

# Qualidade da água superficial em comunidades rurais do estado de Goiás durante a estação seca e sua relação com o uso e a ocupação do solo

*Surface water quality in rural communities in the state of Goiás during the dry season and its relationship with land use and occupation*

Lidiane Santana de Moraes<sup>1</sup> , Isabella Cristina Gonçalves de Carvalho Chagas<sup>1</sup> ,  
Débora Pereira da Silva<sup>1</sup> , Paulo Sérgio Scalize<sup>1\*</sup> 

## RESUMO

Os diferentes usos e ocupações do solo podem influenciar na qualidade da água e afetar a vida da população, principalmente daquela que habita o meio rural. Por residir sob condições de vulnerabilidade socioambiental, faz-se necessário monitorar a qualidade dos recursos hídricos para prevenir doenças. O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade das águas superficiais em comunidades rurais e tradicionais do estado de Goiás por meio do Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQAB), avaliando os efeitos do uso e ocupação do solo preponderantes em cada localidade. Amostras de água bruta dos mananciais foram coletadas de forma pontual, na estiagem. Foi verificada a presença de agrotóxicos por análise cromatográfica, sem quantificação, e foram avaliados 11 parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os resultados demonstraram que o IQAB variou de bom a agradável. A classificação da qualidade da água como "agradável" foi relacionada estatisticamente com a alta incidência de área de pastagem (> 80%), e a classificação como "boa" com o percentual de agricultura inferior a 30%. Os principais usos e ocupações do solo foram florestas, pastagens e agricultura. Os parâmetros cor aparente, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido também indicaram a contaminação dos cursos d'água. A detecção de agrotóxicos com alto grau de toxicidade nos recursos hídricos analisados, principalmente em dois mananciais (córregos Facada e Sucuapara), colocam em risco a saúde humana no meio rural, mesmo que em condições de pequenas exposições. O carbofurano, proibido desde 2017, foi detectado no rio Araguaia, nas proximidades da comunidade Itacaíú, sendo necessário alertar o governo local, moradores e turistas que utilizam o rio Araguaia para fins diversificados.

**Palavras-chave:** recurso hídrico; pequenas comunidades; agrotóxico; saneamento básico.

## ABSTRACT

Different land uses and occupations can influence water quality and affect the lives of the population, especially of people who live in rural areas. Because rural populations live under conditions of socio-environmental vulnerability, it is necessary to monitor the quality of water resources to prevent diseases. This work aimed to analyze surface water quality in rural and traditional communities in the state of Goiás through the Bascarán Water Quality Index (WQI<sub>B</sub>) to evaluate the effects of the predominant land use and occupation of each location. Raw water samples were collected from specific points during the dry season. The presence of pesticides was verified through chromatographic analysis, without quantification, and 11 physical-chemical and microbiological parameters were assessed according to standard methods. The results showed that the WQI<sub>B</sub> ranged in quality from "good" to "pleasant". Classification as "pleasant" was statistically related to a high incidence of pasture area (> 80%) and classification as "good" with a percentage of agriculture below 30%. The main land uses and occupations were forest, pasture and agriculture. The apparent parameters color, thermotolerant coliforms and dissolved oxygen also indicated contamination of water courses. The detection of pesticides with a high degree of toxicity in the analyzed water resources, mainly in two rivers (the Facada and Sucuapara creeks), put human health at risk in rural areas, even under conditions of small exposure. Carbofuran, banned since 2017, was detected near the Itacaíú community, making it necessary to alert the local government, residents and tourists who use the Araguaia River for different purposes.

**Keywords:** water resource; small communities; pesticide; basic sanitation.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental - Goiânia (GO), Brasil.

\*Autor correspondente: pscalize.ufg@gmail.com

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 01/02/2022 - Aceito: 27/10/2022

## INTRODUÇÃO

Em ambientes rurais, a carência de políticas públicas e de infraestruturas básicas para moradia é considerada um aspecto preocupante, posto que a falta de saneamento ambiental adequado é tida como uma das principais causas da poluição e da contaminação das águas para o abastecimento humano, contribuindo assim para a disseminação de doenças de veiculação hídrica (PAIVA; SOUZA, 2018).

No meio rural, o abastecimento de água é realizado na maioria dos casos sem tratamento prévio, utilizando água superficial de nascentes, rios, córregos e lagos (RODRIGUES *et al.*, 2022). Essas fontes, segundo Fonseca *et al.* (2019), estão mais suscetíveis às contaminações em decorrência do carreamento superficial de compostos adsorvidos nas partículas do solo erodido ou em solução e, por consequência, demandam gastos maiores com tratamentos complexos, além de manifestar maiores riscos à saúde da população.

