

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MAURICIO FLAUZINO JUNIOR

**ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NA ÁGUA E
SEDIMENTOS EM UM TRECHO DO RIO DO CAMPO – CAMPO
MOURÃO/PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2017

MAURICIO FLAUZINO JUNIOR

**ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NA ÁGUA E
SEDIMENTOS EM UM TRECHO DO RIO DO CAMPO – CAMPO
MOURÃO/PR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II), do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dr^a. Morgana Suszek Gonçalves

Co-orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NA ÁGUA E SEDIMENTOS EM UM TRECHO DO RIO DO CAMPO – CAMPO MOURÃO/PR

por

Mauricio Flauzino Junior

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de novembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr^a. Morgana Suszek Gonçalves

Prof. Dr. Eudes José Arantes

Prof. Dr^a. Cristiane Kreutz

Prof. Dr. Nelson Consolin Filho

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado onde tem me abençoado e me dado força durante toda minha vida.

Em memória a meu pai Mauricio e minha mãe Silvana que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos da minha vida, por serem meu Norte. Ao amor, carinho e apoio incondicional por todo sempre. Ao meu irmão João Pedro, pelo companheirismo, amizade e amor.

A minha segunda família Júlio Cesar, Rosangela, Guilherme, Marinella, Vinicius e Lucca, onde tenho grande carinho e amor especial.

Em memória a meu avô Mauriles que está em meu coração. Meus avós Alzira, Arlindo, Idanir que sempre estão em meus pensamentos, dedico a todos vocês!

A minha orientadora, Dr^a. Morgana Suszek Gonçalves pelos ensinamentos, paciência e apoio na elaboração deste trabalho. Ao meu Co-orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes pela amizade, ensinamentos e paciência durante minha jornada. A todos professores da UTFPR que contribuíram para minha formação acadêmica.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná que me proporcionou estudo de qualidade em todas as áreas do curso de Engenharia Ambiental.

A Fundação Araucária (Convênio 043/2015) pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos que construí em Campo Mourão que me proporcionaram amizades sinceras estando comigo sempre nas horas boas e ruins.

Enfim dedico esta conquista a todos que participaram e participam da minha vida, obrigado!

RESUMO

O crescimento da industrialização, agricultura e polos urbanos impulsiona a poluição do meio ambiente, e os corpos hídricos, por falta de planejamento, são os mais afetados, pois recebem alta carga de contaminantes provenientes de atividades antrópicas, dentre eles os metais pesados. Este trabalho teve por objetivo analisar a concentração de alumínio presente em amostras água e no sedimento em um trecho do rio do Campo, localizado na cidade de Campo Mourão – Paraná. Para tanto, foram feitas cinco coletas mensais de água e sedimento em três pontos distintos do rio, sendo realizada também medição de vazão e uma coleta de solo. As amostras de água e sedimento coletadas foram encaminhadas ao laboratório e determinou-se a concentração de alumínio total nas mesmas a partir de digestão ácida e análise por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados das concentrações de alumínio em todas as amostras de água analisadas apresentaram valor acima do padrão de qualidade da água para rios Classe 2 ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$), conforme a Resolução CONAMA N°357/2005. A quantidade de alumínio encontrada nas amostras de sedimento variou de 54,8 a $138,52 \text{ mg kg}^{-1}$ dentre os 3 pontos de coleta no decorrer das campanhas. As alterações nos teores de alumínio nas amostras podem estar associadas à presença de alumínio no próprio solo da região ($1103,8 \text{ mg kg}^{-1}$) e as atividades antrópicas nas proximidades dos pontos de coleta como agricultura sem práticas adequadas de conservação do solo, supressão da vegetação ciliar, construção civil, loteamento habitacional, bairros residenciais, lançamento de efluentes industriais, dentre outros, o que possibilita o arraste de solo e poluentes para o rio.

Palavra-chave: Metal pesado. Rio do Campo. Atividades antrópicas.

ABSTRACT

The growth of industrialization, agriculture and urban poles, drives pollution of the environment, and water bodies, due to lack of planning, are the most affected, since they receive a high load of contaminants from anthropic activities, among them heavy metals. The objective of this work was to analyze the concentration of aluminum present in water and sediment samples in a section of the Campo river, located in Campo Mourão city - Paraná. In order to do so, five monthly water and sediment samples were collected at three different points of the river, and flow measurement and soil sampling were also performed. The collected water and sediment samples were sent to the laboratory and the total aluminum concentration in them was determined from acid digestion and analysis by atomic absorption spectrophotometry. The results of aluminum concentrations in all analyzed water samples presented values above the water quality standard for Class 2 rivers (0.1 mg L^{-1}), according to CONAMA Resolution No. 357/2005. The amount of aluminum found in the sediment samples ranged from 54.8 to $138.52 \text{ mg kg}^{-1}$ among the 3 collection points during the campaigns. The changes in aluminum content in the samples may be associated with the presence of aluminum in the soil of the region ($1103.8 \text{ mg kg}^{-1}$) and the anthropic activities in the vicinity of collection points such as agriculture without adequate soil conservation practices, suppression of ciliary vegetation, civil construction, residential subdivision, residential neighborhoods, industrial effluent disposal, among others, which makes it possible to drag soil and pollutants to the river.

Key words: Heavy metal. Campo River. Anthropogenic activities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pontos selecionados para coleta de água e sedimentos em um trecho do rio do Campo, Campo Mourão.	15
Figura 2 - Coleta de sedimentos localizado no ponto 3 utilizando draga de Petersen.	15
Figura 3 – Cálculo de vazão utilizando o método do flutuador localizado no ponto 1 no rio do Campo, Campo Mourão.	18
Figura 4 - Perfil transversal do rio do Campo referente ao ponto 1.	22
Figura 5 - Velocidade das vazões durante as coletas.	24
Figura 6 - Concentração de alumínio na água.	25
Figura 7 - Relação concentração de alumínio na água e vazão no ponto 1.	27
Figura 8 – Aspecto observados no ponto 1 localizado em um trecho do rio do Campo.	28
Figura 9 – Atividade antrópica possibilitando o represamento do rio localizada no ponto 2, em um trecho do rio do Campo.	28
Figura 10 – Aspectos observados no ponto 3, localizado em um trecho do rio do Campo, Campo Mourão.	29
Figura 11 - Concentração de alumínio no sedimento.	30
Figura 12 - Sistema de drenagem de água pluvial do loteamento.	31
Figura 13 - Adutora instalada por cima do rio localizado no ponto 2, em um trecho do rio do Campo.	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Poluição da água por metais pesados	11
3.2 Contaminação do sedimento	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Área de estudo	14
4.2 Coleta de amostras	14
4.3 Análises laboratoriais	16
4.4 Métodos e cálculos para vazão	16
4.4.1 Flutuador	17
4.4.2 Molinete Hidrométrico.....	19
4.4.3 Molinete Flowtracker	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 Vazão e perfil de profundidade do rio	21
5.2 Concentração de alumínio na água e sedimentos	24
6 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para o desenvolvimento regional, e a determinação de sua qualidade a partir de parâmetros físico-químicos e biológicos, se torna muito importante aos seus fins de utilização como uso agrícola, industrial, consumo humano, além de assegurar a sustentabilidade da fauna e flora local.

