

EFEITO DE CRISES INTERNACIONAIS NA PREVISÃO DOS PREÇOS DE EXPORTAÇÃO DA CELULOSE BRASILEIRA, DE 1997 A 2021¹

Mateus Monteiro Piedade Lyrio²

Naisy Silva Soares³

RESUMO: O presente trabalho analisou e estimou os efeitos das crises internacionais na previsão dos preços de exportação da celulose brasileira, de 1997 a 2021, por meio de um modelo de análise de intervenção. Os resultados indicaram que o melhor modelo de intervenção estimado foi o ARIMA (12,1,12), mas nenhum dos eventos investigados exerceu efeito permanente e significativo sobre a série temporal.

Palavras-chave: Modelo ARIMA, séries temporais, análise de intervenção, econometria.

THE INTERNATIONAL CRISES EFFECTS ON THE BRAZILIAN WOOD PULP EXPORT PRICES FORECAST, FROM 1997 TO 2021

ABSTRACT: The present work analyzed and estimated the international crises effects on the of Brazilian wood pulp export prices forecast, from 1997 to 2021, through an intervention analysis model. The results indicated that the best intervention model estimated was ARIMA (12,1,12), but none of the investigated events had a permanent and significant effect on the time series.

Key-words: ARIMA model, time series, intervention analysis, econometrics.

JEL classification: C1.

1 - INTRODUÇÃO

A integração econômica de vários países ocorrida ao longo dos anos contribuiu para o desenvolvimento e intensificação do comércio internacional, bem como para que as fases de expansão ou recessão econômica de um país ou região influenciasse a economia de outros países e o mercado internacional (Ribeiro; Poeschi, 2013; Viana, 2019; Gomes, 2020).

Os efeitos dos ciclos econômicos são vivenciados de formas distintas pelas economias e não existe um instrumento que seja capaz de prever a incidência de uma fase de expansão ou recessão econômica.

Nesse ponto, também é importante frisar que os efeitos também serão sentidos de forma distinta nos diferentes segmentos de uma economia, uma vez que os processos de inserção no fluxo de comércio internacional também ocorrem de maneira diferente.

Uma vez que o Brasil se insere no mercado internacional, não somente a prática de políticas governamentais nacionais destinadas ao segmento, a manutenção dos níveis de investimento privado, aplicação e desenvolvimento de novas tecnologias e até mesmo fatores naturais como clima e características do solo podem propiciar ganhos de competitividade, mas também passa a ter como condicionantes o com-

¹Registrado no CCTC, REA-04/2022. Os autores agradecem a colaboração de Márcio Lopes da Silva, professor da UFV, campus Viçosa.

²Economista, Mestre, UESC, campus Soane Nazaré de Andrade, Ilhéus, BA (e-mail: mateus_monteiro123@hotmail.com).

³Economista, Doutora, UESC, campus Soane Nazaré de Andrade, Ilhéus, BA (e-mail: naisysilva@yahoo.com.br).

portamento socioeconômico e político de seus principais compradores mundiais.

Nesse sentido, o comércio internacional dos diferentes setores se mostra volátil, assim como o desempenho econômico de diferentes países. Além disso, a política externa e a incidência de uma crise internacional se mostram capazes de mudar de forma abrupta o comércio entre as nações. Em outras palavras, o desempenho produtivo e comercial dos mercados passa a ser influenciado não somente por fatores econômicos internos como política econômica e mercado, mas, também por políticas comerciais entre países, política cambial, crises internacionais e formação de blocos econômicos (Krugman; Obstfeld; Melitz, 2015).

Para o mercado brasileiro de celulose, foco do presente trabalho, o processo de inserção no comércio internacional se mostra consolidado, mas a globalização dos mercados e a integração econômica representam um desafio a ser enfrentado para a manutenção do Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais da commodity.

Assim, a consolidação do segmento de celulose brasileiro como atividade exportadora, embora favoreça a balança comercial do país e gere emprego e renda, também propicia maior vulnerabilidade frente aos ciclos econômicos no cenário mundial em relação às variações nos preços dessa *commodity*, bem como nas exportações, produção e consumo.

Nesse sentido, acredita-se que crises em diferentes países influenciam o comportamento dos mercados no comércio internacional da celulose brasileira e, conseqüentemente, os preços de exportação que são importantes para os exportadores, uma vez que podem definir a margem de lucro tanto no mercado interno quanto no mercado externo.

No caso do mercado brasileiro de celulose, podem-se citar o conflito armado no Iraque em 2003, a crise econômica iniciada nos Estados Unidos a partir de 2008 (*Subprime*) e a Pandemia de Covid-19 que começou em 2020, como os que mais influenciaram as exportações nacionais da referida *commodity*, e por consequência os preços de exportação (Averbug; Giambiagi, 2000; Brito, 2007; Krugman; Obstfeld; Melitz, 2015; IPEA, 2020). Assim, torna-se relevante

quantificar os efeitos dessas crises internacionais nos preços de exportação da celulose brasileira para obter previsões exatas sobre estes.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi analisar e estimar os efeitos das crises internacionais na previsão dos preços de exportação da celulose brasileira, de 1997 a 2021. Especificamente, analisou-se o comportamento dos preços das exportações brasileiras de celulose, de 1997 a 2021; e se estimou um modelo econométrico de previsão do preço das exportações da celulose brasileira com e sem intervenção, comparando os modelos estimados.

