

Influência da área urbana do Município de Coxim, Mato Grosso do Sul, Brasil, sobre a qualidade da água

Henrique Silva de Andrade¹, Rodrigo Martins Moreira^{2,*} e Euripedes Fernandes Costa Junior²

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. *Campus* de Coxim. Curso de Graduação em Gestão Ambiental. Rua General Mendes de Moraes, 370. Jardim Aeroporto. Coxim-MS, Brasil (CEP 79400-000).

²Universidade Federal de Rondônia. Av. Presidente Dutra, 2965. Centro. Porto Velho-RO, Brasil (CEP 76801-974). *E-mail: rodrigo.moreira@unir.br.

Resumo. O modelo insustentável de uso e ocupação do solo no Cerrado tem ameaçado o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Expansão urbana e atividades agropecuárias e agroindústrias são os principais causadores de poluição difusa em corpos hídricos. O presente trabalho tem como área de estudo o Município de Coxim-MS, ecótono entre Cerrado e Pantanal. Assim, o objetivo dos pesquisadores deste trabalho foi avaliar a influência da área urbana do Município de Coxim, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, sobre a qualidade da água do Rio Taquari. Foram realizadas coletas de água e análises físicas e químicas em cinco datas, nos meses de novembro de 2017 e fevereiro, abril, junho e agosto de 2018. Foram selecionados três pontos, dois à montante da área urbana e um à jusante, após a confluência dos rios. Foram aplicadas análises estatísticas descritivas e inferenciais, aplicando o método de análise multivariada de análise de componentes principais. As duas primeiras componentes explicaram 68% das variações. Foi possível perceber maior variação significativa entre os pontos durante a estação de seca. Conclui-se que a área urbana tem influência entre pH e alcalinidade, principalmente, e que existe diferença entre os corpos hídricos estudados quanto a variáveis de OD, pH, alcalinidade e dureza. No período da seca estas diferenças são mais visíveis.

Palavras-chave: Rio Taquari; Impactos ambientais; Pantanal; Cerrado.

Abstract. *Influence of the urban area of the Coxim Municipality, Mato Grosso do Sul, Brazil, over water quality.* The unsustainable model of land use and occupation in the Cerrado has threatened the balance of biogeochemical cycles, biodiversity and ecosystem services. Urban expansion and agricultural and agro-industry activities are the main causes of

Recebido
25/03/2022

Aceito
20/08/2022

Publicado
31/08/2022



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-9940-371X
Henrique Silva de
Andrade

0000-0001-6794-6026
Rodrigo Martins
Moreira

0000-0001-8803-3891
Euripedes Fernandes
Costa Junior

diffuse pollution in water bodies. The present work has as its study area the Municipality of Coxim-MS, ecotone between Cerrado and Pantanal. Thus, the objective of the researchers of this work was to evaluate the influence of the urban area of the Municipality of Coxim, State of Mato Grosso do Sul, Brazil, on the water quality of the Taquari River. Water collection and physical-chemical analyzes were carried out on five dates, in November 2017, and February, April, June, and August 2018. Three points were selected, two upstream of the urban area and one downstream, after the confluence of the rivers. Descriptive and inferential statistical analyzes were deployed, applying the multivariate analysis method of Principal Component Analysis. The first two components explained 68% of the variations. It was possible to perceive greater significant variance between the points during the dry season. It is concluded that the urban area has influence between pH and alkalinity, mainly, and that there is a difference between the water bodies studied regarding the variables of DO, pH, alkalinity and hardness. During the dry season these differences are more visible.

Keywords: Taquari River; Environmental impacts; Pantanal; Cerrado.

Introdução

O modelo insustentável de uso e ocupação do solo no Cerrado tem ameaçado o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. O Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil (PQASB), publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2012), revela que, considerando todos os 1.988 pontos de monitoramento da qualidade da água no país, em 2010, tanto em áreas urbanas como rurais, apenas 6% apresentaram condição “ótima” de qualidade, seguidos por 75% apresentando qualidade “boa”, 11% “regular” e 7% “ruim” ou “péssima”.

A expansão urbana e as atividades agropecuárias e agroindústrias são as principais causadoras de poluição difusa em corpos hídricos (Pratte-Santos et al., 2018). Segundo ainda o PQASB, considerando apenas os corpos d’água em áreas urbanas, observa-se que, em 2010, 47% dos pontos monitorados apresentaram condição “péssima” ou “ruim” da qualidade da água, resultado do crescimento urbano acelerado e falta de infraestrutura em saneamento. Estes resultados mostram a urgência da adoção de uma agenda local, pautada na Agenda 2030, com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o sexto, “água potável e saneamento. Estas agendas devem focar no monitoramento da água a fim de alocar esforços estratégicos de preservação.

À medida que se expande a malha urbana, surgem duas atividades conflitantes, sendo elas o aumento da demanda de água com qualidade e a degradação dos mananciais por contaminação dos resíduos urbanos e industriais (Peixoto et al., 2021). Ainda, o processo de uso e ocupação do solo e perda de vegetação, tem resultado em grandes alterações no ciclo hidrológico, principalmente ao que se refere em seus processos fundamentais de infiltração, interceptação e escoamento superficial, em virtude da retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo (Castro et al., 2014).

Um dos principais desafios para estudos da qualidade da água são as inúmeras variáveis a serem estudadas, que são parte de um sistema complexo caracterizado por ciclos biogeoquímicos correlacionados. São relações complexas que dificultam a análise e interpretação das informações. Neste cenário, surge a análise fatorial/análise de componentes principais para promover a redução da quantidade de variáveis com o mínimo de perdas de informações (Guedes et al., 2012).

O presente trabalho tem como área de estudo o Município de Coxim-MS, ecótono entre Cerrado e Pantanal. Considerado o portal do pantanal, sua área urbana encontra-se na confluência entre os rios Coxim e Jauru, contribuintes do Rio Taquari. Esse último é o principal contribuinte da formação do leque fluvial que forma o Pantanal, a planície alagável com maior biodiversidade do mundo (Junk e Nunes da Cunha, 2016). Diante da posição estratégica do município, a realização deste estudo é de grande importância para obtenção de informações a respeito da qualidade da água da Bacia do Baixo Rio Taquari. A oportunidade em que as informações que serão levantadas possuem grande potencial de uso pelo poder público, para o meio científico e demais usuários, fornecendo subsídios para a tomada de decisões, de forma a garantir a manutenção e conservação dos recursos naturais.

