*) em Estatística com ênfase em indústria e mercado pela UFMG.

1. Introdução

Este trabalho tem como propósito a construção de um modelo estatístico satisfatório para o acompanhamento e previsão no curto prazo da série encadeada de volume do Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais. A ideia é utilizar a própria série e outras variáveis intrinsecamente relacionadas à variável de interesse por meio de um modelo (método) de Regressão Dinâmica. Além disso, o artigo pretende, na seção que aborda o referencial teórico, justificar a realização do estudo respondendo a seguinte pergunta: afinal, por que é tão importante, do ponto de vista estratégico, buscar mecanismos para acompanhar e projetar o resultado da série encadeada de volume do PIB?

Outra finalidade desse trabalho é demonstrar como ocorreu o processo de escolha das variáveis explicativas que afetam o nível de atividade no modelo, já que a série encadeada de volume do PIB é bastante complexa e depende ou se relaciona, direta ou indiretamente, com uma infinidade de fatores: política macroeconômica do governo federal; conjuntura econômica interna e externa (por exemplo, em situações de crise econômica espera-se uma diminuição no nível de atividade econômica); grau de endividamento das famílias e do comprometimento da renda; nível de investimentos e de utilização da capacidade instalada por parte dos empresários; nível de inflação e do comportamento dos preços; taxa de câmbio; taxa de juros; estabilidade do sistema financeiro e do mercado de crédito; etc. Portanto, existe uma dificuldade adicional na construção de modelos capazes de mensurar o nível de atividade econômica, com alguma qualidade estatística, dada a infinidade de fatores que podem afetar ao mesmo tempo a variável de interesse. A complexidade e o conjunto de fatores intervenientes envolvidos justifica a utilização de um modelo multivariado (como o de Regressão Dinâmica) ao invés dos tradicionais modelos univariados construídos com base apenas no passado da série original (metodologia de Box & Jenkins) (MORETTIN; TOLOI, 1987).

Em consonância com a discussão da utilização de modelos estatísticos para acompanhamento e previsão de séries econômicas como as do PIB, é importante salientar que existe certo antagonismo teórico entre economistas clássicos e adeptos do keynesianismo a respeito da percepção de previsão do “futuro” com base no presente e no passado de séries econômicas via métodos estatísticos. Para os clássicos, um resultado futuro pode, em algum grau de medida, ser previsível e calculado probabilisticamente a partir dos dados de mercado do presente e do passado. A visão keynesiana caminha em sentido contrário: devido à existência de um universo incerto em que as decisões dos agentes econômicos são ambíguas, o comportamento da atividade econômica não poderia ser previsto de forma confiável através da modelagem estatística. A esse arcabouço de expectativas incertas e imprevisíveis, no curto e no longo prazo, foi o que Keynes denominou de “animal spirits” (DAVIDSON, 1999).

Levando-se em conta esta discussão de cunho ideológico, este artigo converge para uma análise que, de certa forma, compreende os dois pontos de vista do pensamento econômico. Ele concorda com o raciocínio keynesiano, na medida em que qualquer modelagem estatística de uma série como a do PIB de Minas Gerais, será uma simplificação da realidade e como tal estará sujeita a críticas e a flutuações “inesperadas” diante da complexidade dos fatores envolvidos. Por outro lado, ele caminha para uma solução através do pensamento clássico, já que o processo de modelagem estatística tende a examinar apenas os aspectos considerados “essenciais” do problema, o que por si só já fornece um conjunto de informações relevantes para o entendimento da série, mesmo que essa compreensão seja limitada e parcial.

2. Referencial Teórico

Esta seção tem o intuito de justificar a realização do estudo discutindo os fatores que motivaram a escolha do tema e da problemática principal que circunda o assunto envolvido, que é a de acompanhar e projetar o resultado do índice de volume do PIB para tomada de decisão dos agentes econômicos interessados. Todavia, para que a relevância do PIB seja mais bem compreendida, convém entender melhor o conceito deste agregado econômico e o que ele aborda.

O Produto Interno Bruto, ou PIB, corresponde ao valor total de todos os bens e serviços finais produzidos em uma região durante um intervalo de tempo (normalmente um ano). Nesse ponto, é importante entender a distinção entre bens e serviços finais dos chamados bens intermediários. Um bem intermediário é aquele produzido por uma empresa e vendido à outra firma que vai utilizá-lo na produção de outro bem. Já os bens e serviços finais são aqueles vendidos aos usuários da “ponta” do processo produtivo e que não mais serão transformados. A não inclusão dos bens intermediários no cálculo do PIB ocorre pelo simples mecanismo de se evitar dupla contagem no cômputo da apuração dos bens produzidos. De fato, se os bens intermediários fossem incluídos diretamente no PIB, seriam contabilizados duas vezes, por que fazem parte do produto final em que foram utilizados (CLARK; DOWNING, 1998).

Tradicionalmente, o PIB pode ser calculado em relação a três óticas ou pontos de vistas diferenciados: a ótica da produção, da demanda e da renda.² Na ótica da produção, o raciocínio de cálculo é direto: basta pesquisar todas as firmas e empresas envolvidas e descobrir o valor da produção de bens e serviços finais, excluindo o valor dos bens e serviços intermediários (KRUGMAN; WELLS, 2007).

A maneira mais tradicional de evitar o processo de dupla contagem via ótica da produção é através do conceito de valor adicionado (ou valor agregado), que corresponde à diferença do valor das vendas dos produtos e o valor da compra de insumos de outras empresas. Em outras palavras, o Valor Adicionado (VA) traduz a diferença entre o Valor Bruto de Produção (VBP) de cada empresa (ou setor) e o Consumo Intermediário (CI) ali envolvido, isto é, $VA = VBP - CI$. O somatório dos valores adicionados dos diferentes setores presentes na economia corresponde exatamente ao PIB avaliado a preços básicos ou a custos dos fatores (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2010). A equação mostrada a seguir resume esta afirmativa: $PIB(\text{preços básicos}) = \Sigma (VA \text{ setoriais})$.

Essa primeira forma de calcular o PIB será de suma importância para o entendimento do modelo de regressão dinâmica construído mais adiante, visto que a modelagem proposta será embasada na análise do comportamento de algumas variáveis que representem, com algum grau de fidedignidade, os valores adicionados setoriais.

Outro aspecto importante a ser mencionado é o fato da série encadeada de volume do Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais utilizada no estudo ser uma série de “PIB real” do estado. Isto significa dizer que ela mensura apenas o incremento de quantidade nos bens e serviços finais produzidos e não leva em consideração a mudança nos preços dos produtos gerados. Em outras palavras, a série capta o “verdadeiro” crescimento econômico da economia mineira ao longo do tempo.

² Na ótica da demanda (ou despesa) o PIB a preços de mercado é calculado levando-se em conta o consumo das famílias (C), os gastos governamentais (G), os investimentos (I) e o fluxo de comércio (exportações (X) subtraídas das importações (IM)): $PIB = C + G + I + X - IM$. Já a ótica da renda considera a remuneração dos fatores utilizados no processo produtivo: remuneração do trabalho e do capital (ARAÚJO NETO; COSTA, 2005).

A partir da definição do conceito deste agregado econômico convém ressaltar, neste momento, a relevância em se acompanhar ou projetar uma série como a de índice de volume do PIB. Em primeiro lugar, os diversos agentes econômicos estão interessados na taxa de crescimento real da economia por que isto representará em expansão do PIB *per capita* real e, conseqüentemente, de uma possível melhora “potencial”³ no padrão de vida.

Em segundo lugar, o resultado da expansão do índice de volume do PIB carrega em si mesmo um conjunto de informações que expressa em um único número o desempenho da economia de determinada região em um período do ano. A divulgação do resultado faz com que especialistas analisem o número obtido e emitam opiniões no sentido de tentar entender a realidade econômica vivenciada no momento. Portanto, a importância deste indicador é que ele é um índice resumo do nível de atividade econômica e o seu resultado afeta, de maneira indiscriminada, diversos atores e instituições da sociedade.