Alguns elementos químicos constituem parâmetros de qualidade da água, e em sua maioria ocorrem no meio ambiente, naturalmente e em baixas concentrações. Alguns destes elementos são denominados metais pesados, por possuírem densidade maior que 4 g.cm^{-3} , ou número atômico maior que 20 (DUFFUS, 2002).

Alguns metais pesados como Manganês, Ferro, Cobalto, Cobre, Zinco, Cromo e Bário, quando apresentado em sua concentração correta (0,1; 0,3; 0,05; 0,009; 0,18; 0,05 e 0,7 mg/L respectivamente) na natureza, são essenciais aos seres vivos, pois participam de processos fisiológicos como fotossíntese e fixação de nitrogênio, desempenhando um papel importante (COROMOTO, WENDLING, 2009). Porém, quando em alta concentração no ambiente, podem trazer sérios riscos ao ecossistema local, além de contaminar o solo, ar e corpos hídricos.

Com o avanço industrial, o uso de produtos químicos em defensivos agrícolas, e despejos de esgoto sanitário e efluentes não tratados, a taxa de contaminação por metais pesados em corpos hídricos vem crescendo drasticamente, e dentre eles o Alumínio (Al) se destaca devido ao seu poder de toxicidade.

Segundo Freire (2016) o alumínio é considerado o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre chegando a um percentual de até 8,1%. Este elemento possui alto poder de poluição ao meio ambiente, fazendo com que seu estudo seja de grande importância. De acordo com Alcade (2001) o alumínio está relacionado a transtornos mentais, como o mal de Alzheimer e outros tipos de escleroses, quando da sua exposição crônica ao ser humano. Além disso, a ingestão de medicamentos contendo hidróxido de alumínio pode agravar a saúde de pacientes renais crônicos, devido à sua dificuldade em eliminá-lo (BAST, 1993).

Outro problema relacionado aos metais pesados é a contaminação de sedimentos dos corpos hídricos, pois estes metais tem a tendência de aderir as partículas de sólidos que estão em suspensão, assim ficando retido nos sedimentos

e formando uma espécie de manto no fundo do rio, servindo como dreno destes elementos (ESTEVES, 2002).

Dessa forma, este trabalho teve por finalidade analisar a concentração de alumínio presente na água e sedimentos em um trecho do Rio do Campo, localizado no município de Campo Mourão, Paraná.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a concentração de alumínio presente na água e sedimentos em um trecho do Rio do Campo, localizado no município de Campo Mourão, Paraná.

2.2 Objetivos específicos

Visando atingir o objetivo geral são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- Medir a vazão do rio por ocasião dos dias de coleta;
- Analisar a concentração de alumínio presente na água e sedimentos coletados;
- Comparar os resultados obtidos com a legislação brasileira pertinente;
- Estudar agentes poluidores do alumínio na área de estudo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Poluição da água por metais pesados

Segundo Townsend, Begon e Harper (2006), um dos grandes problemas ambientais que a sociedade enfrenta é a poluição das águas doces, onde a contaminação é fácil de ocorrer e a descontaminação é complexa, necessitando tempo, estudo, sendo muitas vezes cara e nem sempre executável.

Poluição é definida como qualquer alteração química, física ou biológica que possa modificar a normalidade do meio. Quando ocorre nas águas, tem-se a interferência em todas as três características mencionadas acima, assim tornando-se uma das poluições com maior impacto ambiental (MARQUES, CARDOSO, SERPA, 2002).

Dessa forma, deve-se ter uma preocupação também quanto a liberação antrópica de metais pesados nos diversos ambientes naturais, dando-se maior importância quando se trata de um ambiente onde a interação com a população humana é eminente, como é o caso de corpos hídricos (COUTINHO et al., 2004).

Mesmo que alguns metais, em baixas concentrações, sejam de extrema importância nos processos de ciclos metabólicos, denominando-os de agentes biogênicos, quando há um aumento em sua concentração acabam se tornando um problema em toda cadeia alimentar do ecossistema, ocorrendo a bioacumulação na fauna local e também ocasionando a biomagnificação (MARQUES, 2002).

Segundo Kawai et al. (2003), existem três classes de metal: os elementos essenciais, ou seja, vitais para o ciclo biológico local, representados por cálcio, ferro, cobre, potássio, sódio, magnésio, níquel e zinco; a segunda classe seria de contaminantes, que possuem certa importância para a sociedade, como para indústrias e tratamento de água e efluentes, porém estando no ambiente causam contaminação, esta classe está representado por cádmio, alumínio, chumbo, titânio, mercúrio, estanho e tungstênio; e a terceira classe é o misto das duas classes citadas acima, os quais possuem as duas características, sendo eles o cromo, zinco, manganês, ferro e níquel.

Uma das maiores causas do aumento de metal pesado no ambiente é o crescimento de polos urbanos e industriais, assim ocorrendo maior atividade antrópica no meio ambiente, com a potencialização na poluição (SANTOS,

OLIVEIRA, 1997). Atividades como mineração, lançamento de esgotos sanitários sem tratamento, disposição de resíduos sólidos, atividades agrícolas, dentre outras, são consideradas com potencial poluidor dos rios.

O Rio do Campo vem sofrendo ao longo de décadas um cenário degenerativo, em que as principais causas antrópicas são o uso de agrotóxicos nas lavouras próximas ao corpo hídrico, problemas de erosão pelo mal planejamento das estradas rurais e lançamento de esgoto e efluentes industriais não tratados.

3.2 Contaminação do sedimento

Singh e Steinnes (1994) relatam que os metais existentes no solo podem ser derivados tanto do intemperismo, como de fontes naturais ou fontes antrópicas, como indústrias e agricultura, onde se tem como principais fontes de despejo de metal pesado no ambiente.

Os sedimentos transportam, para outros e novos locais, metais pesados que chegam até o corpo hídrico, a partir de produtos utilizados na agricultura como adubos e fertilizantes, na mineração, e advindos dos ecossistemas urbanos, podendo contaminar as microbacias em que estão inseridas estas atividades (ARAÚJO, 2006).

Por meio das chuvas, solos contaminados por metais pesados são escoados junto a água superficial, para dentro do corpo hídrico. Apresentado por forma livre ou iônica, esses metais persistem no meio aquático acumulando toxinas principalmente nos tecidos dos peixes (QUEIROZ, 2006; VINODHINI, NARAYANAN, 2008).

Como afirma Esteves (1998), a concentração dos metais pesados em sedimentos geralmente podem ser 1000 vezes superior que a concentração encontrada na água, o que demonstra o sedimento como indicador de concentração de metais, e conseqüentemente um indicador de impacto ambiental do corpo hídrico. Dessa forma, Ferreira et al. (1996), relatam a importância de se saber a composição e estrutura do sedimento, pois o efeito de acumulação de metais pesados está fortemente entrelaçado a estas características.