As condições de uso e ocupação do solo também influenciam na qualidade da água. Isso se dá, entre outros fatores, pela acelerada alteração da paisagem natural aliada à deficiência na gestão dos recursos hídricos e do seu planejamento. Assim, é importante estudar a evolução do uso e ocupação do solo de forma a compreender as fragilidades dos ambientes naturais expostos a ações antrópicas para que seja possível estabelecer processos sustentáveis de desenvolvimento das atividades humanas (VALADARES, 2017). Nesse contexto, existem modelos aplicáveis ao monitoramento dos recursos hídricos, que permitem retratar diferentes aspectos da sua qualidade (classificação da qualidade da água, níveis de eutrofização e risco à saúde humana), fornecendo subsídios para a atuação de profissionais na construção e implementação de medidas adequadas para melhorar a qualidade da água (YAN; SHEN; ZHOU, 2022) e, conseqüentemente, as condições de vida da população. Além disso, a adoção de um Índice de Qualidade da Água (IQA) permite informar à população, de forma mais fácil de ser compreendida, as condições da qualidade da água (BASCARÁN, 1979 *apud* ABRAHÃO *et al.*, 2007).

A sua aplicação pode ser útil tanto para analisar tendências espaciais como temporais (SUN *et al.*, 2016), tendo sido relatadas aplicações para situações que envolvem até 25 pontos amostrais (GUPTA; GUPTA, 2021); no entanto, o desenvolvimento de um IQA único que possa ser aplicado em escala mundial é o aspecto mais desafiador para os cientistas (GUPTA; GUPTA, 2021; UDDIN; NASH; OLBERT, 2021; WU; LAI; LI, 2021).

O Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA<sub>B</sub>), inicialmente desenvolvido para a Espanha (ABRAHÃO *et al.*, 2007), é um dos 35 modelos encontrados para a determinação do IQA. Utilizado nos países sul-americanos, apresenta como diferencial a possibilidade de utilização de até 26 parâmetros, gerando maior flexibilidade para incluir ou excluir variáveis em função da necessidade e/ou limitação na obtenção dos dados (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). É adotado também em outras partes do mundo, como no Egito (HUSSIEN; RASHWAN; ELSHEMY, 2021), na Etiópia (MENBERU; MOGESSE; REDDYTHOTA, 2021) e na Índia (DAMODHAR; VIKRAM REDDY, 2013).

Os autores Abrahão *et al.* (2007), Hussien, Rashwan e Elshemy (2021) e Cicilinski e Virgens Filho (2022) calcularam um IQA para mananciais superficiais em áreas urbanas, no entanto, no ambiente rural, há escassez de informações, o que justifica o desenvolvimento desta pesquisa.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade das águas superficiais em comunidades rurais e tradicionais do estado de Goiás, no período de estiação, por meio do IQA<sub>B</sub>, avaliando a relação do uso e ocupação do solo preponderante em cada localidade.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A área de estudo abrange 13 bacias hidrográficas do estado de Goiás, selecionadas em função da presença de comunidades rurais e tradicionais do estado de Goiás estabelecidas na sua área e da utilização do manancial superficial para diferentes finalidades pelas comunidades (como consumo, lazer, irrigação de hortaliças, dessedentação de animais).

As comunidades residentes nas bacias estudadas pertencem ao projeto intitulado “Saneamento e saúde ambiental em comunidades rurais e tradicionais de Goiás”, cujas tipologias e respectivos códigos de identificação (ID) são apresentados na Figura 1, para cada comunidade.

### Caracterização do uso e ocupação do solo

A área de cada bacia foi obtida por intermédio da delimitação automática do GRASS, extensão disponível no *software* QGIS® (versão 3.18), com a utilização do algoritmo *r.watershed*, conforme dados do *digital elevation models* do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), em resolução de 30 metros, disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS).

Os dados de uso e ocupação do solo foram extraídos do banco de dados do MapBiomias, Coleção.3.1 (MAPBIOMAS, 2020).

