

# Sinal do fenômeno ENOS na precipitação pluvial da região Oeste do Paraná

## Signal of the ENSO phenomenon in rainfall in the western Paraná region

Isabel Tamara Pedron \*, Leila Limberger \*\*

\* Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brasil, [itpedron@yahoo.com.br](mailto:itpedron@yahoo.com.br)

\*\*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brasil, [leila.limberger@gmail.com](mailto:leila.limberger@gmail.com)

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v57i0.89506>

### Resumo

Um dos moduladores da variabilidade no padrão de precipitação na região Sul do Brasil é o fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS), foco deste estudo que tem como objetivo investigar a influência do ENOS no Oeste do Paraná, sul do Brasil. Avaliou-se a complexidade de manifestação em escala local (precipitação pluvial) de um fenômeno de escala global (ENOS). O estudo foi desenvolvido utilizando-se série mensal de chuva para Cascavel, Toledo, Palotina, Foz do Iguaçu e Guaíra. Os resultados indicam que não há um comportamento uniforme em toda a região para a identificação de sinal dos efeitos dos eventos ENOS. Somente Cascavel e Palotina apresentaram correlação de Spearman significativa entre acumulados mensais de precipitação e o índice ONI (Oceanic Niño Index), não só em dados pareados (mesmo mês) como também defasados de um a quatro meses. Por outro lado, a análise de ondeletas indica o sinal do fenômeno ENOS nos dados de chuva, ressaltando o pico nos períodos de dois a sete anos no espectro de energia para Cascavel, Foz do Iguaçu e Palotina. Na análise de coerência em ondeletas, todos os locais exibem correlação entre o índice ONI e as séries de acumulados mensais, no período em torno de quatro anos. Este trabalho destaca a complexidade da manifestação do ENOS em escala local, sendo que a variabilidade climática das cidades analisadas não responde somente a esse modulador de variabilidade. É necessária a consideração de outras áreas oceânicas e outros fatores, locais, que geram variabilidade, evidenciando o desafio colocado para previsão climática.

### Palavras-chave:

Modos climáticos, Chuva, ONI, Ondeletas

### Abstract

One of the modulators of variability in the precipitation pattern in the Brazilian southern region is the El Niño/Southern Oscillation (ENSO) phenomenon, the focus of this study which aimed to investigate the influence of ENSO in western Paraná, southern Brazil. The complexity of the manifestation on a local scale (precipitation) of a phenomenon on a global scale (ENSO) was evaluated. The study was developed using monthly rainfall series for Cascavel, Toledo, Palotina, Foz

do Iguçu, and Guaira. The results indicate that there is no uniform behavior across the region for signal identification of the effects of ENSO events. Only Cascavel and Palotina showed a significant Spearman correlation between monthly accumulated precipitation and the ONI index (Oceanic Niño Index), not only in paired data (same month) but also lagged from one to four months. On the other hand, the wavelet analysis indicates the signal of the ENOS phenomenon in the rainfall data, highlighting the peak in periods from two to seven years in the energy spectrum for Cascavel, Foz do Iguçu, and Palotina. In the wavelet coherence analysis, all locations exhibit a correlation between the ONI index and the monthly accumulated series, over the period of around four years. This study highlights the complexity of the manifestation of ENSO on a local scale, considering that the climate variability of the cities analyzed does not respond only to this variability modulator. It is necessary to consider other oceanic areas and local factors that generate variability, highlighting the challenge that is posed for the weather forecast.

**Keywords:**

Climate modes, Precipitation, ONI, Wavelets

---

## I. INTRODUÇÃO

Todos os elementos naturais passam por ciclicidades e a interação entre os elementos que compõem o clima (atmosfera, biosfera, hidrosfera, litosfera, criosfera) gera tanto as zonas climáticas globais quanto os diversos padrões de variabilidade, em uma complexa interação no Sistema Superfície-Atmosfera. Os estudos de climatologia visam, em grande parte, compreender como ocorre a manifestação dessa complexa interação nos diferentes locais do planeta, que se reflete na variabilidade climática.

No Sistema Superfície-Atmosfera um dos principais moduladores da variabilidade climática é o oceano (WELLS, 1998). Calor, água, momentum, gases radiativamente importantes (como o CO<sub>2</sub>) e muitas outras substâncias atravessam a superfície dos mares, fazendo do oceano um componente central do sistema climático, particularmente em escalas temporais grandes (MARSHALL; PLUMB, 2008). O oceano possui uma capacidade muito maior do que a atmosfera em armazenar calor: o oceano é mil vezes mais denso do que o ar e seu “calor específico é aproximadamente 4 vezes o do ar; também deve-se considerar o fato de que o oceano cobre aproximadamente 70% da superfície do planeta” (MARSHALL; PLUMB, 2008, p. 261). O oceano e a atmosfera formam um sistema acoplado, sendo que a anomalia em um pode repercutir no outro. As anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) são forçantes atmosféricas que também geram variabilidade climática (SILVA; SILVA, 2012), já que “as anomalias de circulação iniciam na atmosfera, mas o oceano tende a mantê-las persistentes” (WELLS, 1998, p. 326).

---

Dentre os padrões de anomalias de TSM que se acoplam à atmosfera e geram padrões anômalos de circulação (que, por sua vez, gera variabilidade climática), o fenômeno de maior importância climática global é o El Niño/Oscilação Sul (ENOS).

O ENOS é um fenômeno climático oscilatório de escala global que ocorre em nível de oceano e atmosfera caracterizado por um aquecimento ou resfriamento das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial/Tropical, constituindo os fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente (CAI et al., 2020). É um dos maiores moduladores de variabilidade climática na América do Sul e em outras regiões do planeta por mudanças de circulação tanto alteração na transferência de calor do oceano para a atmosfera quanto por geração de ondas de Rossby, como o padrão *Pacific South America* (PSA) e por mudanças na circulação da célula de Walker (BARROS et al., 2008; TEDESCHI et al., 2012; LIN; QIAN, 2019; CAI et al., 2020).

Para a região Sul do Brasil, o El Niño provoca aumento de precipitação e a La Niña, diminuição, especialmente na primavera e início de verão do ano de início do fenômeno (GRIMM et al., 1998; GRIMM; TEDESCHI, 2009). Apesar de não ser a única área oceânica que modula o clima global, o ENOS é o mais importante modo de variabilidade de baixa frequência, e explica cerca de 50% da gênese da chuva na Região Sul do Brasil (GRIMM; AMBRIZZI, 2009).

Atualmente, discute-se sobre os diferentes tipos de ENOS e como esses afetam a variabilidade climática global. Os diferentes tipos de ENOS são classificados como Leste, Central ou Mix, dependendo do local do maior aquecimento (ASHOK et al., 2007; McPHADEN, 2011; TEDESCHI et al., 2015; 2016; CAI et al., 2020). Goudard et al. (2022), utilizando dados de precipitação do GPCC, identificaram que, para o sul do Brasil, os efeitos do El Niño Leste e Central variam de intensidade e padrão espacial, sendo que nos eventos de EN Leste, as anomalias de chuva são mais condizentes com o levantado na bibliografia, ou seja, anomalias positivas de chuva no sul do Brasil, enquanto nos eventos de EN Central as anomalias positivas são mais fracas ou até inexistentes, com anomalias negativas de precipitação, em alguns meses.

Além disso, Lin e Qian (2019) indicam uma nova forma de se verificar os eventos ENOS, não mais no padrão de El Niño (águas quentes), La Niña (águas frias) e eventos neutros. Os autores propõem uma análise do ciclo de vida de um evento para outro, sendo: período quente, período quente para frio, período frio, período frio para quente. Os autores demonstram, para todo o globo, que os padrões de anomalias de precipitação são diferentes em cada uma dessas fases propostas.

Dessa forma, entende-se que o fenômeno ENOS é muito importante para a variabilidade climática do globo todo e que é muito complexo, com novas propostas de análise sendo apresentadas com o desenvolvimento da ciência sobre o tema (CAI et al., 2020).

