

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

DAIANE CRISTINA FELIX MELHADO

DINÂMICA TEMPORAL DE VAZÕES MÍNIMAS DO RIO IVAÍ NO PERÍODO DE 1953  
A 2022: ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PORTO PARAÍSO DO NORTE – PR

MARINGÁ

2024

DAIANE CRISTINA FELIX MELHADO

DINÂMICA TEMPORAL DE VAZÕES MÍNIMAS DO RIO IVAÍ NO PERÍODO DE 1953  
A 2022: ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PORTO PARAÍSO DO NORTE – PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Geografia da Universidade  
Estadual de Maringá para obtenção do título de  
Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Eduardo Souza de Moraes

MARINGÁ

2024

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Professor Dr. Eduardo Souza de Moraes, pela valiosa orientação, incentivos e grandes ensinamentos ao longo desse processo. Suas palavras me guiaram de forma indescritível para além desse trabalho.

Agradeço aos colegas do Grupo de Estudos Multidisciplinar do Ambiente – GEMA, pelas conversas e trocas científicas.

Aos meus irmãos, meus mais profundos agradecimentos pelas tardes sentados na sala escutando minhas observações. Essas trocas foram essenciais para a construção de pensamento.

Agradeço à minha mãe, por escutar durante horas a leitura e releitura dessa monografia. Agradeço a dedicação de me guiar, mesmo nos dias mais corridos e nos momentos mais inoportunos. Seu companheirismo foi essencial para minha vida acadêmica.

Ao meu pai, agradeço ao apoio silencioso. Por realizar as tarefas que não pude cumprir nos dias corridos e por estar sempre pronto para escutar as reclamações da vida.

Aos meus amigos, agradeço por todo o companheirismo durante essa jornada. Por tornarem os dias mais fáceis e divertidos. Sua presença fez toda a diferença na realização desse trabalho.

Por fim, quero agradecer ao honorável professor José Ricardo, por seus infinitos ensinamentos e incentivos durante o ensino médio. Por seu conhecimento inestimável a respeito da vida e da geografia, e por ter lutado até o fim por um ensino de qualidade. Sei que de onde estiver, está olhando por todos nós.

A todos, não há palavras para descrever o quanto sou grata.

## Resumo

Compreende-se a importância de pesquisas voltadas para os recursos hídricos, especialmente no que diz respeito à determinação das vazões mínimas, fundamentais para a análise do potencial hidrológico de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, o presente trabalho dedicou-se à determinação das vazões mínimas na bacia hidrográfica do rio Ivaí, a maior com área integralmente no estado do Paraná. A determinação das vazões mínimas foi realizada com o método de vazão de referência Q90, com estudo desenvolvido na estação fluviométrica Porto Paraíso do Norte (64685000), localizada no município de Paraíso do Norte. A estação possui uma área de drenagem de 28.400 km<sup>2</sup>, contemplando 77,62% da área total da bacia hidrográfica. Os resultados permitiram análise dos meses, anos e a duração das vazões mínimas. Também foi possível identificar a influência dos fenômenos ENOS (*El Niño e La Niña*) nas vazões mínimas, destacando-se especialmente a influência de *La Niña*. O estudo contribui para uma melhor compreensão da dinâmica de eventos naturais de vazões mínimas e sua correlação climática.

**Palavras chaves:** Recursos Hídricos; Regime Hidrológico; Vazões Mínimas, Q90.

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 4  |
| 2. OBJETIVOS.....  | 5  |
| 2.1. Objetivo Geral .....  | 5  |
| 2.2. Objetivos Específicos .....   | 5  |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....  | 6  |
| 3.1. Métodos de análises de vazões .....   | 7  |
| 3.2. Vazões Mínimas.....   | 8  |
| 3.3. Fenômenos atuantes no Hemisfério Sul: <i>El Niño</i> e <i>La Niña</i> ..... | 9  |
| 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....  | 11 |
| 4.1. Geologia e Geomorfologia .....  | 12 |
| 4.2. Clima .....   | 13 |
| 4.3. Solos .....   | 14 |
| 4.4. Fitogeografia.....  | 15 |
| 4.5. Uso e Ocupação do Solo.....   | 16 |
| 5. MATERIAIS E MÉTODOS .....   | 17 |
| 5.1. Método de vazões de referência Q90 .....                                    | 17 |
| 6. RESULTADOS.....   | 18 |
| 7. DISCUSSÕES .....  | 21 |
| 7.1. Influência dos fenômenos ENOS nas vazões do rio Ivaí .....                  | 22 |
| 7.2. Impacto social e ecológico dos eventos de vazão mínima .....                | 26 |
| 8. CONCLUSÃO.....  | 28 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 29 |

## 1. INTRODUÇÃO

A mensuração do regime hidrológico é fundamental para análise e planejamento territorial, pois esse sistema está diretamente relacionado à variação do nível da água em um canal fluvial, estando inerentemente ligado as mudanças climáticas, além de gerenciar diversas atividades humanas (Fujita, 2009; Borges, 2020; Destefani, 2005). Dentre as variações do canal fluvial, compreendemos que as enchentes e vazões mínimas, eventos extremos que ocorrem dentro do âmbito das bacias hidrográficas, são vazões sazonais e naturais, entretanto, estudos recentes apontam que esses fenômenos têm se intensificado de forma alarmante com as alterações climáticas (Assayag *et al.*, 2024). Nesse contexto, a mensuração dessas vazões contribui para análises fluviais, oferecendo abordagens dentro de uma perspectiva hidrológica, geomorfológica, ecológica, econômica e social (Destefani, 2005).

Segundo Laaha *et al.* (2013), as vazões mínimas refletem situações em que os rios apresentam baixos níveis de água disponível, dos quais possuem diversas ocorrências, incluindo o armazenamento subterrâneo de água, a evaporação e, em regiões frias, o acúmulo de neve. Assim, um dos maiores desafios dos estudos hidrológicos é compreender o comportamento real dos processos hídricos, dado que o conhecimento é, em grande parte, qualitativo, dificultando o gerenciamento do recurso (Gasques *et al.*, 2018; Tucci, 2002). A quantificação dos dados de vazão depende da análise de variáveis que possuem o comportamento estocástico, e que consideram esses processos ao longo do tempo (Gasques *et al.*, 2018; Tucci, 2002; Rego, 2013; Lopes *et al.*, 2017).

Considerando que os rios possuem padrões de drenagem diversos, influenciados pela geomorfologia, clima, geologia e pedologia, compreende-se, portanto, que o rio Ivaí apresenta um padrão meandrante incisivo. Esse padrão é caracterizado pela sinuosidade, no entanto as margens são relativamente estáveis e há o predomínio da incisão.

Nesse contexto, o presente trabalho dedica-se a mensuração das vazões mínimas no rio Ivaí, um dos principais afluentes do rio Paraná, que pertence a uma das maiores e mais dinâmicas bacias hidrográficas do Brasil (Fujita, 2009; Destefani, 2005). A bacia hidrográfica do rio Ivaí, a segunda maior do estado do Paraná, com uma área de aproximadamente 36.587 km<sup>2</sup>, possui um tronco principal que se estende por 725 km, com nascente no rio dos Patos, na região de Prudentópolis, e foz no rio Paraná, próximo à Querência do Norte (Fujita, 2009; ANA, 2006), evidenciando a necessidade de uma análise dos dados de vazões para o planejamento territorial eficiente em nível municipal e estadual.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Analisar as vazões mínimas do rio Ivaí no período de 1953 a 2022 na estação fluviométrica de Porto Paraíso do Norte (código 64685000).

### 2.2. Objetivos Específicos

Revisar os conceitos e técnicas para análise das vazões mínimas;

Organizar os dados diários da estação fluviométrica de Porto Paraíso do Norte;

Identificar o valor de Q90;

Analisar a quantidade de dias do Q90;

Analisar a quantidade de dias de Q90 por anos e meses;

Analisar a quantidade de eventos de vazões Q90 (dois ou mais dias consecutivos);

Analisar a duração dos eventos de vazões Q90;

Analisar a influência do *El Niño* e *La Niña* nas vazões mínimas;

Analisar repercussões geográficas das vazões mínimas para a bacia hidrográfica do rio Ivaí;

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A análise do regime hidrológico de um sistema fluvial é de extrema importância para a compreensão e caracterização da paisagem, já que é um processo estocástico no tempo e no espaço (Tucci, 2002), caracterizando-se como uma ferramenta necessária para o planejamento e gestão dos recursos naturais. Para fins de planejamento, é necessário que sejam exercidas técnicas de caráter estatístico, principalmente devido às modificações cada vez mais aceleradas em âmbito climático, que exigem um aprofundamento das vazões líquidas analisadas para previsões futuras (Mendonça, 2001).

Nesse sentido, é necessária a compreensão básica a respeito de um dos principais elementos de determinação para o ordenamento territorial, as bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas podem ser entendidas, segundo Targa *et al.* (2012), como um conjunto de áreas terrestres limitadas por divisores de águas, com rede de drenagem, subdividida em nascente, cursos principais e secundários que percorrem a rede hidrográfica até um ponto final denominado de exutório. É evidenciado, portanto, sua importância na dinâmica da estimativa da água, que por sua vez, auxilia no gerenciamento ambiental (Chaves *et al.*, 2002).

Considerando a abordagem a respeito da delimitação da bacia hidrográfica, entendemos que o regime hidrológico é variável, dependendo de fatores extremamente específicos, como a geologia, geomorfologia, solo, cobertura vegetal, uso do solo e ações antrópicas, assim como as condições climáticas às quais estão inerentes ao local (Tucci, 2002; Destefani, 2005).

Para a compreensão do regime hidrológico é necessário o entendimento de que os rios são a representação visível de um sistema extremamente complexo, na qual são sustentados pelas águas superficiais e subterrâneas (Christofolletti, 1981). Já as vazões são a quantidade de água que flui em uma seção transversal por unidade de tempo, usualmente medidas em m<sup>3</sup>/s (Destefani, 2005). Através da mensuração das vazões de um rio é possível analisar sua variabilidade, ou seja, os valores de aumento e diminuição das águas no canal fluvial dentro do ano civil ou hidrológico, sendo o segundo uma abordagem da periodicidade entre as vazões mínimas e máximas (Destefani, 2005).