Assim, o objetivo dos pesquisadores deste trabalho foi avaliar a influência da área urbana do Município de Coxim, Estado do Mato Grosso do Sul, sobre a qualidade da água dos Rios Coxim e Taquari.

Materiais e métodos

Descrição da área de estudo

O clima da região segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928) é do tipo Aw, tropical possuindo verões chuvosos e inverno seco, com temperatura média de 25,5 °C e precipitação acumulada anual de 1.479 mm.

Segundo o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), no ano de 2010 a população de Coxim era de 32.159 habitantes com um número total de 10.522 domicílios (IBGE, 2010), tendo a estimativa de 33.516 habitantes para o ano de 2018 (IBGE, 2018).

Coleta das amostras

As coletas das amostras foram realizadas no município de Coxim, situado na região norte do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, para o fim de verificar se a hipótese levantada de que a área urbana do Município de Coxim influencia na qualidade da água do Rio Taquari é verdadeira ou nula, para isso, sendo selecionados três pontos de coletas, dois no Rio Taquari e um no Rio Coxim os quais podem ser visualizados na Figura 1.

Foram atribuídas as siglas conforme a Tabela 1.

Foram realizadas quatro campanhas (coletas e análise), sendo a 1ª em 23/11/2017, a 2ª campanha em 15/02/2017, a 3ª coleta foi realizada em 03/04/2018 e a 4ª coleta foi realizada em 26/06/2018.

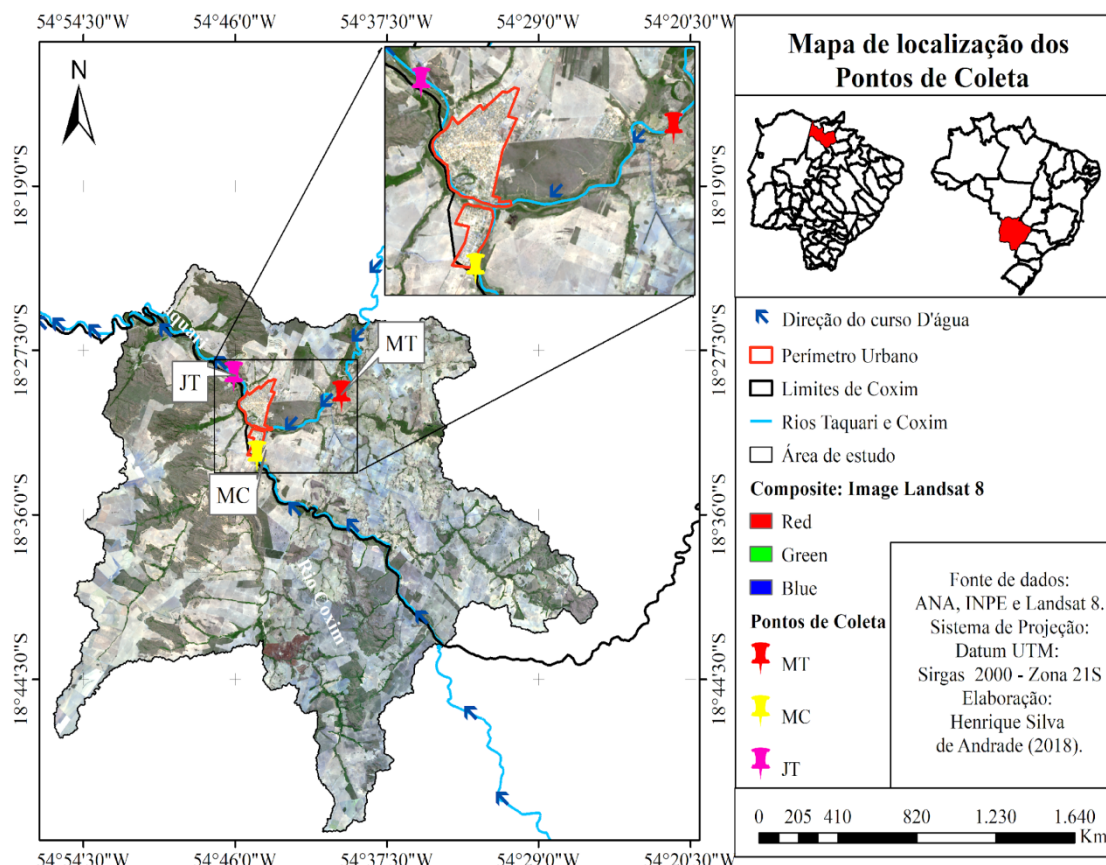


Figura 1. Mapa de localização dos pontos de coleta.

Tabela 1. Pontos de coletas.

Sigla	Coordenada	Área
MT	54° 40' 2,26" O; 18° 29' 51,80" S	Montante à área urbana do Município de Coxim, no Rio Taquari.
MC	54° 44' 46,40" O; 18° 32' 58,83" S	Montante à área urbana do Município de Coxim, no Rio Coxim.
JT	54° 46' 4,70" O; 18° 28' 52,59" S	Jusante à área urbana do Município de Coxim, no Rio Taquari.

Procedimento de realização das análises

Para os procedimentos relativos à coleta e preservação, foi utilizada a metodologia SMEWW 1060 *Collection and Preservation of Samples*, da *American Public Health Association* (APHA, 2005).

Durante o procedimento de coleta das amostras para análise em laboratório, foram realizadas análises nos três pontos de monitoramento através de uma Sonda Multiparâmetros da marca HANNA, modelo 98194 (Figura 3), por meio da qual foi realizada a verificação dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e temperatura. Realizou-se a calibração da sonda, utilizando a solução padrão de calibração específica para este aparelho também da marca HANNA.