Gupta e Karuppian (1996), afirmam que os sedimentos são importantes compartimentos de estoques de metais, e também podem atuar como fonte de liberação, pois podem liberar metais para a coluna de água, demonstrando a

importância de se identificar a composição e estrutura do sedimento, pois através dela sabe-se a porcentagem de metais que o sedimento emite para o corpo hídrico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em um trecho do Rio do Campo, no município de Campo Mourão, localizado na mesorregião Centro-Ocidental do Estado do Paraná. A Bacia hidrográfica do Rio do Campo se encontra no terceiro planalto paranaense localizado entre as coordenadas, 23° 53' e 24°10' de Latitude Sul e 52°15' e 52°31' de Longitude Oeste. A Bacia ocupa na sua totalidade uma área de 384 km², sendo 247 km² no município de Campo Mourão e 137 km² no município de Peabiru, e a mesma faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Mourão que, por sua vez, faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí (COLAVITE, 2008).

De acordo com Destefani (2005) a formação básica das rochas dos solos na bacia, tem origem vulcânica fonte de ferro e silicatos de alumínio e do Arenito Caiuá (concentração de Dióxido de Silício). O clima da região é do tipo Cfa, conforme Koeppen, com média entre 18° e 22° nos dias dos meses mais frio e mais quente consequentemente.

O Rio do Campo é classificado como um rio de águas doces Classe 2 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007), o qual pode ser destinado ao abastecimento para o consumo humano, depois de tratamento convencional. O rio é de grande importância para o município, pois abastece parte da população de Campo Mourão.

4.2 Coleta de amostras

As coletas foram realizadas uma vez por mês nos meses de novembro e dezembro de 2016 e fevereiro, abril e maio de 2017, totalizando cinco coletas, onde em cada coleta foram selecionados três pontos (Figura 1) de coleta de água e sedimentos em um trecho do Rio do Campo escolhido de acordo com a acessibilidade do local e condições ideais para a medição de vazão e coleta do material.

Figura 1 – Pontos selecionados para coleta de água e sedimentos em um trecho do rio do Campo, Campo Mourão.



Fonte: Google Earth, 2017.

Amostras de 500 mL de água foram coletadas a uma profundidade de 20 cm da superfície da água, acondicionando-se em frascos de polietileno. As amostras de sedimentos do fundo do rio foram coletadas utilizando-se uma draga do tipo Petersen (Figura 2) e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados.

Figura 2 - Coleta de sedimentos localizado no ponto 3 utilizando draga de Petersen.



Fonte: Autoria própria.

4.3 Análises laboratoriais

As amostras coletadas foram levadas para o Laboratório de Solos e para o Núcleo de Pesquisas em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão.

Para determinação da concentração de alumínio na água coletada, foi utilizada metodologia descrita no método 3030 *F, Nitric Acid and Hydrochloric Acid Digestion* do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). No laboratório, transferiu-se 100 mL de água ao Erlenmeyer junto à 3 mL de HNO₃ concentrado e aqueceu-se até evaporar a 5 mL, após esfriar foi adicionado mais 5 mL de HNO₃ concentrado e aqueceu-se novamente até obter aparência incolor (digestão completa), esfriou-se novamente os frascos e adicionou-se 10 mL de HCl (1+1) e 15 mL de água. Após aquecido novamente por 15 minutos foi resfriado, filtrado e por último completou-se até 100 mL com água destilada e transferiu-se para recipiente plástico de 100 mL para assim analisar-se a amostra quanto a concentração de alumínio em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo Analytik Jena, NovAA 300.

Usando a metodologia de digestão em forno tipo mufla descrita por Capar et. al. (1982), os sedimentos coletados, 100 mg de exemplares de cada ponto amostral, foram selecionados e levados ao forno mufla á 550 °C em cadinhos de porcelana por 2 horas. A cinza residual gerada após o forno mufla foi dissolvida em 5 mL de HNO₃, depois de 24 horas o extrato obtido foi diluído em mais 15 mL de água destilada e filtrado com membrana celulósica de 0,45 µm diâmetro e assim analisada quanto ao teor de alumínio em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo Analytik Jena, NovAA 300.

Após obtidos os dados analíticos em laboratório, os resultados foram comparados com a Resolução N° 357/2005 CONAMA, onde estão descritas as normas e concentrações adequadas da qualidade da água de acordo com a legislação nacional.

4.4 Métodos e cálculos para vazão

Por motivos de acessibilidade e condições para realização das medições de vazões, foi efetuado uma medição por coleta apenas no Ponto 1. Para as medições de vazão, durante todo o trabalho, foram utilizadas três metodologias diferentes, o Flutuador para medições da primeira e quarta coleta, Molinete Hidrométrico para medições da segunda e terceira vazão e o Flowtraker para a medição da quinta coleta, esta gama de metodologias de cálculo de vazão foram utilizadas devido a contratempos em trabalho de campo, como a danificação dos equipamentos. Como forma de comparação de resultado apenas na segunda coleta foi feita também a medição por flutuador.

Segundo Carvalho (2008), para o cálculo das vazões utilizou-se a equação 1:

$$Q = (w \cdot h) \cdot V \text{ ou } Q = A \cdot V \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

Q = vazão (m³/s)

A = área da seção do rio (m²) (w . h)

V = velocidade do fluxo de água (m/s)

h = profundidade média na seção transversal do canal (m)

w = largura do canal

4.4.1 Flutuador

Segundo Palhares et al. (2007), para o cálculo de vazão através do flutuador deve-se adotar o coeficiente de correção no cálculo da velocidade do flutuador, ou seja, 0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios de fundo barrento. Isto é explicado pois o coeficiente permite a correção da velocidade da água, pois por onde o flutuante passa (superfície) ocorre deslocamento mais rápido que na porção de água que passa pelo fundo do rio.

De acordo com Palhares et al. (2007), para se fazer o cálculo de vazão através de um flutuador deve-se fazer dois cortes utilizando corda (inferior e superior ao rio) para medir o comprimento do rio. A distância de um corte para o outro deve ser de seis metros (adotado neste trabalho o valor de 10 metros). A partir deste corte

se faz intervalos iguais ao longo da corda, onde serão as seções para medir a profundidade.

Para extrair as variáveis necessárias para efetuar o cálculo de vazão através do Flutuador, com ajuda de uma trena métrica e duas hastes metálicas fixadas entre as margens, para estabilizar a trena, mediu-se a largura do rio da margem esquerda para a direita e o total da distância foi dividida por seções de tamanhos iguais.

Utilizando a haste métrica do molinete foi medida a profundidade do rio ao longo de todas as seções já citadas, para assim realizar o cálculo de área das seções, e para efeito do cálculo da área total do rio, foi adicionada o valor de zero de profundidade para as margens esquerda e direita.

Logo depois com referência ao local que foi coletado a profundidade e com auxílio da trena mediu-se uma reta de 10 metros ao meio do rio (Figura 3), em seguida um graveto encontrado no local foi arremessado diversas vezes (perto a margem esquerda, meio do rio e perto a margem direita) e cronometrado sua passada ao longo dos dez metros pela superfície do corpo hídrico.

Figura 3 – Cálculo de vazão utilizando o método do flutuador localizado no ponto 1 no rio do Campo, Campo Mourão.



Fonte: Autoria própria.

Com todas as informações anotadas e com o auxílio de planilha eletrônica foram feitos os devidos cálculos.