Um dos atores interessados no resultado da taxa de expansão real do PIB é exatamente o governo. Este interesse está associado à capacidade do mesmo de intervir na economia suavizando as turbulências no ciclo econômico. De fato, em períodos de crise econômica (ou de expectativa de crise), é comum a intervenção do governo para minimizar as incertezas e redirecionar a economia para uma trajetória mais compreensível aos olhos dos empresários e tomadores de decisão. Estas intervenções ocorrem, muitas vezes, de maneira expansionista quando o governo aumenta os seus gastos afetando diretamente a demanda agregada (CARVALHO, 1999).

O governo também se preocupa com o resultado do índice de volume do PIB porque esse indicador é, em alguma medida, utilizado pelos eleitores na sua tomada de decisão para escolha de um governante. Evidentemente, que a taxa de crescimento do PIB não é a única variável observada pelo eleitorado, já que uma inflexão nem sempre está associada às decisões políticas tomadas anteriormente. Mesmo assim, existe uma preocupação latente por parte dos governantes com a taxa de crescimento real da economia ao longo do seu mandato e, sobretudo, quando se aproxima o período eleitoral. Por isso, é comum o aumento dos gastos públicos com obras em infraestrutura no período final do seu governo visando à obtenção de votos. Essa estratégia é frequentemente corroborada pela Teoria da Escolha Racional, em que os agentes tentam maximizar o seu retorno e, no caso do político, a sua probabilidade de ser reeleito (IPEA, 2012 *apud* BECKER, 2012).

Apesar do uso político da taxa de expansão real do PIB ser generalizado, talvez a principal preocupação dos governantes e administradores públicos em relação ao índice de volume do produto agregado seja em relação aos condicionantes que afetam a arrecadação tributária. Para o correto dimensionamento e planejamento de políticas públicas e programas, o setor público precisa saber o quanto arrecadou de impostos, taxas e contribuições sociais das demais unidades produtivas e instituições. Todavia, essa arrecadação cai substancialmente quando o nível de atividade econômica é baixo, ou em outras palavras, quando o crescimento do índice de volume do PIB é reduzido. Assim, o fato de existir uma correlação positiva entre a expansão do produto agregado e a arrecadação de impostos é mais um dos motivos pelo qual o governo se preocupa tanto com o resultado do índice de volume do PIB (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014).

³ “[...] um aumento no PIB real *per capita* significa uma expansão da fronteira das possibilidades de produção da economia. Se a economia aumentou sua capacidade produtiva, há mais coisas que a sociedade pode alcançar. Mas saber se a sociedade de fato faz bom uso desse potencial expandido para melhorar seu padrão de vida é uma outra questão. Em palavras um pouco diferentes: sua renda pode ser mais alta este ano do que foi no ano passado, mas se você de fato usa sua renda mais alta para melhorar sua qualidade de vida é uma escolha sua. [Além disso, existe o problema da concentração da renda gerada nas mãos de poucas pessoas, o que significa dizer que esse potencial de melhora está restrito a um número limitado de pessoas]” (KRUGMAN; WELLS, 2007, p. 495-496).

Outro agente importante e interessado na taxa de crescimento real da economia é o Banco Central. De fato, como essa instituição é responsável pela condução da política monetária do país, frequentemente ela precisa tomar decisões que “sacrifiquem” uma parcela do crescimento da economia, mas que assegurem um sistema financeiro sólido com a manutenção da estabilidade do poder de compra da moeda. Assim, ao tomar medidas restritivas para conter a inflação, por exemplo, o Banco Central deve considerar os efeitos de suas decisões no índice de volume do PIB.

Além do Banco Central, outras instituições privadas bancárias também se preocupam com o resultado do índice de volume do PIB. Isto acontece porque, em períodos conturbados e de baixo crescimento econômico, é comum a redução no nível de atividade do setor de intermediação financeira, já que a desconfiança que impregna a ação de empresários e consumidores poderá reduzir o ritmo das operações e concessões de crédito na economia. Esse problema ainda pode ser acentuado em um contexto inflacionário, tanto pela perda de parte do poder de compra da moeda quanto pela adoção de possíveis políticas restritivas por parte do Banco Central (como a elevação dos juros), que aumenta o custo do dinheiro para realização de empréstimos bancários.

Os empresários, acionistas e os industriais vinculados as grandes corporações constituem outro conjunto de atores interessados no resultado da taxa de crescimento real da economia. De fato, esses *stakeholders* constantemente balizam suas decisões com base no comportamento do índice de volume do PIB. Se a expectativa de expansão real da economia é baixa, eles planejam suas ações de maneira a minimizar os riscos e possíveis prejuízos advindos de uma tomada de decisão equivocada, ou dito de outra forma, são mais cautelosos e menos confiantes. Esse cuidado referente ao acompanhamento da economia por parte dos empresários frequentemente é acompanhado por decisões acerca de quão deva ser elevada a sua própria produção empresarial e também no que se refere ao correto dimensionamento do nível de estoques. Ademais, muitas das decisões acerca da realização de novos investimentos (Formação Bruta de Capital Fixo) são tomadas ou proteladas com base na taxa de crescimento real do PIB.

Outro fator que torna a taxa de crescimento real da economia (ou índice de volume do PIB) atrativa aos olhos da sociedade é o fato de que até então uma parte não desprezível do crescimento econômico sempre esteve associado ao dinamismo da população (o crescimento populacional), o que possivelmente não será sustentado nos próximos anos com a passagem do período intitulado como de “bônus demográfico” (LIMA, 2013). De fato, três mudanças demográficas importantes são esperadas na sociedade brasileira: a estimativa dos órgãos oficiais de estatística de que a população brasileira deixará de crescer por volta do ano 2040; a consequente diminuição da População em Idade Ativa (PIA) e o declínio também da População Economicamente Ativa (PEA) (LIMA, 2013). No entanto, se as taxas de crescimento da população e das pessoas em idade de trabalhar serão declinantes ao longo do tempo, isto significa dizer que cada vez mais o país (e Minas Gerais) terão dificuldade de crescer economicamente por meio de mais ocupação e cada vez mais dependerá dos ganhos de produtividade. Assim, o índice de volume do PIB no cenário mineiro e brasileiro ganha em importância, visto que o resultado da taxa de crescimento real da economia revelará cada vez mais a capacidade da mesma em implementar processos inovadores.

A população de forma geral e, sobretudo, aquela de baixa renda também possui interesse particular no resultado referente ao comportamento do índice de volume do PIB. Esse interesse se relaciona exatamente com a questão da ocupação e a inserção (ou manutenção) no mercado de trabalho. Isto ocorre porque existe uma relação imperfeita, porém significativa, entre a taxa de desemprego e a taxa de crescimento do PIB real. De maneira

geral, essa forte relação é negativa e sugere que “quando o crescimento é superior à média, a taxa de desemprego cai; e quando o crescimento é inferior à média, a taxa de desemprego aumenta” (KRUGMAN; WELLS, 2007, p. 499). A população mais carente também possui a atenção voltada para o resultado do índice de volume do PIB porque a taxa de crescimento real da economia brasileira, juntamente com a inflação observada, são critérios utilizados no reajuste do salário de referência da economia. De fato, a regra do governo federal estabelece o aumento no salário mínimo com base em dois critérios: a variação do INPC (Índice Nacional de Preços ao Consumidor) do ano anterior e o crescimento real do PIB nos últimos 24 meses (DIEESE, 2013 apud LAPORTA, 2013). Como a economia mineira participa em torno de 9,3% na geração do produto agregado brasileiro (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2010), o interesse em torno do comportamento da taxa de crescimento do PIB mineiro é evidente, tendo em vista o impacto do resultado estadual no desempenho nacional.