Assim, o presente artigo é proposto com o objetivo de verificar como ocorre a influência do ENOS em diferentes cidades do oeste do Paraná, demonstrando a complexidade da identificação dos seus efeitos em escala local. A pergunta é: será que em diferentes cidades do oeste do Paraná os efeitos do ENOS têm a mesma intensidade e frequência? Ou os efeitos de fenômenos de escala global podem sofrer influência de fatores locais do clima em sua manifestação?

Esse artigo visa contribuir com a discussão sobre a complexidade da definição dos efeitos em escala local do fenômeno ENOS, o principal modulador da variabilidade climática global.

Foram utilizadas séries de precipitação de cinco estações meteorológicas da região tendo como foco o método de análise de ondeletas. Espera-se que esse estudo contribua para a compreensão dos efeitos do fenômeno ENOS na chuva da região oeste do Paraná e, com isso, a melhoria dos modelos de previsão climática para melhor planejamento de agricultores e gestores quanto ao uso dos recursos hídricos em suas atividades.

## **II. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Dados e caracterização regional**

O estudo foi desenvolvido com dados de precipitação das cidades de Cascavel, Toledo, Palotina, Foz do Iguaçu e Guaíra (Figura 1). Foram utilizadas séries de precipitação pluvial do Iapar (Instituto Agrônomo do Paraná, atualmente Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR) para Cascavel e Palotina e do Simepar (Sistema Meteorológico do Paraná) para Toledo, Foz do Iguaçu e Guaíra para o seguinte recorte temporal: a partir de 1973 (Cascavel e Palotina) e de 1997 (Foz do Iguaçu, Guaíra e Toledo), todas até 2017. No trabalho foram utilizadas séries de acumulados mensais de precipitação pluvial. Além disso, foram calculadas médias mensais e os seus respectivos desvios-padrão.

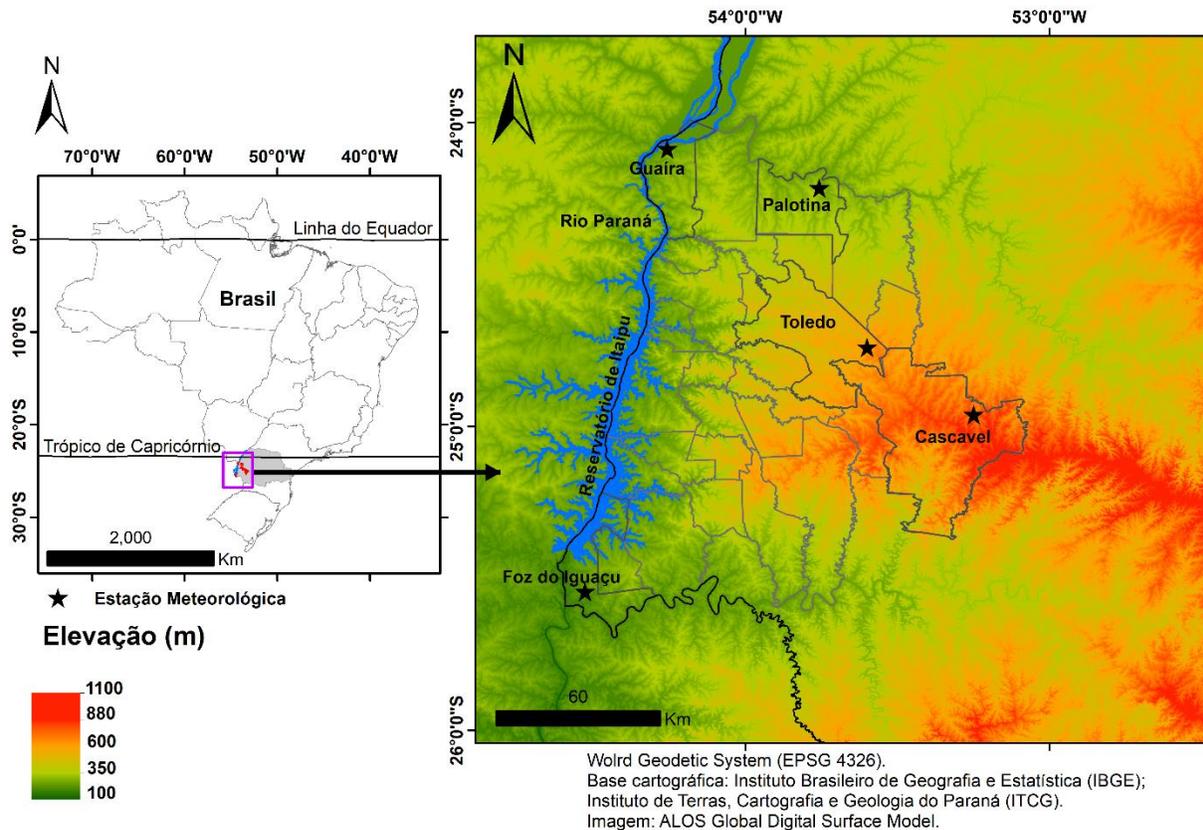


Figura 1 - Localização das estações selecionadas no Oeste do Paraná. (Elaborado pelas autoras).

A região está inserida no clima subtropical úmido e recebe a influência de massas de ar tropicais e polar: massa tropical atlântica, massa tropical continental e massa polar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). As incursões de ar quente e úmido que se deslocam do Norte e do centro do Brasil ocorrem praticamente ao longo do ano e são fonte de umidade para as chuvas na região (MANGILI, 2021). Esse fluxo transporta umidade da bacia da Amazônia para o Sudeste e Sul do Brasil por meio dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) (LIEBMANN et al., 2004). Muitos eventos severos de chuva e vento decorrem do encontro das massas de ar frias (polares) com estas massas de ar quente e úmido que vêm do norte tropical, associados a chuvas frontais. De outubro a maio complexos convectivos de mesoescala (CCMs) são frequentes e contribuem com uma fração da chuva total (DURKEE; MOTE, 2010). Chuvas convectivas, associadas a extremos de precipitação e enchentes, predominam de novembro a março. Outro sistema atuante é um centro de baixa pressão que se origina no Paraguai, sul da Bolívia e noroeste da Argentina, a chamada Depressão do Chaco (GRIMM, 2009). Também tem influência para

os ventos na superfície o sistema de alta pressão do Atlântico Sul, mais forte no inverno quando adentra mais o continente.

### Índice do fenômeno ENOS

Estudos que abordam modos de variabilidade climática podem tanto ser conduzidos por meio da correlação de dados climáticos nos continentes com dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), como feito por Limberger (2015), por exemplo. Também podem ser utilizados índices oceânicos calculados por institutos de pesquisas meteorológicos, como realizado por Lindemann e Justino (2015). Neste estudo foram utilizados dados de precipitação observados e dados de índices oceânicos que avaliam o fenômeno ENOS. Como existem vários índices associados a este fenômeno, na presente pesquisa foi utilizado o índice *Oceanic Niño Index* (ONI) – Índice Niño Oceânico.

O ONI é calculado a partir da temperatura da superfície do mar (TSM) e serve para identificar eventos El Niño (quente) e La Niña (frio) no Pacífico tropical. Os dados foram obtidos em NOAA (2022).

O índice é obtido pela anomalia média de 3 meses das TSMs observadas na região Niño 3.4 (área compreendida entre 5°N-5°S, 120°-170°W). Os eventos são definidos como 5 períodos consecutivos de sobreposição de 3 meses com ou acima da anomalia de + 0,5° para eventos quentes (El Niño) e abaixo ou abaixo da anomalia de -0,5° para eventos de frio (La Niña). A classificação dos índices contempla a definição de eventos fracos (com anomalias médias de TSM de 0,5 a 0,9), moderados (1,0 a 1,4), fortes (1,5 a 1,9) e muito fortes ( $\geq 2,0$ ), e o critério utilizado para categorização de eventos fracos, moderados, fortes ou muito fortes é definindo quando as anomalias médias de TSC se igualam ou ultrapassam o limiar de pelo menos 3 períodos consecutivos de sobreposição de 3 meses observados (ONI, 2022).

