

# IMPACTO DAS PRECIPITAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO EM ÁGUAS PLUVIAIS: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIBEIRÃO CONCÓRDIA

Rafaela Franqueto (Centro Universitário Campo Real) E-mail: prof\_rafaelafranqueto@camporeal.edu.br

**Resumo:** Este estudo investiga a qualidade das águas pluviais na Bacia do Ribeirão Concórdia, no município de Lontras, Santa Catarina, com foco específico na concentração de fosfato. A pesquisa abrangeu dados de precipitação e de concentrações de fosfato coletados em quatro pontos diferentes ao longo dos anos de 2015, 2016 e 2017. A metodologia incluiu a determinação da carga química de fosfato utilizando equações específicas e o balanço decadal da água da chuva. Os resultados indicam que a concentração de fosfato na água da chuva é influenciada pela intensidade e pela frequência das precipitações. Em períodos de menor precipitação, observou-se um aumento nas concentrações de fosfato, enquanto precipitações mais intensas tendem a diluir a carga química, com exceção de eventos isolados onde a acumulação prévia de fosfato resultou em altas concentrações. A análise anual das cargas de fosfato revelou que, em alguns pontos, as concentrações excederam os limites estabelecidos pela legislação ambiental brasileira. Este excesso pode levar à eutrofização, com impactos negativos na qualidade da água e na biodiversidade aquática. A pesquisa destaca a necessidade de estratégias de gestão integrada para as águas pluviais, que incluam práticas agrícolas sustentáveis e a criação de zonas de retenção.

**Palavras-chave:** Água pluvial. Gestão de recursos hídricos. Precipitações.

## *IMPACT OF PRECIPITATION ON PHOSPHATE CONCENTRATION IN RAINWATER: A CASE STUDY IN THE RIBEIRÃO CONCÓRDIA BASIN*

**Abstract:** This study investigates the quality of rainwater in the Ribeirão Concórdia Basin, in the municipality of Lontras, Santa Catarina, with a specific focus on phosphate concentration. The research covered precipitation data and phosphate concentrations collected at four different points throughout 2015, 2016 and 2017. The methodology included determining the chemical phosphate load using specific equations and the decadal rainwater balance. The results indicate that the concentration of phosphate in rainwater is influenced by the intensity and frequency of precipitation. In periods of lower precipitation, an increase in phosphate concentrations was observed, while more intense precipitation tended to dilute the chemical load, with the exception of isolated events where the previous accumulation of phosphate resulted in high concentrations. The annual analysis of phosphate loads revealed that, at some points, concentrations exceeded the limits established by Brazilian environmental legislation. This excess can lead to eutrophication, with negative impacts on water quality and aquatic biodiversity. The research highlights the need for integrated rainwater management strategies that include sustainable agricultural practices and the creation of retention zones.

**Keywords:** Pluvial water. Water resource management. Precipitation.

### 1. Introdução

A escassez de água é um problema global crescente, impulsionando a busca por fontes alternativas de abastecimento. Entre essas alternativas, as águas pluviais têm se destacado devido ao seu potencial para uso não potável em diversas aplicações. A qualidade da água da chuva é afetada por fatores como condições atmosféricas locais e as superfícies de escoamento antes da captação. Além disso, as características das precipitações podem determinar a carga de impurezas transportadas pela água, influenciando diretamente sua

qualidade para diferentes usos. (SCHETS et al., 2010; TORRES et al., 2013; ZHANG et al., 2014).

A avaliação da carga química anual em sistemas hidrológicos é fundamental para a gestão eficaz dos constituintes presentes na água, especialmente em bacias hidrográficas sujeitas a atividades agrícolas e urbanas. O fosfato, um dos principais nutrientes monitorados, pode ter impactos significativos na qualidade da água, contribuindo para processos como a eutrofização, que pode levar ao crescimento excessivo de plantas aquáticas e à deterioração dos ecossistemas aquáticos. (PINHEIRO; DESCHAMPS, 2008).

Este estudo tem como objetivo analisar a qualidade das águas pluviais na Bacia do Ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras, Estado de Santa Catarina. A pesquisa foca na concentração de fosfato e discute como as variações de precipitação influenciam essas concentrações. Dados de precipitação diária e concentrações de fosfato foram coletados e analisados em diferentes pontos da bacia, permitindo uma compreensão detalhada da dinâmica entre precipitação e qualidade da água. Esta análise é importante para o desenvolvimento de estratégias de gestão de recursos hídricos que possam mitigar os efeitos da poluição e garantir a sustentabilidade das águas pluviais como uma fonte alternativa de abastecimento.

## 2. Metodologia

### 2.1 Local do levantamento dos dados

O levantamento de dados de chuva diária e concentração de fosfato foi realizado na Bacia do Ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras, Estado de Santa Catarina. Esta bacia possui uma área total de 30 km<sup>2</sup> e foi escolhida devido à sua representatividade e à presença de diferentes usos do solo que podem influenciar a qualidade da água pluvial. A coleta de dados foi efetuada em quatro pontos estratégicos, denominados PLUS, PLU1, PLU3 e PLU127, cada um deles selecionado por suas características específicas que representam diferentes condições dentro da bacia.