Portanto, nota-se que existe um interesse generalizado e diversificado em relação ao resultado do índice de volume do PIB por parte dos diversos agentes econômicos e tomadores de decisão. O governo e os órgãos da administração pública; o Banco Central e os bancos privados; os empresários e investidores; e a população de forma geral – constituem apenas em uma parcela dos atores vinculados, direta ou indiretamente, ao desempenho da economia registrado pela taxa de expansão real do produto agregado. Por isso, o acompanhamento e previsão da série são fundamentais do ponto de vista da gestão estratégica e financeira das empresas (estimativa de lucro, nível de investimento e de estoque, além da “sobrevivência” empresarial); para os governos (planejamento de políticas públicas, gastos e perspectivas de arrecadação tributária) e para as pessoas (considerando os efeitos do nível de atividade no mercado de trabalho, salário e mesmo no planejamento familiar – renda ou endividamento das famílias).

3. Metodologia

A metodologia utilizada para alcançar o objetivo do trabalho consiste no entendimento dos modelos de Regressão Dinâmica, porém faz-se necessário uma compreensão preliminar dos modelos tradicionais de regressão. Os modelos de regressão linear múltipla estudados supõe que os erros do modelo possuem algumas características típicas como: média zero, variância constante, distribuição normal e independência, pressupondo, portanto, a inexistência de correlação serial (ZANINI, 2000). Estes e outros pressupostos do modelo de regressão linear podem ser sintetizados no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Pressupostos do Modelo de Regressão Linear

Pressupostos		Violações
1	A variável dependente é uma função linear de um conjunto específico de variáveis e do erro	Regressores inadequados e não-linearidade
2	O valor esperado do termo de erro é zero	Estimadores viesados
3	O erro tem distribuição normal e não apresenta autocorrelação ou correlação com qualquer variável X	Heterocedasticidade (o erro não possui a mesma variância) e autocorrelação dos resíduos
4	As observações das variáveis explicativas podem ser consideradas fixas em amostras repetidas	Erros de levantamento ou medida das variáveis
5	Não existe relação linear exata entre as variáveis explicativas e existem mais observações do que variáveis explicativas	Multicolinearidade (presença de variáveis explicativas com comportamento semelhantes ou apresentando relação linear entre si)

Fonte: Adaptado de FÁVERO (2009) apud KENNEDY (2003).

A hipótese de normalidade dos resíduos pode ser explicada por diferentes aspectos. Em primeiro lugar, espera-se que a influência de variáveis omitidas ou esquecidas na modelagem seja pequena e, quando muito, aleatória (GUJARATI, 2006). Além disso, com a hipótese de normalidade, as distribuições de probabilidade dos estimadores (parâmetros do modelo) obtidos pelo método dos mínimos quadrados ordinários podem ser facilmente derivadas, já que uma propriedade da distribuição normal é que qualquer função linear de variáveis distribuídas normalmente é ela própria distribuída normalmente. Assim, sob a hipótese de normalidade, os parâmetros do modelo (por exemplo, β_1 e β_2) também se distribuem normalmente. Em função disso, esses parâmetros são não-viesados, possuem variância mínima e apresentam consistência (com o aumento do tamanho da amostra convergem para os verdadeiros valores na população) (GUJARATI, 2006).

Assim, a hipótese de normalidade é importante para a realização de inferências estatísticas (testes de hipóteses) e para a construção de intervalos de confiança no que diz respeito aos estimadores obtidos. Mesmo assim, deve-se verificar a existência do modelo e se os parâmetros obtidos através da modelagem foram significativos.

Para testar a existência do modelo o seguinte teste pode ser efetuado: $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$; H_1 : existe pelo menos um $\beta_i \neq 0$. Esse teste é conhecido como teste F (refere-se a distribuição F) e avalia a significância conjunta das variáveis explicativas. Também pode-se testar individualmente a significância dos parâmetros através de um teste como: $H_0: \beta_1 = 0$; $H_1: \beta_1 \neq 0$. Neste caso, a distribuição de referência para a realização do teste é a distribuição t de student. Na maior parte dos casos não é necessário calcular as estatísticas (F e t) a que os testes estão relacionados, pois os pacotes estatísticos já trazem a informação do p-valor em sua saída.⁴ Assim, se o p-valor mostrado for menor do que um determinado α (que traduz o nível de significância), rejeita-se a hipótese nula e os coeficientes obtidos podem ser considerados como parâmetros significativos (FÁVERO, 2009). Neste artigo, o valor para o nível de significância adotado será sempre de 5% ($\alpha = 0,05$).

Outra informação utilizada como grau de ajuste do modelo de regressão linear múltipla é o R-quadrado (R^2), definido como a fração da variância da amostra de Y_i explicada pelos regressores. Em outras palavras, o R^2 é traduzido como a proporção da variação amostral da variável dependente explicada pelas variáveis explicativas. A fórmula abaixo representa o cálculo do R-quadrado, onde SQR representa a soma dos quadrados dos resíduos; SQE corresponde a soma dos quadrados da regressão e STQ é a soma total dos quadrados:

$$R^2 = \frac{SQE}{STQ} = 1 - \frac{SQR}{STQ}$$

Segundo Gujarati (2006), o R^2 mede a qualidade do ajustamento do modelo dentro da amostra, ou seja, a proximidade entre os valores estimados de Y e seu valor observado na amostra analisada. Todavia, não existe garantia de que o R-quadrado elevado garanta uma boa previsão das observações fora da amostra.⁵ Na prática, o R^2 pode variar entre 0 e 1 (0 a 100%). Valores elevados do R-quadrado (próximo de 1) indica um grau de ajustamento do modelo satisfatório dentro da amostra. Também existe o R-quadrado ajustado, que é uma

⁴ Caso seja necessário calcular as estatísticas F e t, ver o livro “Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões” de FÁVERO (2009) pág. 354 e 355.

⁵ A análise “dentro” da amostra se refere ao conjunto de observações utilizadas para estimar os modelos, ou seja, corresponde a construção no período amostral. A análise “fora” da amostra refere-se à utilização do modelo para fazer previsões e também é conhecida como análise no período de validação.

medida do R^2 corrigida pelo número de graus de liberdade do modelo, onde n representa o tamanho da amostra e k o número de parâmetros do modelo (FÁVERO, 2009):

$$R^2_{\text{ajust}} = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-k} \right)$$

Após essa breve descrição acerca dos modelos tradicionais de regressão linear múltipla, convém focalizar a análise nos modelos de regressão dinâmica. Um dos principais problemas ao se tentar modelar uma série temporal através de um modelo de regressão tradicional é que a hipótese de independência dos ruídos não é realista e, com isso, os testes e resultados oriundos do modelo deixam de ser válidos (BARROS; SOUZA, 1995 *apud* DIAS, 2008). Algumas das consequências da presença de autocorrelação dos resíduos são:

“1)Os estimadores usuais por mínimos quadrados são ainda não tendenciosos, mas não têm variância mínima; 2)os estimadores da variância e dos erros padrões dos coeficientes da regressão são subestimados, o que levaria à conclusão de que os estimadores são mais precisos do que na realidade; 3)os intervalos de confiança para os parâmetros da regressão e os testes de hipóteses relacionados a estes intervalos perdem a validade (como uma consequência direta de 2)” (ZANINI, 2000, p. 21).

Assim, pode-se chegar a conclusões equivocadas se ignoradas as consequências citadas acima e devem-se procurar alternativas para que os problemas sejam superados. Uma das possíveis soluções é exatamente a utilização dos modelos de regressão dinâmica (DIAS, 2008). Os modelos de regressão dinâmica consideram, além da variável de interesse e os seus valores defasados, também o efeito de variáveis explicativas (causais ou exógenas) e seus valores defasados. Atenta-se ainda que a expressão “regressão dinâmica” não indica que os parâmetros do modelo evoluem no tempo. Na verdade, a palavra “dinâmica” significa um modelo de regressão em que foi incluída a estrutura de dependência de uma série temporal (ZANINI, 2000).

A estimação dos parâmetros de um modelo de regressão dinâmica é obtida através do método dos mínimos quadrados ordinários tal como acontece nos modelos de regressão usuais. Porém, a estimação para um modelo de regressão dinâmica é mais complexa e envolve um processo iterativo com várias etapas (ZANINI, 2000).