A metodologia neste ponto considerou em bloco intensidades fracas, moderadas e fortes dos eventos que foram classificados conforme apresentado em (<https://ggweather.com/enso/oni.htm>).

### Correlação de Spearman

Na investigação quantitativa também foi utilizada a correlação de Spearman. A correlação é calculada considerando a série de acumulados mensais de cada local e o índice ONI. Primeiro com dados pareados (Lag 0), depois o valor atual do acumulado de chuva com o índice ONI do mês anterior (Lag 1) e assim sucessivamente.

O coeficiente de Spearman é uma medida de correlação não-paramétrica que se baseia na ordenação de duas variáveis sem qualquer restrição quanto a distribuição de valores (SIEGEL, 1975). Esse coeficiente equivale ao coeficiente de correlação de Pearson adaptado a dados transformados em postos, sendo que a atribuição de postos é feita separadamente para cada uma das variáveis (WILKS, 2011). Se a amostra for grande a significância estatística da medida pode ser avaliada por meio de teste que utiliza a distribuição de probabilidade *t* de Student como distribuição de referência (DANIEL, 1978; SIEGEL, 1975). É testada a hipótese de não correlação contra a hipótese alternativa de que existe uma correlação diferente de zero. Foram considerados coeficientes significativos aqueles com  $p < 0,05$ .

### **Análise de tendência**

A existência de tendências nas séries temporais pode levar a falsas interpretações no cálculo de correlações (BOMBARDI; CARVALHO, 2017). Para identificação de tendências foi utilizado o teste não-paramétrico Mann Kendall (MK) (MANN, 1945; KENDALL, 1975; HIRSCH et al., 1982).

O teste não depende dos parâmetros da distribuição de probabilidade dos dados. É amplamente utilizado em várias áreas do conhecimento e se mostra adequado para a análise de tendências em séries temporais “porque é simples, robusto, se adapta aos dados faltantes e os dados não precisam estar em conformidade com qualquer distribuição estatística” (ELY; DUBREUIL, 2017, p. 560).

### **Análise de Ondeletas**

Para verificar as frequências tanto na intensidade dos eventos EN como nas intensidades de chuva foi utilizado o método de transformada em ondeleta (TO).

Ondeletas (ou *Wavelets*) são funções que satisfazem a certos requisitos matemáticos e são usadas na representação de dados ou mesmo de outras funções. A TO é uma técnica que possui janelas móveis, no tempo ou no espaço, que se dilatam ou se comprimem capturando sinais de baixa e alta frequência (DAUBECHIES, 1990; TORRENCE; COMPO, 1998). Esta característica torna o modelo bastante útil no estudo de séries temporais climatológicas como temperatura da superfície do mar (GERÓLAMO; KAYANO, 2010), extremos de precipitação pluvial (PEDRON et al., 2016; SILVA, 2017), vazão fluvial (LABAT, 2008; HOLDEFER; SEVERO, 2015) e Índice Padronizado de Precipitação (SPI) (BLAIN; KAYANO, 2011; SANTOS et al., 2019), entre outros exemplos. A

utilização de técnicas baseadas em ondeletas para a identificação de modos climáticos é amplamente utilizada, especialmente do fenômeno ENOS (GU; PHILANDER, 1995; TORRENCE; WEBSTER, 1999).

Matematicamente, uma TO decompõe um sinal em termos de algumas funções elementares  $\psi_{a,b}(t)$  (ondeletas filhas) derivadas de uma ondeleta mãe  $\psi(t)$  por dilatação e translação (LAU; WENG, 1995):

$$\psi_{a,b} = \frac{1}{a^{1/2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

em que  $b$  indica a posição (translação) e  $a(>0)$  denota a escala (dilatação) da ondeleta.

A técnica é baseada na convolução de uma série  $f(t)$  com um conjunto de funções  $\psi_{a,b}(t)$  obtidas por translação e contração/dilatação da função de onda de referência  $\psi(t)$ . Assim, a transformada de ondeleta contínua, utilizada neste trabalho, é definida como

$$W(a,b) = \frac{1}{a^{1/2}} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt. \quad (2)$$

O espectro de energia da ondeleta, definido como o quadrado do valor absoluto da transformada,  $|W(a,b)|^2$ , dá uma medida da variância da série em cada escala e em cada momento. O fator  $a^{1/2}$  é a normalização para manter constante o total da energia da ondeleta escalonada.

Nesse estudo foi usada a função de Morlet para a transformada (GRINSTED et al., 2004). A função pertence à família de ondeletas complexas não-ortogonais, ondas planas com um envelope gaussiano. A mesma apresenta uma ótima representação de sinais não estacionários obtidos na natureza.

Nos escalogramas, mapas de cores onde podem ser apresentados os resultados da TO, também está representado o cone de influência (COI). O COI representa os erros que ocorrem no início e no final do espectro de potência das ondas quando se considera uma série temporal de comprimento finito. Os efeitos de borda são reduzidos quando o número de elementos da série temporal é igual a uma potência de 2. Portanto, é necessário preencher a série temporal com zeros para trazer o comprimento da série temporal para a próxima potência superior de 2 antes de calcular a transformação de ondeleta (TORRENCE; COMPO, 1998). Dentro do COI no escalograma a informação é confiável.

A análise de ondeleta foi aplicada utilizando-se o algoritmo elaborado por C. Torrence and G. Compo (<http://atoc.colorado.edu/research/wavelets/>).

## **Análise de Coerência**

Aplicou-se a análise de Coerência em Ondeletas (*Wavelet Coherence*) para verificar a relação entre o índice ONI e as séries de acumulados mensais de precipitação. A Coerência é uma estrutura bivariada usada

para estudar a interação entre diferentes séries temporais que podem ser não lineares em sua evolução ao longo de um tempo contínuo e espaço de frequência. O modelo fornece uma medida da correlação entre os sinais. Assemelha-se muito com os coeficientes de correlação tradicionais e até pode ser entendido como um coeficiente localizado no espaço frequência-tempo. Para definir o coeficiente de coerência considera-se a correlação cruzada entre dois sinais  $x$  e  $y$  (TORRENCE; COMPO, 1998)

$$W_{xy}(a, b) = W_x(a, b)\overline{W_y}(a, b) \quad (3)$$

na qual  $W_x(a, b)$  e  $W_y(a, b)$  representam a transformada contínua de cada um dos sinais. A barra representa o complexo conjugado da transformada. A coerência ao quadrado é dada por (GRINSTED et al., 2004)

$$R_t^2 = \frac{|S(a^{-1}W_t^{xy}(a))|^2}{S(a^{-1}|W_t^x(a)|^2).S(a^{-1}|W_t^y(a)|^2)} \quad (4)$$

em que  $S$  é um operador de suavização no tempo e em escala.

Como colocado acima, é útil entender a Coerência como um coeficiente de correlação localizado no espaço tempo-frequência. A estimativa de coerência ao quadrado da magnitude é uma função da frequência com valores entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo o valor de 1, maior é a correlação entre os sinais. Os coeficientes da Coerência podem ser apresentados em um escalograma para os dois sinais de entrada. Esta técnica de Coerência para correlacionar variáveis diferentes em um mesmo período mostra as bandas de frequência dentro das quais duas séries temporais estão covariando (GRINSTED et al., 2004). No escalograma também podem ser indicadas setas que representam vetores de fase entre as séries. A fase de coerência é definida como  $\tan^{-1}[\mathcal{I}\{W_t^{xy}(a)\}/\mathcal{R}\{W_t^{xy}(a)\}]$  com  $\mathcal{R}$  e  $\mathcal{I}$  correspondendo às partes real e imaginária da transformada (TORRENCE; COMPO, 1998). Para verificar a diferença de fase entre duas séries temporais analisadas foi utilizado o diagrama de fase apresentado em Barbosa e Blitzkow (2008).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Distribuição de chuvas e correlação com o índice ONI

Na Figura 2 são apresentadas as médias anuais de acumulados mensais e os respectivos desvios-padrão para todas as estações. Para todas as cidades analisadas os meses de julho e agosto são os mais secos enquanto outubro é o mês mais chuvoso. Assim, o padrão característico de chuvas é marcado por uma transição entre o clima de monção (estação mais seca no inverno), que ocorre ao norte da região sul e o clima subtropical, com

chuvas bem distribuídas durante o ano e inverno chuvoso, que ocorre ao sul da região sul do Brasil (MANGILI, 2021; NASCIMENTO Jr. et al., 2020).