### Coleta e análises físico-químicas e microbiológicas

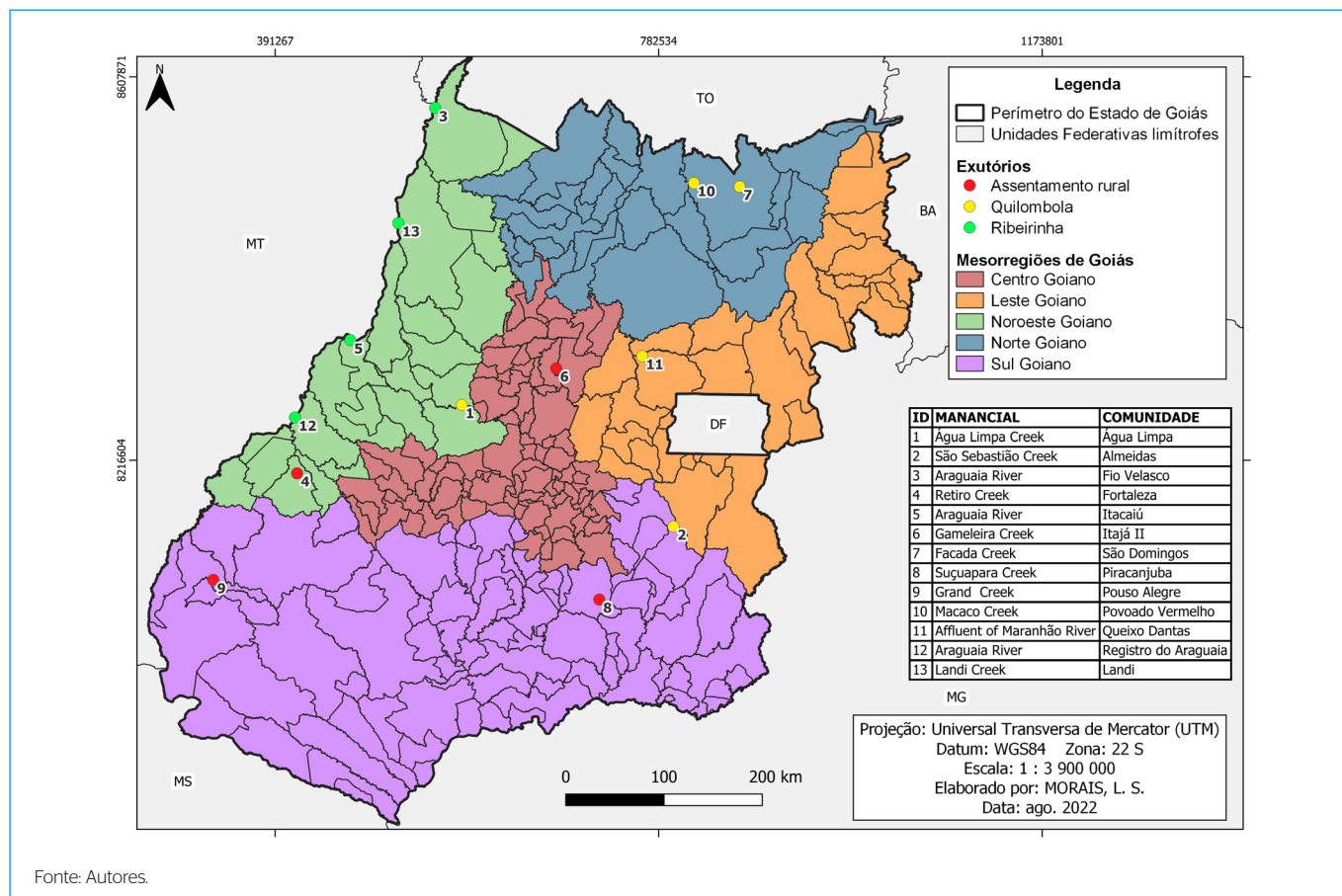
As coletas de água bruta dos mananciais superficiais foram realizadas de forma pontual nos pontos indicados na Figura 1, na estação seca, entre os meses de setembro e outubro de 2020.

Não foi realizada campanha no período chuvoso dadas as dificuldades de acesso, bem como o fator diluição (o qual poderia inviabilizar a detecção dos compostos nas amostras), conforme já constatado em outras pesquisas (ANDRIETTI *et al.*, 2016; ALVES; GIRARDI; PINHEIRO, 2017; MUNIZ, 2019).