Trabalhos nesse sentido são importantes para produtores, empresas e governo no que diz respeito à análise do mercado brasileiro de celulose, bem como para tomada de decisão de investimento, planejamento da produção e comercialização, e também, para formulação de políticas públicas para um maior desenvolvimento do segmento de celulose e papel nacional.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Comportamento dos Preços das Exportações Brasileiras de Celulose

A análise do comportamento dos preços de exportação da celulose brasileira foi realizada por análise gráfica inicialmente e, posteriormente, pela taxa geométrica de crescimento, conforme descrito a seguir (Gujarati, 2000).

Para calcular a regressão linear foi utilizado o método dos mínimos quadrados que busca utilizar como estimativa dos parâmetros valores que minimizam a soma dos quadrados dos desvios (Hoffmann, 2016) (Equação 1):

$$Z = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n [Y_i - (a + bX_i)]^2 \quad (1)$$

A função (1) será mínima quando suas derivadas parciais, em relação a a e b forem nulas, e a segunda derivada em relação às estimativas forem posi-

tivas. As estimativas encontradas devem ser tais que a soma de seus resíduos elevados ao quadrado seja mínima (Biage, 2012).

Assim, a função de regressão para os preços de exportação da celulose brasileiras, entre 1997 e 2020, é descrita na equação 2:

$$\text{Log } Y_t = \beta_1 + \beta_2 T \quad (2)$$

Onde:

Y = preço de exportação de celulose no tempo t ;

T = tempo;

β_1 = coeficiente linear da reta de tendência; e

β_2 = coeficiente angular da reta de tendência.

A Taxa de Crescimento percentual em Y foi obtida pela fórmula (3):

$$\text{AntLog}\beta_2 = 1 + TGC, \text{ sendo } TGC = \frac{(\text{AntLog} - 1) \times 100}{T} \quad (3)$$

Foi aplicado o teste estatístico abordado por Viana e Souza (2007). Sendo valores do coeficiente angular (β_2) significativamente diferentes de zero a um nível de 95% de significância, pelo teste t-student, existe tendência nas exportações brasileiras de celulose (Viana; Souza, 2007).

Ressalta-se que a taxa geométrica de crescimento mensal dos preços de exportação da celulose brasileira foi estimada para os períodos a seguir, no sentido de verificar os efeitos das crises econômicas em cada um destes e fazer um paralelo com o período anterior às crises:

- Jan./1997 a dez./2021 – compreende todo o período de estudo;
- Jan./1997 a dez./2002 – período anterior às crises analisadas;
- Jan./2003 a dez./2009 – período em que ocorrem a invasão ao Iraque e a Crise *Subprime*.
- Jan./2010 a dez./2015 – período da Crise do Euro;

- Jan./2016 a dez./2021 – período da pandemia de covid-19.

2.2 - Modelo Econométrico de Previsão do Preço de Exportação da Celulose Brasileira

Para quantificar os efeitos de acontecimentos internacionais nos preços de exportações da celulose brasileira foi estimado e analisado o modelo de análise de intervenção.

A escolha pelo modelo de intervenção se justifica pela possibilidade de avaliar o impacto de eventos, para o presente trabalho as crises internacionais, sob o comportamento da série temporal dos preços de exportação da celulose brasileira. Ao se dedicar à análise de causalidade, a construção de um modelo de intervenção se mostra relevante por levar em consideração fatores como tendência, sazonalidade e erro aleatório que não são incluídos em outros modelos de análise (Morettin; Toloi, 2006).

A análise de intervenção é resultado da inclusão de acontecimentos excepcionais ao modelo Box e Jenkins (1970) por meio de variáveis dummy (Souza; Campos; Lima, 2007). Entende-se como intervenção o acontecimento de determinado evento em um instante de tempo T , conhecido a priori. Podendo ser manifestada em um período de tempo subsequente e que exerce um efeito temporário ou permanente (Morettin; Toloi, 2006).

Tratando-se de um modelo com múltiplas intervenções, levando em consideração a Invasão ao Iraque em 2003, a Crise *Subprime* em 2008 e a pandemia de covid-19 em 2020, tem-se um modelo descrito na equação 4:

$$Z_t = \sum_{j=1}^k v_j(B)X_{j,t} + N_t \quad (4)$$

Onde:

$X_{j,t}$, $j = 1, 2, \dots, k$, referem-se às variáveis de intervenção de função degrau ou impulso;

$v_j(B), j = 1, \dots, k$, refere-se a funções racionais da forma $\frac{w_j(B)B^{b_j}}{\delta_j(B)}$, em que $w_j(B) = w_{j,0} - w_{j,1}B - \dots - w_{j,1}B^\delta$ e $\delta(B) = 1 - \delta_{j,1}B - \dots - \delta_{j,r}B^\delta$ são polinômios em B , b_j é a defasagem no tempo para o início do efeito da j -ésima intervenção; e N_t = série temporal livre do efeito das intervenções, denominando-se de série residual.