Com relação à estrutura dos modelos de regressão dinâmica percebe-se que a variável endógena Y_t no modelo é explicada pelas suas defasagens e por uma ou mais variáveis causais (exógenas), como, por exemplo, a variável X_t e suas defasagens. A equação abaixo traduz a representação de um modelo de regressão dinâmica com essas características:

$$Y_t = \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \dots + \beta_k X_{t-k} + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_m Y_{t-m} + \varepsilon_t$$

O modelo pode ser reescrito utilizando a notação de vetores e de operadores de defasagem, onde Y_t é a variável dependente (endógena) no instante t ; β é o vetor de coeficientes das variáveis causais que será estimado por mínimos quadrados; X_t é o vetor de variáveis causais e exógenas incluindo as suas possíveis defasagens; ε_t é o ruído aleatório associado ao modelo, onde se supõe que estes sejam independentes e identicamente distribuído com distribuição normal $(0, \sigma^2)$ e $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_m B^m$ é um polinômio autorregressivo, com B sendo o operador de defasagem (DIAS, 2008):

$$\phi(B)Y_t = \beta X_t + \varepsilon_t$$

Este modelo de regressão dinâmica ainda pode ser considerado como um caso particular do que é comumente conhecido na literatura como modelos de Cochrane e Orcutt generalizados, dado por:

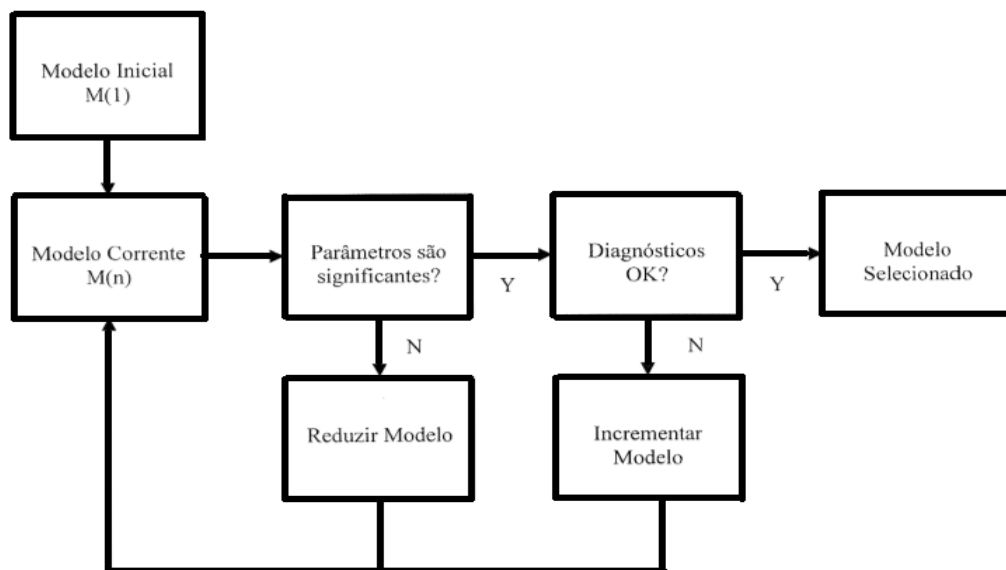
$$\phi(B)Y_t = \beta X_t + W_t$$

$$R(B)W_t = \varepsilon_t$$

Nota-se que este modelo tem a mesma estrutura que o caso anterior (primeira equação). Entretanto, os erros W_t apresentam uma estrutura autorregressiva dada pela segunda equação e representada pelo polinômio autorregressivo $R(B)$ (DIAS, 2008).

Com relação à construção de modelos de regressão dinâmica, a estratégia normalmente utilizada é uma estratégia *bottom-up*, isto é, parte-se de um modelo simplificado incrementando-o até que seja encontrado um modelo adequado e satisfatório. Esse processo é, muitas vezes, custoso e demorado, pois envolve a escolha de variáveis explicativas e suas defasagens. Além disso, não basta levar em consideração apenas a significância dos parâmetros encontrados. É preciso avaliar se o modelo encontrado é consistente com a teoria econômica, ou seja, se os coeficientes obtidos são coerentes (ZANINI, 2000). A Figura 1 abaixo descreve, de maneira genérica, os passos recomendados para a construção de um modelo de regressão dinâmica:

Figura 1 – Construção de um modelo de Regressão Dinâmica



Fonte: ZANINI (2000).

Para responder as perguntas presentes na Figura 1 sobre a significância dos parâmetros e diagnósticos, até que se alcance um modelo apropriado, são utilizados testes com o objetivo de definir a especificação do modelo explicativo, encontrar a dinâmica do modelo (com a inclusão ou não de variáveis defasadas) e verificar o ajuste do modelo (DIAS, 2008).

Na prática, com a obtenção de um modelo dito satisfatório (parâmetros significativos e coerentes e também com a inclusão de variáveis explicativas e suas defasagens na medida necessária), a verificação do modelo também pode ser efetuada através de testes ou gráficos que identifiquem a presença ou não de autocorrelações nos resíduos. A presença de

autocorrelações significativas nos resíduos pode indicar uma das seguintes situações, já que algum tipo de estrutura presente na série Y_t não foi captada pelo modelo:

“1)Deve-se incluir mais “lags” da variável dependente; 2)deve-se incluir “lags” adicionais das variáveis exógenas já presentes no modelo ou incluir novas variáveis causais” (BARROS; SOUZA, 1995 apud ZANINI, 2000, p. 34).

Por fim, um último aspecto que merece ser abordado no que se refere à construção de modelos de regressão (múltipla ou dinâmica) diz respeito à presença de multicolinearidade, isto é, a presença de regressores correlacionados no modelo. Em relação a esse aspecto Gujarati (2006) argumenta que, em casos de alta colinearidade, as principais consequências para a modelagem são:

“1)Embora sejam melhores estimadores lineares não tendenciosos, os estimadores do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) têm grande variância e covariância, tornando difícil uma estimação exata; 2)em decorrência da consequência 1, os intervalos de confiança tendem a ser muito mais amplos, facilitando a aceitação da “hipótese nula igual a zero” (isto é, que o coeficiente populacional verdadeiro seja igual a zero); 3)também como efeito de 1, a razão t de um ou mais coeficientes tende a ser estatisticamente insignificante; 4)Embora a razão t de um ou mais coeficientes seja estatisticamente insignificante, R^2 , a medida geral da qualidade do ajustamento, pode ser muito alto; 5)Os estimadores de MQO e seus erros-padrão podem ser sensíveis a pequenas alterações nos dados” (GUJARATI, 2006, p. 282).

Uma medida utilizada como indicador de multicolinearidade é o Fator de Inflação da Variância (VIF), em que se observa a velocidade com que as variâncias e covariâncias aumentam. O VIF é definido como:

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_j^2)}$$

Assim, a medida que o R_j^2 , o coeficiente de determinação da regressão do regressor X_j em relação aos regressores restantes do modelo, aumenta no sentido de se aproximar da unidade, isto é, a medida que a colinearidade de X_j aumenta em relação aos demais regressores, o VIF também cresce e, no limite, pode ser infinito. Assim, quanto maior o valor do VIF mais problemática ou colinear será a variável X_j . Na maior parte das análises, se o VIF de uma variável for maior que “10”, considera que a variável em questão é altamente colinear. No entanto, esse número de referência poderá ser relativizado dependendo do tipo de análise (GUJARATI, 2006).

Para determinar a qualidade da modelagem dentro e fora da amostra, de forma a considerar o grau de precisão dos valores ajustados e das previsões (MARTÍNEZ; ZAMPROGNO, 2003), adotou-se medidas conhecidas como “funções-perda” (MORETTIN; TOLOI, 1987). Estas medidas, sintetizadas no Quadro 2 abaixo, são: o Erro Médio Absoluto (MAD), o Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE) e o Erro Quadrático Médio (MSD). Com relação a esses critérios de desempenho tem-se que Y_t representa o valor verdadeiro (atual ou real) da observação no instante t , $\hat{Y}_t$ corresponde ao valor ajustado ou de previsão no instante t e n corresponde ao número de observações obtidas.