Adotaram-se os procedimentos do *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras* (CETESB, 2011). Utilizaram-se frascos de polietileno de 1,0 L para as análises físico-químicas; frascos plásticos esterilizados de 100 mL para as análises microbiológicas; e frascos de 1,0 L na cor âmbar para as análises de agrotóxicos.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em conformidade com o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2017) no Laboratório de Análise de Água (LANA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os parâmetros analisados foram: cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, pH, cloreto, nitrito, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos dissolvidos totais (SDT) e *Escherichia coli* (*E. coli*). No entanto, para a comparação dos resultados obtidos com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 (BRASIL, 2005), o quantitativo do parâmetro coliformes termotolerantes foi obtido pelo fator de multiplicação de 1,25 x *E. coli*.

A presença de agrotóxicos foi detectada por meio da técnica convencional de análise cromatográfica em *High Performance Liquid Chromatography - Mass Spectrometry* (HPLC-MS/MS), realizada em duplicata. Realizou-se a injeção de 150 amostras de padrões de diferentes agrotóxicos para a determinação do pico para cada tipologia. Os resultados da pesquisa por agrotóxicos foram avaliados em função da presença ou ausência do contaminante nas amostras de água com base na comparação com os picos padrões. Os procedimentos foram



**Figura 1** – Localização do exutório das bacias hidrográficas, com identificação dos mananciais superficiais, das tipologias e nome das comunidades, distribuídos nas mesorregiões do estado de Goiás (Brasil).

realizados no Laboratório Multiusuário de Análises Químicas e Biológicas para Desenvolvimento e Inovação (LabMulti) da UFG.

### Índice de qualidade da água de Bascarán

O  $IQA_B$  foi avaliado conforme estabelecido por Bascarán (1979 *apud* ABRAHÃO *et al.*, 2007), utilizando todos os parâmetros monitorados, com exceção dos agrotóxicos, conforme a Equação 1. Os valores do índice variam de 0 a 100, sendo associados às escalas: péssima ( $0 \leq IQA_B < 10$ ), muito ruim ( $10 \leq IQA_B < 20$ ), ruim ( $20 \leq IQA_B < 30$ ), desagradável ( $30 \leq IQA_B < 40$ ), impróprio ( $40 \leq IQA_B < 50$ ), normal ( $50 \leq IQA_B < 60$ ), aceitável ( $60 \leq IQA_B < 70$ ), agradável ( $70 \leq IQA_B < 80$ ), bom ( $80 \leq IQA_B < 90$ ), muito bom ( $90 \leq IQA_B < 100$ ) e ótimo ( $IQA_B = 100$ ).

$$IQA_B = K * (\sum Ci * Pi / \sum Pi) \tag{1}$$

Em que:

$C_i$  = valor percentual de cada parâmetro, conforme Tabela 1;

$P_i$  = peso correspondente de cada parâmetro, conforme Tabela 1;

$K$  = constante de ajuste em função do aspecto visual das águas (1,00 para águas claras; 0,75 para águas com ligeira cor, espuma e turbidez não natural; 0,50 para águas contaminadas e com forte odor; 0,25 para águas que apresentam fermentações e odores).

Neste trabalho, o valor de  $K$  adotado foi 1,00. A mesma condição foi implementada por Cicilinski e Virgens Filho (2022), posto que essa constante tende

a superestimar a poluição do manancial em decorrência da impressão visual dos parâmetros cor aparente e turbidez, que podem ser de origem natural e não apresentar correlação com a poluição.

### Análises estatísticas

A análise de correspondência múltipla foi realizada no programa R 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020) usando o pacote FactoMineR (para análise) e Factoextra (para visualização dos dados). Essa técnica exploratória permite a visualização da associação entre as categorias das diferentes variáveis por meio da proximidade geométrica no gráfico. Adotou-se a análise de *cluster* para a definição dos grupos de parâmetros que possuem características em comum.

Os dados foram transformados em variáveis qualitativas para o desenvolvimento da análise. Os dados de uso e ocupação do solo foram classificados em “inferior a 30%”, “entre 30 e 50%”, “entre 50 e 80%” e “superior a 80%”, e o  $IQA_B$  foi associado às faixas estabelecidas por Bascarán (1979 *apud* ABRAHÃO *et al.*, 2007).

## RESULTADOS

Os parâmetros em destaque na Tabela 2 (cor aparente, coliformes termotolerantes e OD) superaram o limite estabelecido na Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para rios de classe 2 destinados ao consumo humano, proteção da comunidade aquática, atividades de recreação, irrigação de alimentos e pesca.