Dos resultados da análise *in situ* foram considerados para discussão da hipótese deste estudo apenas os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura, em virtude de estes não terem sido analisados em laboratório.

Procedimentos de realização das análises *ex situ*

As análises *in situ* foram realizadas utilizando uma Sonda Multiparâmetros da marca HANNA modelo 98194 e foram considerados para discussão da hipótese deste estudo apenas os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura. As análises *ex situ*, foram assim denominadas em virtude de terem sido realizadas fora do local de coleta, no Laboratório de Química do IFMS, Campos de Coxim. No laboratório foram analisados os parâmetros de acordo com as metodologias apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Metodologia e unidade utilizadas para análise dos parâmetros de qualidade da água.

Parâmetro	Método	Unidade
Alcalinidade	SMEWW 2320 Alkalinity	mg CaCO ₃ /L
TDS	SMEWW 2540 Solids	mg/L
Turbidez	SMEWW 2130 Turbidity	NTU
Preparo das amostras dos metais	Digestão via úmida	-
Cádmio	SMEWW 3111 Flame atomic absorption spectrometry	mg/L
Chumbo	SMEWW 3111 Flame atomic absorption spectrometry	mg/L
Cobre	SMEWW 3111 Flame atomic absorption spectrometry	mg/L
Ferro	SMEWW 3111 Flame atomic absorption spectrometry	mg/L
OD	Sonda multiparâmetros marca HANNA, modelo 98194	mg/L
Temperatura	Sonda multiparâmetros marca HANNA, modelo 98194	°C

Metodologia de geoprocessamento para delimitação da microbacia da área de estudo

Com objetivo de delimitar uma área representativa para estudos hidrológicos, foi usada a extensão de uma microbacia para região estudada, foi delimitada a área de contribuição para os pontos monitorados utilizando o programa QGis, versão 2.18.12. Após aplicação da ferramenta *sinks*, para preenchimento de possíveis pixels de depressões no arquivo de entrada, foi aplicada a ferramenta “*r.watershed*” para gerar as bacias a partir de uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtida através do Projeto Topodata, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para a zona 18S555SN, a qual foi transformada em um arquivo *half-basins* com distância mínima de 200.000 (parâmetro: *minimum size of exterior watershed basin*). O arquivo *half-basins* foi transformado por meio da ferramenta “*r.to.vect*” para arquivo vetorial, extensão ESRI *shapefile*.

Análise de Componentes Principais

Os resultados das coletas dos padrões de qualidade da água foram submetidos à avaliação por meio do método de análise multivariada Análise de Componentes Principais (PCA). Esta técnica admite o emprego de dados experimentais padronizados, a fim de

erros de classificação em decorrência das grandes divergências do dimensionamento das variáveis. Calculada pela Equação 1 (Gotelli e Ellison, 2016).

$$Z = \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s} \quad (1)$$

Assim, a PCA possibilita uma compreensão das interrelações de diferentes parâmetros de qualidade da água e suas unidades de medida (Silva et al., 2020).

Deste modo, a componente principal gerada explica a maior proporção da variação dos dados total entre todas as combinações dos dados originais, a segunda componente detém uma menor proporção de variação total que a primeira e assim sucessivamente com as demais componentes. Logo, a análise do PCA deve representar pelo menos 60% da variação dos componentes, tendo um reflexo aceitável da variação original, mostrando autovalores consideravelmente significativos e fortemente associados (Bifano et al., 2020). Para realização da PCA foi utilizado o programa PAST 4.1. Os gráficos de correlação foram gerados no programa RStudio. Quanto à avaliação da correlação entre as variáveis, Teste de Esfericidade de Barlett foi menor que 0,001 e quanto à avaliação da medida de adequação da amostra, utilizando o Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), obteve-se um valor acima de 0,5.

Resultados e discussão

Descrição dos padrões de precipitação

Os corpos hídricos da região do Município de Coxim desaguardam no Pantanal Sul-mato-grossense, isto reflete que os padrões insustentáveis de uso e ocupação do solo nesta região e os impactos neles gerados podem incidir no Pantanal, ameaçando uma das maiores extensões úmidas contínuas do Planeta, com grande exuberância e riqueza de espécies (Junk e Nunes da Cunha, 2016).

Na Figura 2 são apresentadas as vazões mensais do Rio Taquari a montante da área urbana do Município de Coxim, referentes ao período de monitoramento deste estudo, demonstrando vazões muito elevadas entre os meses de novembro de 2017 a abril de 2018.