A série residual (N_t) corresponde a um modelo de média móvel autorregressiva integrada - ARIMA (p, d, q) (Souza; Campos; Lima, 2007; Moretlin; Toloi, 2006).

Com a metodologia apresentada por Box e Jenkins (1970) são ajustados modelos auto regressivos integrados de média móveis - ARIMA (p, d, q) a um determinado conjunto de dados. A notação ARIMA (p, d, q) é usual para descrever o modelo Autorregressivo Integrado de Médias Móveis onde (p, d, q) denotam a ordem do modelo. Um modelo expresso por ARIMA (1, 2, 0) demonstra ser de ordem 1 para o componente AR, ordem 2 para o componente I e 0 para o componente MA (Souza; Campos; Lima, 2007).

As intervenções ($X_{j,t}$) podem ser descritas em dois tipos de variáveis binárias (Moretlin; Toloi, 2006):

a) Função degrau (*step function*), onde o efeito da intervenção é permanente após o tempo T :

$$X_{j,t} = S_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t < T, \\ 1, & t \geq T; \end{cases}$$

b) Função impulso (*pulse*), onde o efeito é temporário:

$$X_{j,t} = I_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t \neq T, \\ 1, & t = T; \end{cases}$$

Conforme já descrito, a análise do presente trabalho centra-se no efeito dos acontecimentos internacionais sob o volume das exportações brasileiras de celulose, identificando três intervenções resultantes

de acontecimentos internacionais, podendo ser apresentado por (equação 5):

$$EXP_C = \frac{W_1(B)}{\delta_1(B)} I_{1,t} + \frac{W_2(B)}{\delta_2(B)} I_{2,t} + \frac{W_3(B)}{\delta_3(B)} I_{3,t} + N_t \quad (5)$$

Onde:

EXP_C = variável genérica que representa o preço de exportação, em US\$/FOB;

$I_{1,t}$ = invasão ao Iraque a partir de março 2003

$I_{2,t}$ = Crise *Subprime* a partir de setembro 2008

$I_{3,t}$ = pandemia de covid-19 a partir de março de 2020

No processo de avaliação estatística dos modelos foi levado em consideração os resultados obtidos por: raiz do erro de previsão quadrático médio, que demonstra a acurácia dos resultados, tendo como vantagem a apresentação de valores do erro na mesma ordem de grandeza da variável investigada (Hallak; Pereira Filho, 2011); Coeficiente de desigualdade de Theil, cujos valores mais próximos de 0 significa que o erro de previsão é menor que da previsão ingênua (Makridakis; Wheelwright; Hyndman, 1998); proporção de tendenciosidade, variância e de covariância que explicam a direção dos valores estimado em relação ao valores observados da série (Neves, 2018).

2.3 - Fonte de Dados

O presente trabalho utilizou dados secundários e mensais disponibilizado no COMEX Stat do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviço acerca do preço de exportação (valor exportado/quantidade exportada) da celulose brasileira, em US\$/FOB, entre 1997 e 2021.

Os dados foram tabulados com o auxílio do software Excel e o modelo econométrico foi executado por meio do software E-views.

A opção pelo intervalo entre 1997 e 2021 se

deu em virtude da disponibilidade dos dados, consolidação do segmento de celulose como atividade exportadora, estabilização da economia brasileira a partir do Plano Real e período de ocorrência das crises analisadas no presente trabalho.

3 – RESULTADOS

3.1 – Comportamento dos Preços de Exportação da Celulose Brasileira

Ao analisar o preço de exportação da celulose brasileira nota-se uma tendência de crescimento e oscilações, de janeiro de 1997 a dezembro de 2021. Neste período o preço médio mensal de exportação observado foi de US\$444/tonelada. Essa variação do preço

de exportação da celulose pode ser um indicio de eventuais choques exógenos (Figura 1).

Na tabela 1, estão expostos os resultados referentes à taxa geométrica de crescimento (TGC) dos preços de exportação da celulose brasileira, em % ao mês.

Verifica-se na tabela 1 que o preço de exportação apresentou TGC negativa na maioria dos períodos analisados e foi não significativo de janeiro de 1997 a dezembro de 2002, período anterior às crises analisadas. Ressalta-se que entre 1997 a 2002 a maior parte da produção nacional de celulose era consumida no mercado interno. Em média, 40,1% da produção anual foi exportada nesse intervalo, sendo o ano de 2000 o período onde o volume exportado decresceu 3,2% (FAO, 2021). Isso pode explicar os resultados das TGC estimadas desse período.

