

Análise do inter-relacionamento entre variáveis macroeconômicas e a exportação brasileira de açúcar e etanol: uso do VAR

Analysis of the interrelationship between macroeconomic variables and Brazilian sugar and ethanol exports: use VAR

UEDA, Renan M.¹
LÍRIO, Valentina W.²
ZIEGLER, Cristiano³
FIEGENBAUM, Tobias P.⁴
MARTINS, Tailon⁵
SOUZA, Adriano M.⁶

Resumo

A produção e a exportação do açúcar e etanol são fatores importantes para o avanço da economia brasileira. O objetivo desse estudo é analisar o inter-relacionamento da quantidade de açúcar e etanol exportadas no período de janeiro de 2000 a outubro de 2019, frente as variáveis macroeconômicas, por meio do modelo de vetores autorregressivos (VAR). Os resultados mostraram que a exportação brasileira de açúcar é fortemente influenciada ao longo do tempo pela exportação brasileira do etanol e pelas variáveis macroeconômicas.

Palavras-chave: açúcar, etanol, modelos vetoriais autorregressivos, macroeconomia

Abstract

The production and exportation of sugar and ethanol are important factors for the advance of the Brazilian economy. The objective of this study is to analyze the interrelationship between the amount of sugar and ethanol exported from January 2000 to October 2019, against the

¹ Doutorando em Engenharia de Produção. Laboratório de Análise e Modelagem Estatística - LAME. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). renan.mitsuo@hotmail.com

² Estudante de graduação em Estatística. Laboratório de Análise e Modelagem Estatística - LAME. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). valentinawlirio@gmail.com

³ Doutorando em Engenharia de Produção. Laboratório de Análise e Modelagem Estatística - LAME. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). cz001097@fahor.com.br

⁴ Estudante de graduação em Engenharia de Telecomunicações. Laboratório de Análise e Modelagem Estatística - LAME. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). tobiasdpf@gmail.com

⁵ Mestrando em Engenharia de Produção. Laboratório de Análise e Modelagem Estatística - LAME. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). martins.tailon@gmail.com

⁶ Professor Titular do Departamento de Estatística (UFSM). Laboratório de Análise e Modelagem Estatística - LAME. Universidade Federal de Santa Maria. amsouza.sm@gmail.com

macroeconomic variables, through the autoregressive vector model (VAR). The results showed that Brazilian sugar exports are strongly influenced over time by Brazilian ethanol exports and macroeconomic variables.

Keywords: sugar, ethanol, vector autoregressive models, macroeconomics

1. Introdução

O açúcar é um produto muito consumido pelo homem, dado que além das famílias, a indústria considera fundamental esse item em suas composições. Seu comércio é mundial, sofrendo interferência tanto da produção de sua matéria-prima, quanto dos interesses políticos dos diversos países envolvidos nessa cadeia de produção, comércio e consumo (Mazzuchetti & Schneider, 2017).

Nas últimas décadas, o setor sucroenergético brasileiro sofreu uma revolução tecnológica relevante. Atualmente, o país é considerado o maior produtor global de açúcar, responsável por 20% da produção global, 45% da exportação mundial e as plantações de cana-de-açúcar corresponde a 1,2% de todo o território brasileiro (Unica, 2019a).

Desde 2003, aconteceu uma aceleração dos investimentos em novas usinas motivada pelo aumento da demanda de açúcar no mercado internacional. Após a crise financeira de 2008, os investimentos no setor terminaram e a expansão dos canaviais foi comprometida, dado que grande parte das empresas se encontravam altamente endividadas. Este cenário conturbado foi potencializado pelo aumento da oferta mundial de açúcar, enquanto as quedas de produtividade foram causadas pela redução das adubações com os canaviais, a idade avançada da lavoura, a mecanização e os problemas climáticos, começaram a ser revertidas na safra 2013/2014 (Novacana, 2014).

Em relação ao setor sucroalcooleiro, o mesmo consiste em um sistema agroindustrial basicamente estruturado em três níveis, sendo eles: escolhas das terras para plantação e cultivo dos canaviais ou são estabelecidos contratos de longo prazo com produtores rurais para fornecimento da cana-de-açúcar; colheita da cana-de-açúcar, a qual é levada ao processo de industrialização, com foco principal na produção de açúcar, etanol hidratado (utilizado em veículos) e anidro (destinado à mistura na gasolina), e cogeração de energia elétrica para usinas com tecnologia recente; comercialização desses produtos (Franco, Neto & Machado, 2018).

Muitas discussões surgem acerca da possibilidade do Brasil ampliar sua produção de etanol. A perspectiva de crescimento do mercado internacional desse biocombustível tem estimulado a expansão do setor sucroenergético no país. O interesse em investir no setor potencializou-se em meados de 2004 quando os carros *flex fuel*, também chamados de bicombustíveis, foram implementados no mercado nacional, elevando a demanda por etanol combustível. O etanol entrou novamente na agenda do governo, das empresas de tecnologia e, principalmente de investidores interessados nas oportunidades do setor (Piacente, Cillos & Biaggi, 2015).

