

Estabilidade Numérica do Vetor de Relevância Municipal de Exportações em Algoritmos de Imputação

ALAN LEAL (*)

Conforme Leal (2025) explica na edição de junho de 2025, os dados de exportações sofrem de uma limitação importante, qual seja, eles dizem respeito à burocracia exportadora e não exatamente à produção orientada à exportação. Isso tem limitações importantes em relação à política pública de facilitação à exportação, ainda mais considerando o cenário tarifário atual, que prejudica o Brasil de forma mais acentuada.

Para contornar tal problema, Leal e Martins (2025) criam um algoritmo que considera aspectos espaciais e de *downscaling* para imputar as exportações brasileiras. A seguir, explica-se o algoritmo. O objetivo deste estudo é testar a estabilidade do parâmetro r de relevância do município como produtor/exportador de uma forma dinâmica, a ser mais bem detalhado a seguir.

Conforme Leal (2025) detalha, o método proposto por Leal e Martins (2025) utiliza matrizes espaciais e *downscaling*, misturando duas metodologias numa tentativa de permitir que as exportações municipais sejam: (i) dispersas pelo território de um determinado estado; (ii) o nível do dado obtido seja maior, isto é, em vez de lidar com dados no nível SH4, tem-se dados no nível SH6.

Assim, definindo k como o número de bens no nível SH6 presentes no código SH4 correspondentes, uma imputação válida para a exportação de um desses determinados bens no nível SH6 pode ser dada por:

$$E_{i,HS6} = \underbrace{\alpha W E_{i,HS4}}_{\text{Spatial Component}} + \underbrace{r E_{i,HS6}^*}_{\text{Adjustment Component}} \quad (1)$$

Onde:

- i é um município específico.
- $E_{i,HS6}$ são as exportações municipais estimadas no nível SH6.
- $E_{i,HS6}^*$ é definido como $\sum_{i=1}^I \alpha (E_{i,HS4} - W E_{i,HS4})$.
- α é um coeficiente de proporção dado por:

$$\alpha = \frac{E_{state,HS6}}{E_{state,HS4}} \quad (2)$$

Em que E significa exportações, logo $E_{state,HS6}$ são as exportações estaduais para um determinado bem no nível SH6, enquanto $E_{state,HS4}$ são as exportações estaduais no nível SH4 correspondente.

- W é uma matriz $n \times n$ de pesos espaciais, sendo usada nesse texto a matriz espacial do tipo inversa da distância.
- r é um vetor $n \times 1$, cujos elementos somados são iguais a 1.

O vetor r aqui é considerado como a participação da área colhida de café em 2023 nos municípios de Minas Gerais. Leal e Martins (2025) usam a RAIS para o caso da soja em Mato Grosso em 2023; contudo, a Produção Agrícola Municipal (PAM), a Pesquisa Industrial Anual (PIA), dentre outras, podem ser mais razoáveis para

gerar o vetor r a depender do bem analisado.

Com base nesse detalhamento, agora defina:

$$r_{t+1} = f(r_t, ((E_{i,HS6} - \alpha W E_{i,HS4}) / E_{i,HS6}^*)_t) \quad (3)$$

Suponha agora que $f(\cdot)$ seja definido tal que:

$$r_{t+1} = \alpha r_t + (1-\alpha)((E_{i,HS6} - \alpha W E_{i,HS4}) / E_{i,HS6}^*)_t \quad (4)$$

Isto é, $f(\cdot)$ calcula uma média ponderada entre os seus argumentos da função. α também pode ser entendido como um parâmetro de

memória ou persistência dos valores de vetor r . Quanto mais alto α , maior a memória dessa série. Então, para testar a estabilidade do vetor r , propõe-se o seguinte algoritmo:

Para $\varepsilon = |r_{t+1} - r_t|$ e $\varepsilon > 0$:

1) Calcule r_t , com base nos dados disponíveis;

2) Calcule a equação r_{t+1} , com base na equação (4);

3) Normalize r_{t+1} , se necessário;