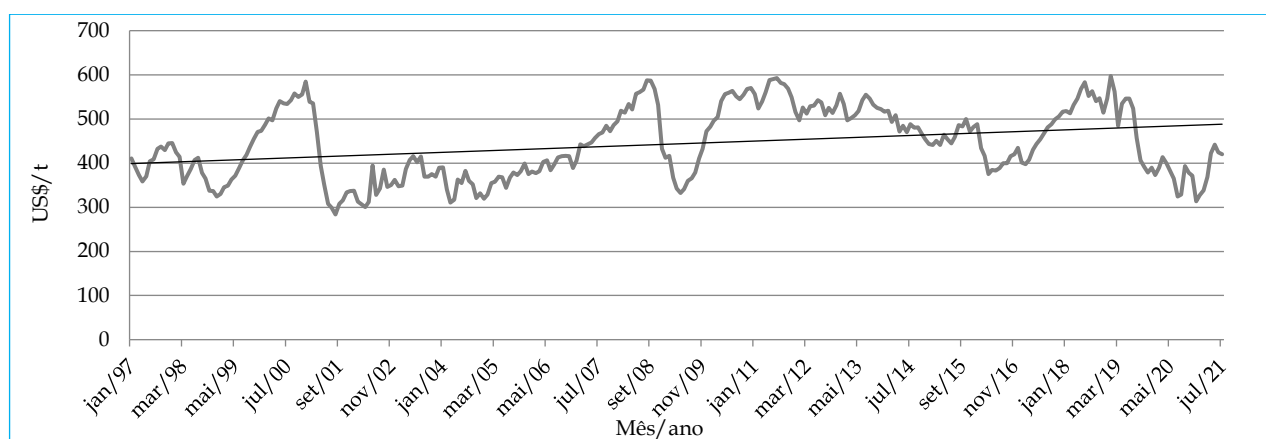


Figura 1 – Comportamento do preço de exportações da celulose brasileira, janeiro de 1997 a dezembro de 2021.

Fonte: Brasil (2021).

Tabela 1 – Taxa Geométrica de Crescimento (TGC) dos preços de exportação da celulose brasileira (% ao mês)

Períodos	Crise	TGC
Jan./1997 a dez./2021	Todo o período analisado	0,06812 ¹
Jan./1997 a dez./2002	Período anterior às crises analisadas	-0,1624ns ²
Jan./2003 a dez./2009	Invasão ao Iraque/ <i>Subprime</i>	0,3417 ¹
Jan./2010 a dez./2015	Zona do Euro	-0,2756 ¹
Jan./2016 a dez./2021	Pandemia covid	-0,1817 ³

¹1% probabilidade.

²Ns = não significativo.

³5% probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre janeiro de 2003 e dezembro de 2009 a TGC do preço de exportação foi positiva e a maior de todos os períodos analisados. Deste modo, a Invasão ao Iraque e a crise *Subprime* parecem não ter prejudicado os preços de exportação da celulose brasileira, no período em questão. Mais especificamente, em 2003 o Brasil exportou 4,5 milhões de toneladas de celulose, volume 33,6% maior que o ano de 2002, sendo o principal destino das exportações: Estados Unidos (21%); China (12,9%); Holanda (8,7%); Bélgica (7,7%); e Itália (7,2%). Destaca-se o crescimento das exportações para Holanda que saltou de 635 toneladas 2002 para 551 mil toneladas, bem como para a China, que aumento de 396 mil toneladas em 2002 para 816 mil toneladas em 2003 (MCDIC, 2022), o que pode ter impactado o crescimento significativo dos preços de exportação da celulose brasileira.

Esse aumento das exportações da *commodity* a partir de 2003 coincide com o período em que os Estados Unidos, grande produtor mundial de celulose, intensifica sua política antiterrorismo em resposta ao atentado terrorista do 11 de setembro, destacando dentre ações dessa política a invasão ao Iraque em março de 2003. A mudança de pauta do governo Norte Americano pode ter exercido mudança no comércio mundial da *commodity*, fazendo com o que novos players, a exemplo o Brasil, pudesse ter maior atuação na comercialização de celulose. Este fato também pode explicar a TGC do período considerado.

Essa trajetória de crescimento desacelerou a partir de 2007, ano em que são sentidos os primeiros efeitos da Crise *Subprime* iniciada nos Estados Unidos. No entanto, nos anos seguintes as exportações aceleram com um crescimento de 9,6% em 2008 e expressivos 19,2% em 2009.

De 2010 a 2015, período de crise na Zona do Euro, o volume das exportações brasileiras de celulose apresentou uma taxa de crescimento de 0,55% ao mês e o valor 0,28% ao mês, segunda maior taxa de crescimento observado nos períodos considerados, o que pode ser devido à formação dos BRICS, que impulsionou as exportações brasileiras principalmente para a China, conforme observou Viana (2019), o que

pode ter impulsionado a TGC dos preços de exportação da celulose brasileira nesse período.