O ciclo hidrológico é entendido por Bittencourt e Amadio (2007), como quatro períodos distintos, que sofrem interferência geomorfológica e climática na distribuição e presença da água em meio físico, sendo denominados como: enchente, cheia, mínima e seca. Para a análise desses períodos, é fundamental compreender como esses conceitos podem ser



interpretados de maneiras distintas, dependendo do campo de pesquisa, principalmente o conceito de enchente.

Nesse sentido, ao discutir as enchentes e cheias compreende-se que são eventos geralmente associados a uma extrema pluviosidade que atinge a bacia hidrográfica, causando uma vazão de grande magnitude, sem o extravasamento de água para a planície de inundação. Já as inundações são os eventos na qual ocorre o extravasamento das águas do canal (Villela e Matos, 1975).

As vazões mínimas são aquelas determinadas numericamente conforme considera-se os valores mais baixos presentes em uma série histórica. Por meio dessa abordagem, é determinado o período de seca quando a precipitação reduzida afeta de forma significativa a recarga dos aquíferos, levando a uma redução extrema das vazões dos rios (Gonçalves *et al.*, 2021).

Como explicado por Tucci (2002), o regime das vazões é caracterizado pela sua variação de nível, sendo necessário, portanto, o conhecimento da diferença entre as vazões diárias e médias. Nesse sentido, as vazões diárias são aquelas extraídas da média aritmética das medições registradas em um dia, servindo em especial para identificação de períodos sazonais em regiões com estações bem definidas. Já as médias mensais servem de indicador para a caracterização do ano hidrológico, sendo seus valores importantes para a estimativa do abastecimento de água, potencial hidrelétrico, irrigação entre outros (Destefani, 2005).

### 3.1. Métodos de análises de vazões

Para a análise de um regime hidrológico de um sistema fluvial, é necessário a compreensão da existência de duas diferentes vertentes que se complementam: base teórica conceitual e o tratamento estatístico (Destefani, 2005). A base teórica apresenta diversos parâmetros conceituais que demonstram a natureza dos dados hidrológicos, nos quais os mais comuns são a periodicidade, a estacionalidade, a frequência, a duração e a recorrência (Destefani, 2005).

A periodicidade refere-se a uma variação regular ou oscilatória das vazões, levando em consideração um fluxo de determinada magnitude, e podendo ser definida de forma formal ou informal em diferentes escalas de tempo (anual, sazonal, mensal ou diário) (Rocha, 2010; Destefani, 2005). Já a estacionariedade, é compreendida por Tucci (2002), como uma condição em que as características estatísticas de uma série de dados não sofrem alterações ao longo do tempo. Ou seja, os padrões e comportamentos da série permanecem constantes.

A frequência refere-se à ocorrência de uma vazão de determinada magnitude ao longo de um intervalo de tempo específico, sendo inversamente proporcional à magnitude do fluxo, ou seja, quanto maior a magnitude do fluxo, menor será a sua frequência de ocorrência (Rocha, 2010). Tucci (2002), salienta que a frequência possui cunho probabilístico, já que utiliza da probabilidade para apontamento da ocorrência de diferentes magnitudes de vazões.

Rocha (2010), elabora considerações sobre a duração, sendo apontado em sua análise como o intervalo de tempo durante o qual uma condição específica de fluxo se mantém. Já a recorrência é apontada por Destefani (2005), como o período médio no qual uma vazão de determinada magnitude pode ser igualada ou superada.

Destefani (2005), ao abordar as questões estatísticas da análise do regime hidrológico, ressalta a importância das representações gráficas para transmitir informações significativas das séries históricas de vazões. Dentre esses gráficos, destaca-se a utilização de hidrogramas, que representam as variações das vazões ao longo do tempo, e cotogramas, que ilustram o comportamento do nível d'água, sendo ambos tipos de gráficos construídos com base no tempo (Destefani, 2005).

### 3.2. Vazões Mínimas

As vazões mínimas são períodos importantes para a compreensão do ciclo hidrológico, nesse sentido, é indispensável seu estudo para o manejo e planejamento dos recursos hídricos, vinculados à disponibilidade e preservação ambiental. A identificação das vazões mínimas está intimamente ligada à utilização do recurso, havendo necessidade das considerações sobre os sistemas que nele se apoiam, em especial aqueles destinados ao aproveitamento da água em deferência econômica (Silveira e Silveira, 2001).

As vazões mínimas ocorrem em períodos de estiagem, na qual há a redução das reservas de água do subsolo. Essas vazões dependem da recarga pluvial desse recurso, já que são os lençóis freáticos que sustentam esse período (Silveira e Silveira, 2001).

Os lençóis freáticos, são os poros saturados de água normalmente distribuídos em meio rochoso ou sedimentar (Silveira e Silveira, 2001), sendo vitais para o funcionamento das bacias hidrográficas, isso devido ao seu caráter de recarga e descarga, que influencia de forma significativa a manutenção dos rios e nascentes. Sendo formados principalmente através da percolação da água que se infiltra no solo.

Compreendendo a complexidade a respeito das vazões mínimas, é necessário que, para que seja possível a construção de estudos voltados para o tema, as pesquisas se dediquem

principalmente à fluviometria, uma área de estudo que se dedica a mensuração dos fluxos de água superficiais de sistemas hídricos, proporcionando registros de séries temporais dos rios (Silveira e Silveira, 2001).

Por meio dos embasamentos dos fluviogramas é possível uma melhor observação dos períodos entre as cheias e as mínimas, constituindo-se de processos intercalados, normalmente associados a estações ou fenômenos climáticos (Silveira e Silveira, 2001) e que através desses padrões ocorre comparações temporais e espaciais. (Bittencourt e Amadio, 2007).

Em análise do processo de determinação para as vazões mínimas, é preciso compreender primeiramente que em fluviogramas ou hidrogramas, possuem curvas que identificam padrões cruzando dados de nível e cota. Nesse sentido, nos é apresentado duas curvas, a primeira sendo a curva de recessão e a segunda a de depleção, aquela em que evidencia o momento em que o aquífero é responsável sozinho de manter o escoamento do rio (Silveira e Silveira, 2001).

A curva de depleção, uma vez que bem fundamentada através dos dados hidrológicos destinados à área de estudo, pode ser entendida como uma representação matemática bem definida através do escoamento dos aquíferos. Deste modo, são organizadas fórmulas que determinam sua variabilidade, já que as curvas tendem a mudar de um período de estiagem para outro, ao passo em que se leva em consideração, além da duração, as mudanças espaciais dentre a hidrologia da bacia, que podem influenciar a maneiras diversas como o aquífero se comporta durante o processo (Silveira e Silveira, 2001).

### 3.3. Fenômenos atuantes no Hemisfério Sul: *El Niño* e *La Niña*.

O regime hidrológico está intimamente ligado ao clima, fazendo com que fenômenos atuantes em anos anômalos influenciem de forma significativa suas dinâmicas (Nogués-Peagle *et al.*, 2002). Para que seja possível a compreensão dos efeitos desses anos no sistema hídrico devemos destacar que o *El Niño* e *La Niña* são duas fases complementares da Oscilação Sul, (Philander, 1985), fazendo com que possuam um impacto significativo no sistema climático mundial. Como abordado pela *European Space Agency* – ESA (2016), se apoiando na teoria de Trenberth (1997), o *El Niño* é um ciclo contínuo, mas irregular, caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico Equatorial. Esse fenômeno é responsável por períodos chuvosos intensos que abrangem toda a porção da região Sul do Brasil, oriunda da movimentação majoritariamente leste da célula Walker, gerando inversamente, um período de estiagem no Norte brasileiro (Lopes, 2023).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2024), o período em que se segue a *La Niña* está associado ao resfriamento nas águas do Pacífico, o que leva inevitavelmente a uma queda considerável na pluviometria (Sul-Brasil). Nesse sentido, para a identificação desses eventos é necessário a aplicação de índices, como o Índice Oceânico *Niño* (*Oceanic Niño Index* – ONI) que é definido por uma média móvel trimestral da mudança de temperatura da superfície do mar (na região afetada pelo fenômeno) por um período mínimo de três meses consecutivos com valores abaixo de  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  para eventos de *La Niña* e acima de  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  para eventos de *El Niño* (INPE, 2024).

O Índice de Oscilação Sul (*Southern Oscillation Index* – SOI) também auxilia na identificação desses fenômenos, indicando a diferença de pressão média do ar ao nível do mar com as medidas de Darwin (norte da Austrália) e Taiti (região da Polinésia Francesa, Pacífico central) que normalmente indicam a condição de compressão entre o Oceano Pacífico e a Atmosfera. A *La Niña* por caracterizar-se com uma pressão atmosférica mais alta do que o normal em Darwin e mais baixa em Taiti, resulta em um valor positivo no Índice de Oscilação Sul, ocorrendo de forma inversa para os anos de *El Niño* (INPE, 2024).

Nesse sentido, essas mudanças no clima da América do Sul (AS) resultam nas alterações das células de Walker e de Hadley, juntamente com o setor extratropical, pelo padrão de ondas de Rossby (Zhou e Lau, 2001; Nogués-Paegle *et al.*, 2002; Kayano *et al.*, 2016). O fenômeno *La Niña* caracteriza-se pelo movimento ascendente mais intenso sobre a América do Sul tropical, devido ao aumento da célula de Walker e intensificação dos ventos alísios, que gera uma corrente de jato subtropical menos intensa do que o habitual sobre o centro do Chile e centro-norte da Argentina, ocasionando no aumento da precipitação na região Norte do Brasil, e inevitavelmente na redução de chuvas na região Sul (Nogués-Paegle *et al.*, 2002; Lopes, 2023).