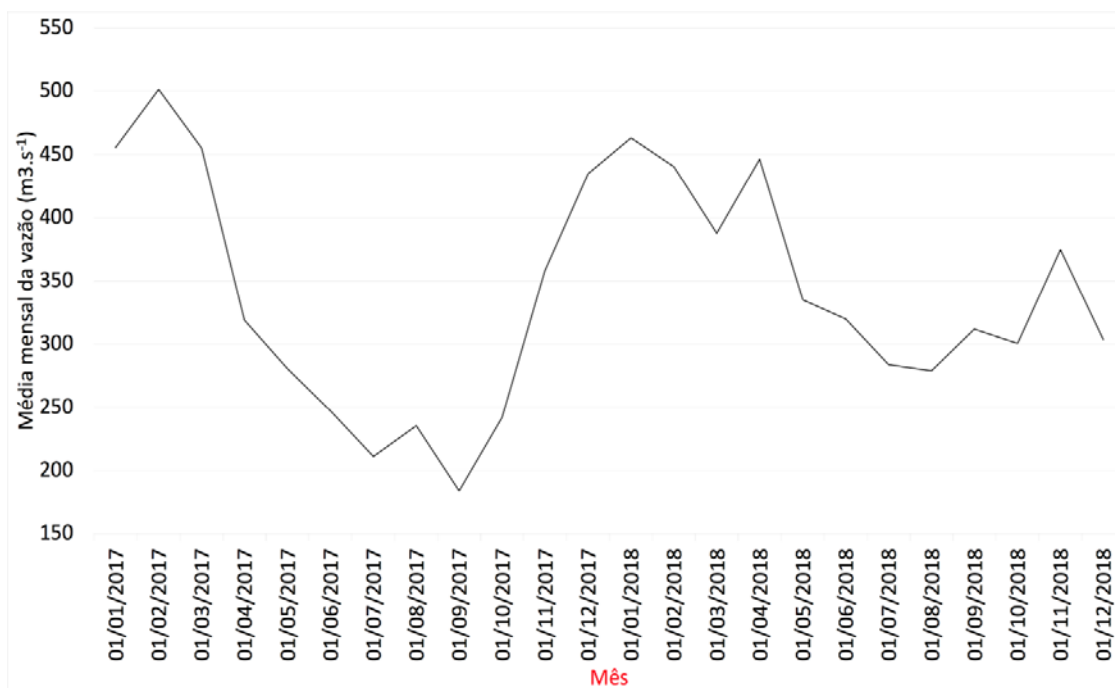


Figura 2. Vazão durante os meses de monitoramento. Fonte: ANA (2018).

Análise estatística multivariada sobre os padrões de qualidade da água

A estatística descritiva dos valores obtidos para as variáveis analisadas é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis pH, OD, temperatura (Temp.), TDS, turbidez (Turb.), alcalinidade (Alc.), dureza (Dur.), cádmio (Ca.), chumbo (Pb), cobre (Cu), ferro (Fe) para os pontos de coleta à montante (Mont.) do Rio Taquari, à montante (Mont.) do Rio Coxim e à jusante (Jus.) do Rio Taquari.

	Pontos de coleta	pH	OD	Temp.	TDS	Turb.	Alc.	Dur.	Ca	Pb	Cu	Fe
N	Mont. Rio Taquari	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mont. Rio Coxim	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Jus. Rio Taquari	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Média	Mont. Rio Taquari	6,54	3,62	24,9	14,3	83,5	14,4	5,47	0,004	0,011	0,009	0,694
	Mont. Rio Coxim	6,74	4,79	25,3	14,2	87,0	16,4	9,75	0,004	0,010	0,010	0,736
	Jus. Rio Taquari	6,72	4,91	25,3	11,6	83,8	17,2	15,30	0,004	0,009	0,008	0,720
Desvio Padrão	Mont. Rio Taquari	0,40	0,63	2,33	9,35	49,2	4,83	0,75	0,002	0,003	0,002	0,896
	Mont. Rio Coxim	0,07	0,38	2,54	8,19	56,4	4,73	3,58	0,002	0,006	0,003	0,886
	Jus. Rio Taquari	0,22	0,37	2,43	7,80	54,1	4,05	16,20	0,002	0,006	0,005	0,935

Tabela 3. Continuação.

	Pontos de coleta	pH	OD	Temp.	TDS	Turb.	Alc.	Dur.	Ca	Pb	Cu	Fe
Mínimo	Mont. Rio Taquari	6,05	2,71	21,60	5,3	16	10,1	4,60	0,002	0,007	0,006	0,085
	Mont. Rio Coxim	6,65	4,35	21,60	3,5	15	12,0	7,60	0,002	0,001	0,005	0,130
	Jus. Rio Taquari	6,52	4,63	21,80	3,8	16	12,9	4,00	0,002	0,000	0,001	0,100
Máximo	Mont. Rio Taquari	6,91	4,13	26,90	27,4	126	20,7	6,40	0,007	0,013	0,010	2,020
	Mont. Rio Coxim	6,81	5,21	27,20	22,9	152	22,1	15,10	0,007	0,014	0,013	2,050
	Jus. Rio Taquari	6,98	5,46	27,40	21,2	148	22,1	39,30	0,007	0,013	0,012	2,110
Shapiro-Wilk <i>p</i>	Mont. Rio Taquari	0,60	0,19	0,27	0,48	0,48	0,54	0,97	0,103	0,369	0,272	0,045
	Mont. Rio Coxim	0,75	0,89	0,18	0,90	0,89	0,50	0,01	0,103	0,028	0,850	0,054
	Jus. Rio Taquari	0,38	0,08	0,33	0,74	0,84	0,85	0,05	0,103	0,028	0,177	0,026

A qualidade dos corpos hídricos é analisada levando em consideração os parâmetros físicos e químicos. Porém, a interpretação destas variáveis é realizada em muitos casos uma por vez, onde na maioria das vezes elas são correlacionadas entre duas ou três variáveis. No entanto, em sistemas naturais, grande parte das variáveis está fortemente correlacionada. Tal fato dificulta a avaliação dos componentes que contribuem para a poluição de ambientes aquáticos (Zimmermann et al., 2008; Silva et al., 2020).

Desta forma, para compreender a interrelação entre as variáveis do estudo em questão, aplicou a análise PCA. Por sua vez, espera que a projeção dos componentes principais possa explanar a maior parcela do conjunto amostral. Assim, a projeção da maior variação da amostra gera o primeiro PC (componente principal) a projeção da segunda maior variação gera o segundo PC e assim sucessivamente com as demais variações dos componentes, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Descrição dos componentes principais, seus autovalores e percentual de variância.

PC	Autovalores	% variância	% variância acumulada
1	5,60	50,87	50,87
2	1,90	17,28	68,15
3	1,39	12,62	80,77
4	1,22	11,06	91,83
5	0,61	5,58	97,41
6	0,15	1,38	98,79
7	0,11	1,03	99,82
8	0,02	0,14	99,96
9	0,00	0,02	99,99
10	0,00	0,01	100,00
11	0,00	0,00	100,00

As duas primeiras variáveis PC1 e PC2 expressam 68,15% do total do conjunto dos dados originais. Logo, 68,15% das variáveis são explanadas pelo plano, portanto, a análise

dos componentes principais pode ser utilizada para compreender as interrelações do conjunto de dados (Bifano et al., 2020).