4.4.2 Molinete Hidrométrico

Para calcular a vazão com o molinete hidrométrico traçou-se o comprimento do rio com auxílio de uma trena métrica e formou-se seções de tamanhos equivalentes. Em cada seção foi mensurada a profundidade com a haste métrica do molinete e também já se aferiu o V20 e V80 de cada seção.

V20 é a medição de rotações/20segundos do molinete quando o mesmo se encontra a 20% submerso da profundidade total de cada seção.

V80 é a medição de rotações/20segundos do molinete quando o mesmo se encontra a 80% submerso da profundidade total de cada seção.

Logo em seguida de posse dos valores V20 e V80 e dividiu-se por 20 para descobrir as Rotações Por Segundo de cada V20 e V80 das seções.

Para se calcular a velocidade (metros/segundo) do V20 e V80, utilizou-se a equação 2 e 3 do fabricante do molinete a seguir:

Para $RPS < 0,7168$:

$$V = 0,01623391 + 0,24614312 * RPS$$

Equação (2)

Para $RPS > 0,7168$:

$$V = -0,01373006 + 0,287945 * RPS$$

Equação (3)

em que:

RPS= Rotação por segundo

V = velocidade (m/s)

Foi utilizada a equação (2) para calcular a velocidade, pois todos RPS foram maiores que 0,7168.

Achado a velocidade, pegou-se as velocidades V20 e V80 de cada seção e efetuou-se a média e logo em seguida multiplicou-se pela área de cada parcela, assim obtendo a vazão de cada seção.

4.4.3 Molinete Flowtracker

O Molinete Flowtracker possui a tecnologia ADV® (ACOUSTIC DOPPLER VELOCIMETER) ou seja, é um molinete acústico, onde os cálculos são realizados com métodos analítico e automático.

Toda informação necessária, como distância e profundidade, foi adicionada ao sistema do Flowtracker e foi posicionado em cada seção, assim calculou-se a vazão de todas seções automaticamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vazão e perfil de profundidade do rio

As medidas de vazão do trecho do rio estudado foram realizadas apenas no Ponto 1, em todas as campanhas de coleta, e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da vazão no ponto 1.

Coleta	Data	Vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Área (m^2)	Maior profundidade (m)	Precipitação ($\text{mm} \text{mês}^{-1}$)	Metodologia
1	10/11/2016	3,11	6,0900	1,02	63,4	Flutuador
2	11/12/2016	3,06	5,6800	0,93	210,4	Molinete
3	24/02/2017	1,32	3,5600	0,63	104,1	Molinete
4	03/04/2017	1,33	3,2638	0,57	159,7	Flutuador
5	09/05/2017	1,29	2,5448	0,44	236,1	Flowtracker

Fonte: Autoria própria.

Observando a Tabela 1 notou-se que a coleta 1 teve o maior escoamento de água com total de $3,11 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e a menor vazão calculada pelo Flowtracker foi de $1,29 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ referente a coleta 5.

Segundo o Instituto das Águas do Paraná (2016) o mês de novembro de 2016 teve sua primeira precipitação no dia 3 com 26,3 mm de chuva e passando por 9 dias de estiagem voltando a chover apenas no dia 12, portanto no dia 10 (coleta 1) estava seguida de 7 dias de seca, onde que por meios naturais não indicaria alta no resultado de vazão.

No mês de dezembro, choveu nos dois dias que antecederam as coletas, 11 mm no dia 9 e 52 mm do dia 10, resultando no aumento de vazão para o dia de coleta, no dia 11.

Na terceira coleta referente ao dia 24 de fevereiro de 2017, antecedeu por 5 dias de estiagem, onde choveu apenas 1,7 mm no dia 18.

Na penúltima coleta não choveu por toda semana antecedente a coleta e na última coleta dia 9 de maio havia chovido apenas nos dias 4 e 5, e passado por 3 dias sem chuva foi medido a vazão.

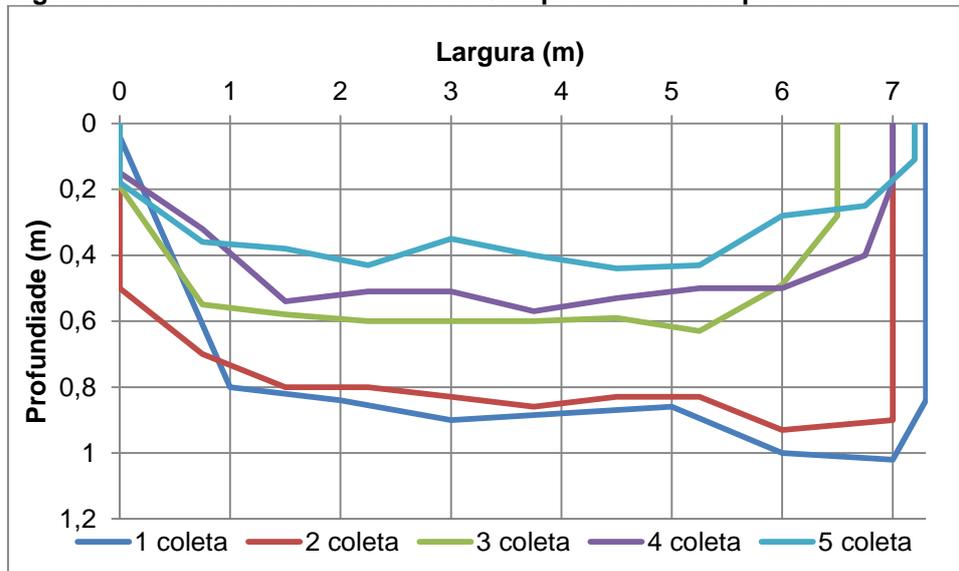
Villwock, Crispim e Rocha (2013) realizaram levantamentos de parâmetros limnológicos na bacia do Rio do Campo e de vazão durante os meses de junho de

12 a junho de 2013 utilizando um molinete hidrométrico. Comparados, o mês de novembro e dezembro de 2012 e fevereiro, abril e maio de 2013 obtiveram média de $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $1,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $2,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $3,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $3,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ respectivamente. Não houve uma semelhança nos resultados, onde os parâmetros de Villwock, Crispim e Rocha (2013) tem um crescente na vazão nos meses dezembro a maio de 2013 e os parâmetros analisados neste trabalho nos meses de dezembro a maio de 2017 obtém uma queda de escoamento.

Kelniar (2014) também realizou cálculos de vazão no rio do Campo no ano de 2012/2013, no dia 07/11/2012 o escoamento foi de $1,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, 29/01/2013 foi $1,07 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e em 23 de maio de 2013 o cálculo de $2,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Mesmo os dados de coleta serem de datas distintas percebe-se que houve um aumento do ano de 2012 para de 2013 por se tratarem de meses mais chuvosos.

Na Figura 4 são apresentados os perfis de profundidade do trecho do rio estudado nas cinco coletas realizadas.

Figura 4 - Perfil transversal do rio do Campo referente ao ponto 1.



Fonte: Autoria própria.