Por outro lado, a TGC dos preços de exportação da celulose brasileira poderia ter sido maior, de janeiro de 2010 a dezembro de 2015, se não fosse a queda das exportações nacionais de celulose de 2010 a 2013, devido à Crise na Zona do Euro, uma vez que a Europa era um dos principais importadores mundiais de celulose e um dos principais destinos da celulose brasileira, naquele período.

Entre janeiro de 2016 e julho de 2021 o preço das exportações apresentou uma TGC negativa e significativa. No período da crise sanitária as exportações brasileiras de celulose apresentaram baixa taxa de crescimento e maiores quedas no preço de exportação (Tabela 1).

De 2016 a 2021, a baixa taxa de crescimento dos preços de exportação da celulose brasileira em relação às demais pode estar relacionada também com a instabilidade da moeda brasileira, tendência de ajuste produtivo do setor e enfrentamento da Pandemia de covid-19. Em 2019 houve uma redução da produção brasileira de 6,5% e um baixo crescimento das exportações de 2%. Em 2020 a produção brasileira de celulose cresceu 3,3% e o volume exportado cresceu 4,7% (FAO, 2021; IBA, 2021).

Contudo, a manutenção da competitividade do país no comércio internacional da celulose nos próximos anos é reflexo da tecnologia empreendida e dos investimentos realizados e planejados no segmento. Segundo a IBA (2021), os investimentos no segmento industrial têm se concentrado na renovação de máquinas e equipamentos. Na área florestal, os investimentos foram da ordem de R\$4,7 bilhões, sendo destinadas em maior parte para a formação de plantios. Estima-se que até 2023 sejam feitos investimentos na casa de R\$35,5 bilhões destinados a florestas, implementação de novas plantas produtivas, tecnologia e ciência (Santi, 2021).

Provavelmente, esse resultado influenciará a TGC dos preços de exportação da celulose brasileira, uma vez que impacta o valor e volume exportado da celulose nacional.

3.2 – Modelo Econométrico de Previsão do Preço de Exportação da Celulose Brasileira

Na tabela 2 estão expostos os resultados referentes ao teste Dickey-Fuller Aumentado – ADF, na série mensal do preço de exportação da celulose do Brasil.

Os resultados encontrados indicaram que o valor do t_{cal} em primeira diferença foi superior ao $t_{crítico}$ (Tabela 2). Em outras palavras, a série de preço de exportação da celulose é estacionária em primeira diferença, caracterizando o modelo da ordem $d(1)$.

Assim, na figura 2, observa-se a função de autocorrelação e de autocorrelação parcial para a série dos preços de exportação da celulose brasileiras, em primeira diferença, de janeiro de 1997 a dezembro de 2021.

A partir das Funções de Autocorrelação apresentados na figura 2 identifica-se que o modelo é constituído por componentes Autorregressivos (AR) e de Médias Móveis (MA).

Para identificar qual a melhor configuração possível desses componentes fora estimada várias combinações de acordo com as defasagens destacadas na figura 2. A melhor configuração refere-se àquela com melhor significância dos parâmetros, os valores AIC e SCH pela análise residual.

Diante desses critérios para escolha da configuração do modelo, verificou-se que o modelo ARIMA (12,1,12) foi o que se ajustou melhor na série temporal de preço de exportação da celulose brasileira (Tabela 3).

A partir desse resultado, constatou-se no modelo sem intervenção que o coeficiente do parâmetro auto regressivo de ordem 12 indica que cerca de 70,46% do preço de exportação da celulose no mês $t-12$ reflete-se no mês t . Enquanto o parâmetro de média móvel de ordem 12 indica que a cada mês, em média, ocorre um ajuste de erros no nível do preço de exportação de celulose em torno de 90,23% em relação a $t-12$ (Tabela 3).

Após a identificação do ARIMA (12,1,12), foi estimado o modelo completo, onde estão inclusas as variáveis *dummies* de intervenção. Conforme pode ser observado, os eventos não exerceram efeitos permanente sobre a série de preços de exportação da celulo-

se Brasileira (Tabela 3).

A Invasão ao Iraque resultou em um efeito positivo de 0,69% sobre a série mensal, não sendo significativo, o que condiz com um momento de ajuste na oferta mundial da *commodity*, que influencia o preço praticado no mercado e retorna a um nível normal (Tabela 3).

A Crise *Subprime* exerceu um efeito negativo sobre a série temporal de 0,9%. A não significância também pode estar associado às políticas de proteção à economia e à recuperação da economia mundial em 2010. Com isso, embora o efeito sobre o nível de preço tenha sido negativo, a série passou a apresentar crescimento a partir de maio de 2009 (Tabela 3).

Em relação a pandemia de covid-19, seu efeito foi de 1% sobre o nível de preço das exportações, entretanto, também sem significância. Esse efeito é consequência do processo de organização do mercado e à dinâmica de enfrentamento e disseminação do vírus (Tabela 3).