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

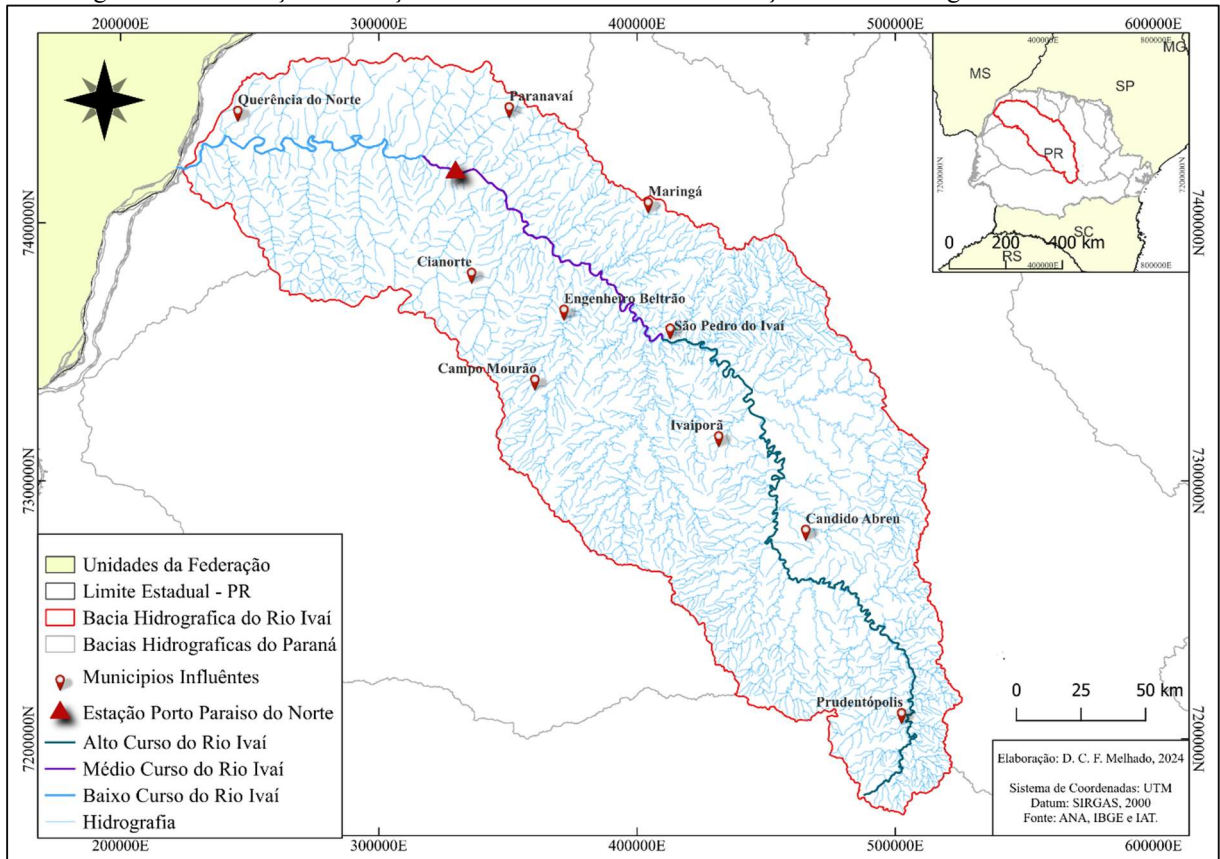
Através dos estudos das vazões do rio Ivaí, avaliou os dados da estação fluviométrica, Porto Paraíso do Norte (código 64685000), que drena 77,62% da bacia hidrografia do rio Ivaí, localizada no noroeste do estado, próximo ao baixo curso da bacia hidrográfica do rio Ivaí, sob as coordenadas 23°19'29.09" latitude sul e 52°39'55.66" longitude oeste, com uma vazão média de 556,19 m<sup>3</sup>/s.

A bacia hidrográfica do rio Ivaí é a segunda maior bacia hidrográfica do estado do Paraná, e possui aproximadamente 36.587 km<sup>2</sup>, com um percurso estimado de 680 km da nascente ao exutório (Destefani, 2005). O rio Ivaí é afluente do curso superior do rio Paraná, tendo início a sudeste do estado, entre os municípios e Prudentópolis e Ivaí, a altitude pode alcançar cerca de 900 m, com formação entre o rio dos Patos e o rio São João na Serra da Boa Esperança e deságue no rio Paraná, com aproximadamente 230 m de altitude no município de Icaraíma (Destefani, 2005; Santos *et al.*, 2008).

A bacia Hidrográfica do rio Ivaí abrange o segundo e terceiro planalto paranaense, possuindo centenas de afluentes (Maack, 1981). Dentre os rios com maiores influências em comprimento e volume de água, podemos destacar a margem direita os rios Alonzo (do Peixe), Paranaíba, Ubazinho e das Antas e na margem esquerda os rios Corumbataí, Mourão, Marrecas, Ligeiro e dos Índios (Destefani, 2005; Soares, 2015).

A caracterização dos aspectos físicos inerentes da bacia hidrográfica é de extrema importância para a compreensão do comportamento do regime hidrológico, levando em consideração a geologia, geomorfologia, clima, pedologia, vegetação e o tipo de uso do solo que afetam diretamente na distribuição e escoamento pluvial e fluvial, determinando as características do regime do rio Ivaí.

Figura 1 - Localização da estação Porto Paraíso do Norte em relação a bacia hidrográfica do rio Ivaí.



Fonte: Autora, 2024

#### 4.1. Geologia e Geomorfologia

A bacia hidrográfica do rio Ivaí apresenta características geológicas e geomorfológicas distintas, que possibilita apresentá-lo conforme a proposta de Destefani (2005), que o delimita em três segmentos: alto, médio e baixo curso (Figura 1).

O segmento superior estende-se em um percurso médio de 440 km desde sua nascente até a confluência com o rio Alonso (Destefani, 2005) fluindo sob o Grupo Passa Dois, constituído principalmente de rochas areníticas com a presença de diques de Diabásio. Nesse segmento, compreende-se que o rio flui em um relevo de altitude em degraus, constituídos de morros e cadeias de mesetas, fazendo com que o Ivaí nesse segmento, apresente corredeiras e cachoeiras em seu percurso, com predomínio de vertentes côncavas e vales em V (Maack, 1981; Destefani, 2005; Fujita, 2009).

O médio curso do rio Ivaí abrange o Grupo Serra Geral, com aproximadamente 170 km de extensão que no reverso da cuesta, é constituída pelo arenito da Formação Botucatu e derrames basálticos compactados (Maack, 2002; Fujita, 2009). Correndo por patamares e mesetas com um relevo de menor energia devido à menor declividade e morros com topos arredondados e vertentes convexas em direção à jusante, apresentando áreas de corredeiras

mais restritas e presentes em menores trechos no percurso hídrico (Destefani, 2005; Fujita, 2009).

Já o baixo curso do Ivaí está inserido no Grupo Caiuá, com um percurso de 164 km até a foz e declividade consideravelmente reduzida, com altitudes de apenas 20 m de variação (250-230 m) (Destefani, 2005). Esse segmento conta com a presença de sedimentos aluviais, compreendendo um relevo de chapadas e colinas suaves (convexas) (Destefani, 2005; Fujita, 2009, Santos, 2008).

#### 4.2. Clima

O clima da bacia hidrográfica do rio Ivaí, segundo o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (1994), com base na classificação de Koppen, possui dois tipos climáticos principais: subtropical e tropical (Destefani, 2005; Fujita, 2009). O clima subtropical abrange o curso superior da bacia hidrográfica, com presença de temperaturas médias abaixo de 18°C no mês mais frio e abaixo de 22°C no mês mais quente, com verões frescos sem estações secas (Fujita, 2009). Já o clima tropical, que abrange os segmentos inferior e médio, apresenta temperaturas médias de 18°C a 22°C, com presença de geadas e verões quentes (Fujita, 2009).

Através dos apontamentos realizados por Andrade *et al.* (2003), compreende-se que a bacia hidrográfica está localizada em uma região de transição de baixa para média latitude, levando as características climáticas específicas. Nesse sentido, o autor afirma que não há uma grande variabilidade tempo-espaço da pluviometria da bacia, no entanto, apresenta períodos secos (junho, julho e agosto) e chuvosos (janeiro, fevereiro e março), com maiores variações nos anos anômalos, devido aos fenômenos *El Niño* e *La Niña* (Destefani, 2005; Fujita, 2009).

Segundo Destefani (2005), os maiores valores pluviométricos ocorrem a montante e na porção centro-sul da bacia (média de 1700,0 mm) com diminuição à jusante (1350,0 mm). Esses valores podem ser melhor compreendidos através dos apontamentos realizados por Baldo (2006), que compartimentou a bacia do rio Ivaí em quatro grupos com padrões similares de pluviosidade:

O grupo A abrange o baixo curso do rio Ivaí, com precipitações médias de 1443,0 mm, localizada em uma área de transição climática com características tropicais. O grupo B apresenta características similares ao grupo A, localiza-se na área de transição do médio ao baixo curso com registros médios de precipitação anual de 1609,0 mm. Já o grupo C abrange a região do alto e médio curso, com pluviosidade de 1706,0 mm em uma área de transição

entre o Segundo e Terceiro Planalto, com mudança de clima tropical e subtropical. Por último o grupo D contempla a área do curso superior do rio Ivaí, mais precisamente nos municípios de Guarapuava e Pitanga, com registros de 1821,8 mm de média anual e clima predominantemente subtropical.

A climatologia do estado do Paraná, em especial sua precipitação, possui diferentes influências, devido à atuação de distintas dinâmicas climáticas, como a anomalia *El Niño* – Oscilação Sul (ENOS) que causa intensos episódios pluviométricos (Nery, 2020; INPE, 2024). O estado paranaense é caracterizado por chuvas no verão, pois a radiação solar é mais intensa no hemisfério Sul, causando uma maior liberação de calor latente e sensível sobre a Amazônia, o que gera uma intensificação na massa equatorial continental (mEc). Ou seja, o Sul brasileiro é dominado no verão por sistemas convectivos, advindos do deslocamento mais ao sul na linha do Equador da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que intensifica a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) ocasionando no impedimento da passagem da umidade na região dos Andes “soprada” de Leste-Oeste pelos ventos Alísios, ocasionando, portanto, no direcionamento dessa umidade concentrada aos estados do Sudeste-Sul (Carfan, 2005).

Inversamente, no inverno a concentração da irradiação do Sol está direcionada ao hemisfério Norte, impossibilitando significativo transporte de umidade para as regiões mais baixas do país, levando a concentração na região Norte-Nordeste, principalmente na abrangência do estado do Amazonas (Carfan, 2005). Nesse sentido, os invernos na região sul do país possuem a atuação concentrada de anticiclones, acentuando de forma significativa o ar frio e seco nas camadas superiores da atmosfera, normalmente associadas às massas polares advindas das regiões extremo-sul do continente (Massa Polar Atlântica – mPa) (Nery, 2002; Carfan, 2005).