Diversas variáveis macroeconômicas podem interferir no aumento ou diminuição do número de exportação de açúcar e etanol. Segundo Carvalho, Gwartney, Stroup & Sobel (2008), a macroeconomia preocupa-se com questões conjunturais de curto prazo, investigando a ação do homem sobre as variáveis econômicas de forma agregada. Desta forma, algumas variáveis macroeconômicas são: taxa de juros e cambial, valor da renda média nacional, consumo de bens e serviços, variação dos preços das mercadorias, entre outros. Ainda, Ribeiro, Teleginski, Souza & Gugelmin (2010) corroboram dizendo que o crescimento da economia é influenciado por diversas variáveis, o que torna indispensável uma análise criteriosa a respeito das variáveis a serem selecionadas.

Para analisar o inter-relacionamento entre as variáveis de interesse, açúcar e etanol, frente as variáveis macroeconômicas, serão utilizados os vetores autorregressivos (VAR). O VAR é frequentemente utilizado para estimação de sistemas interdependentes de séries temporais e análise de impactos dinâmicos de choques sobre um sistema. Destaca-se que uma característica dessa estrutura é tratar todas as variáveis como endógenas e em função de seus próprios valores defasados (Simões, Chaves, Correia-Silva, Silva & Oliveira, 2017).

A pergunta de pesquisa a ser respondida ao longo do artigo, pode ser relatada da seguinte maneira: *como se dá a inter-relação das variáveis de interesse, açúcar e etanol, diante das variáveis macroeconômicas?*

O objetivo desta pesquisa é analisar o inter-relacionamento da quantidade de açúcar e etanol exportadas, no período de janeiro de 2000 a outubro de 2019, frente as variáveis macroeconômicas, a partir da utilização dos vetores autorregressivos (VAR).

A proposta do artigo é relevante, dado que a partir do mesmo será possível compreender o inter-relacionamento das variáveis de interesse ante as variáveis macroeconômicas, por meio do modelo VAR e com isso fornecer subsídios para tomada de decisões estratégicas nos setores.

2. Metodologia

2.1. Dados

As variáveis macroeconômicas utilizadas nesta pesquisa foram selecionadas utilizando três critérios recomendados por Sa-ngasoongsong, Bukkapatnam, Kim, Iyer & Suresh (2012), isto é: i) variáveis que causam mudanças no volume de exportação de açúcar e etanol; ii) variáveis que influenciam no aumento do consumo/compra de açúcar e etanol; iii) variáveis que sejam capazes de representar a economia brasileira.

Além das séries temporais de interesse, exportação de açúcar e etanol, as seguintes variáveis macroeconômicas fizeram parte deste estudo: taxa selic, média mensal da cotação do dólar, exportação e importação total brasileira, índice nacional de preços ao consumidor amplo e produto interno bruto. Os dados foram coletados no período de janeiro de 2000 a outubro de 2019, totalizando assim, 238 observações mensais. No Quadro 1 é apresentado a sigla que será adotada para cada variável, bem como, a sua unidade de medida.

Quadro 1
Descrição das variáveis

Sigla	Variável	Unidade de medida
EBA	Exportação brasileira do açúcar	Quilogramas
EBE	Exportação brasileira do Etanol	Litros
TSC	Taxa Selic	Porcentagem
MCD	Média Mensal da Cotação do Dólar	Reais
ETB	Exportação total brasileira	Milhões de dólares
ITB	Importação total brasileira	Milhões de dólares
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo	Indicador
PIB	Produto Interno Bruto	Milhões de reais

Fonte: autores (2019)

As séries temporais da exportação do açúcar e etanol foram coletados na plataforma online da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica, 2019b). No Brasil, a UNICA é considerada a maior organização que representa o setor de açúcar e etanol no país. Para a coleta dos dados das variáveis macroeconômicas os seguintes sites foram

consultados: Banco Central do Brasil (www.bcb.gov.br) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (www.ipeadata.gov.br).

De acordo com o Quadro 1, a variável EBA representa a exportação brasileira de açúcar em quilogramas e a variável EBE a exportação brasileira de etanol dada em litros. A variável TSC corresponde a taxa Selic, ou seja, é a taxa básica de juros da economia brasileira. Para demonstrar a inflação brasileira a variável IPCA foi escolhida, uma vez que, o mesmo indica a elevação ou diminuição generalizada e persistente no valor dos preços do mercado para o consumidor final.

O Produto Interno Bruto (PIB) corresponde ao total de bens e serviços produzidos pelo país durante um período de tempo. A variável ETB é o valor total da exportação brasileira dado em milhões de dólares, isto é, a quantidade de bens negociados no mercado externo em termos monetários. Por outro lado, a ITB representa a importação total brasileira em milhões de dólares. A variável MCD é a média mensal da cotação do dólar, que corresponde ao valor em termos monetários que o Brasil concorda em negociar sua moeda.

