



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIAS E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

LUIZ ALEXANDRE MOREIRA BARROS

**ANÁLISE DA RECESSÃO ECONÔMICA BRASILEIRA ENTRE 2014-2016: UMA
ANALISE ATRAVÉS DO CONTROLE SINTÉTICO GENERALIZADO**

FORTALEZA

2019

LUIZ ALEXANDRE MOREIRA BARROS

ANÁLISE DA RECESSÃO ECONÔMICA BRASILEIRA ENTRE 2014-2016: UMA
ANÁLISE ATRAVÉS DO CONTROLE SINTÉTICO GENERALIZADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Hugo Miro Couto Silva

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B279a Barros, Luiz Alexandre Moreira.

Análise da recessão econômica brasileira entre 2014-2016: uma análise através do controle sintético generalizado / Luiz Alexandre Moreira Barros. – 2023.
24 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Vitor Hugo Miro Couto Silva.

1. Controle Sintético Generalizado . 2. Recessão Econômica . 3. Crescimento Econômico . 4. Produto Interno Bruto. I. Título.

CDD 330

LUIZ ALEXANDRE MOREIRA BARROS

ANÁLISE DA RECESSÃO ECONÔMICA BRASILEIRA ENTRE 2014-2016: UMA
ANALISE ATRAVÉS DO CONTROLE SINTÉTICO GENERALIZADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em: 03 de Dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vitor Hugo Miro Couto Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rafael Barros Barbosa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Christiano Modesto Penna
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

Esse trabalho é uma aplicação do estudo de (BALASSIANO, 2018), com foco nas taxas de crescimento do Produto Interno Bruto brasileiro, no período de 2014-2016, através do uso do método de controle sintético generalizado, com o objetivo de verificar se ocorre um descolamento significativo entre a série de crescimento do PIB brasileiro e do contrafactual sintético, buscando, assim, apresentar evidências adicionais sobre a recessão econômica brasileira. A aplicação do método de controle sintético generalizado possui diversas vantagens quando comparado com o método de controle sintético. Os resultados encontrados mostram que a diferença entre o crescimento econômico do Brasil e do "Brasil Sintético" entre 2015 e 2016 foi significativa, verificando que os fatores domésticos tiveram uma maior contribuição para a queda do produto interno bruto brasileiro no período.

Palavras-chave: Controle Sintético Generalizado . Recessão Econômica. Crescimento Econômico. Produto Interno Bruto.

ABSTRACT

This work is an application of Balassiano's (2018) study, focusing on the rates of Brazilian Gross Domestic Product (GDP), in the period from 2014 to 2016, through the use of the generalized synthetic control method, aiming to check if a detachment occurs between the series of growth of the Brazilian GDP and the synthetic counterfactual, seeking to present additional evidence about the Brazilian economic recession. The application of generalized synthetic control method has several advantages when compared to the synthetic control method. The results found show that the difference between the economic growth of Brazil and "Synthetic Brazil" between 2015 and 2016 was significant, noting that domestic factors had a major contribution to the fall in Brazilian gross domestic product in the period. Keywords: Generalized Synthetic Control. Economic recession. Economic growth. Gross Domestic Product.

Keywords: Generalized Synthetic Control. Economic recession. Economic growth. Gross Domestic Product

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estimação Parametrica	21
Figura 2 – Estimação Não Parametrica	21
Figura 3 – Brasil Sintético - Estimação Parametrica	23
Figura 4 – Brasil Sintético - Estimação Não Parametrica	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pesos sintéticos estimados para cada país do grupo de controle	20
Tabela 2 – Efeito Medio de Tratamento - Estimção Parametrica	22
Tabela 3 – Efeito Medio de Tratamento - Estimção Não Parametrica	22
Tabela 4 – Estimativas do Controle Sintético Generalizado	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
3	METODOLOGIA	13
3.1	Controle Sintético Generalizado	13
3.2	Hipóteses	14
3.3	Estratégia de Estimação	16
3.3.1	<i>Seleção de Modelos</i>	17
3.3.2	<i>Inferência</i>	18
3.4	Dados	19
4	RESULTADOS	20
5	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Comitê de Datação de Ciclos Econômicos (CODACE) a recessão brasileira se estendeu do segundo trimestre de 2014 até o quarto trimestre de 2016. Em 2014, o PIB brasileiro ainda apresentou um crescimento real de 0,5%, mas em 2015 e 2016 o PIB apresentou contrações de 3,5% em cada ano. De acordo com a série histórica, a última vez em que o PIB brasileiro apresentou dois anos seguidos de variação real negativa foi em 1930 e 1931, logo após a Crise de 1929. No ano de 2017, o primeiro após a recessão, o PIB cresceu 1%, variação que praticamente se repetiu em 2018, com crescimento de 1,1%.

O estudo apresentado nesse trabalho tem o objetivo de avaliar se ocorre descolamento da trajetória do PIB brasileiro em relação à trajetória esperada, considerando a recessão brasileira como um evento ou intervenção e analisar os fatores que influenciaram o descolamento. Propõe-se a contribuir com as evidências apresentadas por Balassiano(, aplicar o método de controle sintético generalizado (CSG), estabelecido por Xu(2017). Deve-se ressaltar que o objetivo não é a compreensão dos determinantes para a recessão brasileira, mas apresentar evidências adicionais sobre o evento vivenciado pela economia brasileira recentemente.

O método de CSG proposto por Xu(2017), unifica o método de controle sintético com modelos lineares de efeitos fixos. Inicialmente, o método estima um modelo de efeito fixo interativo usando apenas os dados do grupo de controle, obtendo um número fixo de fatores latentes. Posteriormente, estima cargas fatoriais para a unidade tratada aplicando uma projeção linear dos resultados desta unidade no período pré-tratamento no espaço gerado por estes fatores. Por fim, imputa contrafactuais da unidade tratada com base nos fatores e cargas fatoriais estimados.