As águas dos mananciais com ID 1, 2, 4 e 6 apresentaram condições microbiológicas desfavoráveis para consumo humano, irrigação de hortaliças e atividades de pesca, pois superaram o valor de 1.000 NPM/100 mL (Tabela 2).

Os mananciais superficiais com ID 7 e 8 apresentaram a maior variedade de agrotóxicos pertencentes ao grupo inseticida, pesticida, herbicida, fungicida e fertilizante orgânico.

A Figura 2 apresenta os valores de  $IQA_B$  dos mananciais superficiais analisados, cujas amostras estiveram nas faixas agradável e boa.

Os dados de uso do solo (Figura 2) permitem verificar a predominância de florestas nas bacias dos mananciais com ID 6, 7, 10 e 11, com porcentagens superiores a 50%. As pastagens foram identificadas em percentuais superiores a 50% nas bacias dos mananciais com ID 1, 3, 4, 5, 12 e 13. A agricultura foi dominante nas bacias dos mananciais com ID 2 e 8, nas quais o percentual esteve entre 30 e 50%.

A Figura 3 apresenta os resultados com as relações mais importantes do conjunto de variáveis analisadas, no qual as dimensões 1 e 2 foram capazes de explicar 65,10% da variação dos dados. O uso do solo do tipo florestas e pastagem foram mais bem representados pela Dimensão 1, enquanto a agricultura apresentou maior dependência com a Dimensão 2.

A Figura 3 mostra que os mananciais superficiais classificados com qualidade da água “agradável” foi mais bem associado à ocorrência de pastagem entre 50 e 80%, visto que o valor está próximo de 1 (um), à presença de florestas em 30 a 50% e formação não florestal abaixo de 30% da área da bacia, assim como à ocorrência de pastagem acima de 80% na área da bacia. Já o percentual de pastagem inferior a 30% é um excelente indicativo da qualidade da água caracterizada como “boa”, assim como as florestas em 50 a 80% da área, formação não florestal em 30 a 50% e floresta acima de 80%, em menor grau de associação.

Na Figura 4 as variáveis com perfis semelhantes foram organizadas em cinco agrupamentos de *cluster*. Observa-se que a água oriunda dos mananciais superficiais pertencentes a bacias com alta incidência de pastagem (superior a 80%) apresentaram qualidade da água classificada como agradável, e o percentual de agricultura inferior a 30% apresentou associação com a água classificada como boa.

## DISCUSSÃO

Os mananciais superficiais com ID 1 e 4 apresentaram os piores índices de  $IQA_B$ , que correspondem a 72,50 e 77,92, respectivamente, sendo classificados como “agradáveis” (Figura 2). A adoção dos  $IQA$  é de suma importância para tornar acessível aos usuários a informação sobre as condições ambientais do curso d’água (FERREIRA *et al.*, 2015), principalmente no meio rural, onde não há condições satisfatórias de higiene, saneamento e saúde ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2022).

Ao se analisarem as variáveis utilizadas para obtenção do  $IQA_B$  (Tabela 1), verificou-se que a diminuição da qualidade da água para a classe “agradável” está relacionada aos parâmetros cor aparente, coliformes termotolerantes e OD; parâmetros que possuem peso relativo elevado no cálculo do  $IQA_B$ , assim como a alta incidência de pastagem na área da bacia (Figura 4).

A concentração da variável OD foi inferior ao valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) apenas no curso d’água do ID 1.

Essa variável é uma das principais indicadoras do nível de poluição da água, pois é utilizada para a verificação das condições aeróbicas de um manancial superficial que recebe lançamento de efluentes (BAUMGARTEN; POZZA, 2001). Entretanto, também pode ser relacionada às características naturais do ecossistema aquático, visto que as principais fontes de origem desse oxigênio são a atmosfera e a fotossíntese, e as principais fontes de perdas consistem na decomposição de matéria orgânica, fotossíntese e respiração dos animais aquáticos (ESTEVES, 2011).

Os autores Vasco *et al.* (2011) identificaram concentrações inferiores a 5 mg.L<sup>-1</sup> em amostras sazonais de água do rio Poxim em Sergipe (Brasil), sendo possível associá-las às atividades antrópicas de lançamento de efluente urbanos e industriais sem tratamento.

Resultados semelhantes foram obtidos na pesquisa desenvolvida por Barros, Guimarães e Santana (2018), na qual o avanço das áreas urbanizadas e da fronteira agropecuária sobre as áreas de preservação permanente do córrego Guanandy, no Mato Grosso do Sul (Brasil), foi responsável pela classificação do  $IQA$  como “muito ruim” e “ruim”. Destaca-se que nesse estudo foi adotado o  $IQA$  da *National Sanitation Foundation* (NSF), e as variáveis coliformes termotolerantes e OD também contribuíram para a degradação da qualidade da água.