2.2. Etapas

A primeira etapa foi a verificação da estacionariedade por meio dos testes de raízes unitárias. A modelagem VAR pressupõe que as séries analisadas sejam estacionárias, o que garante que as variáveis sejam todas explicadas pelo modelo (Lin & Brannigan, 2003). Os testes utilizados foram: Augmented Dickey & Fuller - ADF (Dickey & Fuller, 1981; Said & Dickey, 1984); Kwiatkowski, Phillips, Schmidt & Shin-KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt & Shin, 1992); e Phillips e Perron - PP (Phillips & Perron, 1988). No caso da verificação de não estacionariedade, as séries são diferenciadas até se tornarem estacionárias (Sa-ngasoongsong et al., 2012).

Posteriormente, usando os critérios Akaike information criterion - AIC (Akaike, 1974), Bayesian Information Criterion - BIC (Schwarz, 1978) e Hannan-Quinn information criterion HQ (Hannan & Quinn, 1979) determinou-se o melhor número de defasagens do modelo. Para estimar o modelo, a informação sobre a quantidade de defasagens é essencial.

Ainda, foi realizado o teste de Causalidade de Granger objetivando a verificação do grau de influência entre as variáveis. Em seguida, o teste de Block Exogeneity foi aplicado com o intuito de classificar e ordenar as variáveis em termos de exogeneidade. Logo, os parâmetros do modelo foram estimados e o modelo Vetor Autorregressivo (VAR) ajustado. Para auxiliar na compreensão da dinâmica entre as variáveis realizou-se a função impulso resposta e a decomposição da variância.

A função impulso resposta analisa o tempo necessário para que a variável de interesse se estabilize após uma variável externa sofrer um impulso – oscilar dois desvios padrões para mais ou para menos (Brooks, 2014). A decomposição da variância verifica qual a porcentagem do erro da previsão é derivada das variáveis endógenas ao longo de n períodos (Bueno, 2012).

Ao final da pesquisa espera-se compreender por meio de modelo autorregressivos vetoriais (VAR) o inter-relacionamento da exportação brasileira de açúcar e etanol com as variáveis macroeconômicas que as influenciam.

O software utilizado para a modelagem dos dados foi o Eviews 9 S.V.

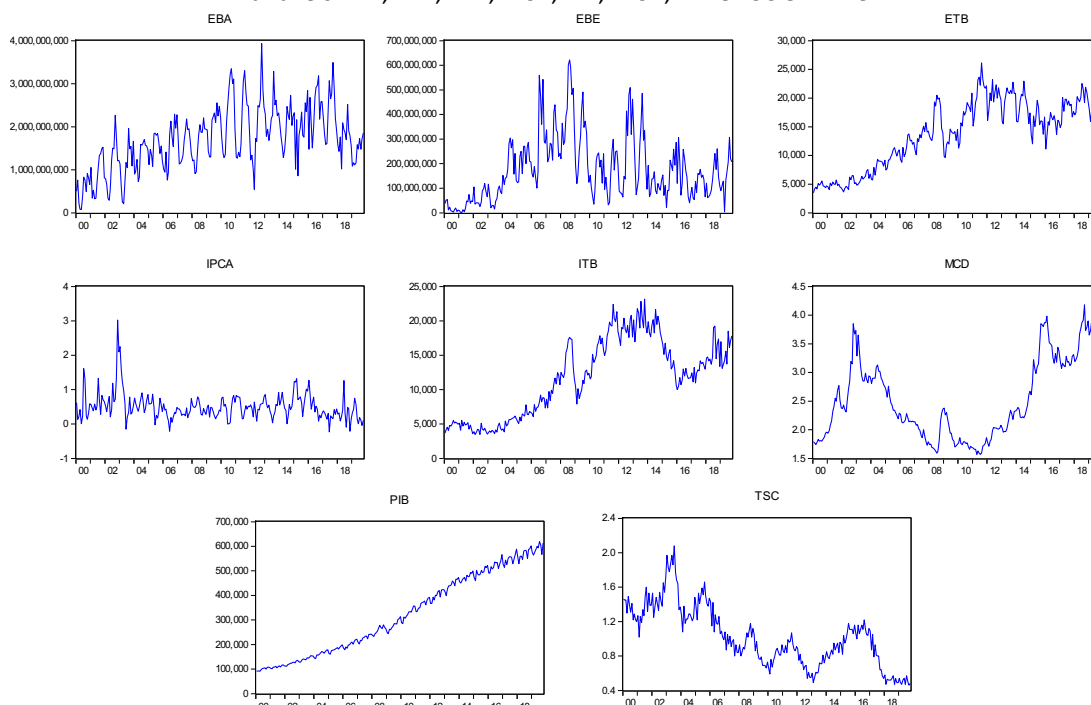
3. Resultados

As séries temporais originais utilizadas nesta pesquisa são apresentadas a seguir na Figura 1: exportação brasileira do açúcar (EBA); exportação brasileira do etanol (EBE), taxa selic (TSC), média mensal da cotação do dólar (MCD), exportação total brasileira (ETB), Importação total brasileira (ITB), índice nacional de preços ao

consumidor amplo (IPCA), produto interno bruto (PIB), todas variáveis com observações de janeiro de 2000 a outubro de 2019.