Nas palavras do próprio autor, o método de CSG possui o mesmo espírito do método de controle sintético tradicional, de Abadie, Alberto, Diamond (2010), uma vez que manteve a essência de um esquema de ponderação que considera a variável de resultado da unidade tratada no período pré-tratamento como referência para a escolha dos pesos para as unidades de controle e usa correlações cruzadas entre unidades tratadas e de controle para prever resultados contrafactuais para a unidade tratada.

O método de CSG também apresenta uma vantagem significativa, em relação ao método de controle sintético tradicional, no que diz respeito à inferência sobre os resultados. Enquanto a inferência no método de controle sintético tradicional é realizada por meio de testes placebo (em um procedimento de designar o tratamento para unidades de controle e computar

uma distribuição dos efeitos do tratamento), o método de CSG adota um procedimento de reamostragem (bootstrap) e fornece estimativas de erros padrão e intervalos de confiança em torno da estimativa de efeito médio do tratamento Xu(2017).

A aplicação do método de CSG permite a construção de uma trajetória contrafactual para PIB brasileiro com base em um grupo de controle. O grupo de controle empregado para a construção da trajetória contrafactual considera o conjunto de países emergentes sugerido por Matos(2016). Por meio da comparação entre a trajetória observada e a trajetória contrafactual estima-se o efeito médio do tratamento, que no caso da presente análise corresponde à recessão econômica enfrentada pelo Brasil entre 2014 e 2016.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A literatura que investiga as causas e efeitos da recessão econômica entre os anos de 2014 a 2016, é recente. Podemos considerar o relatório do Comitê de Datação de Ciclos Econômicos (CODACE) (2015), como o primeiro trabalho que identifica o início da recessão econômica, após evidenciar um pico no modelo de ciclos econômicos no primeiro trimestre da economia brasileira. Assim dando fim ao crescimento econômico iniciado no segundo trimestre de 2009.

Orair e Gorbetti (2017), Descreveu que no período que antecede a crise, o Brasil passa por 3 períodos distintos. O primeiro período (2005- 2010) caracterizado por uma forte expansão fiscal, que foi canalizada para o investimento público. O segundo período foi marcado por concessões de subsídios e reduções de cobranças de impostos no lado da renda, sendo um dos motivos da impossibilidade da prevenção da desaceleração da economia. O terceiro período foi marcado por uma forte mudança na política fiscal, agora guiada através da hipótese da austeridade fiscal e consequente crise econômica.

Barbosa(2017), argumenta que a crise econômica entre 2014 e 2017 é um resultado de choques de oferta e demanda, decorridos de uma má condução da política econômica. Uma solução para a crise econômica apresentada no trabalho, é que com a introdução dos tetos dos gastos públicos e da reforma da previdência, combinada com uma política monetária mais flexível, é possível ocorrer uma recuperação cíclica da economia após 2017, porém essa recuperação terá um patamar mais baixo que o ritmo anterior a introdução das políticas da 'Nova Matriz Econômica'

Para Borges(2017), a desaceleração econômica não é resultado somente de fatores endógenos de condução da política econômica, e também de fatores exógenos a política econômica. O autor argumenta que eventos como a questão hidrico-energetica (2013 a 2015), os impactos da Operação Lava-Jato no cenário político e até possíveis erros de medições do Produto Interno Bruto, podem ter contribuído para a relativa deterioração da economia no período.

Já Pessoa(2017), em resposta ao estudo de Borges(2017), através da construção de um modelo de controle sintético, argumenta que não é exagerado a maior atribuição da desaceleração econômica, a péssima condução da política econômica. Pessoa(2017), utiliza o mesmo conjunto de países utilizados por Borges(2017), e verifica que o Brasil "real", tem um desempenho inferior ao encontrado no Brasil "sintético".

Carrasco e Mello (2014) estudam o comportamento de variáveis setoriais e macro-

econômicas, durante o período de 2003 a 2012, através da construção de modelos de controle sintético. Os resultados obtidos no estudo, mostrou que o Brasil durante o período estudado teve um crescimento do PIB per capita menor quando comparado com seu grupo de controle, apresentando um desperdício de potencial no período estudado.

Balassiano(2018) busca analisar, através do método de controle sintético, os efeitos dos fatores internos e externos, durante a recessão econômica, nas taxas de crescimento anual do PIB e do PIB per capita, na taxa de desemprego e na taxa de investimento. Os resultados encontrados no artigo, mostraram que os fatores internos foram os principais responsáveis pela recessão econômica durante o triênio (2014-2016).

Abadie, Alberto, Diamond (2010) citado em Ellery jr, Nascimento jr, Sachsidia (2014), desenvolve a metodologia de Controle Sintético, com o objetivo de resolver o problema de criação de um contrafactual para verificar o choque de uma intervenção em uma unidade de tratamento. Na definição de Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Alberto, Diamond (2010), o contrafactual é construído através de uma combinação linear que mais se aproxima da unidade de tratamento, antes do período de intervenção

Bilgel e Karahasan (2019) aplicam o método de controle sintético, para identificar o impacto de ataques terroristas no crescimento do Produto Interno Bruto da Turquia. Já Uhr,Uhr, Ely (2017) aplicam o método de controle sintético buscando identificar os efeitos da redemocratização nas 3 últimas décadas, sobre o produto Interno Bruto chileno.