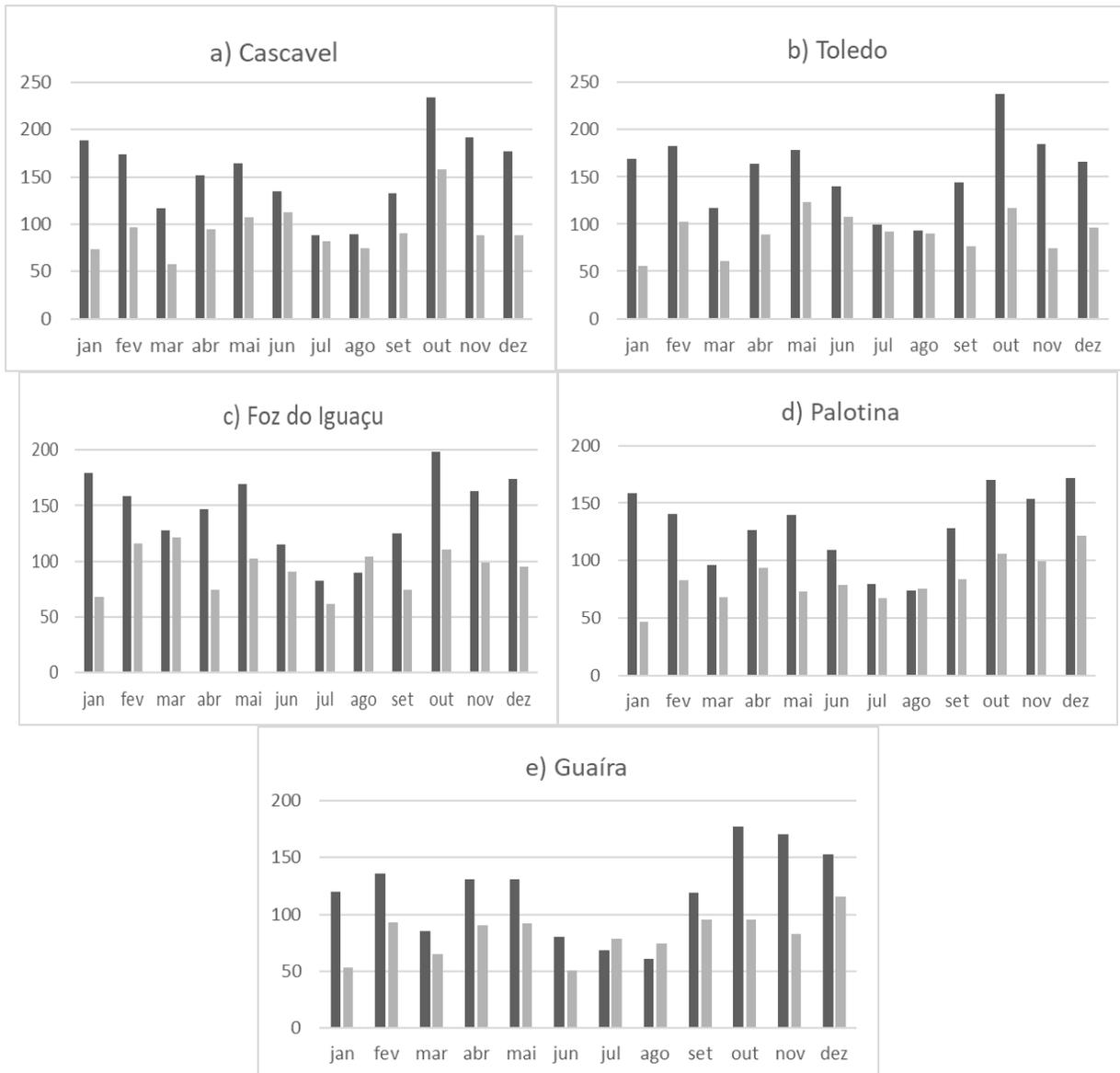


Figura 2 – Médias, em mm, de acumulados mensais de precipitação pluvial (barras em preto) e os respectivos desvios-padrão (barras em cinza) para: a) Cascavel; b) Toledo; c) Foz do Iguaçu; d) Palotina e e) Guaíra. (Elaborado pelas autoras).

A Figura 3 mostra a média de acumulados sazonais para outubro a janeiro, que são os meses mais afetados pelo ENOS (GRIMM, 2009) e meses críticos para as culturas agrícolas de verão na região (FERREIRA, 2017), associados a cada evento El Niño, La Niña ou Neutro. Cascavel apresenta maior volume de precipitação em anos de La Niña, Toledo em anos neutros e os outros locais em anos de El Niño. Anos neutros podem ser de maior ou menor precipitação, dependendo da associação com outras áreas de anomalias de TSM que definem

a sua variabilidade (LIMBERGER; ELY, 2019). Mesmo assim, não aparece o mesmo padrão de relação com o índice ENOS para todas as cidades. Fatores locais, especificamente o relevo, podem afetar a resposta aos eventos. Além disso, é preciso considerar que a variável precipitação tem uma grande componente aleatória (TEEGAVARUPU, 2012).

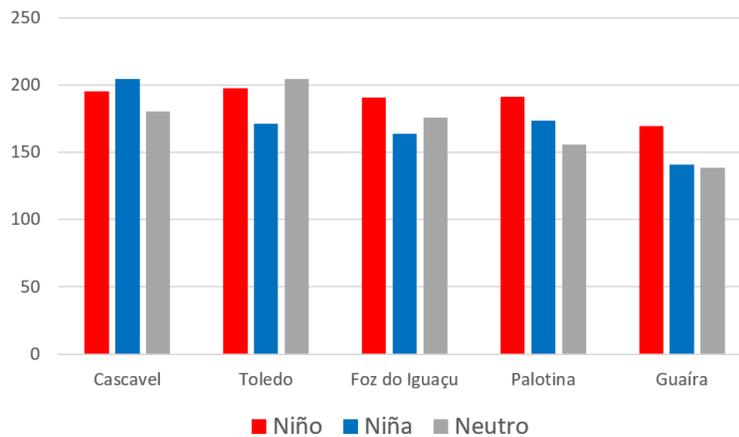


Figura 3 - Médias de acumulados sazonais de precipitação pluvial (out/nov/dez/jan) (mm). (Elaborado pelas autoras).

O mesmo padrão aparece no período de janeiro a abril (Figura 4), meses críticos para a instalação da segunda safra agrícola ou “safrinha” na região. Anos neutros são menos chuvosos que anos de El Niño, porém não são menos secos que anos de La Niña. No Sul do Brasil, conforme Alberto et al. (2006), os anos neutros se mostraram mais irregulares, em termos de distribuição de precipitação, durante o ciclo de desenvolvimento das culturas de verão (soja e milho).

Com exceção de Cascavel, todos os locais tiveram resposta esperada ao sinal do ENOS para a região Sul, com mais chuva em anos de El Niño e menos chuva durante anos de La Niña. O resultado concorda com Grimm et al. (1997) que indica que o sinal do ENOS é mais forte na primavera/verão na região sul do Brasil e que o impacto do El Niño sobre as chuvas no Paraná é maior na primavera do ano em que o fenômeno se inicia.

