

DIVERSIDADE COMO FATOR DE RESILIÊNCIA: O PAPEL DAS CULTURAS TEMPORÁRIAS E PERMANENTES FRENTE À SECA NO LITORAL NORTE E AGRESTE BAIANO

Marcos A. S. da Silva¹, Fábio R. de Moura², Márcia H. G. Dompieri³ e Pedro G. da P. Santana²

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Gov. Paulo B. de Menezes, 3250, Aracaju, SE, marcos.santos-silva@embrapa.br,

²Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, fabiromoura@gmail.com, santanapedro2005@gmail.com, ³Embrapa Territorial, Campinas, SP, marcia.dompieri@embrapa.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a relação entre a diversidade do valor da produção de culturas permanentes e temporárias com a ocorrência de seca anualmente no Território de Identidade Litoral Norte e Agreste Baiano. A diversidade foi calculada a partir do índice Shannon sobre as estimativas anuais do IBGE por município entre 2014 e 2022. A ocorrência de seca foi obtida a partir do monitor de secas da Agência Nacional de Águas. A análise foi conduzida a partir de um modelo econométrico quantílico. Os resultados mostraram que a ocorrência de seca afeta negativamente a diversidade de culturas temporárias, salvo os municípios com elevada diversidade. Não se observou o efeito da seca sobre a diversidade do valor da produção de culturas permanentes.

Palavras-chave – Ecossistema, Índice de Shannon, Regressão quantílica, Resiliência, Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the relationship between the diversity of the production value of permanent and temporary crops and the occurrence of drought annually in the Litoral Norte and Agreste Baiano Identity Territory. Diversity was calculated from the Shannon index on annual IBGE estimates by municipality between 2014 and 2022. The occurrence of drought was obtained from the drought monitor of the National Water Agency. The analysis was conducted using a quantile econometric model. The results showed that the occurrence of drought negatively affects the diversity of temporary crops, except for municipalities with high diversity. The effect of drought on the diversity of the production value of permanent crops was not observed.

Key words – Ecosystem, Quantile regression, Resilience, Shannon indice, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O espaço rural brasileiro é caracterizado por uma elevada heterogeneidade, resultado da diversidade de biomas, dos variados regimes climáticos e dos processos históricos de ocupação e uso do solo que permeiam todo o território nacional. No setor agrícola essa heterogeneidade se confirma, porém com tendência de especialização da produção em um conjunto com poucos elementos como a soja, o milho, e efetivo de bovinos [1]. Essa tendência vai de encontro à necessidade de diversificação do setor frente às pressões das

mudanças climáticas globais, do crescimento da insegurança alimentar, do aumento da pressão sobre os recursos naturais e mudança do comportamento dos consumidores frente aos alimentos ultraprocessados [2].

Pesquisas indicam que, na escala regional, há relação direta entre especialização e crescente perda da vegetação nativa, bem como a diminuição da biodiversidade [3]. Em nível de propriedade, especialmente em médias e pequenas propriedades, a diversificação da produção agrícola se revela um fator positivo para a estabilidade da renda e para o aumento da segurança alimentar. De maneira geral, sistemas de produção agrícola que adotam práticas diversificadas, como o uso de diferentes variedades de culturas, sistemas integrados, consórcios de culturas e o plantio direto, tendem a ser mais resilientes às variações climáticas [1, 2, 4].

Uma abordagem eficaz para mensurar e monitorar a diversidade da produção agrícola em escala regional é a utilização de índices de diversidade, como os índices de Herfindahl, Shannon e Simpson. Esses índices permitem avaliar o grau de variação na produção de um determinado município, podendo ser calculados a partir das estimativas anuais do IBGE que abrangem diversas atividades agrícolas, incluindo culturas permanentes e temporárias, produção animal, efetivo de rebanhos, silvicultura e extrativismo vegetal. Silva et al. [3] categorizaram os municípios brasileiros com base em suas tendências de diversificação agrícola entre 1999 e 2018, identificando oito grupos distintos que variam em relação a tendências crescentes, decrescentes, estáveis, além de classificações de alta e baixa diversidade.