Xu(2017) Sugeriu uma metodologia de Controle Sintético Generalizado que busca unir a metodologia de Controle Sintético proposto por Abadie, Alberto, Diamond (2010) com modelos de Efeitos Fixos Interativos, com o objetivo de corrigir problemas de variáveis de confusão ao longo do tempo.

Silva et. al. (2018) avaliam os impactos do Fundo Estadual de Combate a Pobreza (FECOP) no estado do Ceará, utilizando a metodologia de Controle Sintético Generalizado. Os resultados encontrados mostram que a metodologia consegue apresentar uma maior robustez na construção do contrafactual, assim verificando a efetividade do FECOP.

3 METODOLOGIA

3.1 Controle Sintético Generalizado

No campo de pesquisa das ciências sociais, a metodologia de Diferenças em Diferenças, é bastante utilizada para avaliar intervenções empíricas. Uma das hipóteses da metodologia de diferenças em diferenças, é a presença de tendências paralelas. Mas em diversas situações, os dados não possuem um pareamento das tendências no período de pré tratamento, entre os grupos de tratamento e de controle, fazendo com que o método de Diferenças em Diferenças não seja eficiente no período de pós tratamento.

A presença de fatores de confusão não observáveis ao longo do tempo, é uma das principais causas de falhas da hipótese de tendência paralela. Então na literatura, sugere dois métodos para correção do problema de não paralelização das tendências, o Método de Controle Sintético e os Modelos com Efeitos Interativos Fixos.

O Método de Controle Sintético proposto por Abadie, Alberto, Diamond (2010), é um método que tem como objetivo, balancear a influência de variáveis de confusão, através da construção de uma unidade de controle sintética como um possível contrafactual para a unidade de controle. Então o contrafactual sintético é obtido através da ponderação das unidades de controles disponíveis. Sendo assim o método de controle sintético vai fornecer uma comparação entre as unidades de tratamento e controle, sem influência de fatores de confusão. Já a utilização de modelos com efeitos fixos interativos proposto por Bai(2009), é uma metodologia de correção de possíveis heterogeneidades temporais não observada, através da incorporação de certo de unidade (cargas fatoriais) e coeficientes variáveis no tempo (fatores latentes), na forma funcional do modelo.

Então o Método de Controle Sintético Generalizado sugerido por Xu(2017), vai conectar as duas metodologias de correção do problema de não paralelização das tendências, o método de controle sintético e de modelos de efeitos fixos interativos, sobre uma simples estrutura. A metodologia do Controle Sintético Generalizado é em sua essência o método de controle sintético tradicional, por ser uma metodologia de ponderamento que toma os resultados das unidades de tratamento no período de pré tratamento como referência para a escolha dos pesos para a construção da unidade de controle sintética. Outra característica do modelo de controle sintético tradicional é a utilização de correlações longitudinais entre os grupos de tratado e controle para prever o contrafactual do grupo de tratamento. Esse método ainda pode ser

considerado como um método de correção de viés para modelos de Efeitos Fixos Interativos, Na presença de um efeito heterogêneo.

Esse método possui vários pontos vantajosos. O primeiro é que o método de controle sintético generalizado pode ser utilizado para diversas unidades de tratamentos e/ou períodos variáveis de tratamento. A segunda é que o método produz estatísticas de incertezas frequentistas, como desvio padrão e intervalos de confianças, e melhora a eficiência da estimação sob especificações corretas. A terceira, é a incorporação da validação cruzada na seleção automática do numero de fatores dos modelos de Efeitos Fixos Interativos.

O Controle Sintético Generalizado possui algumas limitações. A primeira de suas limitações é a necessidade de uma grande quantidade de dados durante o período de pré tratamento. Uma outra limitação é que suas hipóteses de modelagem, possuem um papel mais importante, quando comparado ao controle sintético tradicional.

3.2 Hipóteses

Suponha que Y_{it} é o resultado de interesse de uma unidade i no período t . Sendo que T e C denominados grupos de tratamento e controle. Temos que $T_{0,i}$, é o numero de períodos de pré tratamento para a unidade i , enquanto a primeira unidade é exposta somente no período $T_{0,i} + 1$ e subsequentes para $q_i = T - T_{0,i}$ períodos.

1º Hipótese : Forma Funcional

Podemos assumir a seguinte forma funcional:

$$Y_{it} = \delta_{it} + D_{it} + x'_{it}\beta + \lambda'_i f_t + \varepsilon_{it} \quad (3.1)$$

Onde D_{it} é uma variável indicadora de tratamento, assumindo valores 1 para unidade exposta ao tratamento no período t e 0 para unidades não exposta ao tratamento¹. δ_{it} é o efeito heterogêneo de tratamento sobre uma unidade i no período t ; x_{it} é um vetor ($K \times 1$) de variáveis covariadas; $\beta = [\beta_1, \dots, \beta_k]$ é um vetor ($K \times 1$) de parâmetros de sensibilidade das variáveis covariadas; $f_t = [f_1, \dots, f_r]'$ são vetores ($r \times 1$), de fatores latentes em comum entre os grupos de controle e tratamento, $\lambda_i = [\lambda_{i1}, \dots, \lambda_{ir}]$ são vetores ($r \times 1$) de cargas fatoriais desconhecidas, e ε_{it} representa os resíduos idiossincráticos para a unidade i no período t com media nula.