Em relação aos valores previstos pelo modelo de preço das exportações, estes são apresentados na tabela 4.

Evidencia-se a partir da tabela 4 que o Modelo ARIMA (12,1,12) estimado apresentou um erro médio de 1,82%, enquanto o Modelo de Intervenção apresentou um erro médio de 2,77%.

Com base na figura 3 verifica-se que os valores estimados em ambos os modelos se mantiveram dentro do intervalo de confiança de 95%.

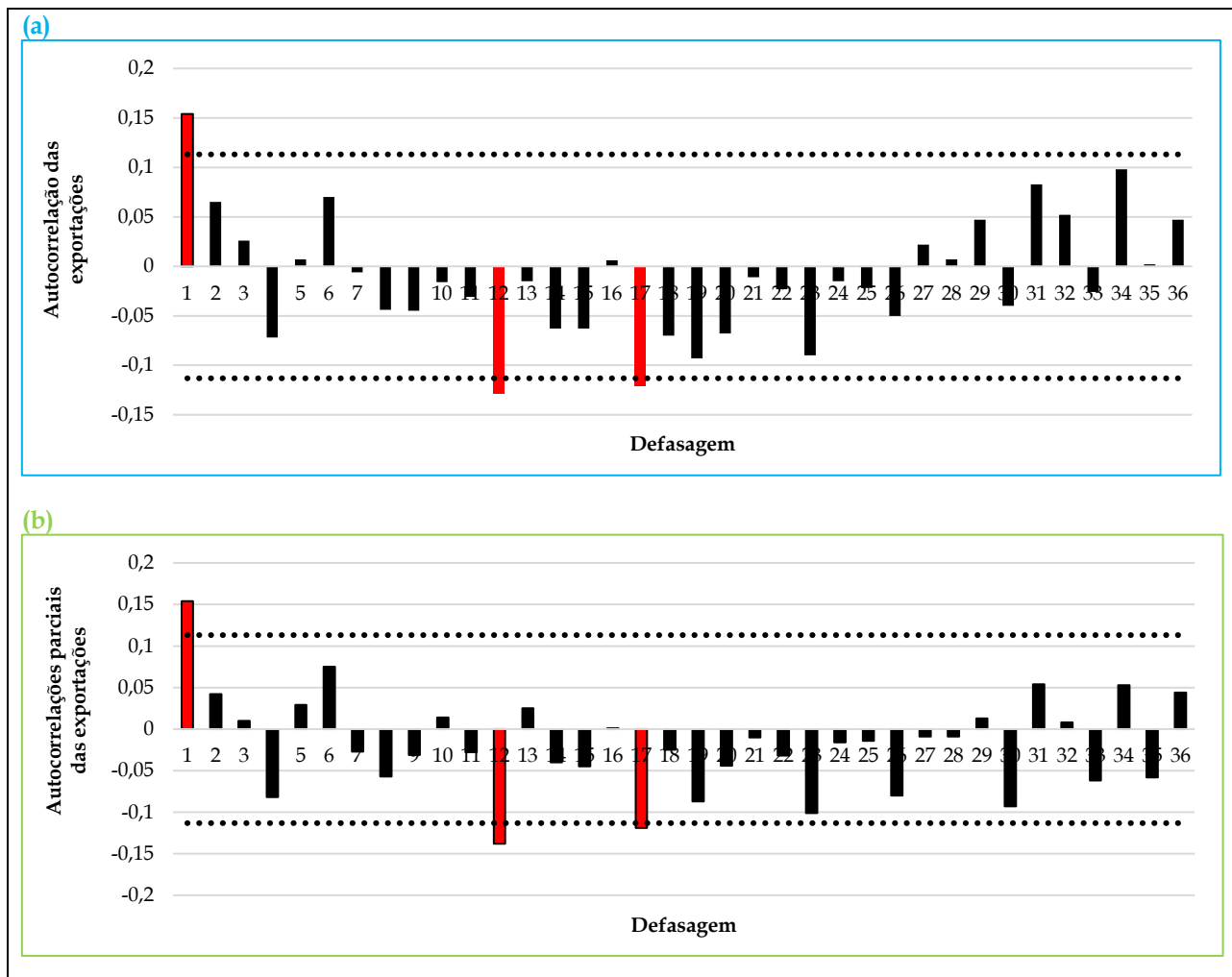
Com relação à avaliação da previsão do preço de exportação da celulose brasileira, observou-se, na tabela 5, que os valores previstos com base nos modelos ARIMA e de Intervenção apresentaram comportamentos semelhantes à série original. O erro percentual médio absoluto dos modelos teve resultado próximo: o ARIMA apresentou um erro percentual de 17,22%, ou seja, o modelo teve 82,78% de acerto nas estimativas; o Modelo de Intervenção teve um erro percentual de 17,3%, tendo 82,7% de acerto nas estimativas. A tabela 5 apresenta as demais estatísticas do modelo.