Este trabalho exploratório visa estimar o efeito da ocorrência de seca [5], por meio de regressão quantílica, sobre a diversidade do valor da produção de culturas temporárias e permanentes, entre 2014 e 2022, dos municípios do Território de Identidade Litoral Norte e Agreste Baiano (TILNAB).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e variáveis

O presente estudo abrange 22 municípios pertencentes ao Território de Identidade Litoral Norte e Agreste Baiano (TILNAB) [6]. Os Territórios de Identidade foram instituídos a partir de 2007, como parte de um esforço para integrar políticas de territorialização e desenvolvimento sustentável, visando à colaboração entre diversos atores sociais da sociedade civil organizada e os poderes públicos estabelecidos [7].

Embora haja uma identidade vinculada às características gerais da região, o TILNAB apresenta uma considerável

heterogeneidade, tanto em aspectos socioeconômicos [8] quanto nas especificidades da diversidade da produção agropecuária [3]. O TILNAB inclui os municípios de Acajutiba, Alagoinhas, Aporá, Araçás, Aramari, Cardeal da Silva, Catu, Conde, Crisópolis, Entre Rios, Esplanada, Inhambupe, Itanagra, Itapicuru, Jandaíra, Mata de São João, Olindina, Ouricangas, Pedrão, Pojuca, Rio Real e Sátiro Dias [6].

2.2. Índice de diversidade

A diversidade da produção agrícola, expressa pelos índices de valor da produção de culturas temporárias (DIV.VL.T) e permanentes (DIV.VL.P), foi calculada utilizando o índice de Shannon, com base nas estimativas anuais do Projeto de Agricultura Municipal (PAM) do IBGE, entre 2014 e 2022 [3]. A Tabela 1 estatísticas descritivas básicas dessas duas variáveis para o período 2014 a 2022.

Tabela 1: Estatística descritiva para as duas variáveis de diversidade considerando o estado da Bahia e o TILNAB. Fonte: resultados da pesquisa.

Estatística	DIV.VL.T		DIV.VL.P	
	Bahia	TILNAB	Bahia	TILNAB
Max	0,59	0,50	0,60	0,49
Média	0,25	0,25	0,18	0,24
Mediana	0,27	0,26	0,19	0,25
DP	0,13	0,10	0,14	0,11

No TILNAB, as principais culturas temporárias incluem amendoim, feijão, mandioca e milho, seguidas de melancia, abacaxi e cana-de-açúcar. Em 2022, destacaram-se os municípios de Sátiro Dias, com produções de feijão e milho de R\$ 4.935.000,00 e R\$ 61.543.000,00, respectivamente, e Itapicuru, com uma produção de mandioca de R\$ 21.436.000,00. Quanto às culturas permanentes, os valores de produção mais relevantes em 2022 foram observados em laranja (R\$ 142.554.000,00 em Rio Real), limão (R\$ 24.807.000,00 em Sátiro Dias) e coco-da-baía (R\$ 18.585.000,00 em Conde), além de outras culturas como banana, castanha de caju, goiaba, mamão, manga, maracujá e tangerina. A diversidade do valor da produção das culturas temporárias e permanentes varia conforme a proporção de contribuição de cada uma para o valor total da produção.

2.3. Mapas do Monitor de Secas - ANA

A Agência Nacional de Águas (ANA) publica, desde agosto de 2014, mapas de ocorrência de secas, inicialmente para a região Nordeste e atualmente para todo o Brasil. Esses mapas indicam diferentes graus de severidade (fraca, moderada, grave, extrema ou excepcional) e áreas livres do fenômeno [5] (Fig. 1).

Para este estudo, foi gerado um banco de dados em painel para cada município do TILNAB, abrangendo os anos de 2014 a 2022. A variável *Seca* foi criada para indicar a ocorrência do fenômeno em cada município durante o ano: se alguma área do município apresentou seca em qualquer um dos doze meses, $Seca = 1$; caso contrário, $Seca = 0$.