#### 4.3. Solos

A bacia do rio Ivaí possui um complexo conjunto de componentes determinantes para as classes de solos, em especial pelas diferentes litologias da bacia hidrográfica (Douhi, 2013). Nesse sentido, observa-se que no alto curso da bacia há presença predominante dos Neossolos Litólicos e Cambissolos, com porções de Argissolos Vermelho-Amarelo e em menor quantidade Latossolos Eutróficos e Distróficos, normalmente associados aos topos de interflúvios menos dissecados (Santos *et al.*, 2018).



As áreas que contemplam o médio curso apresentam uma predominância dos Nitossolos Vermelhos Eutroféricos, nas vertentes e topos estreitos. O Latossolo Vermelho Distroférico, constitui grande parte dessa porção da bacia, sendo caracterizado por sua profundidade e estrutura microagregadora (devido à granulometria fina) no horizonte B. A presença do Neossolo Litólico nessa região está normalmente restrita a áreas mais dissecadas e de maiores declividades, não predominantes, assim como os Argissolos Vermelhos-Amarelos, que estão presentes nas áreas onde se encontra o Grupo Caiuá (Douhi, 2013; Santos *et al.*, 2018).

O baixo curso do rio Ivaí apresenta solos associados ao Grupo Caiuá, sendo eles: os Planossolos e Geissolos associados a áreas de várzeas, com os solos associados a granulometria mais grossa (areia), destaca-se a presença dos Argissolos Vermelhos-Amarelos (com horizonte subsuperficial enriquecido em argila), os Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos (Santos *et al.*, 2018). As áreas com presença de Latossolo e Nitossolo, são progressivamente restritos conforme se aproxima do exutório (Santos *et al.*, 2018).

#### 4.4. Fitogeografia

A bacia hidrográfica do rio Ivaí abrange duas das sete regiões fitogeográficas do estado do Paraná, sendo elas a Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista, com uma pequena mancha de Cerrado dentro da área que abrange a região do Parque Estadual do Guartelá (Fujita, 2008).

Segundo o Sistema Nacional de Informação Florestais (SNIF) (2020), a Floresta estacional semidecidual apresenta vegetação condicionada por uma dupla estacionalidade climática, sendo uma tropical com período de intensas chuvas seguidas por uma estiagem acentuada e outra subtropical, sem a presença de um período seco, mas com uma seca fisiológica ocasionada pelo frio intenso do inverno, momento em que parte da vegetação perde suas folhas. Entre as principais espécies da região, destaca-se: a *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) *Cariniana strelensis* (jequitibá), *Cedrela dissilis* (cedro) e *Ficus* spp. (figueira) (Fujita, 2008).

Seguindo o catálogo do SNIF (2020), a Floresta Ombrófila Mista, caracteriza-se como uma mescla de matas da estacional semidecidual, com características predominantemente subtropicais e com o predomínio da espécie *Araucária angustifolia* (pinheiro do Paraná), fazendo com que seja conhecida como Mata de Araucária. Nesse sentido, caracteriza-se como uma floresta mista com floras de diferentes origens, do qual, podem ser encontrados os

gêneros como *Drymis* (australásicos) e *Podocarpus* (afro-asiático), além da *Mimosa scabrella* (bracatinga), *Ilex paraguayensis* (erva-mate) e a *Ocotea* (canela) (Fujita, 2008).

Já o Cerrado, que adquire o sinônimo de Savana no Brasil, é uma porção florestal caracterizada por vegetação xeromorfa, que ocorre preferencialmente em regiões de clima estacional, ou ombrófilo. Sendo constituído, em grande parte, de árvores baixas e arbustos espaçados (SNIF, 2020). Na bacia do rio Ivaí essa vegetação ocorre de forma fragmentada, com característica gramíneo lenhosa, composta por plantas lenhosas raquíticas com resistência ao fogo e ao pisoteio de gado, próximo ao município de Campo Mourão (Fujita, 2008).

#### 4.5. Uso e Ocupação do Solo

O solo da bacia do rio Ivaí está amplamente alterado, com uma redução significativa na vegetação natural, intensificada a partir da década de 1930, com a ocupação em busca de aumento dos ciclos do café, madeira e posteriormente da soja (Destefani, 2005).

Com políticas de desmatamento praticamente sancionadas pelo estado na busca de uma abertura da mata paranaense, as terras que contemplam a bacia do rio Ivaí, assim como grande parte do território do estado foram progressivamente desapropriadas e desmatadas. Em 1873, com a abertura da estrada da Graciosa, o processo de desmatamento foi facilitado e contribuiu de forma significativa na posterior extração de seringueiras que eram plantadas ao longo das estradas (Destefani, 2005).

O estado do Paraná, entretanto, não foi alvo de um desmatamento inconsistente, mas sim de um conjunto de ações promovidas por diversas companhias estrangeiras de colonização de terras e construção de ferrovias. Esses processos resultaram no desmatamento das florestas de araucárias em toda a porção do estado e concomitante a esse processo a substituição de culturas comerciais (café) intensas no norte do estado (Destefani, 2005).

Posterior a década de 1950, com o declínio da produção de café no estado, depois da segunda grande geada na década de 1970 (Lucir e Criscieli, 2013), as porções de solos contempladas pelo derramamento basáltico se concentram principalmente na cultura de soja, com algumas áreas de lavouras temporárias/rotativas (MAPBIOMAS, 2023). Entretanto, no alto curso da bacia hidrográfica do rio Ivaí, encontra-se predominantemente o uso para pastagem, enquanto, nas áreas do baixo curso, há uma maior variedade de cultivo, com porções destinadas a culturas temporárias de soja, milho, cana-de-açúcar e arroz (MAPBIOMAS, 2023). Concomitantemente, as maiores áreas de preservação da vegetação

florestal na bacia encontram-se no alto curso, locais com declividades mais elevadas não propícias à plantação de culturas (MAPBIOMAS, 2023).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada a análise das estações fluviométricas presentes no rio Ivaí, sendo observados diversas séries históricas monitoradas por três instituições: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), Instituto de Água e Terra (IAT) e ITAIPU BINACIONAL. Para a realização deste trabalho selecionamos a estação Porto Paraíso do Norte (código 64685000), que possui uma série histórica ininterrupta, com dados registrados de 1953 a 2022, disponibilizado pela ANA, na plataforma HIDROWEB. Através da obtenção dos dados, foram realizadas organizações em séries de vazões diárias, mensais e anuais, auxiliando nos procedimentos metodológicos posteriores.

### 5.1. Método de vazões de referência Q90

As vazões mínimas podem ser determinadas com diversos métodos (Benetti *et al.*, 2003), um deles é aplicando o método Q90, que consiste na extração da vazão através de procedimentos resultantes da curva de permanência. O conceito consiste na extração das vazões que pertencem a frequência de 90% de permanência. Com as medições sendo registradas em dias, na qual, em 90% do tempo tem-se vazões iguais ou superiores à vazão de referência Q90, sendo possível também a identificação dos 10% inferiores (as menores vazões da série histórica) (Naghattini, 2012).

Através da classificação das medições foi possível identificar o valor de Q90, e com isso a quantidade de dias de vazões mínimas registradas na série histórica, juntamente com os meses e anos dos quais ocorreram os maiores e menores registros de dias de Q90. Foi possível organizar as vazões mínimas contínuas como eventos, na qual leva em consideração a ocorrência de dois ou mais dias de vazões mínimas.

Para análise da relação entre quantidade de eventos e a permanência da vazão no ano hidrológico, foram organizados conjuntos com quantidade de eventos, na qual dois conjuntos indicam intervalos de dias, e outros dois consideram apenas os eventos. Posterior a essa organização, foram retiradas as médias aritméticas a fim de determinar se a quantidade de eventos em um determinado ano indicaria uma maior ou menos permanência de vazões mínimas.

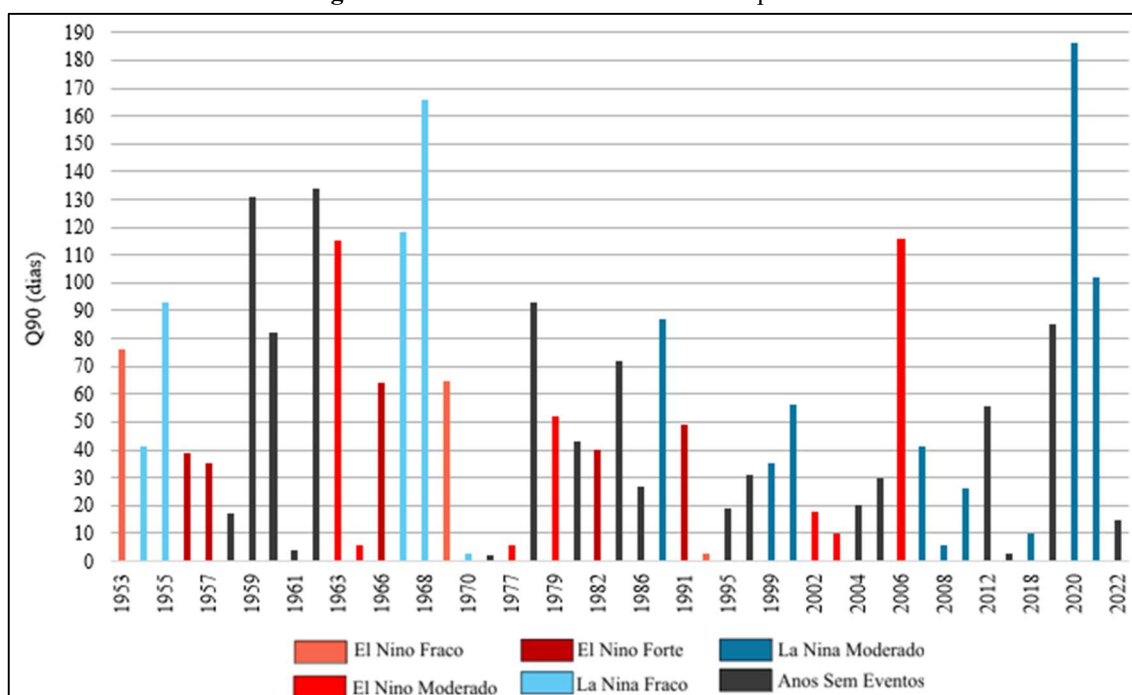
Por fim, com a organização dos anos foi possível identificar a duração dos eventos de vazões mínimas. Além disso, para contribuir com a análise dos anos de maiores registros de vazões mínimas, foi abordada a possível correlação com o evento climático ENOS, já que, como apontado por Destefani (2005), as variações de pluviosidade, na bacia do rio Ivaí se apresentam mais intensamente nos anos de ocorrência de *La Niña* e *El Niño*.