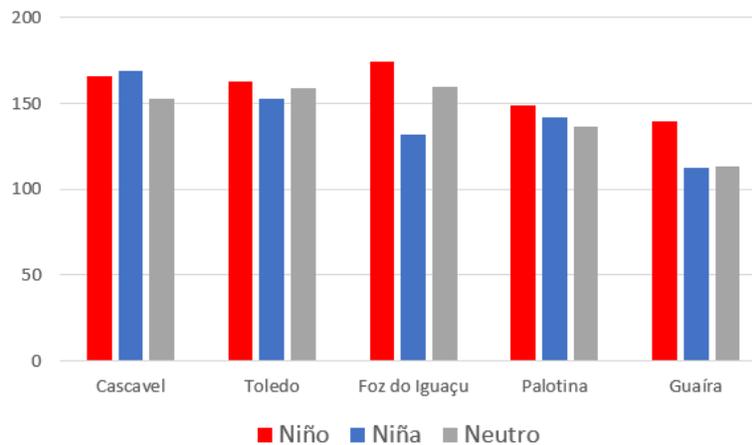


Figura 4 - Médias de acumulados sazonais de precipitação pluvial (jan/fev/mar/abril) (mm). (Elaborado pelas autoras).

Na Tabela 1 são apresentados os valores do coeficiente de correlação de Spearman entre os acumulados de chuva mensal e o índice ONI, para as cidades analisadas. As séries mais curtas (Toledo, Foz de Iguaçu e Guaíra) não apresentaram correlação significativa (com exceção de Foz do Iguaçu para Lag 0). Os baixos valores da Tabela 1 se justificam uma vez que não se espera valores altos na correlação entre variáveis naturais tão complexas e de pontos ou áreas remotas no globo, como alertado por Cavalcanti e Ambrizzi (2009).

Tabela 1 - Coeficiente de correlação de Spearman entre acumulados mensais e o índice ONI. Primeiro com dados pareados (Lag 0), depois o valor atual do acumulado de chuva com o índice ONI do mês anterior (Lag 1) e assim sucessivamente com defasagem de dois meses (Lag 2), três meses (Lag 3) e quatro meses (Lag 4).

	Cascavel	Toledo	Palotina	Foz Iguaçu	Guaíra
Lag0	<b>0,11</b>	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,14</b>	0,11
Lag1	<b>0,10</b>	0,06	<b>0,10</b>	0,11	0,09
Lag2	<b>0,10</b>	0,05	<b>0,09</b>	0,09	0,09
Lag3	<b>0,09</b>	0,06	<b>0,10</b>	0,09	0,10
Lag4	0,08	0,06	<b>0,11</b>	0,08	0,10

<sup>1</sup>Em negrito valores significativos com  $p < 0.05$ . (Elaborado pelas autoras).

Não há uma explicação física na circulação de escala local ou regional para essa diferença na significância da correlação. Todos os valores de correlação são baixos, no entanto, significativos para Cascavel e Palotina. O que pode explicar essa diferença são fenômenos de escala local (relevo, inclinação de vertente, vegetação, área urbana) ou, até mesmo, o comprimento da série temporal dos dados. Por isso, é importante considerar outras técnicas para associação do índice ONI e a chuva.

Cascavel e Palotina, com séries mais longas, apresentam correlação significativa não só no mês atual,

mas também em situação quando a correlação é feita com o sinal defasado do El Niño em até quatro meses. Isso significa que os impactos das anomalias no Oceano Pacífico que definem os eventos El Niño/La Niña podem se manifestar com o atraso de alguns meses na região. Essa é uma informação relevante pois pode efetivamente ser útil quando existe a necessidade de se adequar ao evento, uma vez iniciado o processo. A configuração defasada do impacto do El Niño é conhecida na literatura. Por exemplo, em Maringá – PR, Galvani et al. (1998) verificaram que o coeficiente de correlação mais significativo entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e o desvio de chuva ocorre com uma defasagem de três a quatro meses. Também correlações são mais intensas com defasagem de um ou dois meses para precipitação no sul da América do Sul (SCHNEIDER; GIES, 2004). Isso ocorre porque uma das formas de transferência da anomalia oceânica para a atmosfera e sua teleconexão com os continentes se dá via ondas de Rossby (AMBRIZZI, 2003), pelo padrão *Pacific South América* (PSA), que levam aproximadamente 3 meses para perturbar a atmosfera no sul da América do Sul e modificar a dinâmica das passagens das frentes frias.

As séries de acumulados mensais não apresentaram tendências significativas analisadas pelo teste de Mann-Kendall.

### **Análise de Ondeletas**

Na figura 5 estão representados o WPS (*Wavelet Power Spectrum* – espectro de energia *wavelet*) na letra *a* e o GWS (*global wavelet power spectrum* – espectro global de energia) ou variância na letra *b*, para o índice ONI e precipitação em todas as localidades analisadas, considerando suas séries de acumulados mensais. Note-se que para o ONI (Figura 5A) aparecem os períodos entre 2 e 7 anos referentes ao índice que caracteriza o fenômeno ENOS. Essas frequências já foram indicadas na literatura, como em Torrence e Webster (1999). Em todas as figuras dos locais de estudo, no item *b*, o primeiro pico significativo de energia corresponde à sazonalidade dos dados. Cascavel (Figura 5B) apresenta um pico entre dois e oito anos, com maiores energias em meados da década de 80. Ressalta-se que em 1982/1983 ocorreu evento ENOS muito forte. Toledo (Figura 5C) e Guaíra (Figura 5F) não apresentam energias relevantes por essa análise. Foz do Iguaçu (Figura 5D) e Palotina (Figura 5E) apresentam picos significativos em torno do período de quatro anos. Palotina também apresenta energia relevante no início da década de 80.