O perfil transversal na primeira coleta tem uma extensão total de 7,3 m e demonstra profundidade maior quando comparada aos perfis das outras coletas realizadas, em que a maior profundidade está situada próximo a margem direita, com profundidade máxima de 1,02 m. Por ocasião também, teve-se o maior fluxo de água escoado de todas as campanhas de coletas, o que proporciona o baixo acúmulo de sedimento no fundo do corpo hídrico. Segundo o Instituto das Águas do

Paraná (2016) a região de Campo Mourão sofreu ao mês de novembro de 2016 uma média de 63,4 mm de chuva.

O perfil da segunda coleta se equipara à primeira, com uma extensão de 7 metros, sendo a maior descendente na margem direita com 0,93 m de profundidade. A média de chuva para o mês dezembro segundo Instituto das Águas do Paraná (2016) foi de 210,4 mm.

Na terceira coleta observou-se uma linearidade em sua profundidade, com maior sedimentação nas margens esquerda e direita. Este acúmulo maior de sedimento pode ser relacionado à baixa velocidade de escoamento de água nestas seções. A precipitação chuvosa para o mês de fevereiro de 2017 foi de 104,1 mm segundo Instituto das Águas do Paraná (2017).

Na quarta coleta, realizada no mês de abril de 2017, que geralmente é um mês de médias baixas de chuvas, com apenas 159,7 mm segundo o Instituto das Águas do Paraná (2017), observa-se o rio com baixa profundidade (0,57 m) e concentração de sedimento na sua margem esquerda.

Na quinta coleta, realizada no mês de maio pode-se observar o perfil mais raso de todas as campanhas, chegando a pouco mais de 0,44 m de profundidade. A precipitação média foi de 236,1 mm (Instituto das Águas do Paraná, 2017), e mesmo com alta precipitação para este mês, não se pode comparar o perfil, pois os dados para realizar o perfil foram coletados no início de maio e a alta densidade pluviométrica ocorreu a partir do dia 18.

Observa-se o corpo hídrico raso ao longo do estudo, como sua máxima de profundidade diminuindo e a vazão com seu fluxo lento, assim possibilitando maior concentração de sedimento no fundo e conseqüentemente maior acúmulo de alumínio em suas vertentes.

Houve uma correlação significativa (p -valor $<0,5$) e forte ($R^2 = 0,931$) entre a maior profundidade observada em cada uma das coletas e a vazão (Tabela 2). Como observado, a maior vazão foi obtida na primeira coleta ($3,11 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), sendo que nas próximas, a vazão diminuiu, chegando a $1,29 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na última coleta.

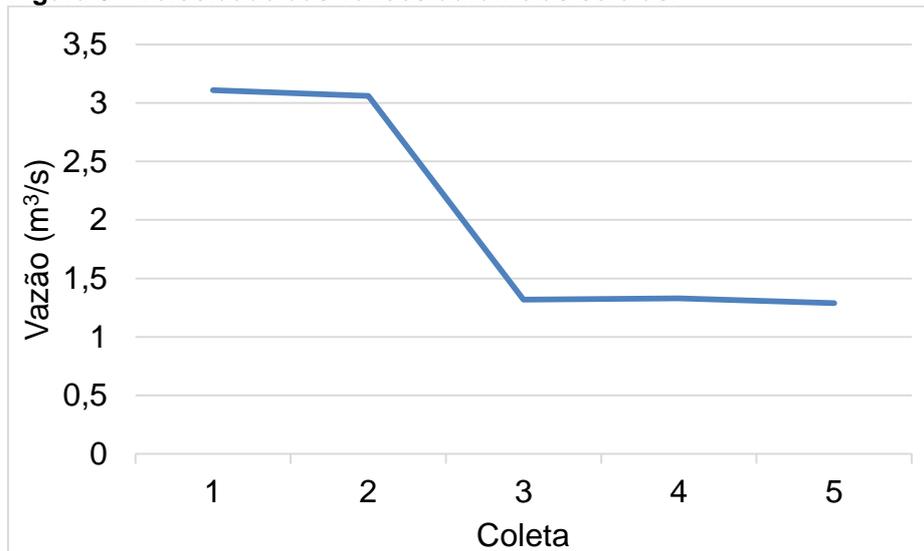
Tabela 2 - Parâmetros da correlação entre profundidade e vazão.

Equação	R^2	p-valor
Profundidade (m) = $0,193 + 0,268 \times \text{vazão}$	0,931	0,008

Fonte: Autoria própria.

Também pode ser observado uma queda constante de deslocamento de água no trecho do Rio do Campo estudado, durante os meses analisados (Figura 5). Além disso, a profundidade da água no rio passa de 1,02 m para 0,44 m, o que indica possibilidade de assoreamento do leito do rio neste trecho.

Figura 5 - Velocidade das vazões durante as coletas.



Fonte: Autoria própria.

5.2 Concentração de alumínio na água e sedimentos

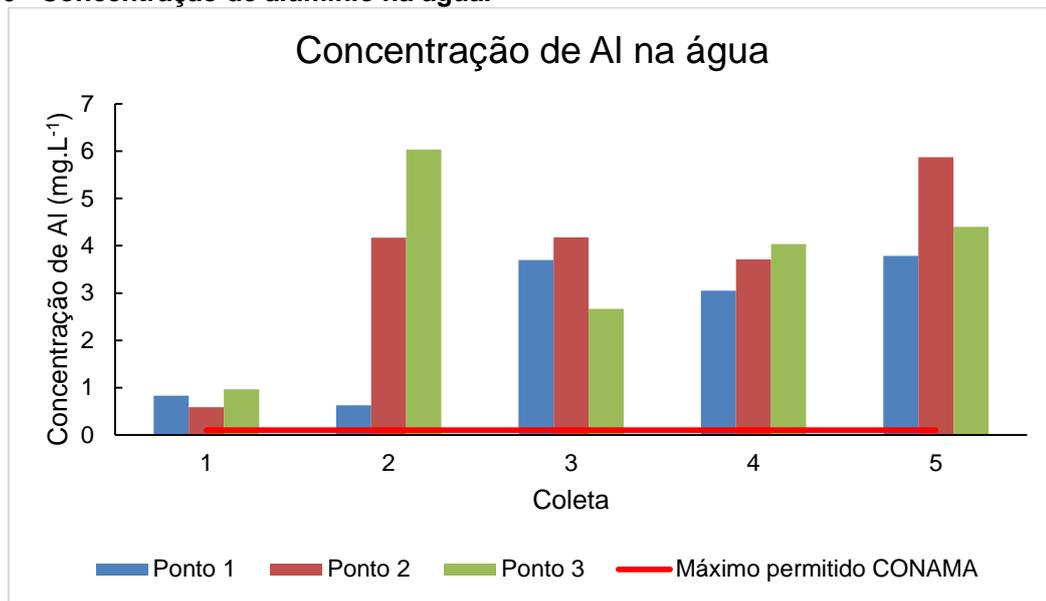
A Resolução N° 357/2005 do CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e traz os valores para os padrões de qualidade da água. Na Tabela 3 é apresentado o valor máximo de concentração de Alumínio para águas de rios de classe II, a qual o Rio do Campo de enquadra.

Tabela 3 – Concentração de Alumínio para águas de rio classe II.