Quadro 2 – Critérios de desempenho dos modelos através dos erros associados – MAD, MAPE e MSD

Critério	Notação	Expressão
Erro Médio Absoluto	MAD	$\frac{\sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t }{n}$
Erro Percentual Médio Absoluto	MAPE	$\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)/y_t }{n} \times 100 \quad (y_t \neq 0)$
Erro Quadrático Médio	MSD	$\frac{\sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t ^2}{n}$

Fonte: Elaboração Própria com base em MARTÍNEZ e ZAMPROGNO (2003).

4. Resultados

A apresentação dos resultados foi dividida em três subseções: a série encadeada do índice de volume do PIB de Minas Gerais; a escolha das variáveis explicativas e a apresentação do modelo de Regressão Dinâmica propriamente dita.

4.1 A série encadeada do índice de volume do PIB de Minas Gerais

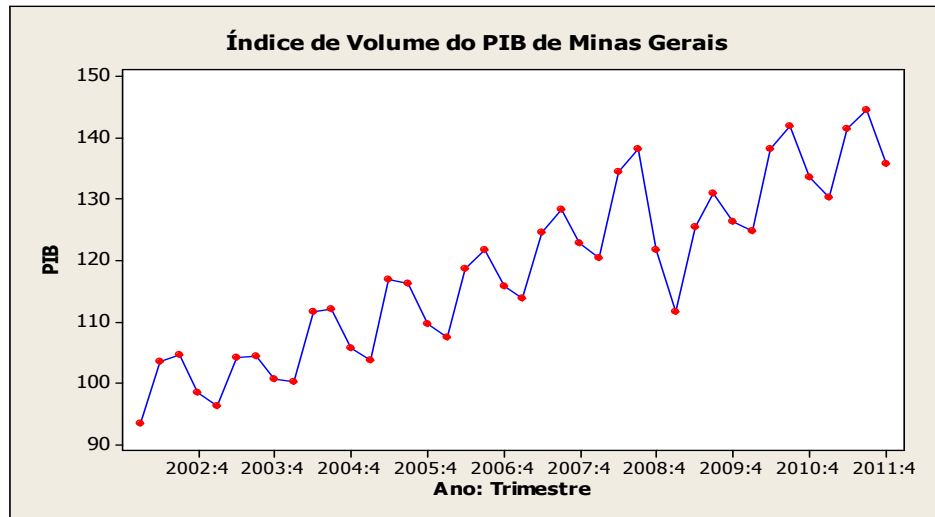
A série encadeada do índice de volume do PIB de Minas Gerais é uma série trimestral iniciada no ano de 2002 e divulgada pela Fundação João Pinheiro. Essa instituição é, portanto, a responsável pelo cálculo e pela validação dos resultados da produção agregada no âmbito da economia mineira em um trabalho que é de parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), instituição que coordena o cálculo dos PIB's regionais junto aos órgãos estaduais de estatísticas (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014). Os últimos resultados desta série trimestral podem sofrer pequenas revisões ao longo do tempo, sobretudo dentro de um intervalo que corresponde aos dois últimos anos, em razão de atualizações nas bases de dados e na estrutura de ponderação das atividades econômicas. Mesmo assim, as revisões não costumam ser significativas a ponto de alterar o diagnóstico econômico divulgado anteriormente (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014).

A última divulgação pela Fundação João Pinheiro da série do índice de volume trimestral de Minas Gerais faz referência ao 1º trimestre de 2014 e a série de índice de volume do PIB de Minas Gerais é construída tendo o ano de 2002 como ano base, isto é, como a série se inicia neste ano nada mais natural do que ele ser o ano de referência (média de 2002 = 100). Pode-se perceber também uma inflexão robusta no nível de atividade em Minas Gerais no final do ano de 2008 e início de 2009 refletindo o estopim da crise econômica mundial (do mercado imobiliário norte-americano e a “quebra” de instituições financeiras como o *Lehman Brothers*).

Além disso, a série encadeada do índice de volume do PIB de Minas Gerais possui uma marcada variação sazonal trimestral, sendo a produção mais acentuada no segundo e terceiro trimestre de cada ano e mais baixa no primeiro e no quarto trimestre. Existem duas explicações principais para este fato: 1) a agropecuária mineira possui uma marcada variação sazonal correspondente à observada para o índice de volume do PIB de Minas Gerais, porque o principal produto da agricultura mineira (o café) é colhido, exatamente, no segundo e terceiro trimestre de cada ano; 2) o primeiro e o quarto trimestre de cada ano são, de forma geral, o período de chuvas no estado de Minas Gerais (sobretudo na região central do estado),

o que prejudica a extração mineral, a construção civil e, em alguma medida, o setor de comércio. O Gráfico 1 mostra a inflexão ocorrida na crise econômica de 2008 e a variação sazonal trimestral da série no período amostral ⁶:

Gráfico 1 – Comportamento via gráfico de linhas da série Índice de Volume do PIB de Minas Gerais – 1º Trimestre de 2002-4º Trimestre de 2011



Fonte: Elaboração Própria com base em FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2014).

4.2 A escolha das variáveis explicativas do modelo

A estratégia de construção do modelo de regressão dinâmica e escolha das variáveis explicativas intervenientes foram baseadas no cálculo do PIB a preços básicos pela ótica da produção, ou seja, o PIB entendido como o somatório dos valores adicionados dos diferentes setores presentes na economia. Considerando uma desagregação mínima da economia em três grandes setores (agropecuária, indústria e serviços), tem-se a seguinte relação:

$$\begin{aligned} \text{PIB (preços básicos)} &= \Sigma (\text{VA setoriais}) \\ \text{PIB (preços básicos)} &= \text{VA Agropecuária} + \text{VA Indústria} + \text{VA Serviços} \end{aligned}$$

Assim, a busca pelas variáveis explicativas que afetam o PIB (ou o índice de volume) foi pensada com base nesses três grandes setores de atividade econômica. A ideia era encontrar variáveis que representassem, com algum grau de fidedignidade, cada um dos valores adicionados setoriais e que estivessem disponíveis antes da divulgação do PIB. Assim, buscou-se uma variável *proxy* para cada um dos três grandes setores.