## 6. RESULTADOS

A análise dos dados de vazão do período de 1953-2022 determinou como parâmetro de vazão mínima (Q90) o intervalo de 72,83 – 161,06 m<sup>3</sup>/s, sendo o primeiro o valor mais baixo registrado pela estação Paraíso do Norte (16/01/1986). Com essa abordagem, foi possível determinar a ocorrência de 2.530 dias de vazões mínimas (Figura 2).

Os anos de maiores ocorrências em dias, determinados como aqueles maiores que 100 dias de vazões mínimas, foram: 1959, 1962, 1963, 1967, 1968, 2006, 2020 e 2021. E os anos com menores registros em dias, determinados como aqueles menores que 10 dias de vazões mínimas foram: 1961, 1964, 1970, 1972, 1977, 1992, 2008, 2009, 2014 e 2018. Com essa variação da quantidade de dias de vazões mínimas por ano (Figura 2) foi verificado que o ano de 2020 apresentou a maior ocorrência de dias de vazões mínimas, com um total de 186 dias, distribuídos em oito eventos de vazões mínimas, um desses eventos teve a duração de 61 dias (23/03/2020-22/05/2020).

**Figura 2** - Total de dias de vazão mínima por ano.



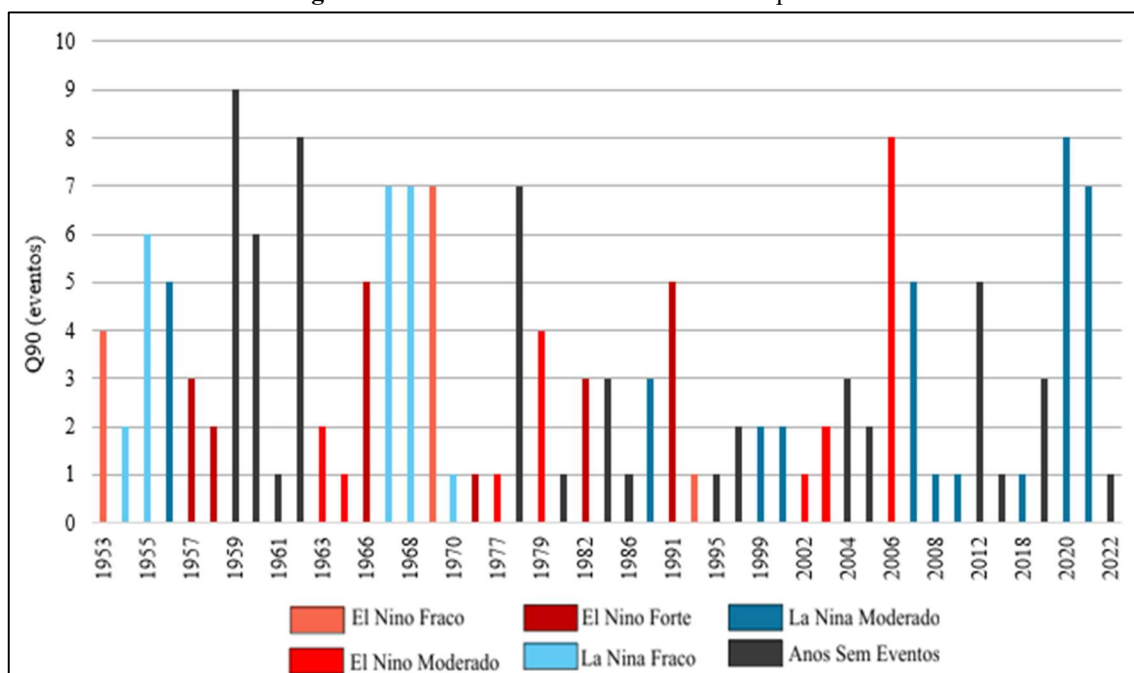
Fonte: Autora, 2024.

Com as análises foi possível identificar a ocorrência de 162 eventos de vazões mínimas (Figura 3) entre os anos de 1953 e 2022. A figura 3 apresenta a quantidade de eventos registrados por ano, com o ano de 1959, com nove eventos, o maior número da série histórica da estação. O evento de maior duração da série histórica, foi registrado no ano de 1963, com duração de 113 dias, tendo seu início em junho e término em outubro. Também é possível analisar que os anos de 2006 e 2020 apresentam valores consideráveis, com ambos registrando oito eventos anuais.

Foi verificado também que os eventos não são registrados em toda a escala temporal, estando restritos a 47 dos 70 anos analisados. Sendo os anos sem eventos: 1965, 1971, 1973, 1974, 1975, 1976, 1980, 1983, 1984, 1987, 1989, 1990, 1993, 1994, 1997, 1998, 2001, 2011, 2013, 2015, 2016 e 2017. No ano de 2009 não há ocorrência de eventos, mas nos dias 01/5 (161,06 m<sup>3</sup>/s) e 03/5 (157,95 m<sup>3</sup>/s) foram registradas vazões mínimas.

Nos 47 anos com ocorrência de vazões mínimas, a distribuição dos eventos de *La Niña* e *El Niño* revelou um equilíbrio percentual. Nesse sentido, foi identificado que o *El Niño* ocorre em 16 anos (34%), assim como em períodos sem eventos (34%). Os outros 15 anos estão associados ao *La Niña*, indicando que 32% das ocorrências de vazões mínimas no rio Ivaí são influenciadas por esse fenômeno.

**Figura 3** - Total de eventos de vazão mínima por ano.



Fonte: Autora, 2024.

Durante os 47 anos de ocorrência de vazões mínimas, foram verificados 29 anos com registros de 1 a 3 eventos (Tabela 1), dos quais podem ser separados entre 1-3 eventos com

vazões mínimas < 30 (dias) e 1-3 eventos com vazões mínimas > 30 (dias). Levando em consideração essa divisão, foi organizado outros dois conjuntos com base na quantidade de eventos de vazões mínimas: de 4 a 6 eventos e de 7 a 9 eventos (Tabela 1).

Após a aplicação da média aritmética nos conjuntos, levando em consideração os dias de mínimas, verificou-se que o conjunto de 1-3 (Q90 <30 dias) não apresenta média elevada devido a abordagem de delimitação em dias, no entanto, ao considerar o restante dos conjuntos, nota-se um aumento considerável desses dados. Essa mudança na média é resposta aos diferentes anos com registros de dias elevados, considerados pela estatística como *outliers*, dados que apresentam um valor atípico do restante do conjunto.

No conjunto 1-3 (Q90 >30 dias), observa-se anos como o de 1963 (115 dias), 1985 (72 dias) e 1988 (87 dias), enquanto nos conjuntos 4-6 e 6-9, foram considerados apenas a quantidade de eventos, resultando na perda do caráter de permanência, ou seja, em um mesmo conjunto apresenta-se anos com 65 dias de vazões mínimas (1969) e outros com 186 dias (2020). Nesse sentido, a organização dos dados revelou que a quantidade de eventos não interfere inerentemente na quantidade de dias de permanência das vazões mínimas durante o ano hidrológico, possibilitando a avaliação do grau de uniformidade trazido por esses conjuntos. Ao abordar a quantidade de eventos relacionada ao período de dias, observa-se diferenças de duração, podendo ser analisado ao comparar os anos de 1969, com 65 dias subdivididos em 7 eventos, valor inferior ao de 1963, no qual em 2 eventos reuniu 115 dias.

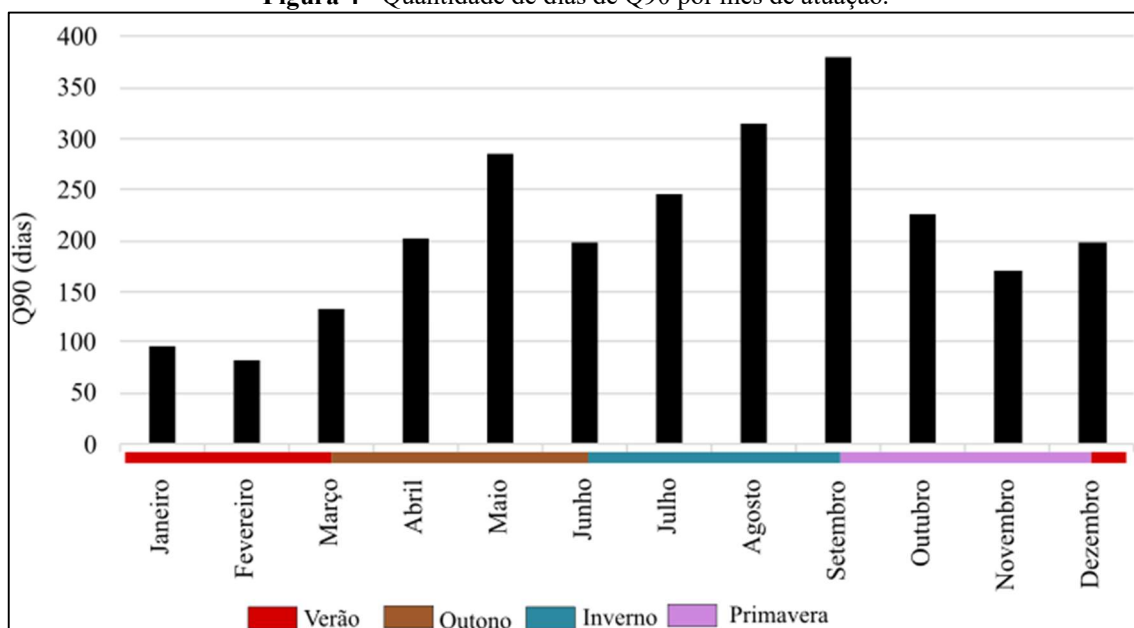
**Tabela 1** - Conjunto de eventos de vazões mínimas

| Eventos            | Quantidade de anos | Média de dias de Q90 |
|--------------------|--------------------|----------------------|
| 1-3 (Q90 <30 dias) | 17                 | 11,47                |
| 1-3 (Q90 >30 dias) | 12                 | 55,83                |
| 4-6                | 9                  | 61,33                |
| 6-9                | 9                  | 123,44               |

Fonte: Autora, 2024

Seguindo a escala de análise, foi organizada de forma sistemática a quantidade de dias por meses de registro de vazões mínimas (Figura 4). Os meses de maio, agosto e setembro, apresentaram os maiores registros de dias de vazões mínimas. É possível identificar (Figura 4) duas tendências de aumento dos eventos de Q90 de quatro meses cada, sendo: fevereiro a maio e junho a setembro. Essas tendências demonstram que há gradual aumento de ocorrências de vazões mínimas no início das estações com redução pluviométrica: outono e inverno.