### 2.2 Determinação da carga química

A determinação da carga da espécie química (fosfato) foi analisada em períodos distintos nos anos de 2015, 2016 e 2017. Para isso, utilizou-se a Equação (1), que calcula a carga de fosfato considerando as concentrações medidas em diferentes períodos e as respectivas precipitações.

$$Carga = \frac{(Conc_{.ant} \times Prec_{.ant}) + (Conc_{.post} \times Prec_{.post})}{2}$$

Onde:  $Conc_{.ant}$  é a concentração do 1<sup>a</sup>. período e  $Conc_{.post}$  é a do 2<sup>o</sup>. período;  $Prec_{.ant}$  é a precipitação referente a concentração do 1<sup>o</sup>. período e a  $Prec_{.post}$  é a precipitação do 2<sup>o</sup>. período.

Outra determinação de carga química, no lisímetro, foi por meio da Equação (2).

$$Carga = \frac{(Conc_{inicial} \times Volume_{inicial}) \times Volume_{total}}{Volume_{inicial}}$$

Onde:  $Conc_{inicial}$ : concentração da amostra inicial;  $Volume_{inicial}$ : volume do escoamento da água;  $Volume_{total}$ : volume do escoamento total durante o monitoramento.

### 2.3 Determinação do balanço decendial da água da chuva

Foi realizado o balanço decendial da água da chuva, que consiste na soma das precipitações acumuladas em intervalos de dez dias (decêndios) ao longo dos anos de 2015, 2016 e 2017, que são os mesmos anos em que foram analisadas as cargas de fosfato. Esse método permitiu avaliar a distribuição temporal das chuvas e sua relação com as concentrações de fosfato em diferentes períodos.

Ao dividir o ano em decêndios, tornou-se possível identificar períodos específicos com maior ou menor volume de precipitação e observar como essas variações influenciam a carga de fosfato. A análise decendial é particularmente útil para detectar padrões sazonais e eventos extremos que podem impactar a qualidade da água.

A realização do balanço decendial envolveu os seguintes passos:

- Coleta de Dados de Precipitação: Em cada um dos quatro pontos de monitoramento (PLUS, PLU1, PLU3 e PLU127), foram registrados os dados de precipitação diária. Esses dados foram somados para formar os totais decendiais.
- Agrupamento e Análise dos Dados: Os dados de precipitação foram agrupados em períodos de dez dias. Em seguida, os totais decendiais foram analisados em conjunto com as concentrações de fosfato medidas nas mesmas épocas, utilizando as equações previamente mencionadas.
- Correlação entre Precipitação e Fosfato: A análise visou identificar a correlação entre os volumes de precipitação e as cargas de fosfato. Esta etapa foi fundamental para compreender como a quantidade de chuva afeta a mobilização e a concentração de fosfato na água da chuva.

Os resultados mostraram que, geralmente, períodos com menores volumes de precipitação tendem a apresentar maiores concentrações de fosfato, enquanto maiores volumes de chuva geralmente diluem a carga de fosfato, com algumas exceções notáveis. Por exemplo, um grande evento de precipitação que segue períodos de baixa precipitação pode resultar em uma alta carga de fosfato devido ao acúmulo prévio de contaminantes na superfície de escoamento.

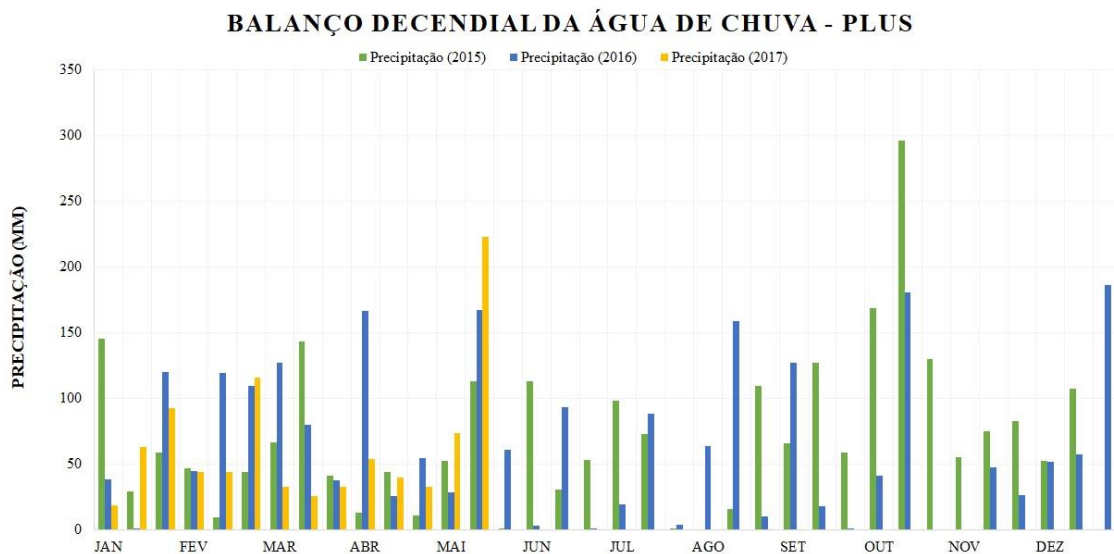
Essa abordagem decendial forneceu uma visão detalhada das dinâmicas hidrológicas da bacia do Ribeirão Concórdia, permitindo uma compreensão mais precisa de como a precipitação influencia a qualidade da água pluvial e destacando a importância de estratégias de gestão adaptativas que possam responder a essas variações.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1 Precipitação

Na Figura 1 são apresentados os dados para o balanço decendial da área PLUS. Esta figura ilustra a variação do volume de precipitação acumulada em intervalos de dez dias ao longo dos anos de 2015, 2016 e 2017.