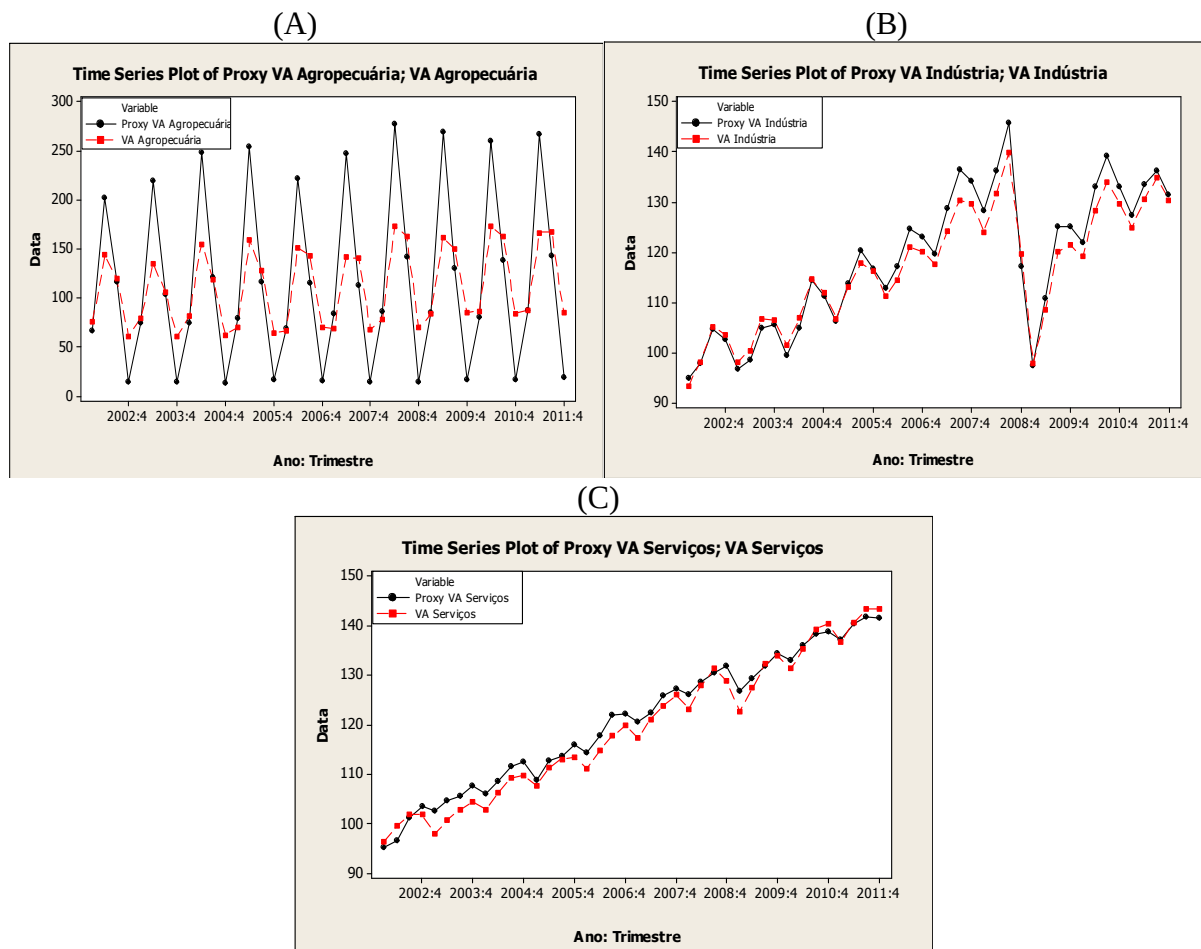
A variável utilizada como *proxy* para o valor adicionado do setor agropecuário foi a produção agrícola (em toneladas) de quatro dos principais produtos da agricultura de Minas Gerais e com impacto na produção agrícola nacional: o café, a batata, o feijão e o milho. O valor em toneladas para cada um dos produtos foi obtido por meio da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) e pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do IBGE. Todavia, esse dado é uma informação anual e precisa ser “trimestralizado”. Esse processo foi feito utilizando a informação da proporção de safra colhida por trimestre do último ano

⁶ Considerou-se o período amostral (ou análise dentro da amostra) as observações utilizadas para a construção do modelo de Regressão Dinâmica (1º trimestre de 2002 até 4º trimestre de 2011). As observações restantes (1º trimestre de 2012 até 1º trimestre de 2014) foram utilizadas para fazer a análise no período de validação (análise fora da amostra), que corresponde a verificar a capacidade de predição do modelo.

completo disponibilizada pelo Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias de Minas Gerais (GCEA-MG). Com a “trimestralização” de cada um dos produtos agrícolas, os resultados por trimestre foram somados em uma coluna única com o total da produção agrícola (em toneladas) desses quatro produtos analisados concomitantemente. Em seguida, a série obtida foi escrita no formato de número-índice com a média de 2002 = 100.

A variável utilizada como *proxy* para o valor adicionado do setor industrial foi o índice de produção física industrial de Minas Gerais divulgado pelo IBGE através da Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física (PIM-PF). Entretanto, como o próprio nome da pesquisa informa, os dados são divulgados a cada mês e precisam ser “trimestralizados” para compor o modelo de regressão dinâmica. Este processo foi feito realizando a média aritmética dos meses que compõe cada trimestre em cada um dos anos. Além disso, como a série da PIM-PF passou a ser divulgada no formato de número-índice (com a média de 2012 = 100) foi necessária a mudança de base (média de 2002 = 100).

Figura 2 – Valor adicionado e *proxy* para o valor adicionado para cada um dos setores da economia mineira – Agropecuário (A), Indústria (B) e Serviços (C) (média de 2002 = 100) – 1º Trimestre de 2002-4º Trimestre de 2011



Fonte: Elaboração Própria com base em FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2014).

A variável utilizada como *proxy* para o valor adicionado do setor de serviços no estado foi o número de pessoas com 10 anos ou mais de idade ocupadas (mil pessoas) da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e divulgado pelo IBGE através da Pesquisa

Mensal de Emprego (PME). Também neste caso, os dados divulgados mensalmente foram “trimestralizados” e escritos no formato de número-índice (média de 2002 = 100).

A Figura 2 acima traz a comparação das *proxys* utilizadas no modelo com os resultados de valor adicionado divulgados pela Fundação João Pinheiro para os respectivos setores. Percebe-se, claramente, que as séries *proxys* construídas foram bastante aderentes ao resultado oficial, mesmo a amplitude sendo maior no caso da *proxy* para a agropecuária. Já a Tabela 1 abaixo mostra os valores de volume do PIB de Minas Gerais e as variáveis *proxys* no período amostral (2002:1 – 2011:4) e para validação do modelo (2012:1 – 2014:1).

Tabela 1 – Série encadeada do índice de volume do PIB de Minas Gerais e variáveis explicativas adaptadas e utilizadas como *proxy* para o comportamento dos valores adicionados setoriais (média de 2002 = 100) – 1º Trimestre de 2002-1º Trimestre de 2014

Trimestre	Série de índice de volume do PIB de Minas Gerais (Yt)	Variáveis Explicativas		
		Proxy para o comportamento do VA da Agropecuária (At)	Proxy para o comportamento do VA da Indústria (It)	Proxy para o comportamento do VA de Serviços (St)
2002:1	93,40	67,08	94,79	95,26
2002:2	103,55	202,36	97,88	96,73
2002:3	104,52	116,21	104,67	101,32
2002:4	98,53	14,35	102,64	103,54
2003:1	96,27	74,74	96,70	102,66
2003:2	104,21	219,69	98,47	104,62
2003:3	104,33	103,10	104,95	105,72
2003:4	100,75	14,88	105,61	107,67
2004:1	100,09	74,22	99,32	106,00
2004:2	111,68	247,97	104,81	108,57
2004:3	111,97	120,57	114,52	111,70
2004:4	105,61	13,47	111,32	112,48
2005:1	103,66	79,73	106,23	108,91
2005:2	116,82	254,10	113,78	112,66
2005:3	116,20	116,74	120,45	113,60
2005:4	109,67	16,20	116,74	116,00
2006:1	107,44	68,38	112,93	114,26
2006:2	118,62	222,07	117,22	117,82
2006:3	121,80	115,05	124,64	121,85
2006:4	115,83	15,63	123,13	122,17
2007:1	113,88	84,50	119,58	120,68
2007:2	124,59	247,78	128,78	122,33
2007:3	128,27	112,52	136,57	125,76
2007:4	122,96	14,08	134,32	127,21
2008:1	120,55	86,20	128,37	126,04
2008:2	134,48	277,78	136,31	128,54
2008:3	138,19	141,55	145,76	130,44
2008:4	121,85	14,64	117,06	131,77
2009:1	111,66	84,96	97,35	126,88
2009:2	125,48	269,42	110,80	129,23
2009:3	131,02	130,62	125,13	131,88
2009:4	126,48	16,68	125,08	134,35
2010:1	124,90	80,33	121,82	133,07
2010:2	138,23	260,31	132,97	136,04
2010:3	141,94	138,50	139,25	138,21
2010:4	133,68	16,87	133,16	138,87
2011:1	130,47	87,37	127,43	137,05
2011:2	141,81	266,64	133,59	140,45
2011:3	144,93	143,04	136,29	141,66
2011:4	136,38	18,49	131,43	141,48
2012:1	131,27	87,32	119,38	141,92
2012:2	146,43	304,46	131,50	143,53
2012:3	150,75	173,09	143,19	144,04
2012:4	139,02	19,91	137,13	145,73
2013:1	133,07	83,69	119,15	141,48
2013:2	147,31	295,37	136,20	141,05
2013:3	150,38	175,45	143,14	140,70
2013:4	141,39	20,91	133,27	143,15
2014:1	136,62	77,25	123,98	139,79

Fonte: Elaboração Própria com base em FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2014) e com base nas adaptações efetuadas nos dados.