Figura 1

Variáveis EBA, EBE, ETB, IPCA, ITB, MCD, PIB e TSC em nível



Fonte: autores (2019)

Visualmente, percebe-se pela Figura 1 que as séries originais não são estacionárias. Porém, para corroborar a afirmação de não-estacionariedade, os testes ADF, KPSS e PP foram feitos, obtendo os seguintes resultados (Tabela 1):

Tabela 1

Testes de estacionariedade: ADF, PP e KPSS

Variáveis	ADF (t-stat)			PP (t-stat)		KPSS (LM-stat)	
	d=0	d=1	d=2	d=0	d=1	d=0	d=1
EBE	-5,021	-	-	-5,021	-	0,366	0,045
EBA	-0,825	-12,126	-	-6,312	-	0,358	0,028
ETB	-1,821	-3,779	-	-4,070	-	0,361	0,049
ITB	-2,384	-2820	-10,571	-2,608	-23,225	0,319	0,068
IPCA	-4,090	-	-	-3,694	-	0,334	0,019
PIB	-2,423	-3,068	-13,913	-4,369	-	0,376	0,110
MCD	-1,225	-15,215	-	-1,479	-15,320	0,378	0,084
TSC	-2,643	-4,774	-	-4,007	-	0,156	0,059

$\alpha = 0,05$; ADF (t-stat) valor crítico = -3,430; PP(t-stat) valor crítico = -3,428; KPSS(LM-stat) valor crítico = 0,146.

Fonte: autores (2019)

Conforme a Tabela 1, a um nível de 5% de significância apenas a série EBE é estacionária em nível, porém, EBA, ETB, ITB, IPCA, PIB, MCD e TSC só serão estacionárias após a aplicação de uma diferença na série.

Posteriormente, a verificação da relação entre as variáveis analisadas foi feita pelo teste de Causalidade de Granger (Tabela 2).

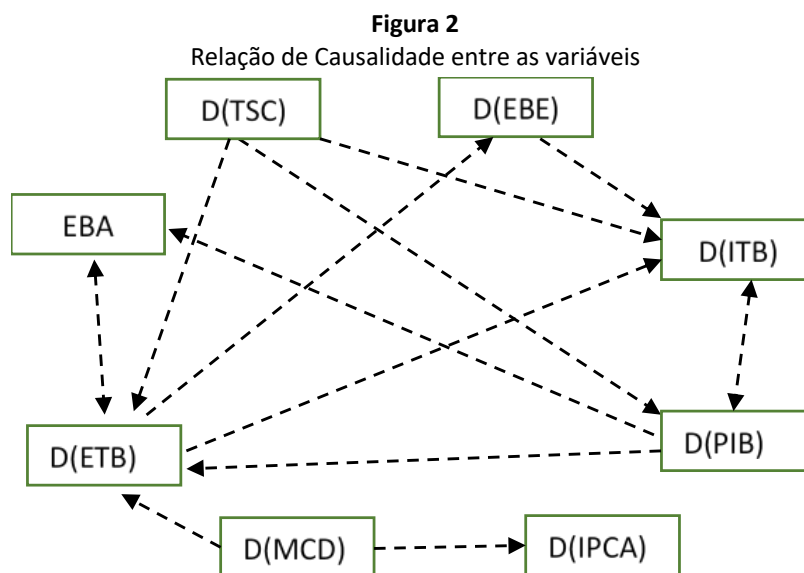
Tabela 2
Teste de Causalidade de Granger

Causalidade de Granger	F-stat	p-valor (<0,05)
$\Delta(TSC) \rightarrow \Delta(PIB)$	18,2879	0,0001
$\Delta(TSC) \rightarrow \Delta(ETB)$	16,3568	0,0001
$\Delta(MCD) \rightarrow \Delta(IPCA)$	15,7016	0,0001
$\Delta(ETB) \rightarrow \Delta(ITB)$	9,2440	0,0001
$\Delta(TSC) \rightarrow \Delta(ITB)$	9,1200	0,0002
$EBA \leftrightarrow \Delta(ETB)$	7,4378	0.0007
$D(ETB) \rightarrow D(EBE)$	7,1612	0,0010
$D(PIB) \rightarrow D(ETB)$	5,0736	0,0070
$D(PIB) \leftrightarrow D(ITB)$	4,1547	0,0169
$D(PIB) \rightarrow EBA$	4,0527	0,0186
$D(MCD) \rightarrow D(ETB)$	3,777	0,0243
$D(EBE) \rightarrow D(ITB)$	3,2457	0,0407

O símbolo \rightarrow indica causalidade unidirecional; O símbolo \leftrightarrow indica causalidade bidirecional. H0: série "X" não causa série "Y" no sentido de Granger; H1: série "X" causa série "Y" no sentido de Granger; $\alpha = 0,05$.

Fonte: autores (2019)

De acordo com a Tabela 2, existem duas relações de causalidade bidirecional a 5% de significância, entre EBA e ETB, PIB e ITB, as demais relações são unidirecionais. A Figura 2 foi elaborada a fim de facilitar a visualização da relação entre as variáveis do estudo.