Figura 1 – Balanço decendial da água de água – área Plus



Fonte: Autora (2024)

No local denominado PLUS, verifica-se na Figura 1 que o maior acumulado decendial das precipitações ocorreu no ano de 2015, no mês de outubro, quando foram registrados 296 mm de chuva em um período de 10 dias. Este evento foi significativamente maior em comparação aos outros períodos e anos analisados.

Para o ano de 2015, a precipitação acumulada decendial variou de 0,0 mm a 296 mm. Em 2016, os valores de precipitação decendial oscilaram entre 0,0 mm e 186 mm. No ano de 2017, a precipitação acumulada decendial apresentou uma variação de 18,40 mm a 223 mm. É importante ressaltar que os dados de precipitações para o ano de 2017 não cobrem o ano inteiro, abrangendo apenas uma parte do período de 12 meses, o que pode influenciar a análise dos padrões de precipitação para esse ano.

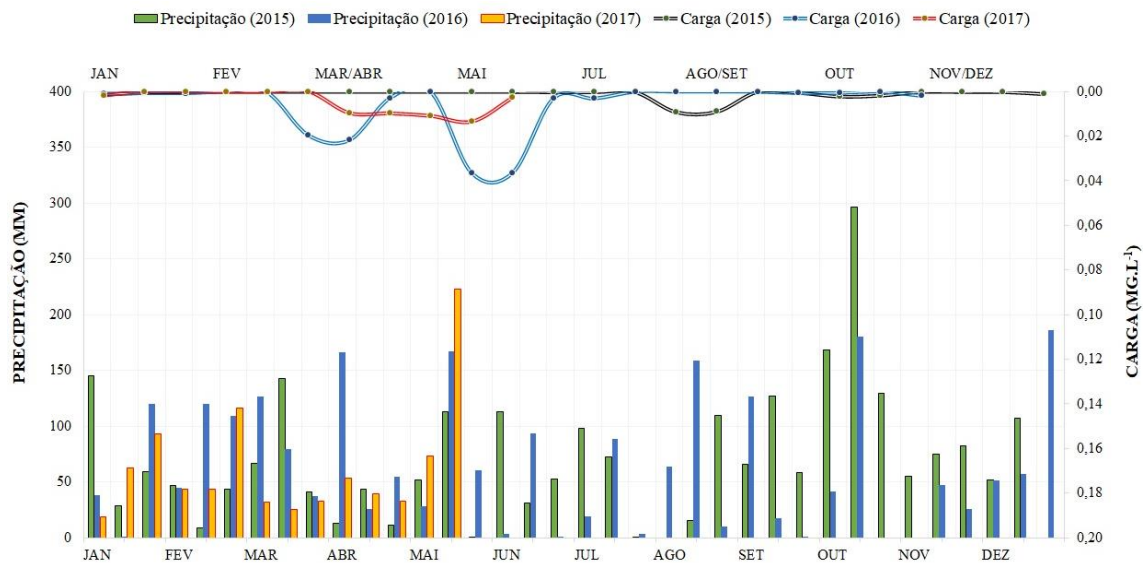
Esses dados destacam a variabilidade significativa na quantidade de precipitação em diferentes períodos e anos. A alta variabilidade nas precipitações decendiais indica que eventos climáticos extremos, como fortes chuvas concentradas em curtos períodos, são comuns na região, o que tem implicações diretas na gestão de recursos hídricos e na qualidade da água pluvial.

A análise desses valores é crucial para compreender como a distribuição temporal das chuvas afeta a dinâmica das cargas de fosfato na água pluvial. Períodos de alta precipitação podem diluir a concentração de fosfato, enquanto períodos secos seguidos de chuvas intensas podem resultar em picos de carga química devido ao acúmulo de contaminantes nas superfícies de escoamento.

### 3.2 Variação do parâmetro (fosfato) de qualidade da água da chuva de acordo com a precipitação

O regime de chuva observado em cada localidade parece influenciar significativamente os valores de fosfato na água amostrada, apresentando variações conforme a localidade e as condições de precipitação. As Figuras 2, 3, 4 e 5 ilustram as dispersões da carga de fosfato analisadas em função da precipitação acumulada no mês da coleta da água, para cada um dos pontos de monitoramento.