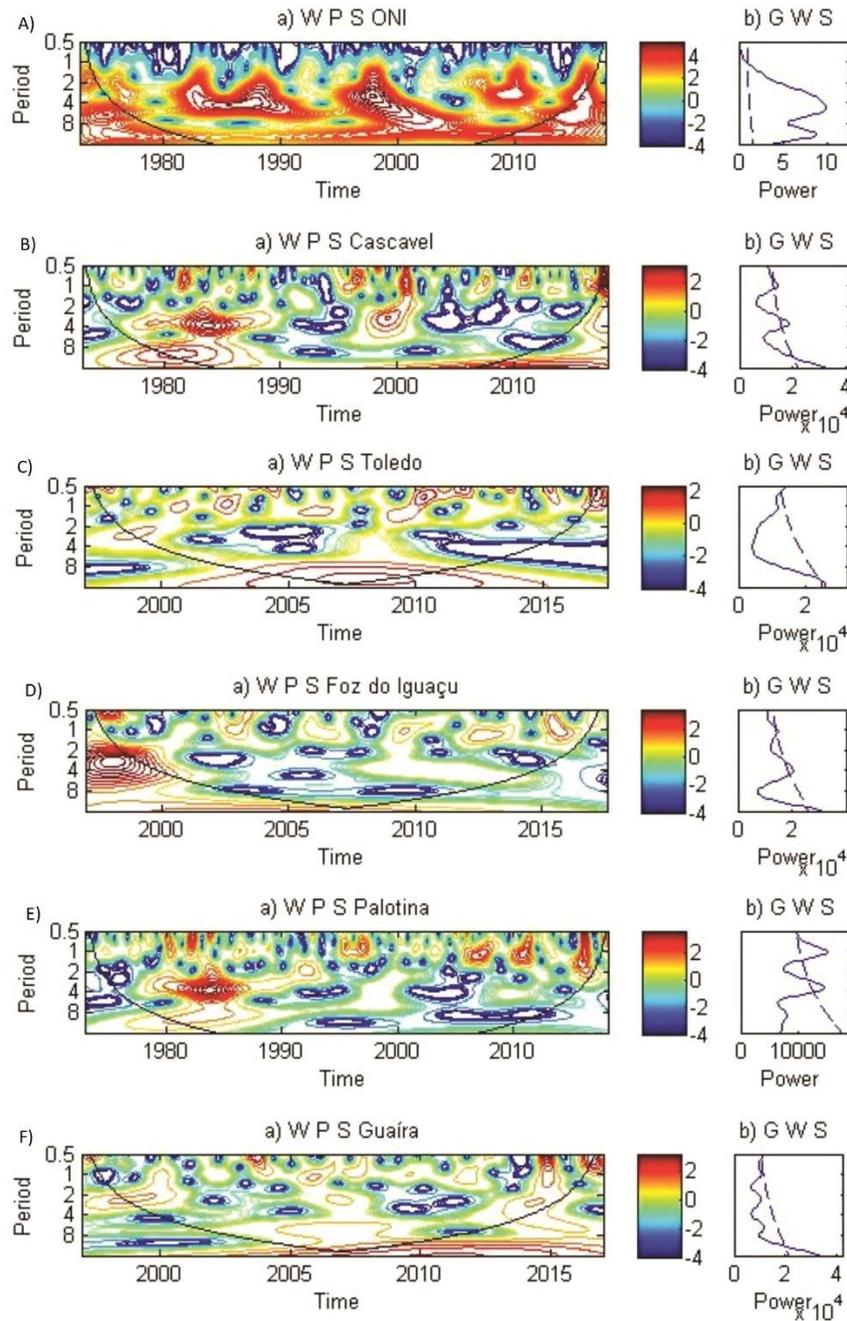


Figura 5 - *Wavelet Power Spectrum* (WPS) e *Global Wavelet Spectrum* (GWS) para a série ONI e acumulados mensais dos locais em estudo. Em A) ONI, B) Cascavel, C) Toledo, D) Foz do Iguaçu, E) Palotina e F) Guaíra. O WPS é mostrado na letra a e o GWS na letra b nas figuras. A linha preta sólida na letra a é o cone de influência e a linha tracejada na letra b é o nível de significância de 5% para o GWS. O período e o tempo são medidos em anos. Power: °C<sup>2</sup> para o ONI e mm<sup>2</sup> para as outras séries. (Elaborado pelas autoras).

Os resultados do WPS e GWS para as cidades analisadas corrobora com os resultados de correlação linear, apresentados no item anterior; ou seja, mesmo estando na mesma mesorregião geográfica, os resultados

da associação entre a chuva e o índice ENOS não seguem o mesmo padrão para todas as cidades, demonstrando a complexidade da variabilidade pluvial.

Para aprofundar essa análise, na Figura 6 estão representados os globais de energia (GWS) correspondentes à Figura 5, letra b, para: A) ONI, B) Cascavel, D) Foz do Iguaçu e E) Palotina, que mostraram picos significativos além da sazonalidade. Esse corresponde ao primeiro pico nas séries de acumulados mensais. Os globais estão normalizados (divididos pelos respectivos valores máximos) de forma que cada um tem valor máximo igual a 1. O segundo pico, na figura 6, nos períodos entre dois e sete anos, corresponde ao conhecido padrão do El Niño e se manifesta nas séries de precipitação representadas. A presença destas frequências marca a assinatura do fenômeno e pode ser relacionado ao padrão de chuvas locais.

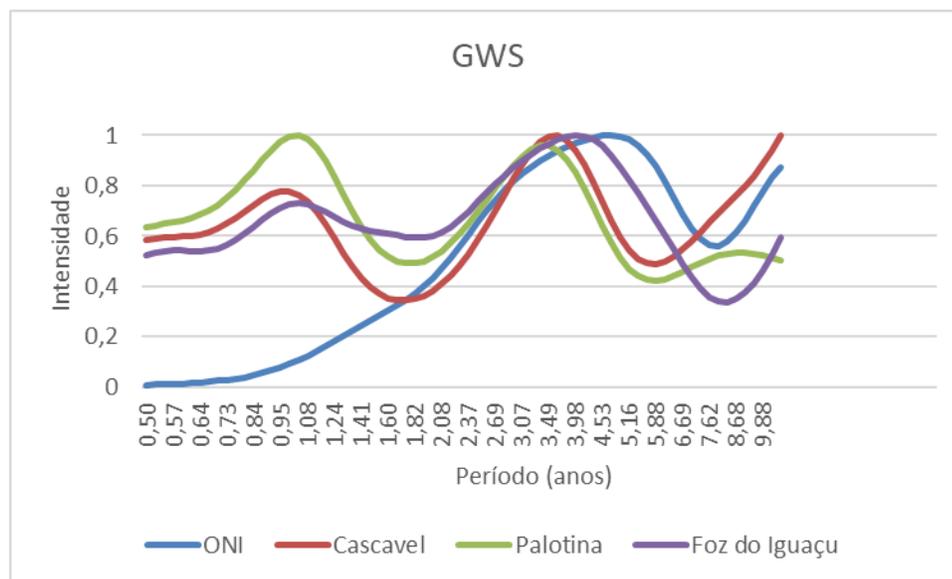


Figura 6 - *Global wavelet spectrum* (GWS) da série ONI e dos acumulados mensais de precipitação pluvial de Cascavel, Palotina e Foz do Iguaçu. Unidades: °C<sup>2</sup> para o ONI e mm<sup>2</sup> para as outras séries. (Elaborado pelas autoras).

A identificação do fenômeno ENOS é comum na literatura utilizando a análise de ondeletas. Labat et al. (2005) indicam uma oscilação de 3 a 6 anos típica da variabilidade do ENOS observada na vazão mensal de grandes rios do Atlântico (Amazônia, Paraná, Orinoco e Congo). Hudgins e Huang (1996) encontram sua correlação com a monção na Ásia. Jevrejeva et al. (2003) encontram sua influência nas condições de gelo do mar Báltico, bem como Rigozo et al. (2003) identificam sua variabilidade em dados de anéis de árvores no Sul do Brasil, entre outros exemplos.

## Coerência em Ondeletas

A Figura 7 mostra os escalogramas da coerência entre o índice ONI e os acumulados mensais de precipitação de cada local. O eixo horizontal representa o domínio temporal e o eixo vertical as escalas utilizadas para realizar o cálculo da coerência. A coerência é uma espécie de correlação (no domínio da frequência). Vermelho (1) significa que os dois sinais estão altamente correlacionados e azul (0) significa que não há correlação. Estão representadas setas (que indicam o vetor de fase entre as séries) apenas para correlação acima de 0,7. A linha tracejada delimita a região de significância. As regiões com baixa coerência coincidem com baixo espectro de energia das ondeletas. Pode-se verificar as bandas de frequência dentro das quais as duas séries temporais estão covariando.

Cascavel, na Figura 7a, mostra coerência significativa no período em torno de quatro anos com as séries em fase, entre 1990 e 2005 aproximadamente. Com período em torno de três anos o ONI aparece adiantado em relação à série de acumulados mensais, o que corrobora os resultados da Tabela 1. Toledo, na Figura 7b, apresenta coerência em fase nos períodos de dois a quatro anos entre 1998 e 2010. No início da série, no período de três anos, o sinal do índice ONI é adiantado em relação aos acumulados mensais. Está defasado em torno de 2010 e voltando em fase a partir de 2015. Em Foz do Iguaçu, Figura 7c, em torno do ano 2000 e período de dois a quatro anos o ONI está adiantado; porém, de 2002 a 2012 segue defasado no período de oito anos. Palotina, na figura 7d, tem ONI em fase com a série de acumulados no período em torno de quatro anos, entre 1995 e 2016. Com período um pouco superior o ONI está adiantado o que também foi detectado na Tabela 1. Guaíra, na Figura 7e mostra coerência significativa em fase somente a partir de 2014 e com período de dois a quatro anos.