¹ i.e., $D_{it} = 1$ quando $i \in T$ e $t > T_0$ ou $D_{it} = 0$ de outra forma

Um detalhe importante sobre os componentes fatoriais do modelo, $\lambda'_i f_t = \lambda_{i1} f_{1t} + \lambda_{i2} f_{2t} + \dots + \lambda_{ir} f_{rt}$, eles tomam por hipótese, uma forma linear e aditiva. Essa forma linear e aditiva, disfarça uma presença de uma heterogeneidade desconhecida no modelo. Se considerarmos $\lambda_{i1} = \alpha_i, \lambda_{i2} = 1$ e $f_{1t} = 1, f_{2t} = \xi_t$, então temos o seguinte resultado:

$$\lambda'_i f_t = \lambda_{i1} f_{1t} + \lambda_{i2} f_{2t} = \alpha_i + \xi_t \quad (3.2)$$

Então a equação 2 representa um caso de adição de efeitos fixos temporais e unitários no modelo.

Para formalizar a noção de causalidade, podemos utilizar a estrutura de resultados potenciais. Consideremos $Y_{it}(1)$ e $Y_{it}(0)$ como resultados potenciais para um individuo i em um período t , quando $D_{it} = 1$ ou $D_{it} = 0$. Logo terá um resultado para a unidade de controle $Y(0) = x'_{it}\beta + \lambda'_i f_t + \varepsilon_{it}$, e um outro para a unidade de tratamento $Y(1) = \delta_{it} + x'_{it}\beta + \lambda'_i f_t + \varepsilon_{it}$. O efeito individual de tratamento de um individuo i no período t , é $Y(1)_{it} - Y(0)_{it} = \delta_{it}$, para qualquer $i \in T, t > T_0$.

Podemos reescrever o Processo gerador dos dados para cada unidade da seguinte forma:

$$Y_{co} = D_i \cdot \delta_i + X_i \beta + F \Lambda'_i + \varepsilon_i \quad (3.3)$$

Onde $Y_i = [Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{iT}]$; $D_i = [D_{i1}, D_{i2}, \dots, D_{iT}]'$ e $\delta_i = [\delta_{i1}, \delta_{i2}, \dots, \delta_{iT}]'$; $\varepsilon_i = [\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{i2}, \dots, \varepsilon_{iT}]'$ são vetores ($T \times 1$); $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iT}]'$ é uma matriz ($T \times k$), e $F = [f_1, f_2, \dots, f_T]'$ é uma matriz ($T \times r$).

Já o processo gerador para $Y_{it}(0)$:

$$Y_{co} = X_{co} \beta + F \Lambda'_{co} + \varepsilon_{co} \quad (3.4)$$

Na qual $Y_{co} = [Y_1, Y_2, \dots, Y_{N_{co}}]$ e $\varepsilon = [\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_{co}}]$ é ($T \times N_{co}$); X_{co} é uma matriz tridimensional ($T \times N_{co} \times p$); e $\Lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_{co}}]'$ é uma matriz ($N_{co} \times r$) consequentemente, produz $X_{co} \beta$ e $F \Lambda'_{co}$, que são matrizes ($T \times N_{co}$). Para identificar β, F e Λ_{co} na equação acima, são necessárias mais restrições necessárias, como propõem Bai(2003,2009), através da adição de dois conjuntos de fatores latentes e cargas fatoriais, que seguem as seguintes hipóteses: 1. todos os fatores estão normalizados, e 2. os fatores são ortogonais entre eles.²

Então após obter o processo gerador de dados das unidades de controle e de tratamento, podemos obter o efeito médio de tratamento sobre a unidade tratadas no período $t_{t > T_0}$ da

² $F' \frac{F}{T} = I_r$ e $\Lambda'_{co} \Lambda_{co} = \text{diagonal}$

seguinte forma:

$$ATT_{t,T_0} = \frac{1}{N_{tr}} \sum_{i \in T} [Y_{it}(1) - Y_{it}(0)] = \frac{1}{N_{tr}} \sum_{i \in T} \delta_{it}. \quad (3.5)$$

2º Hipótese: Exogeneidade Estrita

$$\varepsilon_{it} \perp D_{js}, x_{js}, \lambda_j, f_s \quad (3.6)$$

A hipótese acima indica que os resíduos de qualquer unidade e qualquer período de tempo são independentes da unidade de tratamento de variáveis covariadas e de alguma heterogeneidade temporal ou unitária, para qualquer unidade da amostra, em qualquer período do tempo. Logo, os resíduos apresentam a seguinte média condicional:

$$\mathbb{E}[\varepsilon_{it} | D_{it}, x_{it}, \lambda_i, f_t] = \mathbb{E}[\varepsilon_{it} | x_{it}, \lambda_i, f_t] = 0 \quad (3.7)$$

Quando utilizado modelos com efeitos fixos "two-way", podemos assumir a seguinte forma da Exogeneidade:

$$(\varepsilon_{it} + \lambda_j f_t) \perp D_{js}, x_{js}, \alpha_j, \xi_s \quad (3.8)$$

3º Hipótese: Correlação Serial fraca entre os Resíduos

4º Hipótese: Condições de Regularidade

5º Hipótese: Os Resíduos são transversalmente independente e homocedásticos

As hipóteses acima, são condições necessárias para se obter uma estimação consistente dos parâmetros de sensibilidade do modelo. A 3ª hipótese, permite uma correlação serial fraca entre os resíduos, assim permitindo que os resíduos sejam independentes entre si, ao longo do tempo e das unidades. Já a 4ª hipótese especifica uma condição de convergência do estimador. A 5ª hipótese é necessária na validação do procedimento de bootstrap, que será proposto posteriormente.