Figura 2 – Balanço decendial da água de chuva e a carga de fosfato – área PLUS



Fonte: Autora (2024)

O aumento nos acumulados decenciais de chuva geralmente está associado à diminuição da carga de fosfato na água da chuva, conforme observado na maioria dos casos analisados. No entanto, uma exceção notável ocorreu em maio de 2017, quando foi verificado o maior acumulado de chuva e, simultaneamente, o maior pico de carga química de fosfato.

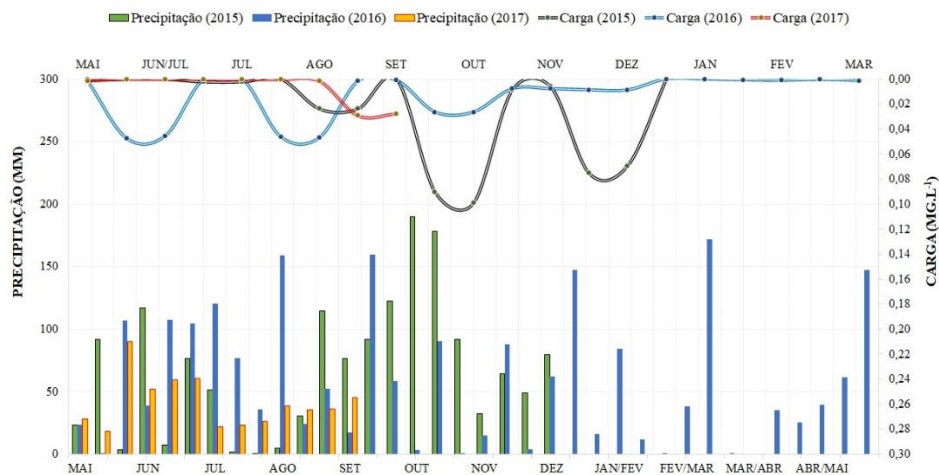
Essa anomalia pode ser explicada pelo padrão de precipitação e seus efeitos sobre a mobilização de fosfato na superfície de escoamento. Nos períodos decenciais anteriores ao evento de maio de 2017, houve precipitações baixas, o que pode ter levado ao acúmulo gradual de fosfato nas superfícies impermeáveis, como o solo compactado ou áreas urbanas com grande quantidade de imperviosidade.

Com a ocorrência do grande evento de chuva em maio de 2017, houve uma lavagem repentina desses acumulados de fosfato das superfícies, resultando em um aumento significativo na carga química de fosfato na água da chuva coletada durante esse período decendial específico. Esse fenômeno é conhecido como "*flushing effect*" ou efeito de arraste, onde a chuva intensa remove rapidamente os contaminantes acumulados nas superfícies impermeáveis.

Após esse evento excepcional, observa-se uma diminuição gradual na carga de fosfato, conforme a precipitação continua, indicando um retorno aos padrões usuais de diluição dos contaminantes. Esse padrão reforça a importância de considerar não apenas a quantidade total de chuva, mas também a distribuição temporal das precipitações ao avaliar os efeitos sobre a qualidade da água pluvial e a carga de nutrientes como o fosfato.

Essa observação destaca a complexidade das interações entre os padrões de precipitação e a dinâmica da poluição na água da chuva, ressaltando a necessidade de abordagens integradas e adaptativas na gestão dos recursos hídricos para lidar com eventos extremos e minimizar os impactos negativos sobre a qualidade da água.

Figura 3 – Balanço decendial da água de chuva e a carga de fosfato – área PLU1



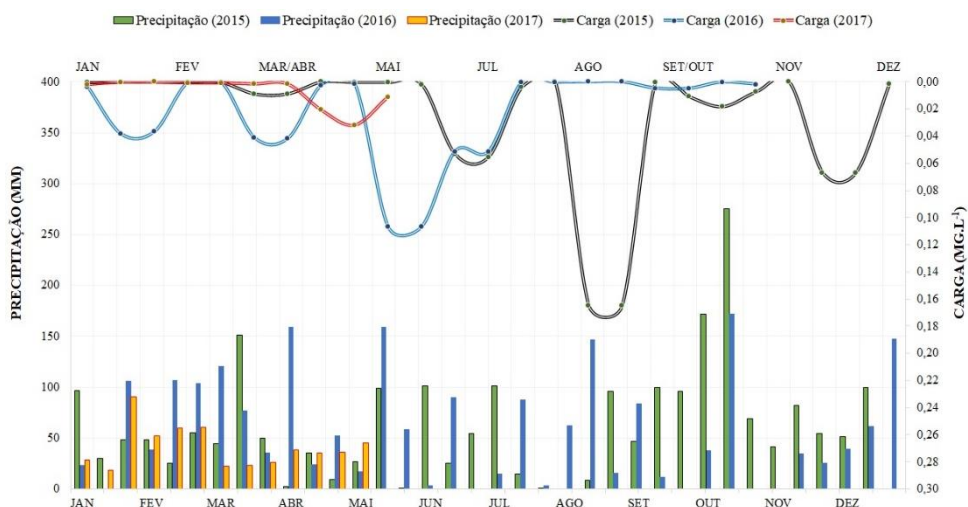
Fonte: Autora (2024)

Verifica-se na Figura 3, em relação ao local PLU1, uma tendência semelhante à observada no local PLUS. Ou seja, quando a intensidade da chuva foi maior, houve uma tendência de aumento na concentração da carga de fosfato. Essa relação entre a intensidade da precipitação e a concentração de fosfato pode ser explicada pelos processos hidrológicos que ocorrem durante eventos de chuva intensa.