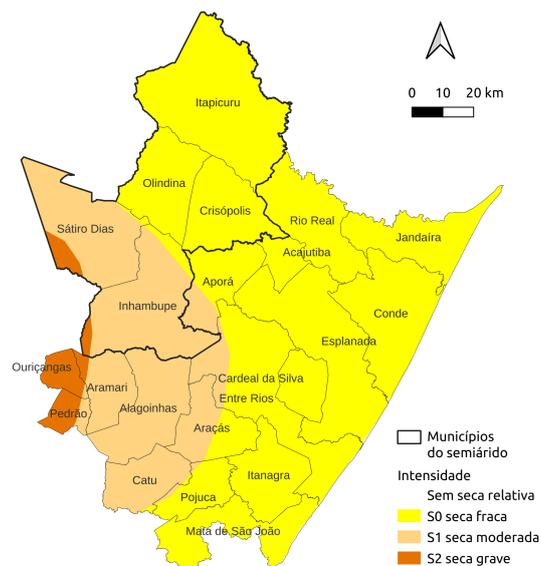


Figura 1: Mapa da seca para o TILNAB no mês de agosto de 2014. Fonte ANA [5].

A precipitação média anual na região varia de 1.700 mm a 700 mm, em um padrão que se estende de leste a oeste, afetando municípios que estão na região do semiárido como Itapicuru, Olindina, Crisópolis, Sátiro Dias e Inhambupe (Fig. 1). A maioria desses municípios apresenta uma diversidade do valor da produção de culturas temporárias superior à média do TILNAB, destacando-se Sátiro Dias, que apresentou uma média de DIV.VL.T de 0,33 entre 2014 e 2022. Para as culturas permanentes, esses municípios, exceto Inhambupe e Itapicuru, também superaram a média do TILNAB, com Crisópolis destacando-se com DIV.VL.P de 0,34.

2.4. Modelo quantílico para estabelecimento de relação diversidade e seca

A fim de avaliar se a ocorrência de seca influencia de forma negativa a diversidade de culturas temporárias e permanentes no território, utilizaremos o estimador de Regressão Quantílica Incondicional [9] a partir do cálculo da função de influência recentrada (*RIF*), sob a hipótese de possíveis efeitos heterogêneos da seca sobre a distribuição (quantis) da diversidade de culturas.

Seja y_i o índice de diversidade em um determinado município i . A Função de Influência Recentrada em um quantil incondicional da diversidade é definida como

$$RIF(y_i; Q_\tau; F_y) = Q_\tau(y) + [\tau - \mathbf{1}(y_i \leq Q_\tau(y))] [f_y(Q_\tau(y))]^{-1} \quad (1)$$

onde $Q_\tau(y)$ representa o quantil incondicional da diversidade em um determinado percentil τ , $\tau \in (0, 1)$, $\mathbf{1}(\cdot)$ é uma função que indica se a diversidade encontra-se abaixo do quantil de interesse, e $f_y(Q_\tau(y))$ é a função densidade da diversidade em $Q_\tau(y)$. A *RIF* pode ser estimada via OLS, assumindo-se linearidade [10]:

$$RIF(y_i; Q_\tau(y), F_y) = X_i' \beta + \epsilon_i \quad (2)$$

Tomando-se a expectativa não-condicional da Eq. 2:

$$\begin{aligned}
E[RIF(y_i; Q_\tau(y), F_y)] &= \\
&= Q_\tau(y) = E(X_i' \beta) + \\
&E(\epsilon_i) = \bar{X}' \beta
\end{aligned}
\tag{3}$$

com $E(\epsilon_i) = 0$, o efeito parcial não-condicional da covariável x_k é dado por:

$$(\partial Q_\tau(y)) / (\partial x_k) = \beta_k
\tag{4}$$

O modelo empírico em RIF adotado para medir o efeito da seca sobre a diversidade assume as seguintes formas funcionais:

$$\begin{aligned}
RIF(DIV.VL.T_{it}, Q_\tau(\cdot)) &= \beta_0(\tau) + \\
&\beta_1(\tau) DIV.VL.T_{it-1} + \\
&y(\tau) Seca_{it} + c_i + \lambda_t + \epsilon_{it},
\end{aligned}
\tag{5}$$

$$\begin{aligned}
RIF(DIV.VL.P_{it}, Q_\tau(\cdot)) &= \beta_0(\tau) + \\
&\beta_1(\tau) DIV.VL.P_{it-1} + \\
&y(\tau) Seca_{it} + c_i + \lambda_t + \epsilon_{it},
\end{aligned}
\tag{6}$$

onde τ indica o quantil não-condicional da diversidade, $Seca_{it}$ indica a ocorrência do evento climático no município i , ano t , c_i são efeitos fixos municipais, λ_t são efeitos fixos de tempo e $y(\tau)$ é efeito da seca sobre a diversidade no quantil τ . A defasagem da diversidade de culturas temporárias, $DIV.VL.T_{it-1}$ e a defasagem da diversidade de culturas permanentes, $DIV.VL.P_{it-1}$ são incluídas respectivamente em (5) e (6) a fim de captar persistência e efeitos de ajustamento de curto prazo. Assume-se que a ocorrência de seca é exógena no modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 2 observamos o efeito estimado da ocorrência da seca sobre os diferentes quantis da diversidade de culturas temporárias (quantis 5 a 95), com bandas de confiança de 90%. Observa-se o efeito negativo da seca ao longo da distribuição da diversidade, particularmente na região central da distribuição, com um efeito estimado entre -0.1 e -0.05 sobre o Shannon de culturas temporárias entre os quantis 30 e 65. Na cauda superior da distribuição o efeito apresenta-se não significativo em geral, embora negativo na estimativa pontual. Isso pode indicar maior resiliência a eventos climáticos extremos em municípios com maior diversidade.

A Figura 3 apresenta o efeito estimado da seca sobre a distribuição da diversidade de culturas permanentes (quantis 5 a 95), com bandas de confiança de 90%. Observa-se que, para as culturas permanentes, a ocorrência de seca apresenta efeito não significativo ao longo de toda a distribuição da diversidade, incluindo as caudas inferior e superior. Os resultados apontam para uma aparente resiliência das culturas permanentes independentemente do nível de diversidade.

A Fig. 4 mostra a frequência de anos com que o município ficou abaixo ou igual ao quantil 30. É possível que a ausência de efeito da seca em alguns municípios localizados nessa

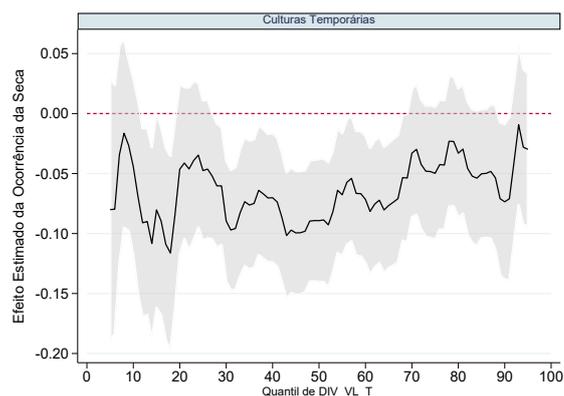


Figura 2: Efeito da ocorrência da seca sobre a diversidade de culturas temporárias.