3.3 Estratégia de Estimação

Agora será definir uma estratégia de estimação do Controle Sintético Generalizado, para efeito do tratamento em cada unidade tratada. Logo o estimador do efeito de tratamento é

obtido através da diferença entre o resultado da unidade de tratamento e o contrafactual estimado;
 $\delta_{it} = Y_{it}(1) - Y_{it}(0)$, na qual $Y_{it}(0)$ é estimada através das seguintes etapas:

- **1º Etapa:** Será estimado um modelo IFE usando somente o grupo de controle

$$(\beta, F, \Lambda_{co}) = \underset{B, F, \Lambda_{co}}{\operatorname{argmin}}_{i \in C} (Y_i - X_i \beta - F \lambda_i)' (Y_i - X_i \beta - F \lambda_i) \quad (3.9)$$

$$F'F/T = I_r$$

$$\Lambda_{co}' \Lambda_{co} = \text{diagonal}$$

- **2º Etapa:** Agora será estimado as cargas fatoriais para cada uma das unidades, aplicando a minimização do quadrado médio dos resíduos de previsão dos resultados das unidades de tratamento, no período de pré-tratamento:

$$\lambda_i = \underset{\lambda_i}{\operatorname{argmin}} (Y_i^0 - X_i^0 \beta - F^0 \lambda_i)' (Y_i^0 - X_i^0 \beta - F^0 \lambda_i) = (F^{0'} F^0)^{-1} F^0 (Y^0 - X^0 \beta), \quad (3.10)$$

$$i \in T$$

- **3º Etapa:** Agora iremos calcular o contrafactual do grupo de tratamento, através dos β , F , e λ , estimados nas etapas anteriores;

$$Y_{it}(0) = x_{it}' \beta + \lambda_i f_t \quad (3.11)$$

$$i \in T$$

3.3.1 Seleção de Modelos

Na prática, o conhecimento do número de fatores exatos contidos no modelo é bastante limitado. Sendo assim, o Método de Controle Sintético Generalizado, busca obter o número de fatores contidos no modelo, através da aplicação da metodologia de validação cruzada. A ideia básica do procedimento de validação cruzada, é reter uma pequena quantidade dos dados (conjunto de validação) e utilizar o resto dos dados (conjunto de teste), para prever as informações contidas no conjunto de validação, através das seguintes etapas:

- **1º Etapa:** Escolher uma quantidade de fatores r , depois estimar um modelo de efeitos fixos interativos, usando o grupo de controle $\{Y_i, X_i\}_{i \in C}$, obtendo as estimativas β e F
- **2º Etapa:** Iniciar a repetição da validação cruzada, que utilizará todos os períodos de pré-tratamento
- **3º Etapa:** Calcular a o residuo quadrado médio da previsão para um dado r :

$$MSPE(r) = \sum_{s=1}^{T_0} \sum_{i \in T} \frac{\epsilon_{is}^2}{T_0} \quad (3.12)$$

- **4º Etapa:** Repita as Etapas 1-3 com diferentes 'r' e obtenha os correspondentes resíduos quadrados medios da previsão.
- **5º Etapa:** Escolha o 'r' que gere o menor residuo quadrado médio.

Essa estrutura, nós permite acomodar os processos geradores de dados, aonde os efeitos fixos estão diretamente incorporados, podemos escrever o processo gerador da seguinte forma:

$$Y_{it} = \delta_{it}D_{it} + X'\beta + \gamma'l_t + z'\theta_t + \lambda'_i f_t + \alpha_i + \xi_t + \varepsilon_{it} \quad (3.13)$$

Na qual l_T é um vetor ($qx1$) de tendências temporais conhecidas que devem afetar cada unidade diferente; Y_i é um vetor ($qx1$) de parâmetros específicos de unidade desconhecidos; Z_i é um vetor ($mx1$) de covariaíveis invariantes ao tempo; θ_t é um vetor ($Mx1$) de parâmetros desconhecidos; α_i e ξ_t são efeitos fixos temporais e unitários aditivos.

3.3.2 Inferência

Para obter as estimativas de incertezas dos parâmetros, pode utilizar um procedimento de bootstrap paramétrico. Pode obter estimativas de incertezas condicionais das variáveis covariadas observáveis dos fatores não observados e de cargas fatoriais, através da utilização do procedimento de bootstrap através da reamostragem dos resíduos, assim preservando a correlação serial dos resíduos. Logo o objetivo será estimar a variância condicional do estimador do efeito médio do tratamento, $Var_{\varepsilon}(ATT_t|D, X, \Lambda, F)$

No bootstrap paramétrico, será estimado os contrafactuais tratados e as unidades de controle baseado no seguinte esquema de reamostragem:

$$Y_i(0) = X_i\beta + F\lambda_i + \varepsilon_i \quad (3.14)$$

$$Y_i(0) = X_i\beta + F\lambda_i + \varepsilon^p \quad (3.15)$$

Na qual $Y_i(0)$ é um vetor de resultados simulados na ausência de tratamento; $X_i\beta + F\lambda_i$ é a media condicional estimada, e ε_i e ε^p são resíduos reamostrados para unidade i . Por causa β e F são estimado usando somente informações do grupo de controle, $X_i\beta + F\lambda_i$ ajustam melhores para as unidades de controle, comparados para a unidade de tratamento. Os resíduos são definidos da seguinte maneira, ε_i^p é um erro do modelo IFE ajustado do controle sintético para grupo de controle, assim sendo um desenho empirico da distribuição dos rsiduos de IFE, enquanto ε^p pode ser como um erro de previsão dos modelos de IFE.