Uma possível explicação para essa tendência é o aumento do coeficiente de escoamento do solo em resposta à chuva intensa. Quando ocorrem chuvas mais fortes, a energia cinética da água da chuva aumenta, o que pode resultar em uma maior capacidade de arrastar partículas e contaminantes presentes na superfície do solo. Isso inclui o fosfato, que pode ser carregado junto com a água da chuva para os corpos d'água próximos.

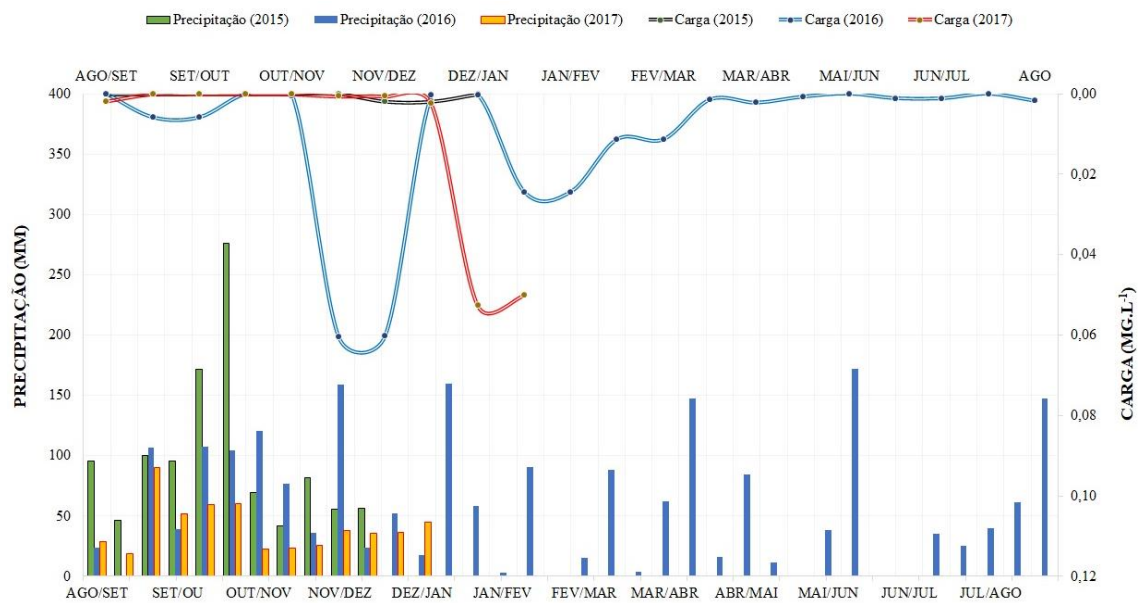
Essa explicação sugere que, durante períodos de chuva intensa, há uma maior mobilização de fosfato das superfícies de escoamento para os cursos d'água, resultando em maiores concentrações desse nutriente na água da chuva coletada em locais como PLU1. Esse fenômeno ressalta a importância de considerar não apenas a quantidade total de chuva, mas também a sua intensidade e os processos hidrológicos associados ao avaliar os impactos sobre a qualidade da água pluvial e os níveis de nutrientes.

Figura 4 – Balanço decendial da água de chuva e a carga de fosfato – área PLUS3



Fonte: Autora (2024)

Figura 5 – Balanço decendial da água de chuva e a carga de fosfato – área PLU127



Fonte: Autora (2024)

A intensidade da chuva influencia diretamente a concentração de fosfato na água da chuva, evidenciando a importância dos processos hidrológicos. Durante eventos de chuva intensa, há um aumento do coeficiente de escoamento do solo, resultando na mobilização de mais fosfato para os corpos d'água próximos, destacando a necessidade de considerar não apenas a quantidade, mas também a intensidade das chuvas na gestão da qualidade da água pluvial.

### 3.3 Carga de fosfato anual e no lisímetro

Em relação a carga anual, a Tabela 1 apresenta os valores.