Fonte: autores (2019)

Pode-se notar que todas as variáveis são correlacionadas, possibilitando a elaboração de um modelo VAR. Sendo assim, foi aplicada a primeira diferença nas séries EBA, ETB, ITB, IPCA, PIB, MCD e TSC e em seguida, determinou-se a ordem do modelo VAR por meio dos critérios de informação AIC, BIC e HQ (Tabela 3).

Tabela 3
Seleção de ordem do modelo VAR

Lag	AIC	BIC	HQ
1	54.77	55.31*	54.99
2	54.57	55.56	54.97
3	54.19	55.63	54.77*
4	54.03	55.93	54.80
5	53.85	56.19	54.80
6	53.82*	56.61	54.95

* representa a melhor ordem de defasagem selecionada pelo modelo; AIC - Akaike information criterion; BIC - Bayesian Information Criterion; e HQ - Hannan-Quinn information criterion.

Fonte: autores (2019)

Conforme verificado na Tabela 3, de acordo com o critério AIC deve-se considerar seis defasagens, no entanto, os critérios BIC e HQ apontaram que apenas uma defasagem é o ideal. Optou-se pelo resultado da maioria dos testes, ou seja, foi adotado 1 defasagem para todas as variáveis do modelo. Em seguida, realizou-se o Block Exogeneity Test, a fim de classificar e ordenar as variáveis em termos de exogeneidade (Tabela 4)

Tabela 4
Block Exogeneity Test

Variáveis	Chi-Square (X^2)	p-valor
TSC	28,3152	0,0001
MCD	23,6789	0,0001
ETB	20,8293	0,0001
ITB	8,2670	0,0040
EBA	6,2357	0,0125
IPCA	4,7440	0,0294
EBE	2,7680	0,0962
PIB	1,1766	0,2780

Fonte: autores (2019)

Na Tabela 4 as variáveis foram ordenadas em termo de exogeneidade, das mais exógenas para as menos exógenas, evidenciando que a variável mais exógena é a TSC. Com as variáveis ordenadas por exogeneidade, estimou-se os parâmetros do modelo e realizou-se o ajuste do modelo VAR (1). Nas equações 1 e 2 estão apresentadas as relações de curto prazo entre as variáveis macroeconômicas e a exportação brasileira de açúcar e álcool, respectivamente.

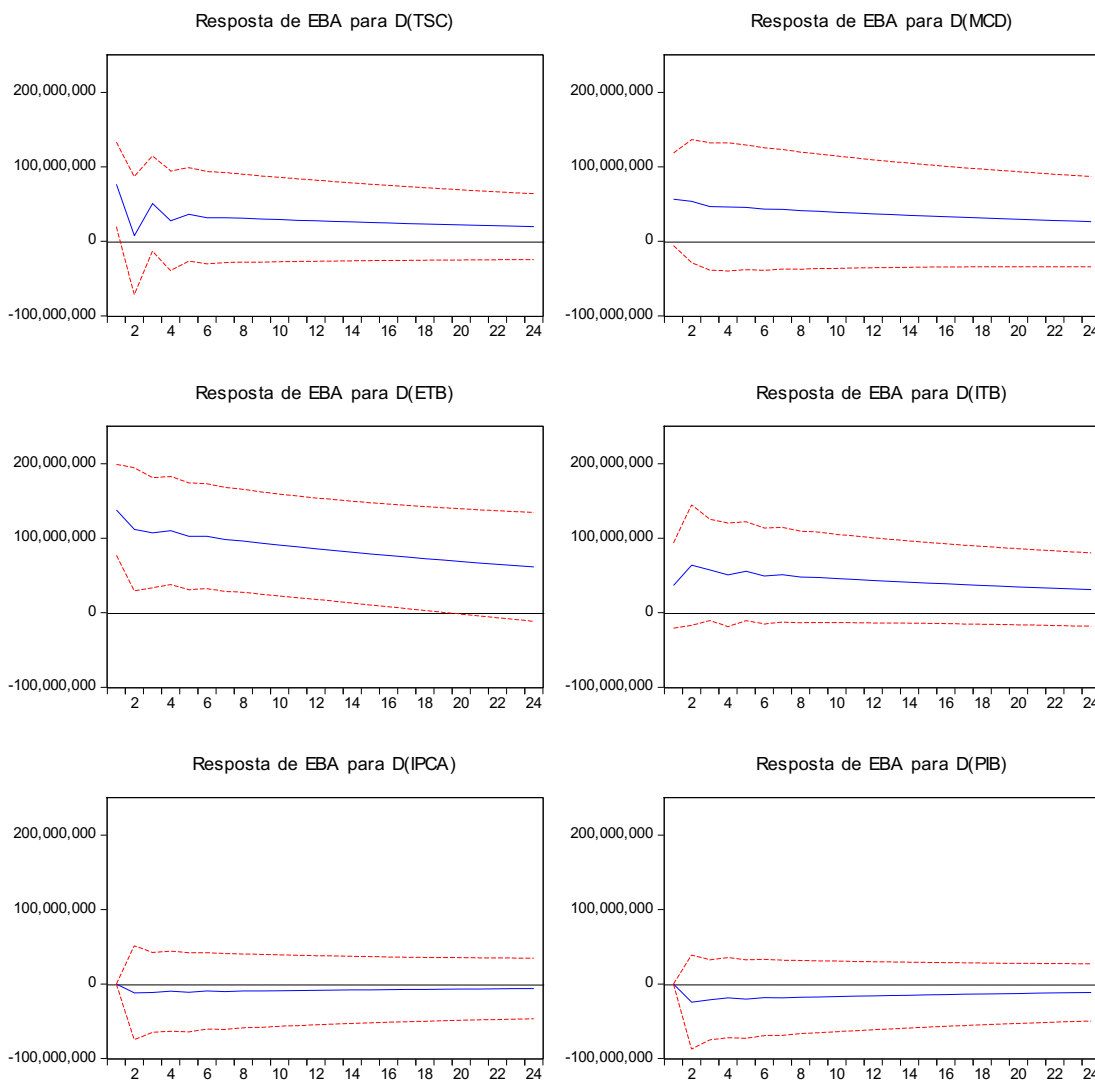
$$EBA = - 6,22.10^8.TSC_{t-1} + 2,76.10^7.MCD_{t-1} - 1,85.10^4.ETB_{t-1} + 3,05.10^4.ITB_{t-1} + 0,97.EBA_{t-1} - 4,04.10^7.IPCA_{t-1} + 0,03.EBE_{t-1} - 2,42.10^3.PIB_{t-1} \quad (1)$$