Apesar de não poder observar os contrafactuais das unidades tratadas, $Y_{it}(0)$ é observado para todas as unidades de controle. Com a 1º hipótese (Forma Funcional) e com a 5º hipótese (Os Resíduos são transversalmente independente e homocedásticos), nós podemos utilizar um método de validação cruzada para simular os resíduos de previsão (e^p), baseado nos dados de controles. A diferença entre os resultados previstos e observados dos erros do modelo de efeitos fixos interativos. Podemos descrever esse processo da seguinte forma:

- **1º Etapa** Iniciamos uma repetição em B_1 vezes. Após o termino das repetições, coletamos $\varepsilon^p = \{\varepsilon_1^p, \varepsilon_2^p, \dots, \varepsilon_{B_1}^p\}$
- **2º Etapa** Aplica o Método do Controle Sintético Generalizado para os dados originais, obtendo ATT_t para todos $t > T_0$, estimamos os coeficientes: β, F, Λ_{co} e $\lambda_{j, j \in T}$, e por ultimo, ajustar os dados e resíduos das unidades de controle: $Y_{co} = Y_1(0), Y_2(0), \dots, Y_{N_{co}}(0)$ e $e = \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_{co}}$
- **3º Etapa** Novamente iniciamos uma repetição em B_2 vezes. Agora capturamos os efeitos medios de tratamento obtidos no bootstrap.
- **4º Etapa** Computaremos a variancia dos Efeitos Medios de Tratamento, da seguinte forma:

$$Var(ATT_t | D, X, \Lambda, F) = \frac{1}{B} \sum_{k=1}^B (ATT_t^k - \frac{1}{B} \sum_{j=1}^B ATT_t^j)^2 \quad (3.16)$$

3.4 Dados

Com objetivo de avaliar os impacto da recessão econômica sobre o crescimento do produto interno bruto, foi considerado como um referencial teórico um modelo inspirado no trabalho de Balassiano(2018).

Para a construção do grupo de controle, para o crescimento do PIB foram consideradas as proximas variáveis: Consumo Total, Inflação, Poupança, Credito Domestico, Taxas de Juros, Exportações e Importações, no período de 1990-2010, obtidos no World Bank Data.

A amostra dos países considerados na estimação foram os utilizados por Carrasco e Mello (2014)³, que são: Chile, China, Colômbia, Indonésia, Índia, México, Malásia, Paquistão, Peru, Filipinas, Tailândia, Turquia e África do Sul.

³ exceto os países do leste europeu

4 RESULTADOS

Inicialmente com o objetivo de analisar a desaceleração da economia brasileira sobre o crescimento do produto interno bruto, é evidente a necessidade da construção de um cenário contrafactual em que não ocorra a desaceleração da economia brasileira, conforme discutido anteriormente. No cenário proposto acima, a realização de uma avaliação de impacto exige a comparação entre as trajetórias do crescimento do produto interno bruto observados com trajetórias simuladas caso a intervenção não tivesse ocorrido.

A aplicação do Controle Sintético Generalizado possibilita a obtenção de uma serie contrafactual que é construído através de uma combinação de países emergentes que é sugerido por Matos(2016), cuja a evolução do crescimento do PIB no período de pre-intervenção se aproxime daquela observada para o Brasil. A aplicação do método permite a obtenção de pesos para cada unidade do países que compõem o grupo de controle, com a finalidade de promover um bom ajuste da trajetória do contrafactual no período de pré-período. Os pesos obtidos através da estimação paramétrica para o grupo de controle são apresentados na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – **Pesos sintéticos estimados para cada país do grupo de controle**

País	Peso
China	-0.258186
Chile	0.088436
Colômbia	0.008510
Indonésia	-0.459183
Índia	-0.198092
Malásia	-0.407314
México	-0.250772
Paquistão	-0.703113
Peru	1.418070
Filipinas	0.311666
Tailândia	-0.811721
Turquia	-0.396377
África do Sul	0.658076

Um dos principais resultados da avaliação com o controle sintético é apresentado na figura 1, a seguir, na qual apresenta as trajetórias do crescimento do PIB e para seu controle sintético, estimadas através de inferência paramétrica e não paramétrica:

Nos gráficos 1 e 2, a área mais clara sinaliza o período pré-tratamento (antes da recessão econômica), enquanto a área escura sinaliza o período pós-tratamento (após da recessão econômica). É possível verificar no período de pré tratamento, que na estimação com inferência

Figura 1 – Estimação Paramétrica

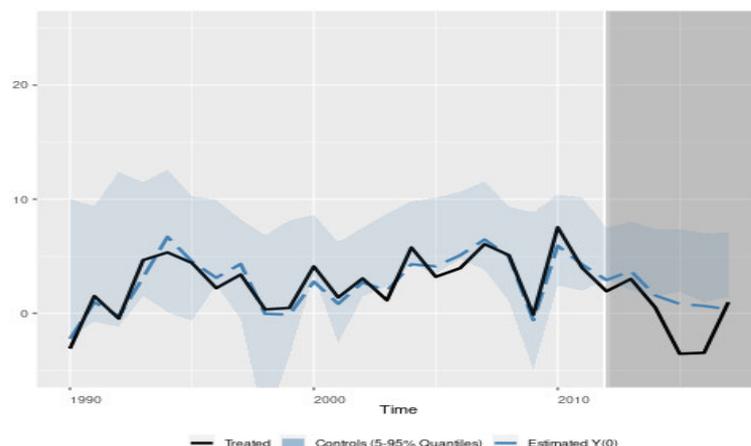
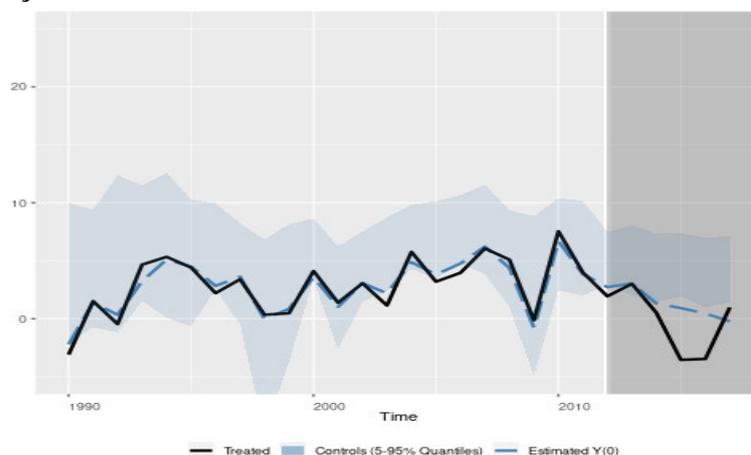