A Tabela 5 apresenta o carregamento de cada variável sobre as componentes principais identificadas. É possível perceber que as variáveis que mais influenciam a componente principal 1, são temperatura, TDS, turbidez e alcalinidade, ainda, os metais cádmio, chumbo e cobre apresentaram grande influência sobre a componente 1. Todos estes são aspectos correlacionados com o uso e ocupação do solo da região, onde a intensiva conversão de florestas a pastagens contribui para a poluição difusa causada por atividades agropecuárias. Não obstante, a componente pH é a que mais influencia na componente principal 3. A variável OD influencia bastante a componente 4. A temperatura influencia grandemente.

Tabela 5. Carregamento das variáveis sobre as componentes principais. Onde, Componente Principal (PC), temperatura (Temp.), TDS, turbidez (Turb.), alcalinidade (Alc.), dureza (Dur.).

Variável	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	PC10	PC11
pH	-0,17	-0,03	-0,49	0,50	0,55	0,27	0,23	-0,02	0,07	0,22	0,05
OD	0,09	-0,17	0,16	0,74	-0,57	0,13	0,16	0,07	-0,01	-0,14	-0,02
Temp	0,38	0,26	-0,06	0,13	-0,14	-0,13	-0,16	-0,64	0,26	0,47	-0,10
TDS	0,30	0,29	-0,46	0,08	-0,07	0,08	-0,52	0,34	0,29	-0,37	-0,02
Turb.	0,42	-0,07	0,01	-0,01	-0,02	0,23	-0,22	0,33	-0,57	0,49	0,20
Alc.	0,34	-0,31	-0,15	0,19	0,26	-0,61	-0,03	-0,19	-0,37	-0,33	-0,02
Dur.	0,01	0,17	0,69	0,33	0,47	-0,04	-0,35	0,12	0,15	-0,02	0,01
Cd	0,34	-0,42	0,09	-0,13	0,07	0,13	0,12	-0,06	0,44	-0,08	0,67
Pb	0,37	0,27	0,13	-0,10	0,16	0,55	0,27	-0,32	-0,25	-0,43	-0,14
Cu	0,30	0,48	0,04	0,01	0,03	-0,36	0,60	0,40	0,12	0,10	0,08

A Tabela 6 apresenta os valores da matriz fatorial dos resultados da PCA, os valores em destaque são as correlações entre os parâmetros de cada fator com carga maior que 0,2.

Tabela 6. Matriz fatorial dos resultados da PCA.

	pH	OD	Temp,	TDS	Turb,	Alc,	Dur,	Ca	Pb	Cu
PC 1	-0,17	0,09	0,38	0,30	0,42	0,34	0,01	0,34	0,37	0,30
PC 2	-0,03	-0,17	0,26	0,29	-0,07	-0,31	0,17	-0,42	0,27	0,48
PC 3	-0,49	0,16	-0,06	-0,46	0,01	-0,15	0,69	0,09	0,13	0,04
PC 4	0,50	0,74	0,13	0,08	-0,01	0,19	0,33	-0,13	-0,10	0,01
PC 5	0,55	-0,57	-0,14	-0,07	-0,02	0,26	0,47	0,07	0,16	0,03
PC 6	0,27	0,13	-0,13	0,08	0,23	-0,61	-0,04	0,13	0,55	-0,36
PC 7	0,23	0,16	-0,16	-0,52	-0,22	-0,03	-0,35	0,12	0,27	0,60
PC 8	-0,02	0,07	-0,64	0,34	0,33	-0,19	0,12	-0,06	-0,32	0,40
PC 9	0,07	-0,01	0,26	0,29	-0,57	-0,37	0,15	0,44	-0,25	0,12
PC 10	0,22	-0,14	0,47	-0,37	0,49	-0,33	-0,02	-0,08	-0,43	0,10
PC 11	0,05	-0,02	-0,10	-0,02	0,20	-0,02	0,01	0,67	-0,14	0,08

Para a PC1, os fatores que mais influenciam o plano são a temperatura, sólidos dissolvidos total, turbidez, alcalinidade, cádmio, chumbo e cobre. Na PC2 são temperatura, sólidos dissolvidos total, chumbo e cobre. No geral, a PC1 tende a ser um fator que detém quase todas as variáveis, logo, expressam uma significância a explicar variação dos parâmetros, já o PC2 os valores têm como base a quantia residual de variação, onde podemos ver a representação *biplot* na Figura 3.

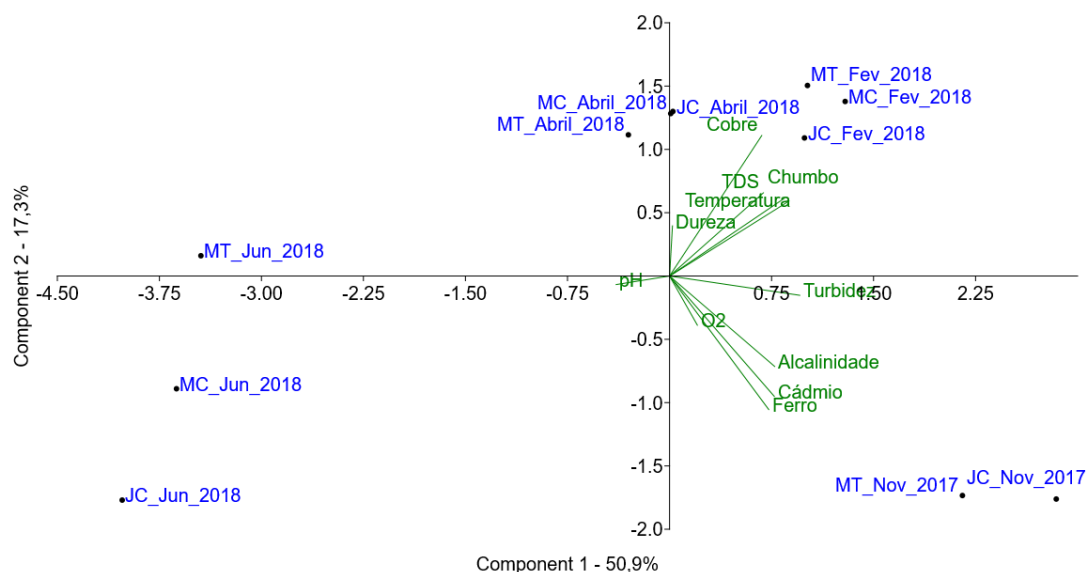


Figura 3. Quadrantes e vetores para a PCA.