$$\Delta EBE = - 8,43.10^7.TSC_{t-1} + 4,48.10^7.MCD_{t-1} + 2,35.10^3.ETB_{t-1} + 6,26.10^3.ITB_{t-1} - 2,24.10^3.EBA_{t-1} - 3,86.10^6.IPCA_{t-1} - 0,21.EBE_{t-1} - 80,02.PIB_{t-1} \quad (2)$$

Após estimado o modelo VAR investigou-se a dinâmica entre as variáveis por meio da função impulso resposta e decomposição da variância. A Figura 3 representa a resposta de EBA após ocorrência de uma perturbação (2 desvios padrões) em uma das variáveis macroeconômicas no intervalo de 24 períodos, ou seja, 2 anos

Figura 3

Resposta do EBA para os choques de $2\sigma \pm$ em TSC, MCD, ETB, ITB, IPCA e PIB

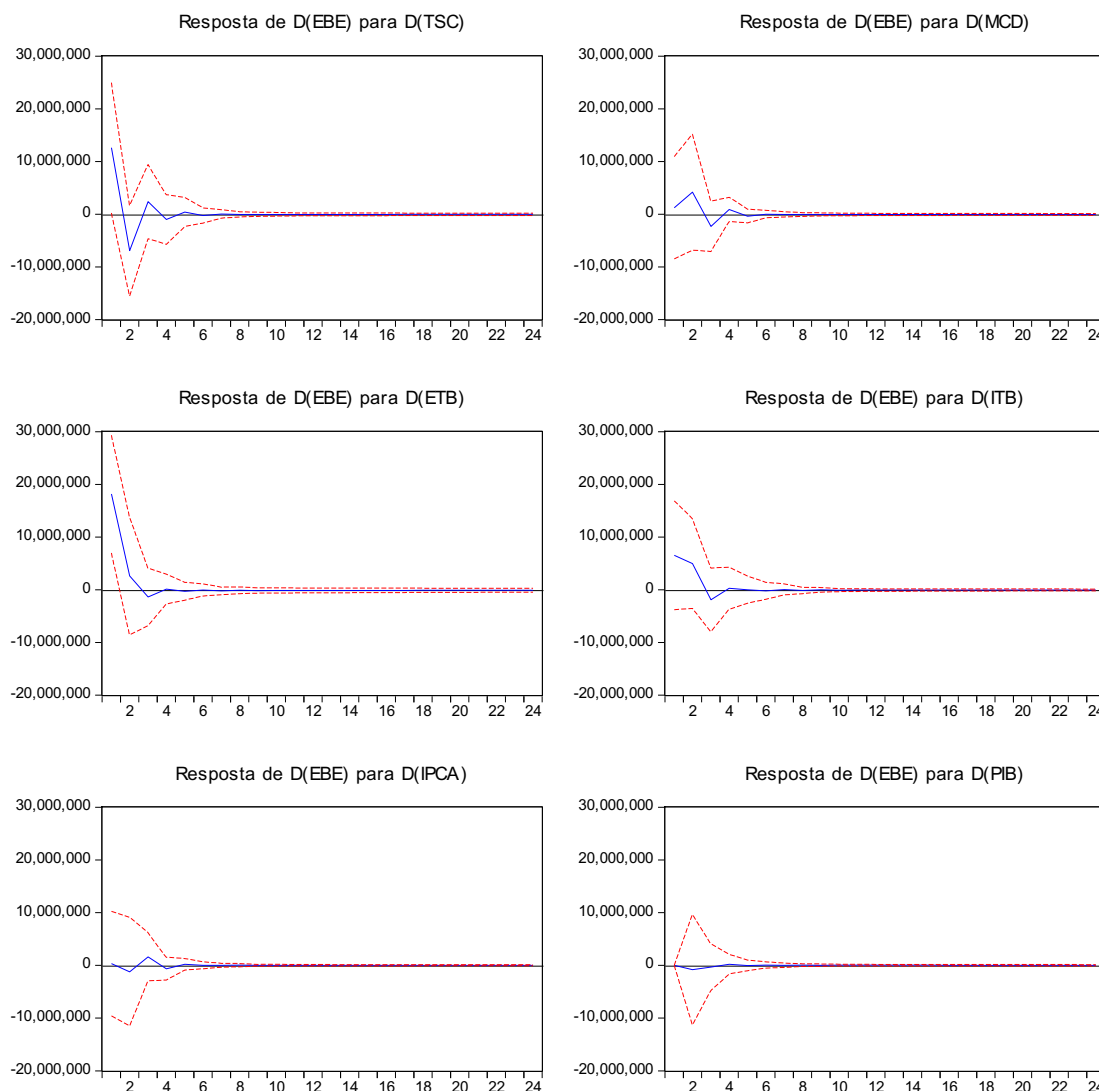


Fonte: autores (2019)

A Figura 4 representa a resposta de EBE após ocorrência de uma perturbação (2 desvios padrões) em uma das variáveis macroeconômicas no intervalo de 24 períodos, ou seja, 2 anos.

Figura 4

Resposta do EBE para os choques de $2\sigma \pm$ em TSC, MCD, ETB, ITB, IPCA e PIB



Fonte: autores (2019)

Pelas Figuras 3 e 4 pode-se notar que um estímulo externo de dois desvios padrões na variável de inovação é refletida nas variáveis de interesse. Por meio dos gráficos da Figura 3 percebe-se que a variável EBA oscila nos primeiros quatro períodos e se estabiliza a partir do quinto período em resposta as alterações ocorridas em TSC. A variável EBA demora cerca de 2 a 3 períodos para se estabilizar após as perturbações ocorridas em MCD, ETB, ITB e IPCA.

Nos gráficos da Figura 4, observa-se que a variável EBE oscila nos primeiros períodos em decorrência das perturbações ocorridas em TSC, MCD, ETB, ITB e IPCA, estabilizando-se no 4° ou 5° mês. A variável EBE necessita de 2 períodos para se estabilizar frente as perturbações ocorridas no PIB.