Figura 2 – Estimação Não Paramétrica



paramétrica um bom ajuste entre o crescimento econômico do PIB do Brasil e o controle sintético. No período de pós tratamento é verificado que a trajetória passam a divergir, destacando que o crescimento do PIB do controle sintético tem um comportamento constante, diferente do apresentado pelo Brasil. Já a estimação com inferência não paramétrica apresenta um resultado superior comparado com o apresentado com a inferência paramétrica, com clara sobreposição entre as series de Tratamento e Controle.

Ambos graficos apresentam após o período de intervenção, uma clara divergência entre as series de tratamento e controle, na qual representa uma importante evidência para corroborar com o argumento apresentado por Borges(2016) e Balassiano(2017), em que a desaceleração da economia brasileira é um reflexo da aceleração da economia brasileira em períodos anteriores.

Estimativas para o resultado da desaceleração econômica sobre o crescimento do Produto Interno Bruto, dada pelas estimativas do efeito médio de tratamento sobre a unidade tratada (ATT), são apresentadas na Tabela abaixo

Tabela 2 – Efeito Medio de Tratamento - Estimação Parametrica

Ano	ATT	S.E.	CI.lower	CI.upper	p.value
2013	-0,692	1,024	-2,464	1,536	0,556
2014	-1,049	1,300	-3,328	1,747	0,508
2015	-4,370	0,860	-6,001	-2,436	0
2016	-4,112	1,299	-6,269	-1,201	0,008
2017	0,626	1,747	-2,368	4,475	0,564
ATT Médio	-1.919429	1.099559	-3.777205	0.582301	0.152

Tabela 3 – Efeito Medio de Tratamento - Estimação Não Parametrica

Ano	ATT.avg	S.E.	CI.lower	CI.upper	p.value
2013	-0,035	0,666	-1,322	1,394	0,843
2014	-0,807	0,726	-2,775	0,183	0,098
2015	-4,467	0,554	-5,787	-3,597	0
2016	-3,914	0,649	-5,319	-2,789	0
2017	1,207	0,918	-1,250	2,299	0,388
ATT Médio	-1.603203	0.583916	-3.036302	-0.821217	0

Os dados das tabelas 2 e 3 permitem uma análise ainda mais detalhada ao destacara significância estatística do impacto da desaceleração da economia brasileira sobre o crescimento do PIB. Nessas tabelas, são apresentadas as estimativas do ATT médio para a intervenção. É possível verificar que tanto os resultados obtidos da estimação parametrica e não parametrica, a divergência entre as series de tratamento e controle entre 2015 e 2016, é estatisticamente significativa. O impacto médio da desaceleração econômica no crescimento do PIB, ao longo do período analisado foi de aproximadamente de 1.92 % através da estimação parametrica, e 1.60 % através da estimação não parametrica.

Os resultados da tabela 4, a seguir, apresentam valores das estimativas parametricas e não parametricas do modelo proposto para o crescimento do PIB

Tabela 4 – Estimativas do Controle Sintético Generalizado

Variavel	paramétrico			Não paramétrico		
	beta	SE	p.valor	beta	SE	p.valor
Consumo Total	-0.7024	0.0141	0	-0.0837	0.1051	0.006
Inflação	-0.0005	0.0004	0.152	-0.0010	0.0003	0.0314
Poupança	0.0935	0.0186	0	0.1353	0.0773	0.1069
Credito Domestico	-0.0052	0.0039	0.26	-0.0089	0.0115	0.4088
Juros	-0.0131	0.0131	0.162	-0.0026	0.0188	0.987
Exportações	-0.1259	0.0260	0	-0.2032	0.0476	0
Importações	0.1059	0.0277	0	0.1810	0.0487	0
	R	4.30144		Lambda	3.2607	
	MSPE	4.3014		MSPE	5.077	

Com base nos resultados da estimações do controle sintético apresentadas na tabela 4, pode se verificar que para estimação paramétrica, a influência do Consumo Total, da Poupança, das Exportações e das Importações no período pós intervenção, são significativas. Já para a estimação não paramétrica, a influência do Consumo Total, da Inflação, das Exportações e das Importações no período de pós intervenção, são significativas.

Os graficos da figura 2, apresentam as estimativas paramétricas e não paramétricas, das diferenças nas taxas de crescimento econômico entra tratamento e controle. Os gráficos destacam a significância da recessão econômica para as estimações paramétricas e não paramétrica, mostrando os intervalos de confiança obtidos por meio da aplicação de *bootstrap*, na qual foram aplicados 1000 replicações.