Assim, a dimensão 1, ou PC 1, detém os elementos cobre, TDS, chumbo, dureza e temperatura, eles estão na posição superior à direita do gráfico, isto caracteriza coordenadas fortemente positivas no eixo. Ainda é possível observar que as amostras de todos os pontos coletadas nos meses de fevereiro de 2018 apresentaram a maior influência na variância total da PC1 e PC2. Ressalta-se que este mês apresentou alta vazão.

O Rio Coxim é um importante tributário ao Rio Taquari, onde esse corpo hídrico tem sido degradado pelas atividades humanas, apresentando altas taxas de conversão de floresta nativa em atividades agropecuárias, como pastagens e lavouras. Consequentemente, há maior exposição do solo, com aumento no carreamento de material particulado e poluentes. Tal fator contribui para a elevação dos valores de parâmetros como a dureza, alcalinidade, pH e o oxigênio, essa variação é mais visível dos períodos de seca e chuvas, pois, a entrada de materiais através do carreamento, contém grande quantidade de matéria orgânica, a qual influencia o consumo de oxigênio para a decomposição da matéria (Valente et al., 1997).

Os insumos agrícolas são fontes de contaminação e contém elevados teores de metais pesados o qual uma vez presente nos ambientes aquáticos altera o teor natural destes elementos. Sabe-se que alguns fertilizantes contém teores de Cobre e Chumbo, assim explica-se a presença destes componentes à montante do Rio Taquari e à montante do Rio Coxim, onde atividades agrícolas são intensas, o que gera influência na qualidade

do corpo hídrico, assim, tal fato explica forte correlação destes elementos a jusante do Rio Taquari (Campos et al., 2005).

A Figura 4 apresenta a correlação entre as variáveis.

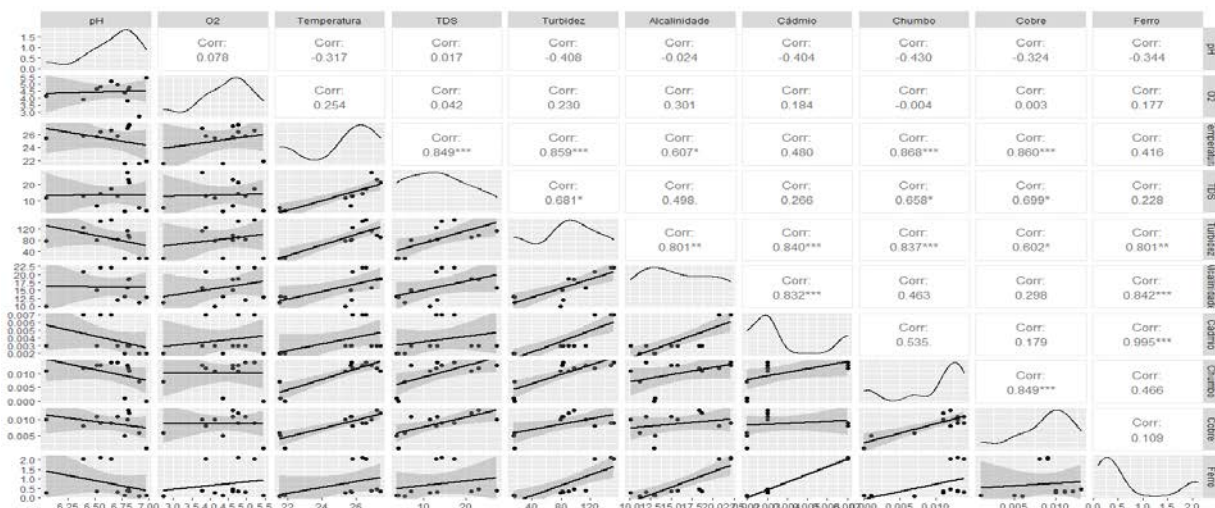


Figura 4. Correlação entre as variáveis para as pH, OD, temperatura (Temp.), TDS, turbidez (Turb.), alcalinidade (Alc.), dureza (Dur.), cádmio (Ca.), chumbo (Pb), cobre (Cu), ferro (Fe). Valores seguidos de asteriscos indicam significância estatística a 0,05%.

Na análise da correlação entre as variáveis, os metais apresentaram uma correlação positiva significativa com temperatura, TDS, turbidez e alcalinidade. Onde foram obtidos $r = 0,86$ para chumbo e cobre com temperatura; $r = 0,8$ para turbidez e ferro; e chumbo e cobre com TDS, com $r = 0,65$ e $0,69$, respectivamente. Segundo Alloway e Ayres (1997) no cultivo de lavouras, os defensivos agrícolas destaca-se como fontes difusas de poluição por metais, tendo difícil controle, pois, os metais podem ser originados de impurezas presentes em fertilizantes como o cádmio e chumbo, em moléculas em formulações de agrotóxicos como o cobre. Logo, o uso e a ocupação do solo contribui para a presença de metais na água, principalmente o desenvolvimento de centros urbanos, pois as fontes de esgoto contribuem em grande aporte de sedimentos e metais.

Correlação positiva significativa, com $r = 0,85$, pode ser observada entre TDS e temperatura. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o Município de Coxim detém um percentual de 81,65% de esgoto doméstico que não recebe tratamento, tal fator pode contribuir com o aumento do aporte de metais na água através da percolação do efluente.

Para tanto o uso e a ocupação do solo tem grande influência na presença de metais nas águas influenciando os parâmetros físicos como a alcalinidade, os sólidos totais dissolvidos e consequentemente a turbidez. Porém, observa-se que o pH não sofre grande influência dos metais presentes no corpo hídrico.