**Figura 4** - Quantidade de dias de Q90 por mês de atuação.



Fonte: Autora, 2024.

Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março fazem parte do verão, meses que normalmente estão associados a alta pluviosidade. Nesse sentido, teoricamente esses meses apresentariam menores registros em dias de vazões mínimas (Figura 4), no entanto, é possível observar que dezembro e março possuem uma quantidade considerável de mínimas, revelando uma possível falta de uniformidade dos períodos de cheias e vazões mínimas.

## 7. DISCUSSÕES

O rio Ivaí possui 2.530 dias de vazões mínimas (Q90) a partir da análise da série histórica da estação Porto Paraíso do Norte – 64685000, no período entre os anos de 1953 e 2022. Esses dias de vazão mínima estão comumente associados aos períodos de estiagem, quando os lençóis freáticos são responsáveis pela sustentação da disponibilidade de água no canal (Silveira; Silveira, 2001).

Os resultados desse estudo demonstram que há dois períodos com crescentes aumentos de vazões mínimas, de março a maio e de julho a setembro (Figura 4). No entanto, os apontamentos de Destefani (2005, p.85), evidenciam que as variações de mínimas do rio Ivaí ocorrem de forma intensa e sem a definição de um período específico, ou seja, os períodos de sazonalidade no rio Ivaí, possuem um caráter variável, levando a determiná-lo como de baixa periodicidade. Embora Destefani (2005), afirme que a distribuição média mensal das vazões do rio Ivaí não permite uma delimitação precisa dos períodos de estiagem e cheia, a análise dos dados diários nos meses com vazões mínimas, revela uma tendência de ocorrência das vazões mínimas (Figura 4). Indicando que, embora o rio Ivaí tenha uma

variabilidade significativa, a série histórica de dados da estação de Porto Paraíso do Norte mostra uma maior incidência de vazões mínimas, especialmente em agosto e setembro, e uma menor frequência de registros mínimos em janeiro e fevereiro.

Nesse sentido, os resultados obtidos corroboram com os apontamentos realizados por Nery, *et al.* (2003), na qual elabora análises a respeito do comportamento mensal da bacia do rio Ivaí, afirmando que o semestre de outubro a março, são mais chuvosos do que o restante do ano, caracterizando os meses de abril a setembro como secos. Entende-se, portanto, que idealmente, os períodos semestrais de vazões mínimas seriam de abril a setembro, tendo como mês de maior atuação agosto (Destefani, 2005 p.48). No entanto, setembro apresenta o maior número de dias com mínimas (Figura 4). Além de setembro, maio e agosto também registram índices superiores a 10% e juntos, representam aproximadamente 39% da ocorrência de vazões mínimas nesta seção do rio Ivaí.

Considerando maio e agosto, meses associados às baixas pluviosidades, e setembro, na qual a pluviosidade aumenta, mas continua firmemente associado a pouca chuva, podemos compreender o declínio lento no acúmulo de dias de mínimas, com expressiva mudança após dezembro, na qual janeiro e fevereiro aparecem com índices baixos em resposta às concentrações pluviométricas.

#### 7.1. Influência dos fenômenos ENOS nas vazões do rio Ivaí

Foram identificados um total de 162 eventos, que resultam do agrupamento de dois ou mais dias consecutivos com vazões mínimas durante a análise da série histórica. Esses eventos estão distribuídos ao longo de 47 dos 70 anos analisados. Nos 23 anos em que não foram registradas vazões mínimas, aproximadamente 49% desses anos coincidem com períodos de atuação do fenômeno *El Niño*.

Compreendendo que o regime hidrológico está intimamente ligado ao clima (Nogués-Peagle *et al.*, 2002), é levado em consideração a atuação de fenômenos climáticos para a análise de um sistema fluvial. Nesse sentido, foi abordado os fenômenos ENOS, para a compreensão da interferência desses sistemas nas vazões mínimas do rio Ivaí.

O ano de 2006, possui uma das maiores ocorrências de vazões mínimas, com 116 dias subdivididos em 8 eventos. Costa (2015, p. 45) analisou a influência dos eventos ENOS na região da Tríplice Fronteira (Paraná, Argentina e Paraguai) nos anos de 1967-2013 e determinou que durante os anos de 2006-2008, os eventos anômalos resultaram em queda de precipitações na região do estado do Paraná. O ano de 2006, em seu primeiro e parcialmente



segundo semestre apresentou influência do *El Niño*, deixando as vazões do rio Ivaí próximas da média. O segundo semestre de 2006 registrou o começo da variação climática que resulta no ano seguinte em uma *La Niña* de moderada intensidade, segundo a classificação do CPTEC-INPE.

As vazões das Cataratas do Iguaçu devido à influência do *La Niña* em 2006 apresentaram diminuição de vazão (Costa, 2015) a mesma ocorrência foi identificado para o rio Ivaí. No entanto, o ano devidamente classificado pelo INPE como *La Nina* é 2007, o qual na estação Porto Paraíso do Norte teve um acúmulo anual de 1386,0 mm de pluviosidade, com chuvas de baixa intensidade ao longo do ano, mas presentes na maioria dos meses. Essa distribuição resultou nas vazões mínimas consideravelmente menores do que no ano de 2006, classificado pelo INPE como *El Niño* moderado que teve um acúmulo pela estação de 1657,0 mm.

O ano de 2006 apresentou abundância pluviométrica em períodos mensais, entretanto, em alguns meses específicos, quando comparados os dados de mínimas, observa-se correlação aos baixos registros de chuva. Os meses com maiores índices de vazões mínimas em 2006 foram maio, junho, julho e agosto, dos quais, apenas julho teve uma média pluviométrica (aritmética) acima de 1 mm. Os outros três meses apresentaram variação de médias de 0,560 mm a 0,665 mm, com dispersão pluviométrica variando de 3 a 4 dias, registros consideravelmente baixos para anos de *El Niño*.

Ainda considerando os apontamentos de Costa (2015, p. 52) observa-se que o ano de 1999 apresenta influência do *La Niña* sendo o último período de atuação antes de 2007. Levando em consideração a análise realizada nos dados do rio Ivaí, observa-se discrepância em acúmulo de dias de eventos, entretanto, essa diferença possui variação de apenas 6 dias, com 2007 registrando 41 dias, enquanto 1999 demarca 35 dias de mínimas. Os anos de 2008 e 2010 apresentam acúmulo em dias de mínimas mais baixos do que os citados. Com 2008 registrando apenas 18 dias de mínimas, compreende-se a ocorrência de uma diminuição na atuação do fenômeno em comparação ao ano que o antecede. O ano de 2010, entretanto, é classificado pelo CPTEC-INPE como um período de transição, ou seja, com a presença moderada dos dois fenômenos (*La Niña* e *El Niño*).

Costa (2015) classifica 2010 como *El Niño* de fraca intensidade, evidenciando que na região da Tríplice Fronteira, as chuvas na parte da tarde eram frequentes causando alagamentos urbanos, principalmente na cidade de Foz do Iguaçu. Os dados do rio Ivaí apresentam uma relação parecida, registrando apenas 26 dias de mínimas. É possível

compreender, portanto, que o fenômeno *El Niño* gerou maior impacto nas vazões do que o *La Niña*, que se estende até 2011, ano esse sem registros de mínimas no Ivaí.

No rio Ivaí, segundo os dados pluviométricos da estação Porto Paraíso do Norte, o ano de 1963, apesar de ser um ano de *El Niño*, é evidenciado um acúmulo pluviométrico inferior a 1100,0 mm, com meses em que a média mensal aritmética chega a 0 (julho), ou seja, os meses tipicamente de inverno registram nenhum ou pouquíssimos dias de chuva, gerando um forte estresse hídrico e ocasionando no valor considerável de vazões mínimas acumuladas em um único evento. Cunha (2018), analisa as diversas secas registradas no Distrito Federal, entre os anos de 1963 e 2017, apontando a duração e intensidade que esses eventos ocorreram. Segundo a análise realizada, 1963 foi um dos anos em que a seca se iniciou nos meses chuvosos (outubro) na porção central do Brasil, se estendendo até o próximo ano.

O ano de 2020, no entanto, é um ano tipicamente de *La Niña*, classificado como moderado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), na qual se espera a redução pluviométrica, corroborado pelos dados da bacia hidrográfica do rio Ivaí, indicando que foi o ano com maior registro histórico de mínimas, sendo considerados 186 dias de vazões mínimas, subdivididos em 8 eventos que abrangem os meses de março a dezembro.

Através dos estudos realizados pelo Departamento de Economia Rural (DERAL), do Governo do Estado do Paraná, apontou-se que 2020 foi marcado por vários eventos de seca, alcançando níveis críticos (DERAL, 2020), sendo considerado o maior período de estiagem registrado desde o início do monitoramento pelo Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR), em 1997 (DERAL, 2020).

Ao avaliar as médias aritméticas das precipitações na estação de Porto Paraíso do Norte, em 2020, destacam-se três meses com médias abaixo de 1 mm: julho (0,525 mm), setembro (0,210 mm) e novembro (0,740 mm). Em julho, foram registrados apenas quatro dias de chuva, totalizando 16,3 mm, enquanto setembro apresentou o menor número, com apenas três dias de chuva e um acumulado de 6,3 mm.