Tabela 1 – Carga anual de fosfato para as áreas

Local	2015 (mg.L <sup>-1</sup> )	2016 (mg.L <sup>-1</sup> )	2017 (mg.L <sup>-1</sup> )	Conama 20 (mg.L <sup>-1</sup> )
PLUS	0,025	0,130	0,005	≤ 0,025
PLU1	0,402	0,149	0,06	
PLU3	0,634	0,496	0,07	
PLU127	0,004	0,214	0,108	

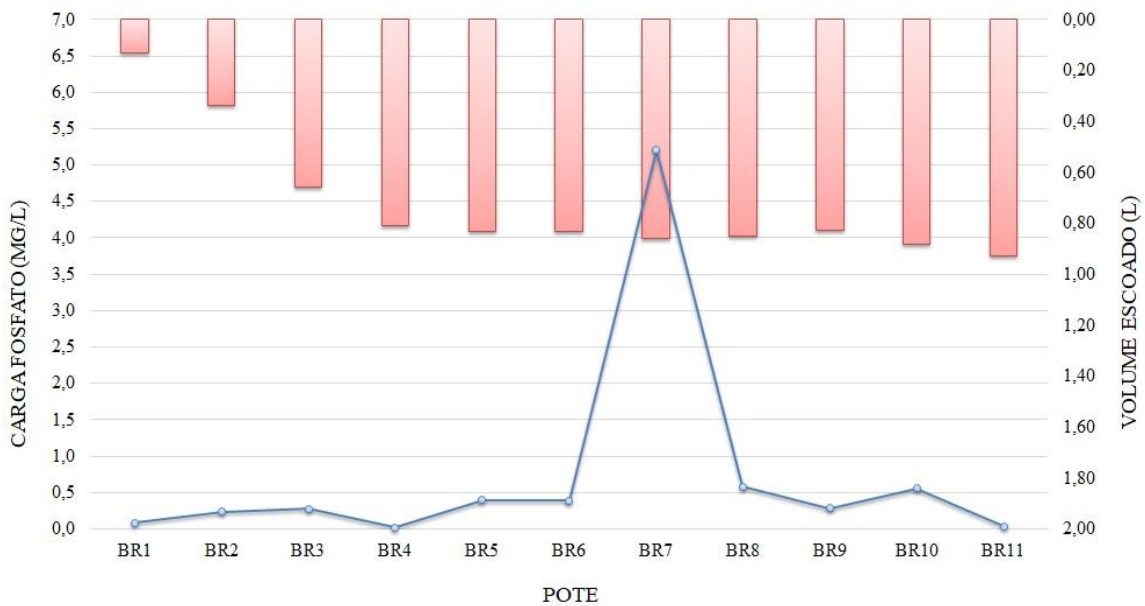
Fonte: Autora (2024)

No local PLUS, o fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) na água não deve exceder a concentração de 0,025 mg.L<sup>-1</sup>. No entanto, no ano de 2016, a água da chuva já ultrapassou esse limite, conforme exigido pela Resolução 20 do Conama (CONAMA, 1986) e pela Resolução nº.357/2005. Ao longo do ciclo, essa carga pode se concentrar ainda mais em corpos hídricos, especialmente através de áreas agrícolas ou de pecuária, onde fertilizantes e dejetos animais contribuem para o aumento do fósforo na água.

No local PLUS3, a carga anual de fosfato nos anos de 2015 e 2016 apresentou valores muito acima do limite exigido pela Resolução Conama 20 (BRASIL, 1986). O excesso de cargas químicas, como o fósforo, na água pode resultar em um crescimento excessivo de plantas aquáticas, levando à eutrofização. Este fenômeno prejudicial pode causar desequilíbrios no ecossistema aquático, afetando negativamente a biodiversidade e a qualidade da água.

As Figuras 6, 7, 8 e 9 apresentam a carga de fosfato nos lisímetros.

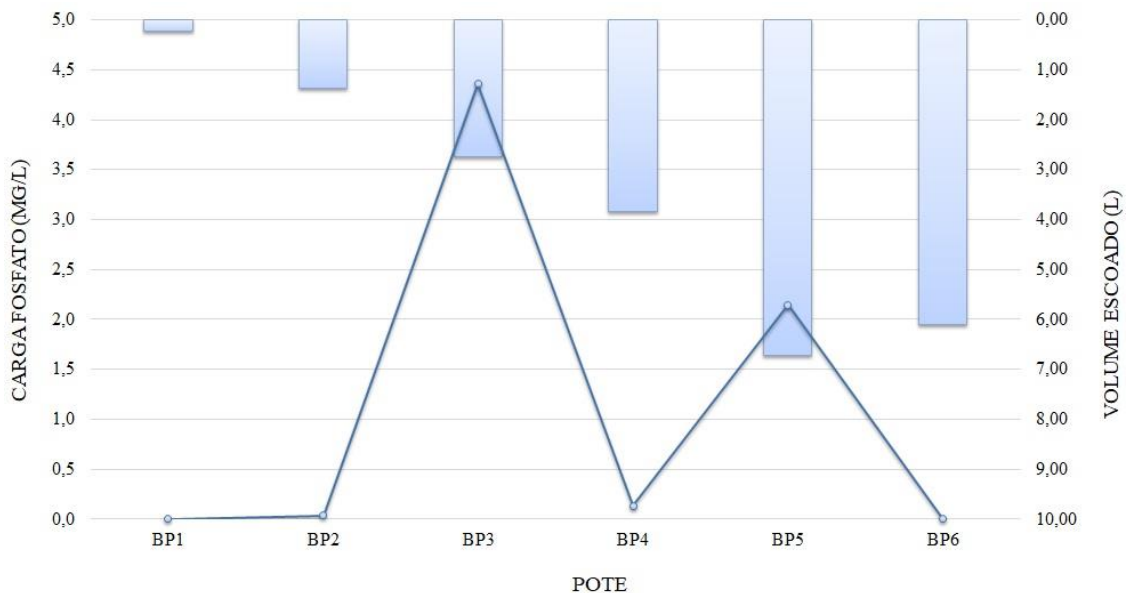
Figura 6 – Carga de fosfato em função do volume escoado – Lisímetro L3R-1