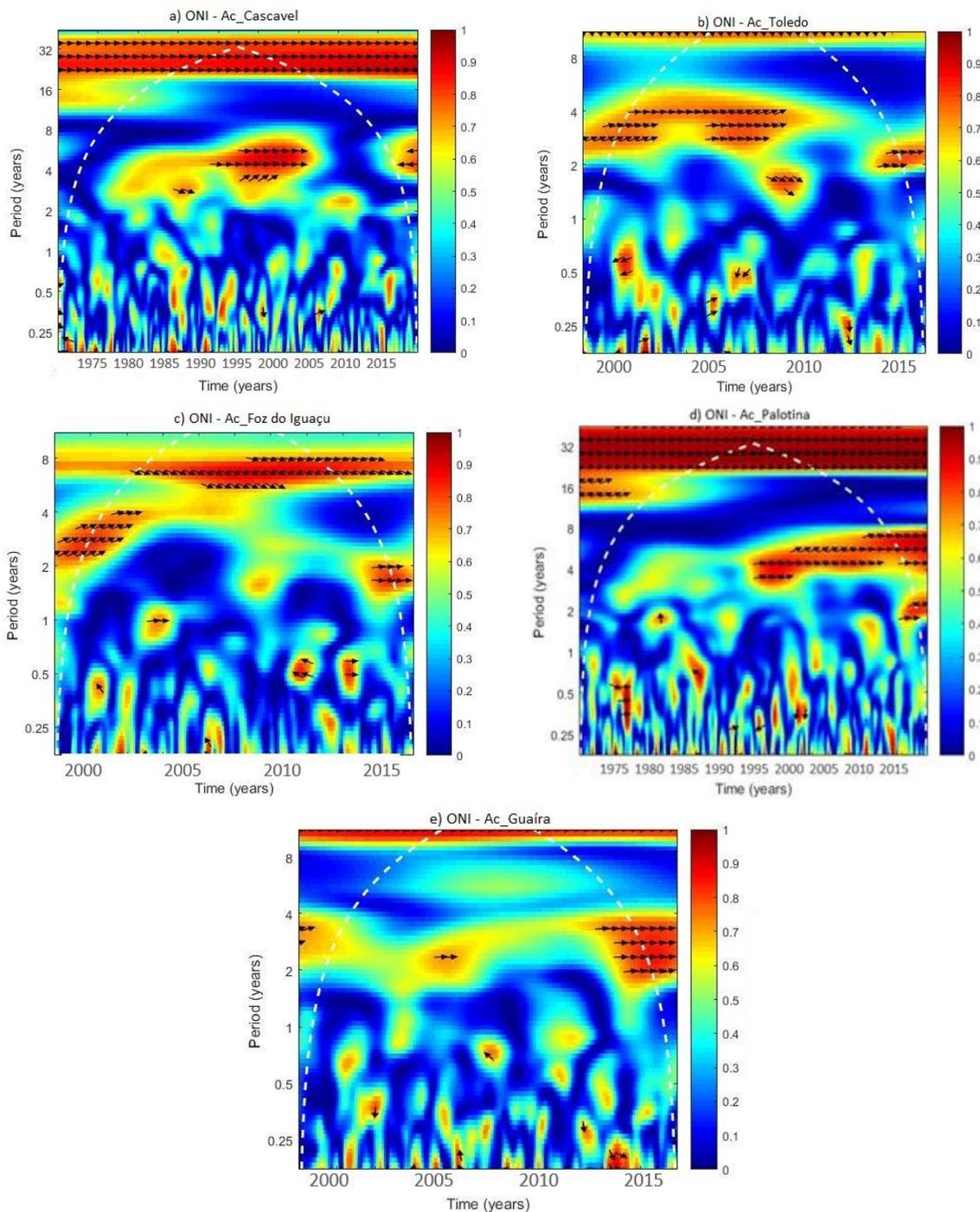


Figura 7 - Escalogramas da coerência em ondeletas entre o sinal ONI e os acumulados mensais de precipitação dos locais em estudo. Estão representadas setas (indicam o vetor de fase entre as séries) apenas para correlação acima de 0,7. (Elaborado pelas autoras).

De forma geral o que se conclui da observação da Figura 7 é que todos os locais exibem coerência entre o índice ONI e as séries de acumulados mensais, em algum momento. A coerência ocorre principalmente em torno do período de 4 anos. As variabilidades nas precipitações que ocorrem nas regiões em estudo são influenciadas pelo fenômeno ENOS o qual gera condições de variabilidades interanuais e interdecenais sobre as

precipitações.

#### IV. CONCLUSÕES

O trabalho teve por objetivo identificar o sinal de eventos ENOS na precipitação de cinco cidades da região Oeste do Paraná: Cascavel, Toledo, Palotina, Foz do Iguaçu e Guaíra.

A média de acumulados sazonais (out/nov/dez/jan) mostrou que os maiores volumes de precipitação para Palotina, Foz do Iguaçu e Guaíra ocorreram em anos de El Niño. Para Cascavel ocorreu em anos de La Niña e Toledo em anos neutros. O padrão se repete para (jan/fev/mar/abril), quando nesse período Toledo também teve maiores volumes em anos de El Niño. Anos neutros são menos chuvosos que anos de El Niño, porém, não são menos secos que anos de La Niña, em todos os locais. Por isso sugere-se, em trabalhos futuros, utilizar-se a metodologia de classificação de ENOS sugerida por Lin e Qian (2019), considerando anos de anomalias quentes, quentes para frias, frias e frias para quentes.

Cascavel e Palotina apresentaram correlação (de Spearman) significativa entre acumulados mensais de precipitação e o índice ONI não só em dados pareados (mesmo mês), como também defasados de um a quatro meses. Isso significa que os impactos das anomalias de temperatura e pressão no Oceano Pacífico que definem o evento ENOS podem se manifestar com o atraso de alguns meses na região oeste do Paraná e não de forma homogênea em todas as cidades. Toledo e Guaíra não apresentaram correlações significativas e Foz do Iguaçu só em dados pareados.

O sinal do fenômeno ENOS aparece claramente na análise de frequências por ondeletas. Picos de energia se manifestam em períodos de dois a sete anos nos dados de precipitação de Cascavel, Foz do Iguaçu e Palotina. Além disso, todos os locais exibem coerência entre o índice ONI e as séries de acumulados mensais, em algum momento. A correlação ocorre em torno do período de quatro anos.

Este trabalho mostra a complexidade da manifestação local de um fenômeno de variabilidade global, que é o ENOS. Destaca-se a importância da utilização de várias técnicas na identificação da influência do ENOS na chuva, em escala local. O coeficiente correlação de Spearman pode não capturar o sinal entre as séries devido a sua baixa magnitude. Por outro lado, a transformada de ondeleta e coerência são úteis para analisar sinais não estacionários, caso da maioria das séries climáticas.

Os resultados dessa pesquisa indicam o desafio da previsão climática para a região oeste do Paraná, já que o sinal do ENOS não é unívoco nos locais estudados. Portanto, é necessária a consideração de diversas áreas de anomalias oceânicas para compreensão da modulação climática na área.

## V. REFERÊNCIAS

- ALBERTO, C. M.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; MEDEIROS, S. L. P. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 1067-1075, 2006.
- AMBRIZZI, T. El Niño/Oscilação Sul e teleconexões atmosféricas no hemisfério austral. 201 f. Tese (Livre-Docência). IAG, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.
- ASHOK, K.; BEHERA, S.K, RAO, S.A, WENG, H.Y.; YAMAGATA, T. El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research*, 112: C11007, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1029/2006JC003798>
- BARBOSA, A. C. B.; BLITZKOW, D. Ondaletas: Histórico e Aplicação. São Paulo: IAG/USP, 2008, 39p.
- BARROS, V. R.; DOYLE, M. E.; CAMILLONI, I.A. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theoretical and Applied Climatology*. v. 93 (1-2), p. 19-33, 2008.
- BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. 118 anos de dados mensais do Índice Padronizado de Precipitação: série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, p. 137-148, 2011.
- BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L. M. V. Simple Practices in Climatological Analyses: A Review. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 32, n. 3, 2017.
- CAI, W. et al. Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*, v.1, n.4, p. 215-231, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- CAVALCANTI, I.F.A.; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In\_\_: *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 317-335.
- DANIEL, W. W. Applied nonparametric statistics. Boston: Houghton-Mifflin, 1978.
- DAUBECHIES, I. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. *IEEE transactions on information theory*, v. 36, n. 5, p. 961-1005, 1990.
- DURKEE J. D., MOTE T. L. 2010. Climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America. *International Journal of Climatology*, v. 30, n. 3, p. 418–431, 2010. doi: 10.1002/joc.1893.
- ELY, D.; DUBREUIL, V. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná–Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, 2017.
- FERREIRA, L.G. Disponibilidade hídrica e produtividade de soja do oeste do Paraná. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agricultura Conservacionista/IAPAR. Londrina, 70p., 2017.
- GALVANI, E; PEREIRA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S. Relações entre o índice de oscilação sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá –Pr. *Acta Scientiarum* v. 20, n.4, p. 531-535, 1998.