A influência do *La Niña* atuante em 2020 contempla também 2021, abrangendo os meses de maio a dezembro e registrando 110 dias de vazões mínimas. No rio Ivaí, o ano de 2021 registra 7 eventos, e dentre eles o evento de agosto a outubro (22/08 - 02/10/2021), reunindo 45 dias de vazões mínimas, atuando majoritariamente, assim como no ano anterior, nos meses característicos de estiagem (inverno). Baioco *et al.* (2023) analisa o impacto da estiagem de 2021 e 2022 sobre a safra de soja no Município de Cascavel, e afirma que o ano

de 2020 e 2021, caracterizam-se como uns dos maiores anos com registros de eventos de seca, com longos meses de baixa pluviometria, gerando estresse hídrico.

Através dos apontamentos realizados por Cunha *et al.* (2018 p.493), a respeito dos dados de secas no Distrito Federal, compreendemos que a região central brasileira foi afetada por uma curta seca com início em dez./1967 e término em jan./1968, com severidade 2,01 no percentual de anomalia de VSWI, um índice que combina dados de temperatura e umidade do solo a fim de avaliar desvios ou mudanças na disponibilidade hídrica para a vegetação. No estado do Paraná, Nery *et al.* (1997), avalia a variabilidade interanual da precipitação entre o período de 1948 a 1992, afirmando que os anos de 1967 e 1968 registram secas consideráveis, tendo o inverno como período de maior atuação.

Considerando que os anos de 1968/69 são caracterizados pelo INPE como *La Niña* de fraca intensidade, é possível compreender o acúmulo considerável de vazões mínimas nos dois anos: 1967 registrando 118 dias de mínimas e 1968 alcançando 166 dias. Com o ano de 1967 registrando vazões mínimas em abril e maio, mas com maior intensidade entre os meses de junho a setembro. O ano de 1968 também registra dados de mínimas em abril e maio, com maior intensidade nos meses de inverno, entretanto, os meses de janeiro e março, juntamente com novembro e dezembro possuem expressivo acúmulo, somando 40 dias.

Os dois anos apresentam eventos significativos, com 1967 possuindo um evento de 51 dias (15/04 - 04/06) e 1968 com dois eventos um de 54 dias (16/06 - 08/08) e outro de 63 dias (17/08 18/10).

Os anos de 1959 e 1962 não apresentam atuação de fenômenos, caracterizando-se como os únicos anos sem influência ENOS com registro de mínimas acima de 100 dias. Segundo as análises de Nery *et al.* (1997), os anos de 1959 e 1962 apresentam registros de secas consideráveis, sendo o ano de 1959 uma seca moderada com início no verão e o de 1962 em menor intensidade com começo nos meses de inverno. No rio Ivaí as vazões mínimas ocorrem majoritariamente nos meses correspondentes aos apresentados por Nery *et al.* (1997), e possuem acúmulo de dias quase idênticos, tendo como diferença de apenas 3 dias (1959 – 131 dias e 1962 - 134 dias).

Com a análise da distribuição mensal da precipitação na estação Porto Paraíso do Norte, apoiado aos dados da estação São Jorge do Ivaí (código - 2352016), próximo ao tributário Ribeirão Esperança, na região de Nova Esperança, observa-se no ano de 1959 que os meses de janeiro, julho e agosto apresentam acúmulo pluviométrico reduzido, sendo o mês de julho e agosto mais severos, entretanto, janeiro também apresenta uma média

pluviométrica inferior ao esperado para anos sem ENOS, correlacionando com a afirmação de Nery *et al.* (1997), a respeito da estiagem no verão. O ano de 1962 a estação Porto Paraíso do Norte registra os meses de julho e agosto com dados pluviométricos baixos, na qual julho registra apenas 7,4 mm de chuva o que fez com que a estação registrasse vazões mínimas em todo o mês.

Levando em consideração os anos em que se registram menos de 10 dias de vazões mínimas, observa-se a tendência majoritária de correlação ao fenômeno *El Niño*. Ao todo, foram registrados através da série histórica 10 anos de vazões mínimas abaixo de 10 dias, sendo eles: 1961, 1964, 1970, 1972, 1977, 1992, 2008, 2009, 2014 e 2018. Desses anos, 50% deles são associados ao *El Niño*, 30% a *La Niña* e os outros 20% não estão relacionados ao fenômeno ENOS.

Nesse sentido, é possível afirmar que as vazões mínimas correlacionadas ao fenômeno *El Niño* possuem uma intensidade significativamente inferior à observada durante os eventos de *La Niña*, na qual, majoritariamente observa-se um acúmulo reduzido de vazões mínimas, com 13 anos não ultrapassando 65 dias. Em relação aos eventos, observa-se uma duração reduzida, com nove anos registrando menos de 4 eventos, dos quais não ultrapassam 50 dias, indicando uma dispersão na ocorrência das baixas vazões. Além disso, entre os anos de *El Niño* com registros de vazões mínimas, 31,2% estão associados a eventos de *La Niña*, ou seja, os anos de *La Niña* ocorrem no ano anterior ou posterior aos fenômenos de *El Niño* com registros de mínimas.

## 7.2. Impacto social e ecológico dos eventos de vazão mínima

Considerando a duração dos eventos de vazões mínimas e sua intensidade, observa-se no rio Ivaí dois anos com diferenças importantes. No ano de 1963, 2 eventos apresentaram ocorrência de 115 dias, no qual apenas um evento reuniu 113 dias, afetando do mês de junho ao mês de outubro. Entretanto, em 1969 foram registrados 7 eventos, com total de 65 dias, através dos dados de vazões, identificamos que 3 dos 7 eventos de vazões mínimas em 1969 possuem ocorrência inferior a sete dias, e os outros 4 eventos variam de 13-16 dias. Os períodos entre os eventos também possuem intervalos, com quatro eventos ocorrendo entre o mês de março e maio, com pelo menos dez dias de diferença entre eles. Os outros 3 eventos ocorrem no mês de setembro evidenciando um período importante de recuperação entre os eventos.

Compreende-se que os eventos de vazões mínimas de grande magnitude, como o de 1963, desestabilizam diversas atividades dependentes de recursos hídricos, levando a uma necessidade indispensável de remanejamento da distribuição do recurso, conforme apontado por Assayag *et al.* (2020), ao afirmar que os eventos de vazões mínimas prolongadas tendem a levar a mudanças mais drásticas nos ecossistemas aquáticos. Nesse sentido, é importante compreender que das demandas determinadas para exploração do rio Ivaí, em média 44% é convertido para o abastecimento humano, 36% para irrigação, 13% para a utilização industrial, 3% são destinados a dessedentação de animais e aquicultura e os outros 4%, para atividades variadas (IAT, 2011).

## 8. CONCLUSÃO

Compreende-se, através desse trabalho a importância da mensuração das vazões mínimas em detrimento de fenômenos. Como apontado nas análises realizadas sobre as vazões mínimas, observa-se que, os meses de abril a setembro apresentam maiores concentrações de mínimas, indicando uma maior incidência de vazões mínimas em certos meses, especialmente em agosto e setembro, e uma menor frequência de registros mínimos em janeiro e fevereiro.

Além disso, constatou-se que as vazões mínimas do rio Ivaí sofrem influência significativa dos fenômenos ENOS em relação a sua intensidade, na qual, dos 47 anos analisados, 65% correspondem ao *El Niño* e *La Niña*, o que resultou na ocorrência de apenas dois anos sem influência desses eventos que ultrapassam o registro de mais de 100 dias de vazões mínimas (1959 e 1962). É importante ressaltar que dos anos com *El Niño* que registram vazões mínimas, apenas três deles possuem mais de 76 dias e observa-se no restante dos anos um acúmulo reduzido dessas vazões, não ultrapassando 65 dias. Ademais, entre os anos de *El Niño* com registros de vazões mínimas, 31,2% estão associados a eventos de *La Niña*, ou seja, os anos de *La Niña* ocorrem no ano anterior ou posterior aos fenômenos de *El Niño*.

Considera-se também que os maiores eventos registrados de vazões mínimas estão associados ao *La Niña*, com eventos ultrapassando 180 dias (2020). É importante considerar que eventos extremos como o registrado em 1963 (115 dias em 2 eventos) resultam em crises hídricas que afetam diversos setores econômicos e sociais tornando indispensável o estudo a respeito dessas vazões, principalmente na consideração das repercussões no meio geográfico.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Lizandro Pereira de. *et al.* Variabilidade espacial e temporal da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.2. p. 82-97, 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. Corpos Hídricos Superficiais. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH**. Catálogo de Metadados ANA, 2006.

ANDRADE, Aparecido Ribeiro; NERY, Jonas Teixeira. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil. **Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM**, n. 52, p. 7-30, 2003.

ANDRADE, Aparecido Ribeiro; NERY, Jonas Teixeira. Análise sazonal e espacial da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do rio Ivaí – Paraná. **Boletim de Geografia**, v. 29, n. 2, p. 107-121, 2011.

ARAÚJO, Alex Paulo de. **Dinâmica Fluvial e Regime Hidrológico na Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2011.

ARAUJO, Alex, Paulo do; ROCHA, Paulo Cesar. Regime de fluxo e alterações hidrológicas no rio Tibagi-Bacia do rio Paranapanema / Alto Paraná. **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA**, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, 2010.

ASSAYAG, Daniela Lemos. *et al.* Fenomeno da estiagem: o processo da enchente e vazante nos rios amazônicos. **International Journal of Development Research** v. 14, n, 10, p. 66911-66915, 2024.

BACK, Á. J. Análise de dados de vazão. **Florianópolis: Epagri**, 2022, p. 96 (Epagri. Boletim Técnico, 215).

BAIOCO, Rafaela Adam. *et al.* Impacto da estiagem sobre a safra de soja 2021/22 no núcleo regional de Cascavel. **Revista internacional Resiliência Ambiental, Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental**, v. 5, n. 1, p 1-11, 2023.

BENETTI, Antônio D. *et al.* Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 149–160, 2003.

BITTENCOURT, Maria Menedes; AMADIO, Sidinéia Aparecida. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta amazonica**, v. 37, n. 2, p. 303–308, 2007.