Fonte: Autora (2024)

As concentrações de fosfato para o lisímetro L3R-1 excederam o valor limite estabelecido pela legislação, com uma concentração máxima de fosfato encontrada de 5.20 mg.L-1 na água de drenagem, conforme verificado na Figura 7. Esse resultado indica uma possível contaminação significativa do ambiente aquático, sugerindo a necessidade urgente de medidas de controle e mitigação para proteger a qualidade da água e preservar a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Figura 7 – Carga de fosfato em função do volume escoado – Lisímetro L3P-1



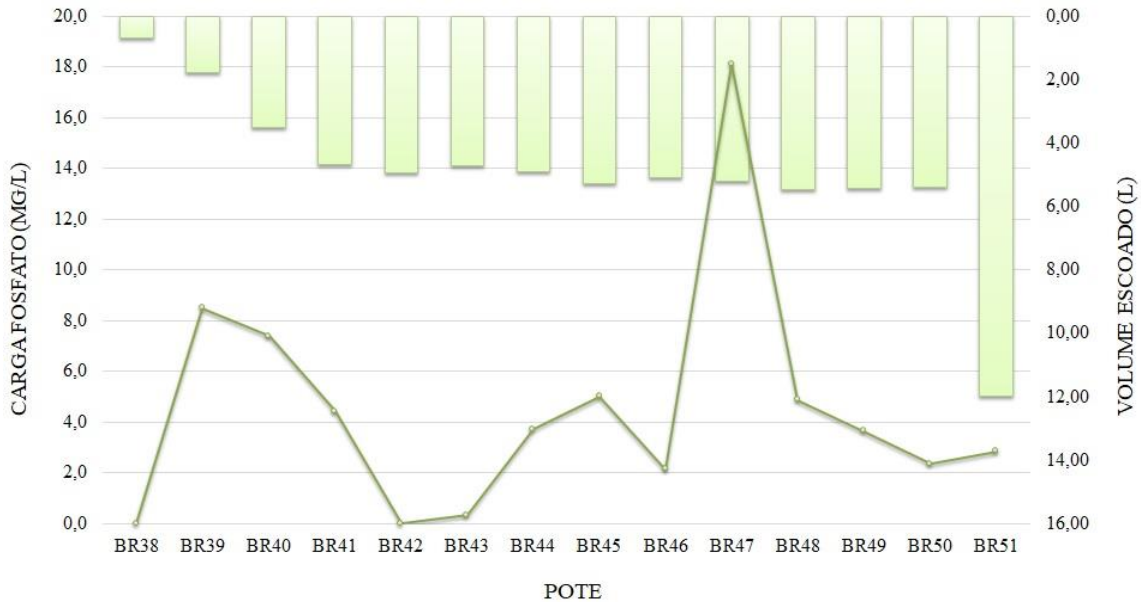
Fonte: Autora (2024)

As concentrações de fosfato para o lisímetro L3R-2 excederam o valor limite estabelecido pela legislação, com uma concentração máxima de fosfato encontrada de 4.50 mg.L-1 na água de drenagem, conforme é verificado na Figura 8. Esse resultado sugere uma



potencial contaminação significativa do ambiente aquático, destacando a necessidade premente de ações para controle e mitigação visando proteger a qualidade da água e preservar a saúde dos ecossistemas aquáticos.

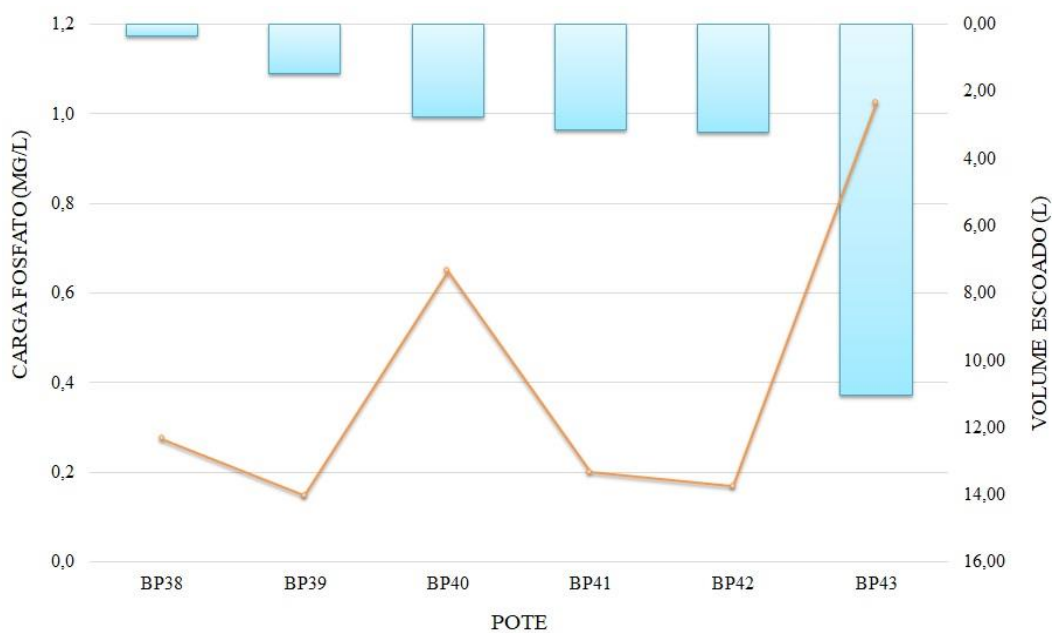
Figura 8 – Carga de fosfato em função do volume escoado – Lisímetro L3R-2