Ao avaliar a raiz do erro de previsão quadrático médio, o Modelo ARIMA apresentou melhor resultado. Os Coeficientes de Desigualdade de Theil, a

Tabela 2 – Resultados do teste ADF em nível e em primeira diferença da série mensal do preço de exportação da celulose do Brasil, janeiro de 1997 a dezembro de 2021

Estatística do teste ADF	Modelo com intercepto e sem tendência determinística		Modelo sem intercepto e sem tendência determinística		Modelo com intercepto e tendência determinística	
	Série em nível	Primeira diferença	Série em nível	Primeira diferença	Série em nível	Primeira diferença
t_{cal}	-3,03036	-14,57137	-0,45746	-14,59618	-3,11000	-14,55025
$t_{\alpha=0,01}$	-3,45260	-3,452596	-2,57290	-2,572905	-3,98980	-3,989798
$t_{\alpha=0,05}$	-2,87123	-2,871229	-1,94191	-1,941914	-3,42529	-3,42529
$t_{\alpha=0,10}$	-2,57200	-2,572004	-1,61597	-1,615973	-3,13577	-3,135769
p - valor da tendência	0,0333	0,0000	0,5164	0,0000	0,1059	0,0000

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 2** – Função de autocorrelação (a) e função de autocorrelação parcial (b) para a série dos preços de exportação da celulose brasileira, em primeira diferença, janeiro de 1997 a dezembro de 2021.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 – Resultados do Modelo ARIMA estimado para a série mensal do preço de exportação da celulose sem e com intervenção, janeiro de 1997 e julho de 2021

Modelo	Variável	Coefficiente
ARIMA (12,1,12)	AR(12)	0,704620 ¹
	MA(12)	-0,902327 ¹
ARIMA (12,1,12) com intervenções	AR	0,665512 ¹
	MA	-0,874243 ¹
	Invasão ao Iraque	0,006895ns ²
	Crise Subprime	-0,008946ns ²
	Pandemia de covid-19	0,010125ns ²

¹Os resíduos são estacionários a 1% de probabilidade, sendo a estatística ADF= -14,411.

²Ns = não significativo.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 4 – Previsão do preço de exportações da celulose brasileira, no modelo com e sem intervenção, julho de 2021 a dezembro de 2021

Modelo	Período	Valor obs.	Valor est.	Desvio padrão.	Lim. inferior	Lim. superior	Erro (%)
ARIMA (12,1,12)	Jul./2021	420,17	431,34	408,08	23,27	839,42	2,66
	Ago./2021	454,57	425,79	402,84	22,94	828,63	-6,33
	Set./2021	457,40	448,93	424,70	24,23	873,64	-1,85
	Out./2021	461,74	460,18	435,38	24,80	895,56	-0,34
	Nov./2021	428,73	471,75	446,32	25,43	918,08	10,04
	Dez./2021	409,27	436,94	413,35	23,59	850,29	6,76
	Média	438,65	445,82	421,78	469,87	24,04	1,82
Modelo intervenção	Jul./2021	420,17	437,15	413,33	23,81	850,48	4,04
	Ago./2021	454,57	429,54	406,20	23,34	835,75	-5,51
	Set./2021	457,40	451,92	427,32	24,61	879,24	-1,20
	Out./2021	461,74	464,37	439,13	25,23	903,50	0,57
	Nov./2021	428,73	475,86	449,97	25,88	925,83	10,99
	Dez./2021	409,27	440,98	416,93	24,05	857,91	7,75
	Média	438,65	449,97	425,48	474,46	24,49	2,77

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 3 – Preço de exportação observado e estimado pelo Modelo ARIMA (a) e pelo Modelo de Intervenção (b), janeiro de 1997 a dezembro de 2021.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5 – Avaliação da previsão do preço de exportação da celulose brasileira, conforme modelo com e sem intervenção

Modelo	Testes	Resultados
ARIMA (12,1,12)	Raiz do erro de previsão quadrático médio (REPQM)	22,96273
	Erro absoluto médio (EAM)	17,22095
	Percentual do erro absoluto médio (PEAM)	4,001606
	Coefficiente de desigualdade de Theil (CDT)	0,025396
	Proporção de tendenciosidade (PT)	0,000033
	Proporção de variância (PV)	0,001807
	Proporção de covariância (PC)	0,998159
Modelo de intervenção	Raiz do erro de previsão quadrático médio (REPQM)	22,99439
	Erro absoluto médio (EAM)	17,29614
	Percentual do erro absoluto médio (PEAM)	4,018264
	Coefficiente de desigualdade de Theil (CDT)	0,025419
	Proporção de tendenciosidade (PT)	0,00022
	Proporção de variância (PV)	0,002878
	Proporção de covariância (PC)	0,996902

Fonte: Dados da pesquisa.

Proporção de Tendenciosidade e de Variância também apresentaram melhores resultados, ficando próximos de zero. Enquanto isso, a Proporção de Covariância ficou mais próximo de 1.