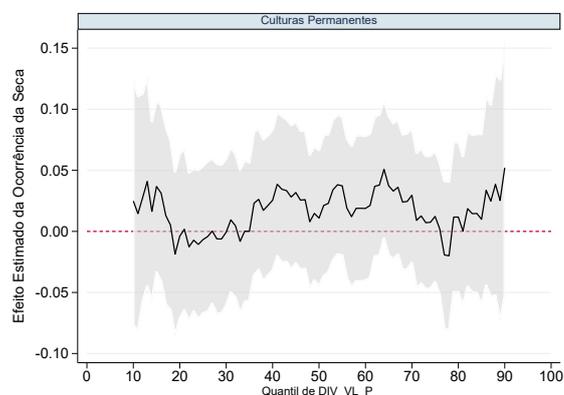


Figura 3: Efeito da ocorrência da seca sobre a diversidade de culturas permanentes. Fonte: resultados da pesquisa.

porção da distribuição se deve ao fato deles já apresentarem diversidade do valor da produção muito baixo (igual ou muito próximo de zero) e com pouca margem para decréscimo. Neste mapa destacam-se os municípios de Pojuca, que tem atividade agrícola incipiente, Catu, que é um importante polo industrial com pouca participação da agricultura na economia, e Itanagra, que concentra sua produção na mandioca.

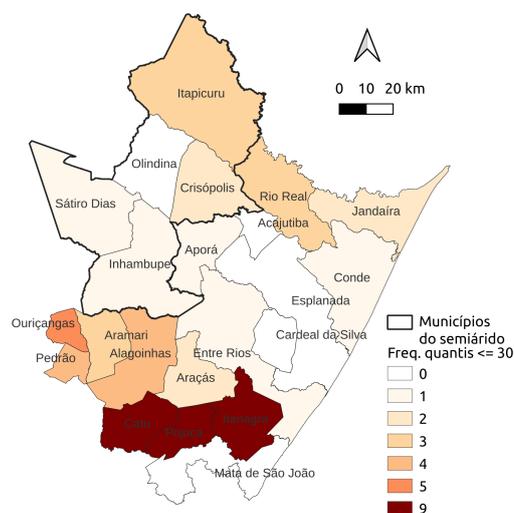


Figura 4: Frequência com que os municípios se encontram nos quantis abaixo de 30 a variável diversidade do valor da produção de culturas temporárias. Fonte: resultados da pesquisa.

É possível que a ausência do efeito da seca sobre a diversidade do valor da produção de culturas permanentes seja devido a essas culturas possuírem um sistema radicular mais profundo e desenvolvido, desenvolverem ao longo dos anos de cultivo meios de adaptação a variações climáticas, armazenarem nutrientes e água que as ajudam a suportar períodos de seca e eventualmente o uso de variedades e espécies tolerantes à seca.

A Fig. 5 mostra a frequência de anos que os municípios do TILNAB se encontram nos quantis entre 30 e 65 para a variável diversidade do valor da produção de culturas temporárias. Ou seja, que o efeito da seca é percebido de forma significativa. Em geral, são municípios com baixa diversidade, entre 0,22 e 0,29, para o valor da produção de culturas temporárias. Destaca-se o município Entre Rios, cujo efeito da seca foi observado em oito dos nove anos do estudo, e que possui um dos maiores VAB da agricultura em função da sua produção concentrada no milho e na mandioca.

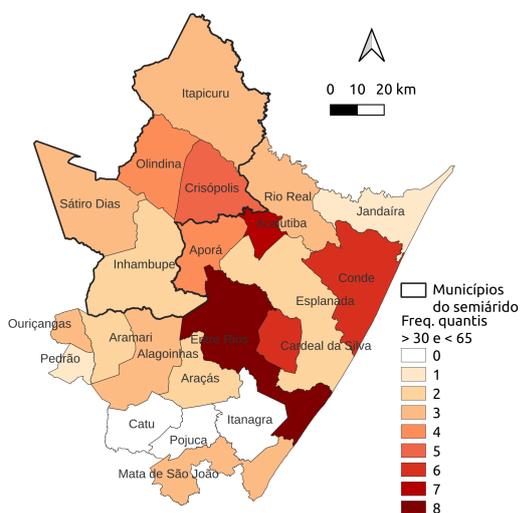


Figura 5: Frequência com que os municípios se encontram nos quantis entre 30 e 65 para a variável diversidade do valor da produção de culturas temporárias. Fonte: resultados da pesquisa.