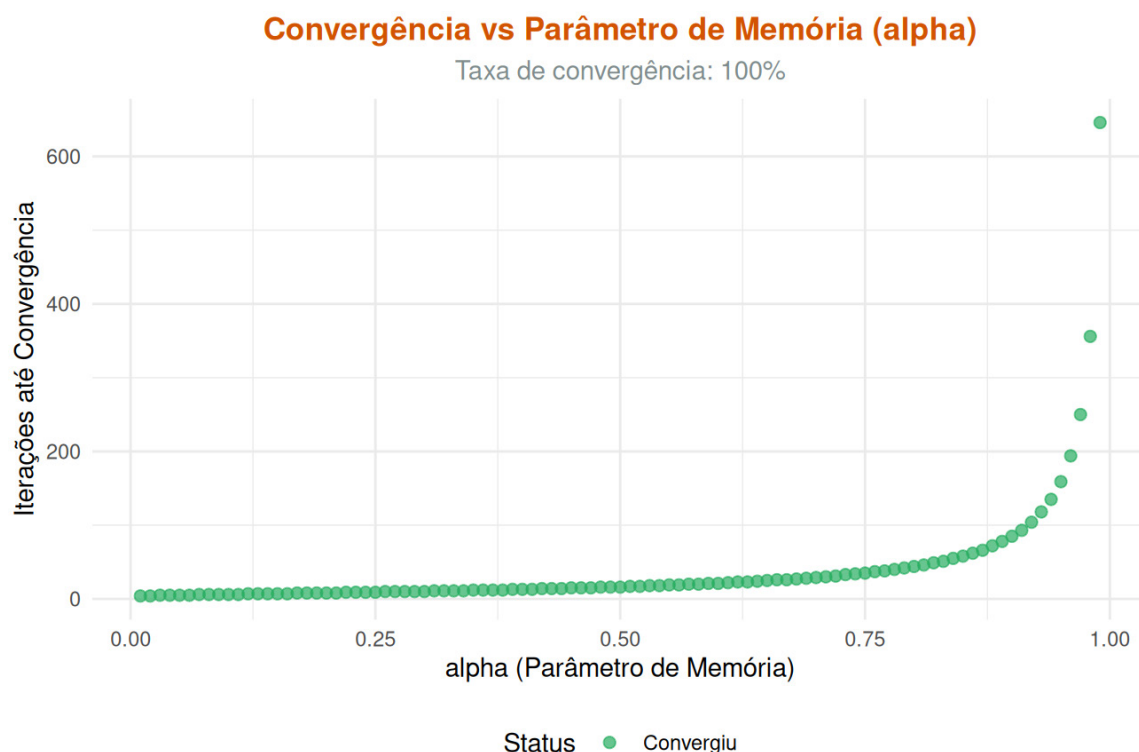
4) Calcule ε ;

5) Se $\varepsilon > 0,000001$, volte ao passo 1.

Este algoritmo garante que é possível encontrar um vetor r , tal que haja estabilidade no algoritmo proposto por Leal e Martins (2025). Isso é relevante na medida em que os resultados gerados pelo algoritmo são muito relevantes para a política pública.

Como primeiro resultado, exibe-se na Figura 1 a seguir o número de iterações necessárias para a convergência do vetor r considerando $\varepsilon < 0,000001$.

Figura 1 - Convergência do Procedimento Numérico

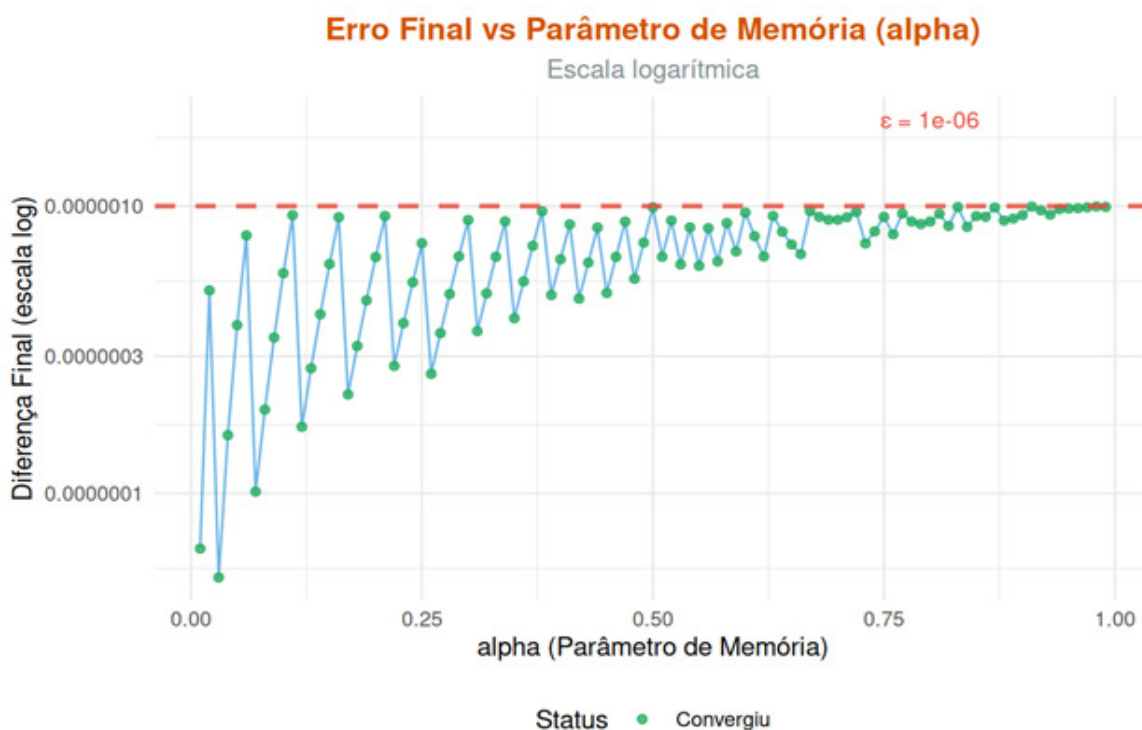


Nota: Elaboração Própria.