Fonte: Autora (2024)

As concentrações de fosfato para o lisímetro L3P-2 excederam o valor limite estabelecido pela legislação, com uma concentração máxima de fosfato encontrada de 1.00 mg.L-1 na água de drenagem, conforme verificado na Figura 9. Embora essa concentração seja inferior à dos lisímetros anteriores, ainda indica uma contaminação do ambiente aquático. É fundamental implementar medidas de controle e mitigação para garantir a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Figura 9 – Carga de fosfato em função do volume escoado – Lisímetro L3P-2



Fonte: Autora (2024)

Essas descobertas ressaltam a importância crítica de monitorar e controlar as concentrações de fosfato na água de drenagem, especialmente em áreas onde atividades humanas, como agricultura e pecuária, podem contribuir significativamente para a carga de nutrientes nos cursos d'água. O excedente de fosfato na água pode desencadear processos de eutrofização, levando ao crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, reduzindo assim a qualidade da água e afetando negativamente a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas aquáticos. Portanto, medidas eficazes de gestão e mitigação são essenciais para proteger os recursos hídricos e garantir a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

#### **4. Considerações Finais**

A análise das águas pluviais na Bacia do Ribeirão Concórdia revela uma complexa interação entre precipitação e a qualidade da água quanto à presença de fosfatos. Os resultados demonstram que a variabilidade na intensidade e no acúmulo das precipitações exerce uma influência significativa sobre as concentrações de fosfato, evidenciando que períodos de menor precipitação tendem a concentrar maiores cargas químicas. Essa dinâmica ressalta a importância de monitorar e gerenciar adequadamente as águas pluviais, especialmente em regiões com atividades agrícolas e pecuárias, que podem contribuir para o aumento de nutrientes como o fósforo.

Os dados obtidos indicam que, em vários pontos de coleta, as concentrações de fosfato ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação ambiental, o que é preocupante do ponto de vista ecológico. A presença excessiva de fosfato na água pode promover a eutrofização, levando ao crescimento descontrolado de plantas aquáticas e à deterioração da qualidade da água. Este fenômeno pode ter impactos adversos na biodiversidade e na saúde dos corpos hídricos locais.

Portanto, torna-se imperativo implementar estratégias de gestão integrada que considerem tanto a quantidade quanto a qualidade das águas pluviais. Medidas como a criação de zonas de retenção de águas pluviais, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e a conscientização das comunidades locais sobre a importância da preservação dos recursos hídricos são essenciais.

Ademais, o desenvolvimento contínuo de pesquisas sobre a variabilidade climática e seus efeitos sobre a hidrologia local é fundamental para aprimorar os modelos de previsão e mitigação dos impactos negativos associados à carga de nutrientes na água. Em síntese, a gestão eficaz das águas pluviais é um componente vital para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a proteção do meio ambiente.

#### **Referências**

CONAMA. Resolução nº. 20, de 18 de junho de 1986. 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 01 nov. 2018.

DAVIS, L. D.; MASTEN, S. J. **Principles of environmental engineering and science**. McGraw-Hill, 2004.

MAHAN, B.; MYERS, R. **Química, um curso universitário**. 4ª Edição, Editora Edgard Blücher, 1993.

SCHETS, F. M.; ITALIAANDER, R.; VAN DEN BERG, H. H. J. L.; HUSMAN, A. M. R. Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands. **Journal of Water and Health**, v. 8, n. 2, p. 224-235, 2010.

SPELLMAN, F. R. **Handbook of water and wastewater treatment plant operations**. Lewis Publishers, 2003.

TORRES, A.; FAJARDO, S. M.; TORRES, A. P. G.; SANDOVAL, S. Quality of rainwater runoff on roofs and its relation to uses and rain characteristics in the villa alexandra and acacias neighborhoods of Kennedy, Bogota, Colombia. **Journal of Environmental Engineering**, v. 139, n. 10, p. 1273-1278, 2013.

ZHANG, Q.; WANG, X.; HOU, P.; WAN, W.; LI, R.; REN, Y.; OUYANG, Z. Quality and seasonal variation of Rainwater harvested from concrete, asphalt, ceramic tile and green roofs in Chongqing, China. **Journal of Environmental Management**, v. 132, p. 178-187, 2014.