BORGES, Anderson. **Caracterização espaço-temporal dos regimes pluviométricos e hidrológicos do baixo rio Iguaçu (1976-2016)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Produção do Espaço e Meio ambiente). Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Francisco Beltrão, Francisco Beltrão, 2020.

BRAGANÇA, Cassiano G. J. F. **Análise da influência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* na ocorrência de eventos climáticos de seca e enchente**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2024.

CAPOZZOLI, Caluan Rodrigues. *et al.* Padrões de Variabilidade de Vazão de Rios nas Principais Bacias Brasileiras e Associação com Índices Climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 243-254, 2017.

CERFAN, Ana Claudia. **Dinâmica da circulação atmosférica na região de Maringá**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

CHAVES, Henrique Marinho Leite. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informações geográfica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, 2002, 43-51 p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio., *Geomorfologia Fluvial*. **Edgar Blucher Ltda**. São Paulo, 1981.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Geography Department University of Sao Paulo**, p. 70-75, 2005.

COSTA, Andréia Cistina Silva. *et al.* Períodos de cheia e vazante do rio Juruá na região de Cruzeiro do Sul, Acre. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14; p. 1343-1349, 2012.

COSTA, Rauwnier da Silva. **Influência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* na região da tríplice fronteira: Argentina, Brasil e Paraguai, 1997-2013**. 2015. Monografia (Bacharel em Geografia) Universidade da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2015.

CUNHA, Ana Paula Martins do Amaral. *et al.* As Secas entre 1963 e 2017 no Distrito Federal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41-2, p. 487-498, 2018.

CUNHA, Christian Santana. *et al.* Influências dos fenômenos climáticos *El Niño* e *La Niña* sobre as vazões mínimas do rio Santa Marina – RS. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, 2013.



DERAL, Departamento de Economia Rural. Estiagem histórica no Paraná. Boletim Informativo, **Governo do Estado do Paraná – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento**, 2020. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-05/estiagem\\_18\\_maio\\_2020.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/estiagem_18_maio_2020.pdf). Acesso em: 15 de nov. de 2024

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do rio Ivaí-PR**. Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2005.

DOUHI, Nelson. **Regime e sistemas de controle das cheias do baixo Ivaí e cartografia das áreas inundáveis**. 2013. Tese (Doutorado em Análise Regional e Ambiental) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

ELY, Deise Fabiana; DEBREUIL, Vincent. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 553-569, 2017.

ESA – *European Space Agency*. *El Niño* – Contexto: A Teoria ENSO. **Eduspace**. 2016 Disponível em: [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Weather\\_PT/SEMEGPYOBFG\\_0.html#a](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Weather_PT/SEMEGPYOBFG_0.html#a). Acesso em: 10 nov. 2024.

FERNANDES, Valesca Rodriguez. *et al.* Secas e os impactos na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 561-584, 2021.

FUJITA, Rafaela Harumi. **O Perfil Longitudinal do Rio Ivaí e sua Relação com a Dinâmica de Fluxos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

GASQUES, Ana Carla Fernandes. *et al.* Regionalização de vazões mínimas: breve revisão teórica. REEC – **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n.2, p. 60-70, 2018.

GOLLIN, Maria Gisele. **Simulação da Disponibilidade Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri-PR**. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

GONÇALVES, Suellen Teixeira Nobre. *et al.* Índices e Metodologias de Monitoramento de Secas: Uma Revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 3 suppl, p. 495–511, 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Condições atuais do ENOS: neutralidade**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 5 de ago. 2024.

KAYANO, Mary T. *et al.* *El Niño e La Niña* dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Climanalise** (São José dos Campos), v. 4, p. 7-12, 2016.

LAAHA, Gregor, *et al.* *Prediction of low flows in ungauged basins*. In: BLOSCHL, G. *et al.* *Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis across Processes, Places and Scales* **Cambridge University Press**, 2013.

LI, Xiaofan. *et al.* *A Historical Perspective of the La Niña Event in 2020/2021*. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, 127, p. 1-18, 2022.

LOPES, Aíxa Braga. **Impactos dos eventos La Niña plurianuais no clima da América do Sul**. 2023. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) Instituto nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, 2023.

LOPES, Tércio R. *et al.* Regionalization of maximum and minimum flow in the Teles Pires Basin, Brazil. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**. v. 37, n. 1, Jaboticabal, p. 54-63, 2017.

LUCIR, Reinaldo Alves; CRISCIELI, Saran Aneli Andereice. Análise espacial da produtividade agropecuária no estado do Paraná – Brasil (1970, 1996 e 2007). **Redes. Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 3, p. 38-61, 2013.

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba: BADEP, 1981.

MAACK, H., Geografia física do Paraná. **Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná**. Ed. José Olimpo S.A., p. 450, 2002.

MAIA, James Lacerda. *et al.* Vazões mínimas e de referência: estudo de caso das estações fluviométricas do Alto-Sapucaí, Minas Gerais. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2011.

MAPBIOMAS. Coleção 8 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. São Paulo: **MapBiomass**, 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MATOS, Bolivar Antunes. *et al.* Disponibilidade e demandas de recursos hídricos nas 12 regiões hidrográficas do Brasil. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2007.

MENDONÇA, Antônio Sergio Ferreira. Capítulo 6 - Balanço Hídrico. *In*: PAIVA, João Batista Dias de; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro Dias de. (org.). Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas. **ABRH**, v. 1, p. 165-168, 2001

MINAKI, Cíntia; MONTANHER, Otávio Cristiano. Influência do *El Niño*-Oscilação Sul nas precipitações em Maringá-PR, no período de 1980 a 2016. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 69, p. 266-281, 2019.

NAGHETTINI, Mauro. **Introdução à Hidrologia Aplicada**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

NERY, Jonas Teixeira; SIQUEIRA, Beatriz. Índice de anomalia de chuva aplicado ao estudo das precipitações no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 772-788, 2020.

NERY, Jonas Teixeira. *et al.* Correlação da Precipitação e da vazão na bacia do Ivaí, Paraná. **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003.

NERY, Jonas Teixeira. *et al.* Variabilidade interanual das precipitações do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 115-125, 1997.

NOGUÉS-PAEGLES, Julia. *et al.* Progress in pan American clivar research: undertanding the South American monsoon. **Meteorologica**, v. 27, n. 1 y 2, p. 1-30, 2002.

OBREGON, Esaul. *et al.* Regionalização de vazões com base em séries estendidas: bacias afluentes à afluente à Lagoa Mirim, RS. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 4 n.1, p. 57-75, 1999.

OLIVEIRA, Thamyres Cardoso Chaves; GONÇALVES, Flavio Aparecido. Tamanho ideal de séries históricas de vazões mínimas anuais e suas aplicações em estudos hidrológicos: estudo de caso nas regiões hidrográficas Paraná e São Francisco. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 27, n. 4, p. 805–816, 2022.

PACIONE, Michael. *Applied Geography: Principles and Praxis*. **Croatian Geographical Bulletin**, v. 73, n. 01, p. 7–28, 2011.

PELECH, André Souza; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira. Rios urbanos: contribuições da Antropogeomorfologia e dos estudos sobre os Terrenos Tecnogênicos. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 65, n. 1, p. 2–22, 2020.

PHILANDER, Samuel George Harker. *El Niño and La Niña*. **Jornal of the Atmospheric Sciences**, v. 42, n. 23, p. 2652-2662, 1985.

REGO, F. S. **Regionalização de vazões considerando a evapotranspiração real em seu processo de formação**. Dissertação (Magister Scientiae em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 62 p. 2013.

ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, p. 191–211, 2010.

SANCHES, Renato dos Santos. *et al.* Análise espacial de precipitações máximas na bacia hidrográfica do rio Piquiri. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2/017.

SANTOS, Franco dos. *et al.* Evolução mensal da cota fluviométrica do Rio Xingu em Altamira-PA associada aos eventos *El Niño* e *La Niña*. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 104-109, 2015.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. *et al.* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Ed. 5. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2018.

SANTOS, Manoel Luiz dos, *et al.* Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial o Rio Ivaí em seu Curso Inferior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n.1, p. 23-34, 2008

SANTOS, Manoel Luiz dos, *et al.* Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. **Acta Scientiarum. Technology**, vol. 30, n.1, p. 99-107, 2008.

SILVA, P. M. DE O. *et al.* Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 12, n. 3, p. 258-265, 2008.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da; SILVEIRA, Geraldo Lopes da. CAPÍTULO 5: Vazões Mínimas. *In*: PAIVA, João Batista Dias de; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro Dias de. (org.). Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas. **ABRH**, v. 1, p. 125-164, 2001.

SNIF - Serviço Florestal Brasileiro. **Conhecimentos Sobre Florestas: tipologias florestais**. 2020. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conhecendo-sobre-florestas/168-tipologias-florestais>. Acesso em: 18 set de 2024.

SOARES, Marcia Regina Gomes de Jesus. **Relações entre parâmetros fisiográficos e de conservação em bacias hidrografias com vazões máxima, mínimas e médias de longo período**. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná, 2015.

SOUZA, Camila Furlan de. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – Paraná. **Geoambiente on-line**, n. 29, 2018.

TARGA, Marcelo S. *et al.* Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120 -142, 2012.

TUCCI, C. E. M. Regularização de vazões. 1 ed. **Porto Alegre**: Ed. Universidade UFRGS, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. **Ministério das Cidades** – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005.

TRENBERTH, K. E. The Definition of *El Niño*. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 12, p. 2771–2777, 1997. Disponível em: [https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/78/12/15200477\\_1997\\_078\\_2771\\_tdoeno\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/78/12/15200477_1997_078_2771_tdoeno_2_0_co_2.xml). Acesso em: 7 out. 2024.

VESTENA, Leandro Redin; FILHO, Gerson Lange. Balanço hídrico da bacia do Rio Ernesto, Pitanga / PR – Brasil. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 2, p. 323- 335, 2008.

VESTENA, Leandro Redin. *et al.* Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 212-227, 2012.

VILLELA, Swami M. MATTOS, Arthur. Hidrologia Aplicada. **McGraw – Hill do Brasil**, São Paulo, 1975.

ZANANDREA, Freanciele, *et al.* Conectividade dos sedimentos: conceitos, princípios e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Principal Modes of Interannual and Decadal Variability of Summer Rainfall over South America. **International Journal of Climatology**, v. 21, p. 1623-1644, 2001.