Análises estatísticas inferenciais

Ainda, com intuito de responder ao objetivo principal deste trabalho, foi realizada a comparação entre os pontos MTxJT, MTxMC e MCxJT. Os períodos chuvosos e secos foram analisados separadamente para que a sazonalidade da precipitação não influenciasse nas análises, apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Análise estatística inferencial (alfa igual a 0,05%) para as variáveis pH, OD, temperatura (Temp.), TDS, turbidez (Turb.), alcalinidade (Alc.), dureza (Dur.), cádmio (Cb), chumbo (Pb), cobre (Cu), ferro (Fe) para os pontos de coleta à montante do Rio Taquari (MT), à montante do Rio Coxim (MC) e à jusante do Rio Taquari (JT) para os períodos chuvosos e secos.

Parâmetro	Período chuvoso			Período Seco		
	MTxMC	MTxJT	MCxJT	MTxMC	MTxJT	MCxJT
	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
O ₂	0,000***	0,000***	0,298	0,005**	0,001***	0,128
pH	0,46	0,583	0,844	0,000***	0,000***	0,000***
Temp.	0,078	0,129	1	0,907	0,841	0,939
TDS	0,977	0,508	0,264	0,97	0,077	0,22
Turb.	0,667	0,971	0,742	0,944	0,962	0,982
Dureza	0,000***	0,524	0,432	0,002**	0,023*	0,124
Alc.	0,185	0,146	0,899	0,000***	0,000***	0,019**
Cd	1	1	1	1	1	1
Pb	0,341	0,341	0,145	0,633	0,43	0,813
Cu	0,073	0,092	0,664	1	0,426	0,461
Fe	0,951	0,98	0,973	0,531	0,597	0,989

Referente à variável OD, há significância entre os pontos MTxMC e MTxJT para o período chuvoso e seco. Em relação à variação da concentração de OD entre os períodos de chuva e seca, as correlações traçadas entre os pontos não apresentaram significância estatística. As variações podem estar relacionadas ao incremento de matéria orgânica na água que é aumentado com o escoamento superficial. Comparados à Resolução do CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), que estabelece a concentração mínima de OD de 5 mg/L para os rios de classe 2, os pontos monitorados se apresentaram abaixo do padrão estabelecido com exceção dos meses de novembro (MC) e junho (JT).

A variável temperatura não apresentou significância. No entanto, possui grande influência sobre a saturação de oxigênio na água, a relação se dá que em temperaturas mais fria a saturação aumenta e em temperaturas mais elevadas a saturação de oxigênio na água diminui (CETESB, 2016). Entretanto os resultados de concentração e saturação de oxigênio apresentaram queda do mês de abril para junho, contrapondo os resultados de temperatura que apresentaram queda de abril para junho, desta forma, infere-se que há outros fatores além da temperatura da água influenciando na saturação de oxigênio.

As variáveis TDS e turbidez não apresentaram significância. Esses parâmetros possuem relação direta com aspectos de uso e ocupação do solo. A fronteira agropecuária no município apresenta um modelo predatório e insustentável. A exploração extensiva por atividades agropecuárias, aliadas às más práticas de manejo do solo, acarretam perda de solo e sedimentação dos corpos hídricos. A agregação do solo é diretamente influenciada pela vegetação nativa. Todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de TDS abaixo do VMP de 500 mg/L estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), ou seja, mesmo ocorrendo o aumento deste parâmetro no período chuvoso, os resultados encontrados atendem as exigências legais.

Destarte, o incremento de materiais orgânicos e inorgânicos na água pode acarretar em elevação deste parâmetro. Tais influências na concentração de cor do ponto JT podem estar relacionadas ao Rio Coxim, este que detém uma área de contribuição desde as suas nascentes, muito ocupação pelo uso agropastoril, o qual promove grande poluição hídrica com inserção de sólidos na água, e no caso em questão onde foi monitorada a cor aparente da água, o incremento de particulados na água causando turbidez pode afetar as análises de cor.

Referente à variável pH, há significância entre todos os pontos, mas apenas para o período seco. Silva (2016) em seu trabalho realizado no Rio Jauru, o qual é afluente do Rio Coxim, encontrou resultados similares, referente ao pH da água.

Referente à variável dureza, há significância entre todos os pontos MTxMC para o período chuvoso e MTxMC e MTxJT para o período seco. A MC se apresentou mais dura que MT, para o período chuvoso, destacando ainda que tais resultados foram significativos estatisticamente, entretanto, não foram muito distantes, podendo esta diferença, estar associada às características do tipo de solo por quais passam as águas de contribuição destes rios.

Referente à variável alcalinidade, há significância entre todos os pontos, mas apenas para o período seco. Alcalinidade é um parâmetro que se relaciona diretamente com o pH da água, medidas *potenciométricas hidrogeniônicas* acima de 7, favorecem o aumento da alcalinidade (Chapman e Kimstach, 1996).

Segundo Veiga (2005) há três tipos básicos de alcalinidade que estão relacionados pH, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Relação da alcalinidade com pH.

Faixa de pH	Tipos de Alcalinidade
> 9,4	Hidróxidos e carbonatos
8,3-9,4	Carbonatos e bicarbonatos
4,4-8,3	Bicarbonatos

Fonte: Adaptado de Veiga (2005, p. 20).

Com base nos resultados de pH e em Veiga (2005) infere-se que a alcalinidade dos pontos monitorados neste estudo é formada basicamente por bicarbonatos. Ressalta-se que não foram encontrados VMP para alcalinidade na legislação vigente.

Referente às variáveis cádmio, chumbo, cobre e ferro, não foi observada significância para nenhuma estação. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) para concentração de metais pesados, todos foram inferiores, exceto o cádmio nas águas doces de classe II, onde todas as campanhas apresentaram resultados acima do VMP de 0,001 mg/L.

Conclusão

Através do presente estudo foram encontradas algumas alterações pontuais, como maiores concentrações de dureza e alcalinidade, à jusante da área urbana do Município Coxim no Rio Taquari na campanha de abril, que podem indicar fontes de poluição não constantes, entretanto o panorama geral do monitoramento da qualidade da água não evidenciou alterações significativas na qualidade da água do Rio Taquari, advindas da área urbana do Município de Coxim.