Figura 3 – Brasil Sintético - Estimação Paramétrica

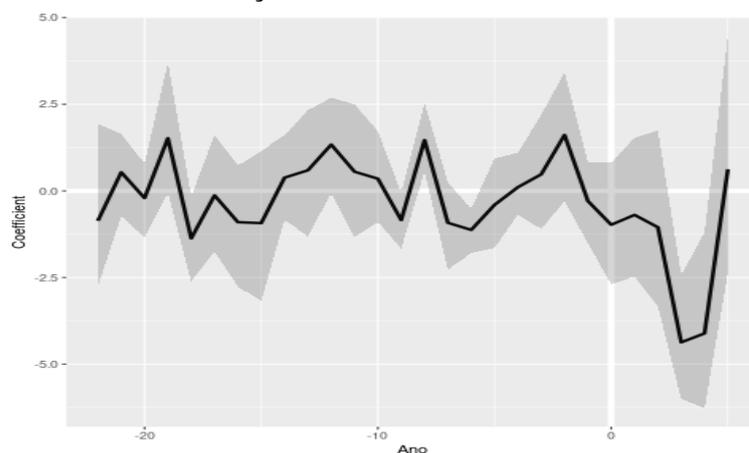
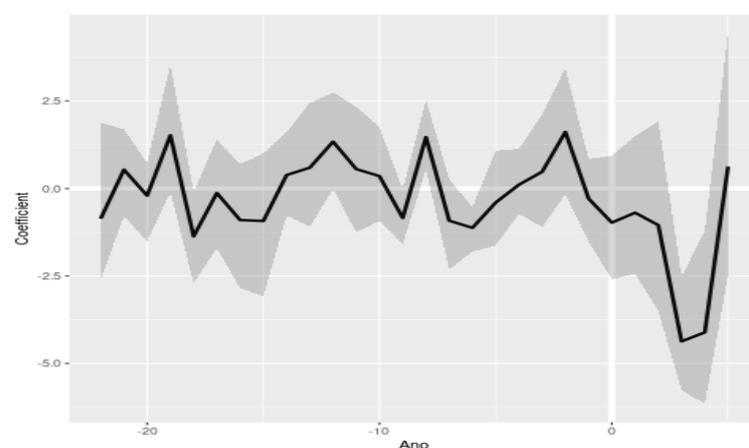


Figura 4 – Brasil Sintético - Estimação Não Paramétrica



5 CONCLUSÃO

Pode concluir que os resultados obtidos por esse artigo, estão em linha dos resultados encontrados em Balassiano(2018), onde a desaceleração da economia brasileira entre 2015 e 2016, tem uma maior influência de fatores domésticos do que fatores externos, na qual é bastante evidenciado entre 2015 e 2016 através a diferenças entre as taxas de crescimento do PIB do Brasil.

Tambem pode concluir que o Consumo Total, Exportações e Importações tiveram influência real para o descolamento entre a economia brasileira e seu contrafactual sintético. Já não podemos concluir a influência real da taxa de Poupança e Inflação para o descolamento entre os dados do brasil real e seu contrafactual sintético. Variáveis como Juros e Crédito Doméstico, tiveram nenhuma influência significativa para o descolamento do período da recessão econômica.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of california's tobacco control program. **Journal of the American statistical Association**, Taylor & Francis, v. 105, n. 490, p. 493–505, 2010.
- ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J. The economic costs of conflict: A case study of the basque country. **American economic review**, v. 93, n. 1, p. 113–132, 2003.
- BAI, J. Panel data models with interactive fixed effects. **Econometrica**, Wiley Online Library, v. 77, n. 4, p. 1229–1279, 2009.
- BALASSIANO, M. G. Recessão brasileira (2014-2016): Uma análise por meio do método do controle sintético do pib, pib per capita, taxa de investimento e taxa de desemprego1. **Texto para Debate. Anpec**, p. 70–80, 2018.
- BILGEL, F.; KARAHASAN, B. C. Thirty years of conflict and economic growth in turkey: A synthetic control approach. **Defence and Peace Economics**, Taylor & Francis, v. 30, n. 5, p. 609–631, 2019.
- BORGES, B. **Impacto dos erros (reais) da Nova Matriz tem sido muito exagerado**. 2017. Disponível em: <<https://blogdoibre.fgv.br/posts/o-impacto-da-nova-matriz-economica-resposta-braulio-borges>>.
- CARRASCO, V.; MELLO, J. M. de; DUARTE, I. **A década perdida: 2003–2012**. [S.l.], 2014.
- FILHO, F. d. H. B. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos Avançados**, SciELO Brasil, v. 31, n. 89, p. 51–60, 2017.
- JR, R. E.; JR, A. N.; SACHSIDA, A. Controle sintético como ferramenta para avaliação de políticas públicas. 2012.
- MATOS, S. **A Desaceleração do Crescimento Brasileiro: Causas Externas ou Domésticas**. In.: BONELLI, R.; Veloso, A **Crise de Crescimento do Brasil**. [S.l.]: Editora Elsevier, 2016.
- ORAIR, R. O.; GOBETTI, S. W. *et al.* **Do expansionismo à austeridade: desafios e riscos das radicais mudanças de políticas fiscais no Brasil**. [S.l.], 2017.
- PESSOA, S. de A. **O impacto da nova matriz econômica: resposta a Bráulio Borges**. 2017. Disponível em: <<https://blogdoibre.fgv.br/posts/o-impacto-da-nova-matriz-economica-resposta-braulio-borges>>.
- SILVA, V. H.; MARIANO, F. Z.; BARROS, L. A. M. *et al.* A synthetic control approach on chile's transition to democracy. **Economia Do Ceará Em Debate**, IPECE, v. 14, 2018.
- UHR, D.; UHR, J.; ELY, R. *et al.* A synthetic control approach on chile's transition to democracy. **Economics Bulletin**, AccessEcon, v. 37, n. 3, p. 2219–2233, 2017.
- XU, Y. Generalized synthetic control method: Causal inference with interactive fixed effects models. **Political Analysis**, Cambridge University Press, v. 25, n. 1, p. 57–76, 2017.