A Fig. 6 mostra os municípios com maior diversidade e que, na maioria dos anos, não sofreram o efeito da seca de acordo com as estimativas do modelo quantílico não-condicional. Destaca-se o município de Esplanada, que registra a produção de quase os mesmos produtos de Entre Rios, mas em proporções mais equânimes e menos concentrada numa única cultura, com destaque a produção de mandioca, milho, amendoim, feijão e melancia.

4. CONCLUSÕES

Este estudo revela que a ocorrência de seca impacta de maneira diferenciada a diversidade do valor da produção agrícola, com um efeito particularmente acentuado nas culturas temporárias. Os dados indicam que municípios com baixa diversidade, situados entre os quantis 30 e 65, enfrentam reduções significativas na diversidade do valor da produção, evidenciando uma vulnerabilidade acentuada em ambientes agrícolas pouco diversificados. Embora municípios com valores extremamente baixos de diversidade

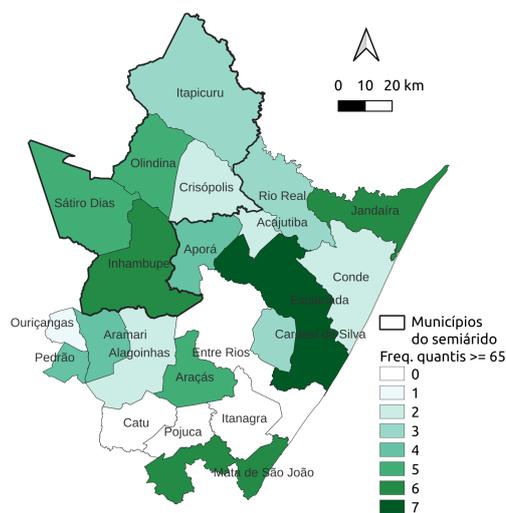


Figura 6: Frequência com que os municípios se encontram nos quantis acima de 65 a variável diversidade do valor da produção de culturas temporárias. Fonte: resultados da pesquisa.

também sejam afetados, o modelo demonstra uma capacidade reduzida de captar o impacto, possivelmente devido à natureza já limitada de sua diversidade.

5. REFERÊNCIAS

- [1] C. Caldeira and J.L. Parré. Diversificação agropecuária e desenvolvimento rural no bioma Cerrado. *Rev. Am. de Empreendedorismo e Inovação*, 2(1):344–359, 2020.
- [2] E.B. Piedra-Bonilla, C.A.S. Braga, and M.J. Braga. Diversificação agropecuária no Brasil: conceitos e aplicações em nível municipal. *Rev. de Agron. e Agro.*, 18(2):1–28, 2020.
- [3] M.A.S. Silva et al. Tracking the connection between Brazilian agricultural diversity and native vegetation change by a Machine Learning approach. *IEEE Lat Am T*, 20(11):2371–2380, Aug. 2022.
- [4] Manon Dardonville, Rui Catarino, and Olivier Therond. Sustainability and resilience against climate change provided by a territorial crop-livestock system. *Journal of Cleaner Production*, 432:139646, 2023.
- [5] Agência Nacional de Águas. Monitor de secas. <https://monitordesecas.ana.gov.br/>, 2024.
- [6] Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Perfil dos Territórios de Identidade da Bahia. Technical report, Salvador, 2016.
- [7] BAHIA (Estado). Lei nº 13.214, de 29 de dezembro de 2014., 2014.
- [8] MAS Silva. Caracterização da homogeneidade socioeconômica dos territórios de identidade a partir de mapas auto-organizáveis. *Bahia Anál. & Dados*, 30:150–175, 2020.
- [9] F. Rios-Avila and M. L. Maroto. Moving beyond linear regression: implementing and interpreting quantile regression models with fixed effects. *Sociological Methods & Research*, 53(2):639–682, 2024.
- [10] F. Rios-Avila. Recentered influence functions in Stata: methods for analyzing the determinants of poverty and inequality, 2019. WP 927. Levy Economics Institute of Bard College.