- GERÓLAMO, R. O.; KAYANO, M. T. Variações do ciclo anual da temperatura da superfície do mar no Pacífico Tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 237-247, 2010.
- GOUDARD, G. LIMBERGER, L.; MENDONÇA, F. A. Variabilité des précipitations au sud du Brésil et son association avec différents types d'El Niño - Oscillation Australe (ENSO). 35ème colloque annuel de l'Association Internationale de Climatologie, Toulouse, p.1-7, 2022.
- GRIMM, A. M.; GUETTER, A. K.; CARAMORI, P.H. El Niño no Paraná: o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica. *SIMEPAR- informativo*, n.1, 1997.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, v.11, n.11, p. 2863–2881, 1998.
- GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R.G. ENSO and extreme rainfall events in South America. *Journal of Climate*, v. 22, p. 1589-1609, 2009.
- GRIMM, A. M. Clima da Região Sul do Brasil. In\_\_: Cavalcanti, I. F. A. C. et al.(Org.) *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- GRIMM, A.M.; AMBRIZZI, T. Teleconnections into South America from the Tropics and Extratropics on Interannual and Intraseasonal timescales. In: *Past climate variability in South America and surrounding regions*. Springer, Dordrecht, 2009. p. 159-191.
- GRINSTED, A.; MOORE, J. C.; JEVREJEVA, S. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics.*, v.11, p. 561-566, 2004.
- GU, D.; PHILANDER, S. G. H. Secular changes of annual and interannual variability in the Tropics during the past century. *Journal of Climate*, v. 8, n.4, p. 864-876, 1995.
- HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R.; SMITH, R. A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, v. 18, n. 1, p. 107-121, 1982.
- HOLDEFER, A. E.; SEVERO, D. L. Análise por ondaletas sobre níveis de rios submetidos à influência de maré. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 1, p. 192-201, 2015.
- HUDGINS, L.; HUANG, J. Bivariate wavelet analysis of Asia monsoon and ENSO. *Advances in Atmospheric Sciences*, v. 13, n. 3, p. 299-312, 1996.
- JEVREJEVA, S.; MOORE, J. C.; GRINSTED, A. Influence of the Arctic Oscillation and El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on ice conditions in the Baltic Sea: The wavelet approach. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 108, n. D21, 2003.
- KENDALL, M. G. *Rank Correlation Methods*. London: Griffin, 1975.
- LABAT, D.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L. Recent advances in wavelet analyses: Part 2—Amazon, Parana, Orinoco and Congo discharges time scale variability. *Journal of Hydrology*, v. 314, n. 1-4, p. 289-311, 2005.
- LABAT, D. Wavelet analysis of the annual discharge records of the world's largest rivers. *Advances in water resources*, v. 31, n. 1, p. 109-117, 2008.
- LAU, K.-M.; WENG, H. Climate signal detection using wavelet transform: How to make a time series sing. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 76, p. 2391-240, 1995.
-

LIEBMANN, B.; KILADIS, G. N.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; CARVALHO, L. M. V. Subseasonal variations of rainfall in South America in the vicinity of the Low-Level Jet East of the Andes and comparison to those in the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*, v. 17, p. 3829-3842, 2004.

LIMBERGER, L. Variabilidade da vazão de regiões homogêneas da bacia hidrográfica amazônica brasileira: teleconexões com a temperatura da superfície do mar (TSM) de 1976-2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH/USP, 487p., 2015.

LIMBERGER, L.; ELY, D.F. Régionalisation des précipitations dans l'état du Paraná (Brésil) en lien avec la température de surface de la mer. *Anais do XXXII Colloque Internationale de l'AIC*, 2019. Thessaloniki. Le Changement Climatique, la variabilité et les risques climatiques, v. 1., p. 493-498, 2019.

LIN, J.; QIAN, T. A new picture of the global impacts of El Niño-Southern oscillation. *Scientific reports*, v.9, n. 1, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54090-5>, 2019

LINDEMANN, D.S.; JUSTINO, F.B. A influência dos modos de variabilidade climática na temperatura em superfície na Antártica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, p. 214-222, 2015.

MARSHALL, J.; PLUMB, A. *Atmosphere, Ocean, and climate dynamics: an introductory text*. San Diego: Elsevier, 2008.

McPHADEN M. J.; LEE, T.; McCLURG, D. El Niño and its relationship to changing background conditions in the tropical Pacific Ocean. *Geophysical Research Letters*, v. 38, n. 15, L15709, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1029/2011GL048275>, 2011

MANGILI, F.B. Dinâmica das chuvas no Paraná: da análise espacial à rítmica. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Londrina, 141p, 2021.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NASCIMENTO Jr., L.; RODRIGUES SILVESTRE, M.; SANT'ANNA NETO, J. L. Trends and rainfall tropicalization in Paraná State, south of Brazil. *Atmósfera*, v. 33, n. 1, p. 1-18, 2020.

NOAA, 2022. Disponível em: [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php). Acesso em: 15 set. 2022.

ONI, 2022. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-niño-index>. Acesso em: 15 set. 2022.

PEDRON, I. T.; SILVA DIAS, M. A.; DIAS, S. P.; CARVALHO, L. M.; FREITAS, E. D. Trends and variability in extremes of precipitation in Curitiba–Southern Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 37, n. 3, p. 1250-1264, 2016.

RIGOZO, N. R.; VIEIRA, L. E. A.; ECHER, E.; NORDEMANN, D. J. R. (2003). Wavelet analysis of solar-ENSO imprints in tree ring data from southern Brazil in the last century. *Climatic Change*, v. 60, n. 3, p. 329-340, 2003.

SANTOS, M. S.; COSTA, V. A. F.; FERNANDES, W. D. S.; PAES, R. P. D. Time- space characterization of droughts in the São Francisco River catchment using the Standard Precipitation Index and continuous wavelet transform. *Brazilian Journal of Water Resources*, v. 24, 2019.

- SCHNEIDER, S.; GIES, D. Effects of El Nino–Southern Oscillation on Southernmost South America precipitation at 53 °s revealed from ncep–ncar reanalyses and weather station data. *International Journal of Climatology*, v. 24, p. 1057–1076, 2004.
- SIEGEL, S. *Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento*. São Paulo: McGraw- Hill do Brasil, 1975.
- SILVA, D. F. Aplicação de Análises de ondaletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no leste do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 187-198, 2017.
- SILVA, M.E.S.; SILVA, C.B. Variabilidade climática – processos físicos e dinâmicos nos oceanos e na atmosfera. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, v. especial 30 anos, p. 372-406, 2012.
- TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F. A.; GRIMM, A. M. Influences of two types of ENSO on South American precipitation. *International Journal of Climatology*, v. 33, p. 1382 – 1400, 2012.
- TEDESCHI, R. G.; GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer. *International Journal of Climatology*, v. 35, n. 8, p. 2045-2064, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.4106>
- TEDESCHI, R. G.; GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on precipitation and its extreme events in South America during austral autumn and winter. *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 15, p. 4797-4814, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.4670>
- TEEGAVARUPU, R.S.V. *Floods in a Changing Climate: extreme precipitation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- TORRENCE, C.; COMPO, G. P. *A Practical Guide to Wavelet Analysis*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 79, p. 61–78, 1998.
- TORRENCE, C., WEBSTER, P.J. Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system. *Journal of Climate*, v.12, p. 2679-2690,1999.
- WELLS, N. *The atmosphere and ocean: a physical introduction*. 2.ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.
- WILKS, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. v. 100. Academic press, 2011.
- YUE, S. et al. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, v. 16, n. 9, p.1807-1829, 2002.
-