CLASSE II - ÁGUAS DOÇES		
PADRÕES		
Parâmetros inorgânicos	Valor máximo (mg L ⁻¹)	Concentração média de alumínio no rio do Campo (mg L ⁻¹)
Alumínio dissolvido	0,1	-
Coleta 1 (11/11/2016)		0,79
Coleta 2 (11/12/2016)		3,61
Coleta 3 (24/02/2017)		3,52
Coleta 4 (03/04/2017)		3,60
Coleta 5 (09/05/2017)		4,68

Fonte: Adaptado à Resolução N° 357/2005 do CONAMA.

Das 15 amostras analisadas em laboratório, todas obtiveram alterações de alumínio total presente na água, conforme a Resolução CONAMA N° 357/2005 (Figura 6).

Figura 6 - Concentração de alumínio na água.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que em todos os pontos da primeira coleta os resultados foram baixos comparados as outras coletas, ocorrendo a maior presença média de alumínio no corpo hídrico na quinta coleta. Ênfase ao ponto 3 da coleta 2 onde a concentração de alumínio chegou a 6,03 mg L⁻¹ e na mesma coleta porem no ponto 1 teve apenas 0,62 mg L⁻¹, assim analisando que o ponto 3 esta suscetível a atividades antrópicas de maior efeito, pois nesta região encontra-se o cultivo de

monocultura e foi observado o descarte incorreto de efluentes relacionados a oficinas mecânicas no rio.

No trabalho de Freitas, Brilhante e Almeida (2001) onde realizou análises de alumínio em poços e redes de distribuição de água em cidades cariocas, onde também houve alterações nos dados, em Colubandê a concentração mínima foi de pouco menos de $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ e a maior de aproximadamente $(2,4 \text{ mg L}^{-1})$. Freitas, Brilhante e Almeida (2001) ainda ressalta que a presença de alumínio pode estar ligada a falhas do sistema de tratamento da água, quando estes utilizam alumínio como forma de coagulante.

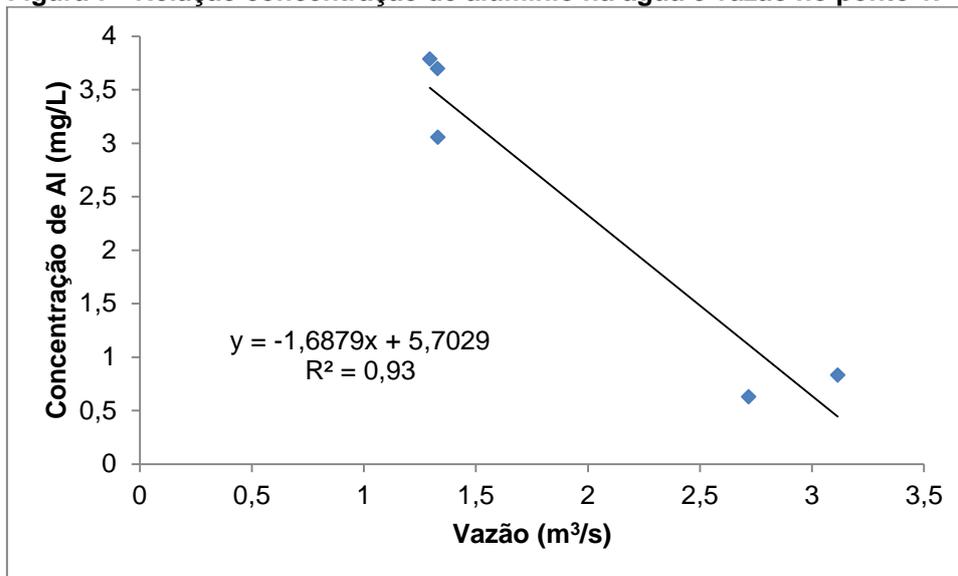
Pinto (2016) afirma que para se fazer uma análise de concentrações de poluentes em um corpo hídrico precisamente, necessita-se que os dados de concentração de certo poluente sejam avaliados junto aos dados de vazão, para que seja evitado o mascaramento dos resultados pelo efeito da diluição.

A concentração de poluentes no rio muitas vezes está ligada diretamente à quantidade de vazão no período das coletas, pois a alteração nas análises não indica necessariamente que houve degradação do poluente ou diminuição da sua fonte poluidora, ou seja, a redução ou aumento do poluente pode ser resultado da diluição do poluente devido ao aumento de vazão do rio (PINTO, 2016), o que pode ter ocorrido na primeira coleta deste trabalho.

Durante o período de coletas observou-se que a vazão do rio do Campo teve uma descendência durante as coletas posteriores e conseqüentemente a profundidade do rio diminuiu, em contrapartida a concentração de alumínio no ponto 1 teve aumento brusco no decorrer das coletas, ou seja, possivelmente houve uma intensificação na concentração de alumínio do rio no ponto 1 devido a diminuição da vazão.

No ponto 1 foi possível determinar-se uma relação entre vazão e concentração de alumínio, onde se mantém uma forte relação com $R^2 = 0,93$, o que explica que a alta concentração de alumínio é presente quando a vazão é baixa, afirmando a possibilidade de diluição de alumínio na água quando a vazão é maior (Figura 7).

Figura 7 - Relação concentração de alumínio na água e vazão no ponto 1.



Fonte: Autoria própria.

De modo geral observa-se que o ponto 1 teve uma diminuição na vazão no período estudado, o ponto 2 manteve uma média alta no acumulo de alumínio nas coletas 2, 3 e 4 e o ponto 3 na segunda coleta teve um aumento na concentração de alumínio na água.

No ponto 1 (Figura 8) foram identificadas atividades antrópicas, como a instalação de uma adutora, lixo a margem do rio, solo exposto próximo ao rio sem proteção de vegetação e com pouco mais de 30 metros de mata ciliar a margem direita do rio. Percebe-se também no Ponto 1, alterações no curso do rio, devido a construção de um loteamento a alguns metros da margem direita, além de um ponto de lançamento da água de drenagem pluvial. Vale ressaltar a declividade onde está situado o loteamento e a não proteção vegetal natural do rio o que provavelmente auxilia na alteração das propriedades químicas da água do rio do Campo, através do arraste de solo.

Figura 8 – Aspecto observados no ponto 1 localizado em um trecho do rio do Campo.



Legenda: A – Mata ciliar e trecho do rio. B – Adutora cortando o rio.
Fonte: Autoria própria.

Durante os períodos de coleta 3 e 4 notou-se no ponto 2 galhos cortados indevidamente e jogados ao leito do rio, estagnando esta seção do rio (Figura 9) e aglomerando lixo. Observou-se também durante o estudo, atividades antrópicas como a construção de uma adutora que passa por cima do rio, fato este que proporcionou movimentação de solo na região.

Figura 9 – Atividade antrópica possibilitando o represamento do rio localizada no ponto 2, em um trecho do rio do Campo.



Legenda: A – Adutora instalada transversal ao rio. B – Galhos concentrados no leito do rio.
Fonte: Autoria própria.

O ponto 3 (Figura 10) está localizado próximo a um bairro periférico do município de Campo Mourão, onde é observando uma ponte sobre o rio para

translado de veículos e próximo a margem direita o cultivo de cana de açúcar e soja. Ao longo do trecho do rio no ponto 3 foi observado um leito pedregoso.