4.3 O modelo de Regressão Dinâmica

Os resultados dos parâmetros estimados e de outras características e informações do modelo de Regressão Dinâmica, utilizando as 40 observações iniciais do período amostral (análise dentro da amostra), são mostrados abaixo:

Regression Equation

$$Y_t = -7,03477 + 0,374115 Y_{t-1} - 0,121796 Y_{t-2} + 0,373566 Y_{t-4} + 0,282086 I_t - 0,173781 I_{t-4} + 0,0361838 A_t + 0,291832 S_t + \varepsilon_t$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T	P	95% CI	VIF
Constant	-7,03477	1,62939	-4,31742	0,000	(-10,3724; -3,69711)	
Yt-1	0,37412	0,05531	6,76373	0,000	(0,2608; 0,48742)	27,7975
Yt-2	-0,12180	0,03943	-3,08923	0,004	(-0,2026; -0,04104)	13,0695
Yt-4	0,37357	0,08822	4,23449	0,000	(0,1929; 0,55428)	65,1900
It	0,28209	0,02866	9,84180	0,000	(0,2234; 0,34080)	7,1429
It-4	-0,17378	0,03900	-4,45638	0,000	(-0,2537; -0,09390)	14,6325
At	0,03618	0,00432	8,37653	0,000	(0,0273; 0,04503)	7,2909
St	0,29183	0,09815	2,97323	0,006	(0,0908; 0,49289)	68,4610

Summary of Model

S = 0,837163 R-Sq = 99,68% R-Sq(adj) = 99,60%
PRESS = 33,5112 R-Sq(pred) = 99,46%

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	7	6160,23	6160,23	880,033	1255,68	0,0000000
Yt-1	1	4299,54	32,06	32,062	45,75	0,0000002
Yt-2	1	28,20	6,69	6,688	9,54	0,0044994
Yt-4	1	1191,77	12,57	12,567	17,93	0,0002234
It	1	426,78	67,88	67,884	96,86	0,0000000
It-4	1	164,55	13,92	13,918	19,86	0,0001224
At	1	43,20	49,18	49,175	70,17	0,0000000
St	1	6,20	6,20	6,196	8,84	0,0060014
Error	28	19,62	19,62	0,701		
Total	35	6179,85				

Durbin-Watson statistic = 1,68258

MAD	0,595	R-quadrado ajustado	0,996
MAPE	0,501	Durbin-Watson (DW)	1,683
MSD	0,545	Akaike (CIA)	-0,312
SQR	19,62	Schwarz (CIS)	0,026
R-quadrado	0,997		

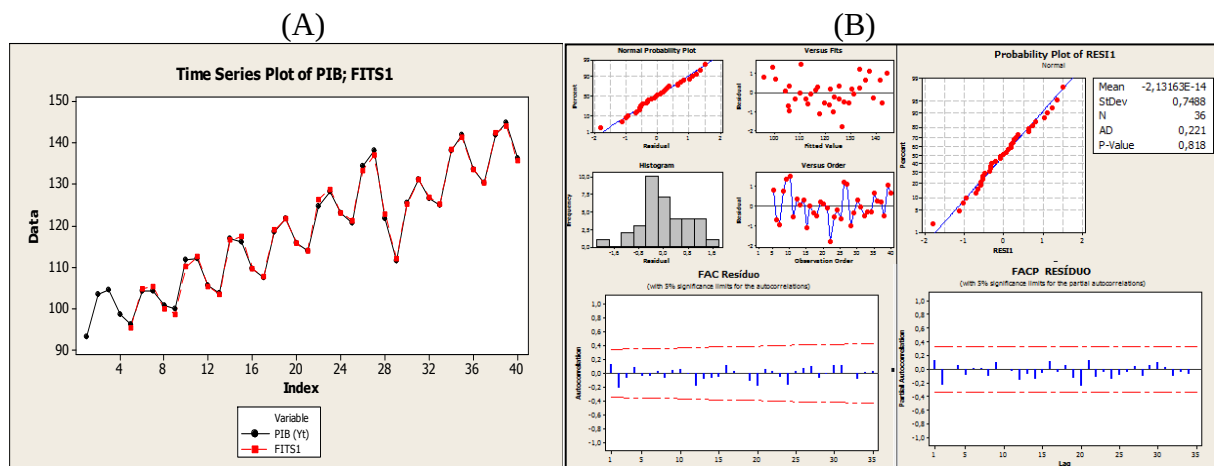
O modelo de Regressão Dinâmica ajustado foi um excelente modelo para descrever o comportamento da série de índice de volume do PIB de Minas Gerais no período amostral. De fato, o modelo apresentou valores para as medidas de “funções-perda” extremamente baixos, indicando que os erros associados ao modelo, na amostra, foram reduzidos: MAD = 0,595; MAPE = 0,501 e MSD = 0,545. O valor extremamente baixo da soma dos quadrados dos resíduos confirma, indiscutivelmente, o excelente desempenho no período amostral do modelo (SQR = 19,62), o que está de acordo com o valor elevado obtido para a qualidade de ajustamento da regressão (R-quadrado = 99,68%).

Com relação aos coeficientes obtidos pelo modelo, percebe-se que foram estatisticamente diferentes de zero (p-valores obtidos $< \alpha = 0,05$). Ademais, nota-se que o índice de volume do PIB de Minas Gerais (Y_t) foi influenciado tanto pelo passado da própria série de interesse quanto pela defasagem da variável *proxy* de valor adicionado para o setor industrial (I_{t-4}). O sinal negativo do coeficiente (I_{t-4}) afetando o índice de volume do PIB para

baixo pode estar indicando que o crescimento em volume da indústria um ano antes atrapalha o crescimento no presente do PIB porque, possivelmente, a indústria ainda pode estar desovando uma quantidade do seu estoque. Percebe-se também que o índice de volume do PIB de Minas Gerais no presente é influenciado positivamente pelo passado “próximo” da série (Y_{t-1}), indicando, possivelmente, que um crescimento no trimestre imediatamente anterior afeta a confiança dos empresários de forma favorável; e positivamente pelo passado “distante” da série (Y_{t-4}), indicando a influência da sazonalidade da série – o produto agregado tende a ser maior que o observado no mesmo trimestre do ano anterior. Porém, é influenciado negativamente pelo passado “intermediário” da série (Y_{t-2}).

Os coeficientes das variáveis *proxys* dos valores adicionados setoriais (S_t , I_t e A_t) também foram coerentes com a estrutura da economia de Minas Gerais. De fato, de acordo com a Fundação João Pinheiro, o peso dos setores na geração do valor adicionado da economia mineira é, aproximadamente, de: 60% para o setor de serviços, 30% para o setor industrial e em torno de 10% para o setor agropecuário (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2010). Assim, nada mais natural que o coeficiente da variável *proxy* do setor de serviços (S_t) no modelo de regressão dinâmica tenha sido ligeiramente maior do que o coeficiente da *proxy* para a indústria (I_t), uma vez que o setor terciário tem uma importância no que se refere a composição do PIB mineiro muito mais elevada, embora o setor industrial esteja mais sujeito a flutuações (o que justifica o valor próximo dos dois coeficientes). Da mesma forma, era de se esperar que a influência da *proxy* para o setor agropecuário (A_t) no índice de volume do PIB tenha sido pequena, tendo em vista o peso relativamente reduzido do setor agropecuário na geração do produto agregado.