A partir do monitoramento da qualidade da água do Rio Taquari e Rio Coxim, identificou-se principalmente alterações pontuais, que não aferem que a área urbana do Município de Coxim especificamente, tem promovido influência sobre a qualidade da água do Rio Taquari. O que foi constatado é o efeito da precipitação sobre as características dos corpos hídricos.

O monitoramento da qualidade da água do Rio Taquari e do Rio Coxim permitiu constatar o efeito significativo da precipitação sobre os parâmetros de qualidade da água,

dentre eles os mais afetados foram, a cor, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cádmio e ferro.

As análises das características ambientais permitiram verificar que a área de estudo, possui significativa suscetibilidade à erosão condicionada principalmente aos fatores do tipo e uso do solo, e cobertura vegetal. A supressão vegetal para áreas agricultáveis ameaça a segurança ambiental e socioeconômica. Para solucionar esse problema, a recuperação de áreas degradadas é um ponto chave. Essas permitem aumentar a produtividade, sem necessidade de suprimir vegetação nativa. Nesse âmbito, maiores esforços devem ser direcionados à aplicação das políticas públicas de planejamento.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Alloway, B. J.; Ayres, D. C. **Chemical principles of environmental pollution**. 2. ed. New York: Chapman & Hall, 1997.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos**: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2017. Disponível: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2005.

ARCGIS. **Software de elaboração e edição de dados**. Versão 10.6. Licença Estudantil, 2018.

Barbosa, A. H. S.; Carvalho, R. G.; Camacho, R. G. V. Aplicação do NDVI para a análise da distribuição espacial da cobertura vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre - Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 33, p. 128-143, 2017. <https://doi.org/10.11606/rdg.v33i0.128171>

Bifano, R. B. A.; Marcolin, C. R.; Crepaldi, M. O. S.; Quinelato, R. V.; Okumura, A. T. R.; Silva, A. G.; Bandeira, M. L. S. F. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas do extremo sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 2447-2461, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbge.v13.5.p2447-2461>

Bilar, A. B. C.; Pimentel, R. M. M.; Cerqueira, M. A. Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 236-259, 2018. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n68p236>

Brasil. **Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 10 nov. 2017.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

Campos, M. L.; Silva, F. N.; Furtini Neto, A. E.; Guilherme, L. R. G.; Marques, J. J.; Antunes, A. S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 364-367, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400007>

Castro, P. H. M.; Correa, G. T.; Vendrame, P. R. S.; Pereira Neto, O. C.; Pinese, J. P. P. Evolução do uso do solo no Arquipélago Mutum-Porto Rico, Alto Rio Paraná, no período de 2000-2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 6, p. 1153-1164, 2014. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.6.p1153-1164>

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice E - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2016.

Chapman, D.; Kimstach, V. Selection of water quality variables. In: Chapman, D. (Ed.). **Water quality assessments: A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2. ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996.

Chen, X.-L.; Zhao, H.-M.; Li, P.-X.; Yin, Z.-Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, p. 133-146, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016>

Feng, H.; Zhao, X.; Chen, F.; Wu, L. Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island. **Advances in Space Research**, v. 53, p. 463-473, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.11.028>

Gotelli, N. J.; Ellison, A. M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

Guedes, H. A. S.; Silva, D. D.; Elesbon, A. A. A.; Ribeiro, C. B. M.; Matos, A. T.; Soares, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 558-563, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500012>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo referente ao ano de 2010, do Município de Coxim/MS**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/coxim/pesquisa/23/47427?detalhes=true>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados de divisão política de Municípios e Estados do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/divisao-regional.html>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climatológicos de Coxim/MS**. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficos/Climaticos>>. Acesso em: 04 set. 2018.

Junk, W. J.; Nunes da Cunha, C. The Pantanal: A brief review of its ecology, biodiversity, and protection status. In: Finlayson, C.; Milton, G.; Prentice, R.; Davidson, N. (Eds.). **The Wetland Book II**. Dordrecht: Springer, 2016. p. 1-15. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6173-5_129-1

Köppen, W.; Geiger, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

Machado, R. B.; Ramos Neto, M. B.; Pereira, P. G. P.; Caldas, E. F.; Gonçalves, D. A.; Santos, N. S.; Tabor, K.; Steininger, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional, 2004. (Relatório técnico não publicado).

Maia, G. D. N. **Análise dos parâmetros cinéticos no fenômeno da reoxigenação e desoxigenação da água**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1996. (Dissertação de mestrado).

Meneses, P. R. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB/CNPq, 2012.

Padovani, C. R.; Cruz, M. L. L.; Padovani, S. L. A. G. Desmatamento do Pantanal brasileiro para o ano 2000. Anais do Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal: Sustentabilidade Regional, Columba, Embrapa, 2004.

Peixoto, F. S.; Soares, J. A.; Ribeiro, V. S. Conflitos pela água no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, e59410, 2021. <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-59410>

Pratte-Santos, R.; Terra, V. R.; Azevedo Jr, R. R. Avaliação do efeito sazonal na qualidade das águas superficiais do Rio Jucu, Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 127-143, 2018. <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-7>

QGIS. Software livre que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Fundação Geoespacial de Código Aberto. Versão 2.18.12.

Silva, G. R. **Avaliação físico química e de metais pesados (Ni, Cd, Cu, Mn e Pb) em águas superficiais do Rio Jauru, Bacia do Paraguai, no Município de Coxim/MS**. Coxim: Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, 2016. (Trabalho de conclusão de curso).

Silva, M. O.; Olinda, R. A.; Mioto, C. L.; Barbosa, D. S. Análise plurianual da qualidade das águas de bacia tributária do Pantanal brasileiro. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 172-181, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0019>

USGS - United States Geological Survey. **Earth explorer**: imagem do Satélite Landsat 8, referente ao ano de 2018. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

Valente, J. P. S.; Padilha, P. M.; Silva, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997.

Veiga, G. **Análise físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da Grande Florianópolis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. (Trabalho de conclusão de curso).

Zimmermann, C. M.; Guimarães, O. M.; Peralta-Zamora, P. G. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do Rio Tibagi na Região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700025>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.