Para os dados simulados, o número de iterações cresce no valor de α . Num segundo momento, a Figura 2 mostra a evolução do erro do algoritmo para valores selecionados de α . Os resultados encontrados indicam que a diferença final (ϵ) cresce com o valor de α .

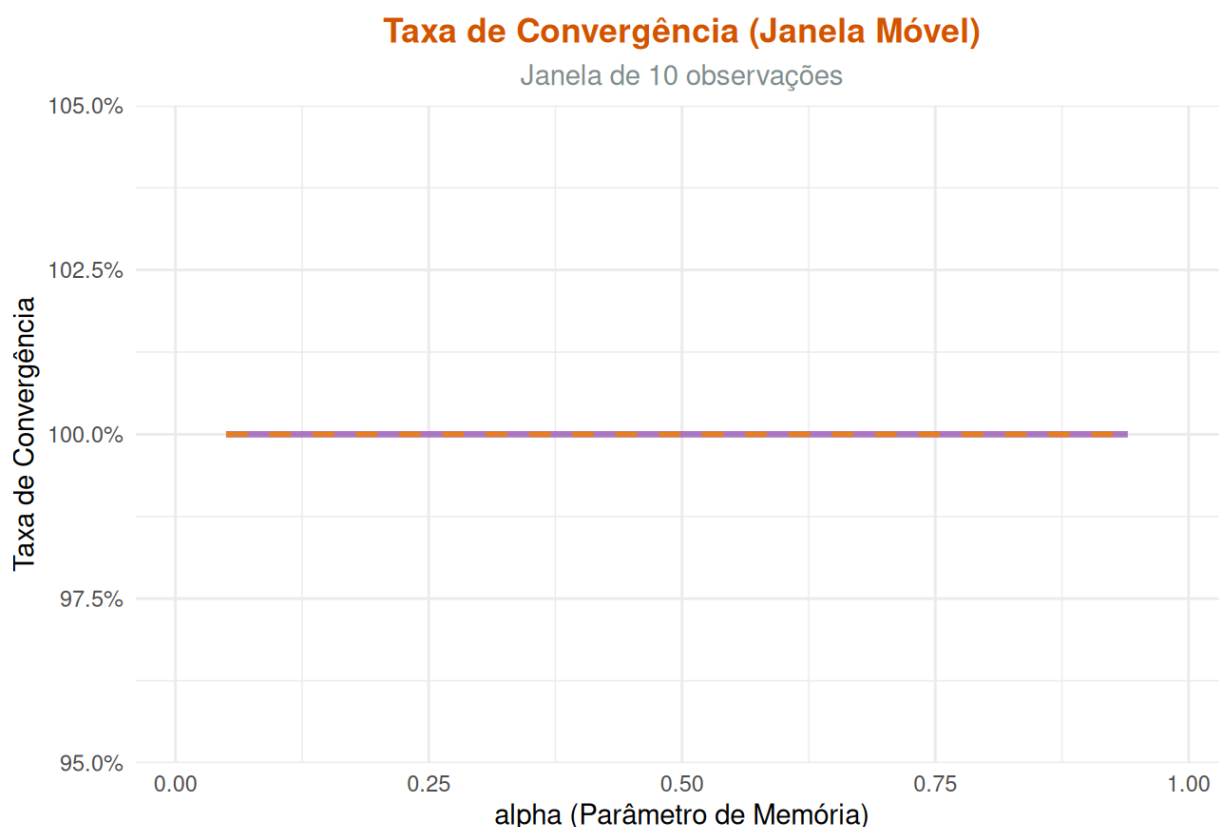
Por fim, a Figura 3 indica a taxa de convergência para os diferentes valores de α . A taxa de convergência foi de 100% (a normalização do vetor r impede que o algoritmo exploda).

Figura 2 - Erro Final com o Parâmetro α



Nota: Elaboração Própria.

Figura 3 - Taxa de Convergência



Nota: Elaboração Própria.

Em termos conclusivos, o presente texto teve por objetivo expandir o objeto analítico do algoritmo proposto por Leal e Martins (2025). Enquanto o foco do algoritmo é a exportação municipal em nível SH6, o presente texto focou num parâmetro crucial para a estimação desse parâmetro. Para a parametrização escolhida, o algoritmo demonstra convergência e razoabilidade, sendo uma garantia extra de que o algoritmo de Leal e Martins (2025) realiza um exercício razoável, informativo e eficiente numericamente.

LEAL, Alan. Usando o desmatamento para imputar as exportações de madeira no Mato Grosso em 2022. **Informações Fipe**, n. 537, p. 44-52, jun. 2025. ISSN 1678-6335. Disponível em: <https://downloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif537.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

Referências

LEAL, Alan; MARTINS, Michelle Marcia Viana. Brazilian exports imputation: a new algorithm for estimating the municipal production directed at the foreign market. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 19, n. 2, p. 266-288, 2025.

(*) Economista e Doutor em Teoria Econômica pela FEA-USP.
(E-mail: prof@alanleal-econ.com).