Figura 3 – (A) Série de Índice de Volume do PIB de Minas Gerais (Y_t) e Valores ajustados pelo modelo na amostra (FITS1) (B) Resultados da simulação do modelo de regressão dinâmica (na amostra) para o comportamento do vetor de resíduos (ε_t)



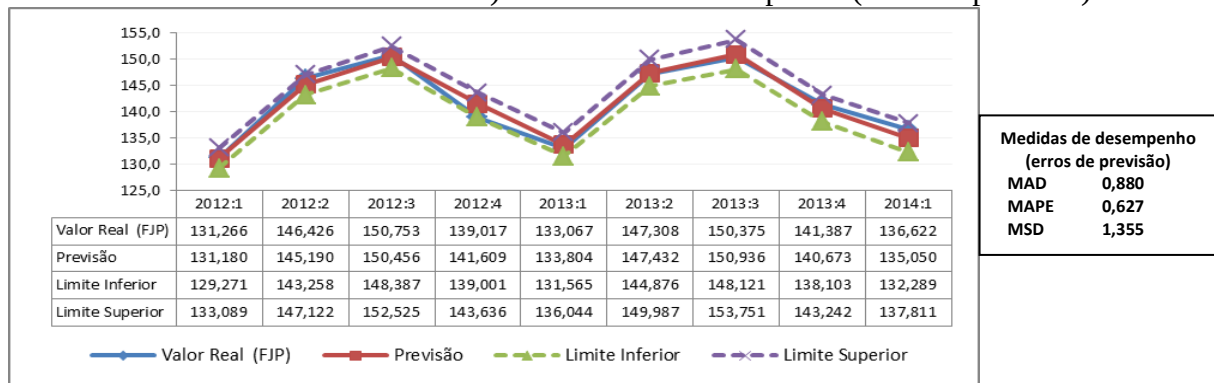
Fonte: Elaboração Própria com base em FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2014).

Além dos valores ajustados pelo modelo (FITS1) terem sido aderentes aos valores originais da série (Y_t) na amostra (Figura 3 (A)), os resíduos do modelo apresentaram as características típicas necessárias para um modelo de Regressão: média zero, variância aproximadamente constante, distribuição normal (a hipótese nula de normalidade não foi rejeitada – p-valor = 0,818 > $\alpha = 0,05$), independência e ausência de correlação serial (que pode ser comprovada pela inexistência da autocorrelações significativas na Função de Autocorrelação (FAC) e na Função de Autocorrelação Parcial (FAC)) (Figura 3 (B)).

O principal inconveniente do modelo foi os indícios de multicolinearidade. Porém, existem situações em que essa questão pode ser relativizada. Isto ocorre quando o R^2 é elevado e os coeficientes da regressão são individualmente significativos, com altos valores de t (GUJARATI, 2006). Esse é exatamente o caso do modelo de Regressão Dinâmica construído. Além disso, o aspecto de multicolinearidade pode ter sido resultado do número reduzido de observações utilizadas no período amostral. Vale acrescentar ainda que o problema dimensionado pelo Fator de Inflação da Variância (VIF), parece ser mais grave no caso do índice de volume do produto agregado defasado quatro trimestres no tempo (Y_{t-4}) e no caso da *proxy* construída para o setor de serviços (S_t). Nas demais variáveis não se registrou um VIF tão elevado que não possa ser entendido como aceitável.

Com relação à análise do modelo de Regressão Dinâmica fora da amostra e sua capacidade de fazer previsões, percebe-se que os valores previstos acompanharam a trajetória dos valores efetivamente observados e situaram dentro do limite inferior e superior de predição. Além disso, o intervalo de confiança preditivo foi estreito o suficiente para justificar a utilização do modelo para fazer previsões, tendo em vista os baixos valores observados para as medidas de desempenho (erros de previsão) no modelo (MAD, MAPE e MSD) (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Previsões do modelo de Regressão Dinâmica nove passos a frente (1º Trimestre de 2012 -1º Trimestre de 2014) e medidas de desempenho (erros de previsão)



Fonte: Elaboração Própria com base em FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2014).

5. Conclusões e considerações finais

Este artigo procurou preencher uma lacuna no que se refere à construção de modelos satisfatórios para acompanhamento e previsão do índice de volume do PIB de Minas Gerais. Do ponto de vista estritamente estatístico, o modelo de Regressão Dinâmica construído foi bastante robusto e apresentou: qualidade no ajustamento, coeficientes significativos e resíduos com as características “esperadas” (distribuição normal e ausência de autocorrelação). O principal problema do modelo foi os indícios de multicolinearidade, mas que mesmo assim pode ser relativizado pelo tamanho reduzido do número de observações utilizadas no período amostral. O modelo também se mostrou bastante robusto para descrever situações inesperadas (como a ocorrência da crise econômica de 2008-2009) e para realizar previsões no curto prazo (análise no período de validação).

Do ponto de vista de uma análise relacionada à gestão estratégica, o modelo fornece um caminho (prognóstico) para o planejamento dos diversos atores e organizações (governo e agentes públicos, Banco Central e instituições bancárias, empresários, além da própria população) que, direta ou indiretamente, balizam suas decisões no desempenho do nível de atividade econômica buscando se precaver em momentos de crise ou aproveitar as oportunidades em situações de expansão produtiva.

6. Referências Bibliográficas

- ARAÚJO NETO, Djalma Leite; COSTA, Ecio de Farias. **Dimensionamento do PIB do agronegócio em Pernambuco**. Brasília: Ver. Econ. Sociol. Rural, 2005. v.43, n.4, p. 1-24.
- BECKER, Marcelo Miranda. **Ano eleitoral apressa inaugurações; veja obras inacabadas**. Terra/Eleições 15 mai. 2012.
- CARVALHO, Fernando Cardim de. Políticas econômicas para Economias Monetárias. In: LIMA, Gilberto Tadeu; SICSÚ, João; PAULA, Luiz Fernando de (Org). **Macroeconomia Moderna: Keynes e a Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro: Ed. Campus LTDA, 1999. p.258-283.
- CLARK, Jeffrey; DOWNING, Douglas. Indicadores Econômicos. In:_____. **Estatística Aplicada**. Ed. Saraiva, 1º edição, 1998, cap. 18, p.383-419.
- DAVIDSON, Paul. Colocando as evidências em Ordem: Macroeconomia de Keynes versus Velho e Novo Keynesianismo. In: LIMA, Gilberto Tadeu; SICSÚ, João; PAULA, Luiz Fernando de (Org). **Macroeconomia Moderna: Keynes e a Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro: Ed. Campus LTDA, 1999. p.35-64.
- DIAS, Eduardo Dessupoio Moreira. **Previsão de médio prazo do Consumo de Energia Elétrica no Brasil**: estimação via metodologia Box & Jenkins e Regressão Dinâmica. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Juiz de Fora: Faculdade de Economia e Administração da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.
- FÁVERO, Luiz Paulo [et al.]. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Ed. Campus-Elsevier, 2009.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Informativo CEI – PIB MG 2010**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro – Centro de Estatística e Informações, Resultados Anuais, 2010.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Informativo CEI – PIB 1º trimestre de 2014**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro – Centro de Estatística e Informações, Planilhas referentes ao PIB-MG (Anexo Estatístico), 2014.
- GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. Rio de Janeiro: Ed. Campus-Elsevier, 2006.
- KRUGMAN, Paul; WELLS, Robin. Monitorando a macroeconomia. In:_____. **Introdução à Economia**. Rio de Janeiro: Ed. Campus-Elsevier, 2007. cap. 24, p.485-508.
- LAPORTA, Taís. **PIB deve elevar salário mínimo para cerca de R\$ 725 em 2014, diz Dieese**. São Paulo: IG Economia 01 mar. 2013.
- LIMA, Flavia. **Com PEA menor, PIB exige mais produtividade**. São Paulo: Valor Econômico 11 jul. 2013.
- MARTÍNEZ, Raydonal Ospina; ZAMPROGNO, Bartolomeu. **Comparação de algumas técnicas de previsão em análise de séries temporais**. Revista Colombiana de Estadística, 2003.
- MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clélia Maria de Castro. **Previsão de Séries Temporais**. São Paulo: Ed. Atual, 2º edição, 1987.
- ZANINI, Alexandre. **Redes Neurais e regressão dinâmica**: um modelo híbrido para previsão de curto prazo da demanda de gasolina automotiva no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica: Teoria de Controle e Estatística). Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.