Os resultados da análise de decomposição da variância em relação à exportação de açúcar (EBA) para 24 períodos é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5
Decomposição da variância da variável EBA

Período	TSC	MCD	ETB	ITB	EBA	IPCA	EBE	PIB
1	2,80	1,53	9,12	0,64	85,91	0,00	0,00	0,00
6	1,08	1,34	7,11	1,57	88,63	0,05	0,02	0,20
12	0,92	1,30	6,94	1,63	88,92	0,06	0,02	0,21
18	0,86	1,29	6,88	1,65	89,02	0,06	0,02	0,22
24	0,84	1,28	6,86	1,66	89,06	0,06	0,02	0,22

Fonte: autores (2019)

A análise de decomposição da variância foi realizada também em relação à exportação brasileira de etanol (EBE) para 24 períodos, conforme a Tabela 6.

Tabela 6
Decomposição da variância da variável EBE.

Período	TSC	MCD	ETB	ITB	EBA	IPCA	EBE	PIB
1	2,48	0,02	5,16	0,67	9,36	0,00	82,31	0,00
6	3,15	0,37	4,98	1,04	9,37	0,07	81,01	0,01
12	3,15	0,37	4,98	1,04	9,40	0,07	80,98	0,01
18	3,15	0,37	4,98	1,04	9,42	0,07	80,96	0,01
24	3,15	0,37	4,98	1,04	9,43	0,07	80,95	0,01

Fonte: autores (2019)

De acordo com a Tabela 5, no primeiro período, a variação de EBA é explicada pela própria variável em 85,91% e 9,12% por ETB. Porém, no vigésimo quarto período, ou seja, em 2 anos, a variação de EBA é explicada em 89,06% pela própria variável, 6,86% por ETB, 1,66% por ITB, 1,28% por MCD, 0,84% por TSC, 0,22% pelo PIB, 0,06% pelo IPCA, 0,02% pelo EBE.

No entanto, conforme apresentado na Tabela 6, no primeiro período, a variação de EBE é explicada pela própria variável em 82,31% e 9,36% por EBA. Após 2 anos (24 períodos), o EBE é explicado em 80,95% por ele mesmo, sendo influenciado pelo EBA (9,43%), ETB (4,98%), TSC (3,15%), ITB (1,04%), MCD (0,37%), IPCA (0,07%) e PIB (0,01%).