Com base no teste de normalidade dos resíduos do modelo estimado com intervenção, foi aceita a hipótese nula de normalidade com nível de probabilidade menor a 5%, confirmando que os resíduos provenientes das estimações realizadas a partir da metodologia empregada apresentam comportamento tipo ruído branco.

Estes resultados indicam que os modelos estimados para o preço das exportações possuem boa avaliação e podem ser utilizados para previsão, sendo que o modelo ARIMA (12,1,12) apresentou melhor ajuste.

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do preço de exportação da celulose brasileira mostrou tendência de crescimento ao longo

dos anos estudados.

Constatou-se no modelo de intervenção que nenhum dos eventos investigados exerceu efeito permanente e significativo sobre a série temporal. A invasão ao Iraque e a pandemia de covid-19 exerceram efeitos positivos sobre o nível de preços de exportação da celulose brasileira, enquanto a Crise *Subprime* proporcionou redução do preço de exportação praticado.

Os modelos de preço demonstraram ter capacidade de previsão, sendo que o modelo ARIMA (12,1,12) mostrou ser o modelo com melhor ajuste para previsão.

Doravante, como sugestão para outro projeto de pesquisa, indica-se a construção de um modelo econométrico de intervenção que avalie o impacto de crises econômicas nacionais sobre o desempenho comercial do segmento de celulose brasileiro. Pesquisas nesse sentido corroboram para a tomada de decisão que garantam a estabilidade a longo prazo da atividade produtiva.

LITERATURA CITADA

AVERBUG, A.; GIAMBIAGI, F. **A crise brasileira de 1998/1999: origens e consequências**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2000. 40 p. (Textos para discussão, 77). Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/21443/1/PR_A%20crise%20brasileira%20de%201998-1999_127037.pdf. Acesso em: mar. 2021.

BIAGE, M. **Estatística econômica e introdução à econometria**. Florianópolis: UFSC, 2012. 179 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/191981/Milton%20Biage.pdf?jsessionid=828F502FB8A043261906B2ED5F5EEE79?sequence=1>. Acesso em: dez. 2020.

BOX, G.; JENKINS, G. **Time series analysis: forecasting and Control**. San Francisco: HoldenDay, 1970.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **COMEX STAT**. Brasília: MDIC, 2021. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 20 set. 2020.

BRITO, F. L. **Impactos dos atentados terroristas de 11 de setembro de 2001 nas exportações brasileiras para os EUA**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Portos e Logística Empresarial) – Universidade Católica de Santos, Paranaguá, 2007. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br/dpc/files/monografias/monografia_flavia.pdf. Acesso em: mar. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: ago. 2022.

GOMES, E. B. **Globalização e processos de integração**. Curitiba: InterSaberes, 2020.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. São Paulo: Makron Books, 2000.

HALLAK, R.; PEREIRA FILHO, A. J. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. **Revista brasileira de meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 501-608, 2011.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. Piracicaba: [s. n.], 2016. 393 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual**. São Paulo: IBA. 2021. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021compactado.pdf>. Acesso em: fev. 2022.

IPEA. **Medidas de enfrentamento dos efeitos econômicos da pandemia COVID-19: panorama internacional e análise dos casos dos Estados Unidos, do Reino Unido e da Espanha**. Rio de Janeiro: IPEA, 2020. 73 p. (Textos para Discussão, 2559). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9978/1/td_2559.pdf. Acesso em: abr. 2021.

KRUGMAN, P. R.; OBSTFELD, M.; MELITZ, M. J. **Economia internacional**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2015.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1998.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

NEVES, J. A. B. **Modelo de equações estruturais: uma introdução aplicada**. Brasília: Enap, 2018. 81 p.

RIBEIRO, R.; POESCHI, G. Globalização e suas consequências: representações de estudantes e profissionais portugueses. **Psicologia e saber social**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 2013.

SANTI, T. O novo ponto de equilíbrio do setor de papel e celulose. **O Papel**, São Paulo, ano LXXXII, n. 95, p. 74-77, set. 2021. Disponível em: <https://www.opapeldigital.org.br/pub/papel/?numero=95&edicao=11681>. Acesso em: out. 2021.

SOUZA, E. P.; CAMPOS, A. C.; LIMA, J. E. Análise de intervenção aplicada às exportações brasileiras de melão. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Anais [...]**. Brasília: SOBER, 2007. v. 1. p. 1-14.

VIANA, L. S. **O fluxo comercial da celulose brasileira para os BRICS, 1990 a 2016**. 2019. Dissertação (Mestrado em Economia Regional e Políticas Públicas) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2019.

Recebido em: 11/07/2022. Liberado para publicação em 29/08/2024.

COMO CITAR

LYRIO, M. M. P.; SOARES, N. S. Efeito de crises internacionais na previsão dos preços de exportação da celulose brasileira, de 1997 a 2021. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 71, 1-13, erea042022, 2024.
DOI: <https://doi.org/10.56468/1983-7747.erea042022.2024>