Figura 10 – Aspectos observados no ponto 3, localizado em um trecho do rio do Campo, Campo Mourão.



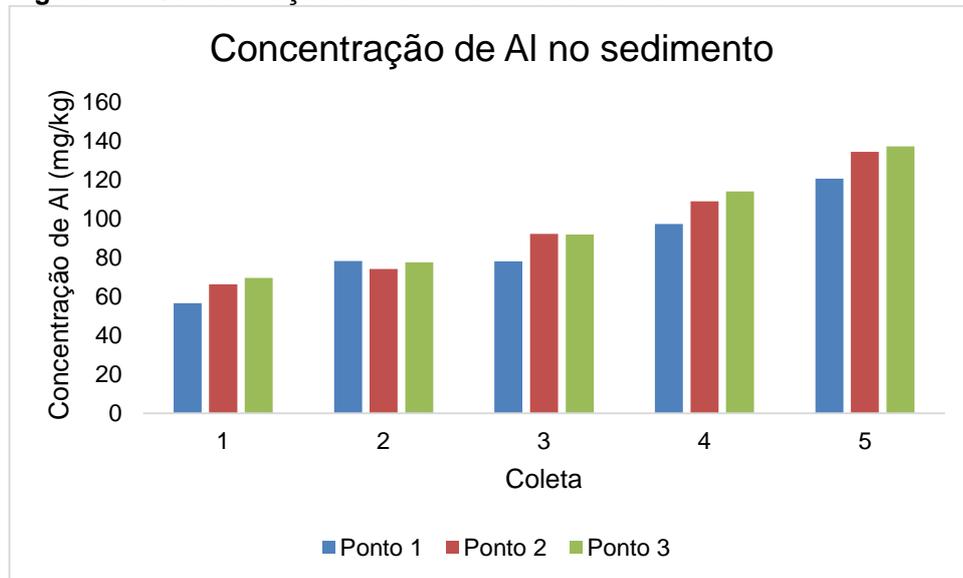
Legenda: A – Declividade e solo compactado. B – Aspectos naturais do rio.
Fonte: Autoria própria.

Também, nas proximidades do trecho estudado, há a Estação de Tratamento de Águas do município, que utiliza o policloreto de alumínio como agente coagulante no tratamento da água.

Segundo Destefani (2005) um dos componentes básicos na formação das rochas dos solos onde o rio do Campo está localizado tem origem vulcânica, onde representa alto índice de alumínio concentrado no solo, pois solos vulcânicos são formados de silicato de alumínio e ferro.

Sabendo-se que o solo da região é rico em alumínio, isto pode contribuir para que o sedimento e a água do rio do Campo possam estar em sobrecarga desse elemento químico. A análise de alumínio no solo próximo ao rio, no ponto 2, apresentou concentração de $1103,8 \text{ mg kg}^{-1}$, percebendo um alto índice de alumínio, onde por meio de ações humanas pode ser arrastado para dentro do rio e parte ser dissolvido na água.

Os resultados indicaram que o acúmulo do metal foi menor no ponto 1 e durante as coletas teve um aumento chegando a maior concentração na quinta coleta no ponto 3. Nota-se que altas concentrações de alumínio no sedimento das cinco coletas realizadas estão praticamente localizadas no ponto 3, assim o ponto 3 tem uma prospecção maior de acúmulo de Al (Figura 11):

Figura 11 - Concentração de alumínio no sedimento.

Fonte: Autoria própria.

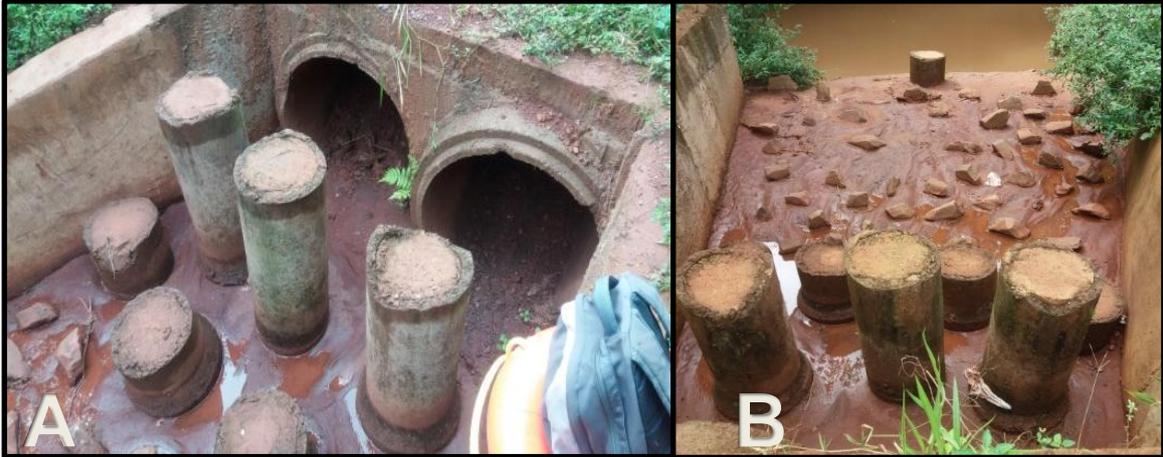
Kelniar (2014) relata que a ampliação da área agrícola e o uso e ocupação do solo exerce influência no comportamento característico do solo e da água, pois com uso cada vez mais intenso da agricultura, conseqüentemente gera-se a remoção de florestas levando a degradação de áreas. O manejo errado do solo influencia o processo de erosão e lixiviação, ocorrendo o arraste de sedimentos para o corpo hídrico.

De acordo com Colavite (2009) a bacia do rio Campo por ser uma região de superfície plana possibilita o uso intensivo da agricultura, porém esta precisa de um planejamento ambiental, pois, como trata-se de uma área de manancial de abastecimento da cidade de Campo Mourão.

Cruz (2014) relata que o uso agrícola na bacia do rio do Campo ocupa mais de 79% da sua área total.

A concentração de alumínio no solo da bacia do rio é de $1103,8 \text{ mg kg}^{-1}$ como já observado, chegando quase a 10 vezes mais que a concentração no sedimento encontrado ao fundo do rio. O manejo equivocado por partes de agricultores possibilita que sedimentos, junto a agrotóxicos e lixo escoem para o rio agravando a poluição por metais. Outro problema é o sistema de drenagem de água pluvial do novo loteamento, que por vez intensifica o carreamento do solo para dentro do rio do Campo (Figura 12).

Figura 12 - Sistema de drenagem de água pluvial do loteamento.



Legenda: A – Arraste de solo superficial. B – Solo arrastado para dentro do rio.
Fonte: Autoria própria.

Nota-se que a partir da quarta coleta, no ponto 2, a presença de sedimento no rio era maior que das coletas anteriores, reação encadeada possivelmente pela movimentação antrópica de terra próximo as margens do rio para a construção da adutora (Figura 13).

Figura 13 - Adutora instalada por cima do rio localizado no ponto 2, em um trecho do rio do Campo.



Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÃO

A vazão variou de 3,11 a 1,29 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), diferença essa que contribui para o efeito de sedimentação no rio e correlacionado ao efeito de diluição de poluentes durante as análises.

A concentração de alumínio em todas as amostras de água analisadas durante os meses de novembro de 2016 a maio de 2017, nos pontos de coleta no trecho do rio do Campo estudados, apresentaram valor acima do padrão de qualidade da água para rios Classe 2 conforme a legislação brasileira ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$).

A quantidade de alumínio encontrada nas amostras de sedimento variou de 54,8 a $138,52 \text{ mg kg}^{-1}$ dentre os 3 pontos de coleta no decorrer do experimento. Tais alterações nos teores de alumínio nas amostras podem estar associadas à presença de alumínio no próprio solo da região ($1103,8 \text{ mg kg}^{-1}$) e as atividades antrópicas nas proximidades dos pontos de coleta como agricultura sem práticas adequadas de conservação do solo, supressão da vegetação ciliar, construção civil, loteamento habitacional, bairros residenciais, lançamento de efluentes industriais, dentre outros, o que possibilita o arraste de solo e poluentes para o rio.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas. **Legislação Básica**. 2 ed. Total Editora e Comunicação S/C Ltda. Brasília, 2007. Pg. 206-209.

ALCADE, M. S. G. **Alteraciones neurológicas y psiquiátricas secundarias a la exposición al aluminio**. Madrid, n. 24, jun. 2001. Disponível em: <<http://scielo.isciii.es/pdf/cmfn24/original2.pdf>>. Acesso em: 4/out/2016.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21º ed. Washington: APHA, 2005.

ARAÚJO, C. R. S. **Concentração de metais pesados em sedimento, água e macrófitas aquáticas em duas represas do município de Viçosa, MG**. 2006. 206 f. Tese de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/solos%20e%20nutricao%20de%20plantas/2006/197748f.pdf>> . Acesso em: 08/out/2016.

BAST, C. B. **Toxicity Summary for Aluminum**. Oak Ridge: Oak Ridge Reservation Environmental Restoration Program, 1993.

CAPAR, S. G.; GAJAN, R. J.; MADZSAR, E.; ALBERT, R. H.; SANDERS, M.; ZYREN, J. Determination of lead and cadmium in foods by anodic stripping voltammetry: II. Collaborative study. **Journal - Association Of Official Analytical Chemists**. 65, p. 978. jul. 1982.

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionas e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p.73-85, 05 nov. 2008. Mensal.

COLAVITE, A. P. **Cartografia Aplicada à Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Campo - PR**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Planejamento e Gerenciamento Urbano e Rural) – Curso de Pós-Graduação em Planejamento e Gerenciamento Urbano e Rural, Maringá, 2008.

COLAVITE, A. P. **Geotecnologias aplicadas a análises da paisagem na bacia hidrográfica do rio do Campo, Paraná – Brasil**. P 15, 2009. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Hidrologia/04.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005)**. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, pg. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10/out/2016.

COROMOTO, A. D.; WENDLING, B. **Manejo de ecossistemas aquáticos contaminados por metais pesados**. Agropecuária Técnica, Areia, 2009

COUTINHO, H. J.; ABREU, E. C.; FERREIRA, A. S. M.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. **Quim. Nova**, Vitória, Vol. 27, No. 3, pg. 378-386, Junho/2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf>>. Acesso em: 05/out/2016.

CRUZ, N. F. F. S. **Aspectos geomorfológicos da sub-bacia do Rio do Campo e a qualidade da água do lago municipal de Campo Mourão, PR**. 2014. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

DESTEFANI, E. V. **Regime Hidrológico do Rio Ivaí – PR**. 2005. Monografia (Especialização em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

DUFFUS, J. H. “HEAVY METALS”— A MEANINGLESS TERM? (IUPAC Technical Report). **Pure Appl. Chem.** Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 602p. 1998.

FERREIRA, M. F.; CHIU, W. S.; CHEOK, H.K.; CHEANG, F.; SUN, W. Accumulation of nutrients and heavy metals in surface sediments near Macao. **Marine Pollution Bulletin**, Macao, Vol. 32, No. 5, pg. 420-425, Maio/1996.

FREIRE, A. A. N.; ARAÚJO Í. M. M.; SILVA, J. O. Análise da concentração de alumínio no Rio Gramame proveniente dos efluentes da ETA-Gramame, João Pessoa – PB. **Revista Ambiental**, João Pessoa, Vol. 2, No. 1, pg. 88 – 96, Junho/2016.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.651-660, jun. 2001. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2001000300019>.

GUPTA, G.; KARUPPIAH, M. Heavy metals in sediments of two Chesapeake Bay tributaries-Wicomico and Pocomoke Rivers. **Journal of Hazardous Materials**, Princess Anne, Vol. 50, No. 1, pg. 15-29. Setembro/1996.

KAWAI, B.; URIAS, C; LEONEL, L; AMADO, M. **Poluição ambiental por metais**. 2003. Disponível em: <<http://www.fernandosantiago.com.br/met90.htm>>. Acesso em: 06/out/2016.

KELNIAR, A. R. **Estudo da descarga de sedimentos transportados em três rios na bacia hidrográfica do rio Mourão**. 2014. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

MARQUES, M. R. P. A.; CARDOSO, A. N.; SERPA, A. W. G. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Quim. Nova**, Rio de Janeiro, Vol. 25, No. 6B, pg. 1145-1154, maio/2002

PALHARES, J. C. P.; RAMOS, C.; KLEIN, J. B.; LIMA, J. C. M. M.; MULLER, S.; CESTONARO, T. Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador. 455 ed. Concórdia: **Embrapa**, 2007. 4 p. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/443939/medicao-da-vazao-em-rios-pelo-metodo-do-flutuador>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

PARANÁ. Instituto das águas do Paraná. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Org.). **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

PINTO, C.; C. **Importância da avaliação de dados de concentração e de carga de poluentes em bacias hidrográficas: EXEMPLO DA BACIA DO RIO VERDE**. 2016. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1172M.PDF>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

QUEIROZ, M. T. A. **Bioacumulação de metais pesados no Rio Piracicaba, Minas Gerais, aplicando a análise por ativação Neutrônica Instrumental**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2006.

SANTOS, M. J. Y.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Química nova**, Londrina, Vol. 21, No. 5, pg. 551-556, Janeiro/1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v21n5/2922.pdf>>. Acesso em: 06/out/2016.

SINGH, B. E. R.; STEINNES, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAI, R.; STEWART, B.A. **Advances in Soil Science: soil process and water quality**. Edição 1. Ankeny: Lewis Published, 1994. Pg.233-237

TOWNSEND, C.; R. BEGON, M.; HARPER, J.; L. **Fundamentos em Ecologia**. 2 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

VILLWOCK, F. H.; CRISPIM, J. Q.; ROCHA, J. A. **Levantamentos de parâmetros limnológicos na bacia hidrográfica do rio do Campo – PR**. In: VIII ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 8., 2013, Campo Mourão. Anais... Campo Mourão: Fecilcam, 2013. p. 1 - 9.

VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). **Intitute Journal Environment Science Technology**, v. 5, n. 2, p. 179-182, 2008.