Pode-se perceber que a exportação brasileira de açúcar é fortemente influenciada ao longo do tempo pela exportação brasileira do etanol, ou seja, caso as usinas estejam focadas na produção e exportação de etanol, a comercialização do açúcar fora do país tende a diminuir. As variáveis macroeconômicas que mais influenciam a exportação do açúcar é a própria exportação e importação total brasileira. Sendo assim, a exportação do açúcar está associada principalmente a estabilidade econômica e a relação de diplomacia do Brasil com os demais países que compram este tipo de produto.

4. Conclusões

O presente estudo investigou o inter-relacionamento das variáveis de interesse, açúcar e etanol, diante das variáveis macroeconômicas taxa selic, média mensal da cotação do dólar, exportação e importação total brasileira, índice nacional de preços ao consumidor amplo e produto interno bruto, no período de janeiro de 2000 a outubro de 2019. A análise foi realizada utilizando o modelo de vetores autorregressivos (VAR).

De acordo com a pesquisa, existe relação significativa entre os fatores macroeconômicos e as variáveis de interesse. Ressalta-se que as variáveis macroeconômicas que mais influenciaram a exportação brasileira do açúcar foram a exportação e importação desse produto, já que percebeu-se que a variável EBA demora dois períodos para se estabilizar após as perturbações ocorridas na média mensal da cotação do dólar, exportação total brasileira, importação total brasileira e índice nacional de preços ao consumidor amplo. Além de que a exportação brasileira de açúcar é vigorosamente influenciada ao longo do tempo pela exportação brasileira do

etanol, ou seja, caso as usinas estejam concentradas na produção e exportação de etanol, a comercialização do açúcar fora do país tende a decrescer.

Assim, foi respondido a pergunta de pesquisa mencionada na parte introdutória do artigo, já que a inter-relação entre as variáveis de interesse com as variáveis macroeconômicas, foi dada a partir da utilização do modelo de vetores autorregressivos (VAR) e com isso se tem subsídios para a tomada de decisões estratégicas nos setores em questão.

O estudo apresentou algumas limitações, que poderão ser consideradas em estudos futuros, como por exemplo, aumentar o período de análises, utilizar outras técnicas de previsões e relacionar outras variáveis macroeconômicas.

Referências bibliográficas

- Akaike, H. (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic.* 19(6), 716-723.
- BCB. (2019). Retrieved dezembro 8, 2019, from Banco Central do Brasil: <https://www.bcb.gov.br/>
- Brooks, C. (2014). *Introductory Econometrics for Finance* (3 ed.). New York: Cambridge University Press.
- Bueno, R. d. (2012). *Econometria de séries temporais* (2 ed.). São Paulo: Cengage Learning.
- Carvalho, J., Gwartney, J., Stroup, R., & Sobel, R. (2008). *Fundamentos de Economia: Macroeconomia* (Vol. 1). São Paulo: Cengage Learning.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Franco, F., Neto, O., & Machado, W. (2018). *2000/2018 - Evolução da produção e venda de Etanol no Brasil*. Retrieved dezembro 19, 2019, from <https://www.agrolink.com.br/>
- Hannan, E., & Quinn, B. (1979). The determination of the order of an autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society*, 41(2), 190-195.
- IPEA. (2019). Retrieved Dezembro 8, 2019, from Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: <http://www.ipeadata.gov.br/>
- Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Lin, Z., & Brannigan, A. (2003). Advances in the analysis of non-stationary time series: An illustration of cointegration and error correction methods in research on crime and immigration. *Quality and Quantity*, 37(2), 151-168.
- Mazzuchetti, R., & Schneider, M. (2017). O comércio internacional da commodity açúcar no século XXI: Principais aspectos políticos. *Espacios*, 38(21), 30-37.
- NOVACANA. (2019). *As projeções de produção de cana, açúcar e etanol para a safra 2023/24 da Fiesp/MB Agro*. Retrieved dezembro 8, 2019, from <https://www.novacana.com>
- Phillips, P., & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

- Piacente, F., Cillos, V., & Biaggi, D. (2015). Produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar: estudo de prospecção de patentes. *Espacios*, 36(23), 16-26.
- Ribeiro, F., Teleginski, J., Souza, J., & Gugelmin, R. (2010). A evolução do Produto Interno Bruto brasileiro entre 1993 e 2009. *Vitrine da Conjuntura*, 3(5).
- Said, S., & Dickey, D. (1984). Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*, 71(3), 599-607.
- Sa-ngasoongsong, A., Bukkapatnam, S., Kim, J., Iyer, P., & Suresh, R. (2012). Multi-step sales forecasting in automotive industry based on structural relationship identification. *International Journal of Production Economics*, 140(2), 875–887.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimensional of a model. *Annals of Statistics*, 6(2), 461-464.
- Simões, J., Chaves, M., Correia-Silva, D., Silva, E., & Oliveira, C. (2017). A demanda mundial pelo minério de ferro amazônico. *Espacios*, 38(36), 20-31.
- UNICA. (2019a). Retrieved dezembro 18, 2019, from União da Indústria de Cana-de-Açúcar: <https://www.unica.com.br/setor-sucroenergetico/acucar>
- UNICA. (2019b). Retrieved dezembro 8, 2019, from União da Indústria de Cana-de-Açúcar: <https://www.unica.com.br/>