**Tabela 1** - Valor percentual (C) e peso (P) atribuídos aos parâmetros utilizados no cálculo Índice de Qualidade da Água de Bascarán.

Parâmetro	Peso (P)	Valor analítico do parâmetro										
		> 250	100	60	40	30	20	15	10	5	4	< 3
Cor aparente (uC)	2	> 250	100	60	40	30	20	15	10	5	4	< 3
pH	1	1	2	3	4	5	6	6,5	9	8,5	8	7
Cloreto (mg.L <sup>-1</sup> )	1	> 1500	1000	700	500	300	200	150	100	50	25	0
Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	2	> 1	0,5	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0
Turbidez (NTU)	2	> 400	250	180	100	50	20	18	15	10	8	< 5
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	1	> 1500	1000	800	600	500	400	300	200	100	50	< 25
CE (µS.cm <sup>-1</sup> )	4	> 16000	12000	8000	5000	3000	2500	2000	1500	1250	1000	> 750
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	2	> 15	12	10	8	6	5	4	3	2	1	< 0,5
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	4	0	1	2	3	3,5	4	5	6	6,5	7	7,5
SDT (mg.L <sup>-1</sup> )	2	> 20000	10000	5000	3000	2000	1500	1000	750	500	250	< 100
CT* (NMP/100 mL <sup>-1</sup> )	3	> 14.000	10.000	7.000	5.000	4.000	3.000	2.000	1.500	1.000	500	< 50
Valor percentual (C)	-	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

CE: Condutividade elétrica; DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; OD: Oxigênio dissolvido; SDT: Sólidos dissolvidos totais; CT: Coliformes termotolerantes; \*Abrahão *et al.* (2007) adotam o parâmetro coliformes totais, mas, para atendimento à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357 (BRASIL, 2005), foram utilizados valores de coliformes termotolerantes.

Fonte: Adaptado de ABRAHÃO *et al.* (2007).

Observa-se, na Figura 4, que o predomínio da área de pastagem em 70,29% da bacia do ID 1 e em 87,80% da bacia do ID 4 (Figura 2) apresentou associação com a deterioração da qualidade da água (Figura 4), entretanto, como as coletas das amostras de água foram realizadas de forma pontual, não foi possível indicar a fonte de poluição nesses cursos hídricos.

Com o intuito de avaliar a relação do uso e ocupação do solo e a qualidade da água em bacias hidrográficas, vários estudos vêm sendo realizados: Pellizzaro *et al.* (2008) demonstraram que as águas com melhores qualidades são encontradas em regiões com características menos antropizadas; relação

corroborada pelos resultados obtidos por Hussien, Rashwan e Elshemy (2021), que verificaram que as atividades agropecuárias estariam entre as principais causas passíveis de ser consideradas como atividades antrópicas influenciadoras da qualidade de águas superficiais.

Ademais, Pellizzaro *et al.* (2008) concluíram que a manutenção da qualidade ambiental de mananciais é fruto do planejamento e gestão do uso e ocupação do solo. Estes são elaborados com base no conhecimento das características de ocupação e das relações socioambientais, considerando suas consequências sobre a qualidade de vida da população e sobre o equilíbrio ambiental da área.

**Tabela 2 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água oriunda de mananciais superficiais, bem como seus valores máximos permitidos segundo a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).**

Parâmetro	ID													Valor Máximo Permitido	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Físicos	Cor aparente (uC)	8,4	15,55	50,7	<b>93,6</b>	39,6	0,9	33,9	21	7,9	22,7	6,1	7,3	67,6	<b>75<sup>1</sup></b>
	Turbidez (NTU)	2,62	4,14	19,3	7,74	21,7	3,67	2,11	3,8	11,8	5,07	1,38	17,6	26,4	<b>100</b>
	SDT (mg.L <sup>-1</sup> )	125	45	15	85	10	105	15	25	65	-	145	115	20	<b>500</b>
	CE (µS.cm <sup>-1</sup> )	183,5	13,93	35,2	37,74	26,33	181	13,63	16,54	35,72	27,19	213,2	23,98	27,8	<b>NR</b>
Químicos	pH	7,5	6,9	7,2	6,1	7,4	8	6	6	7,6	7,4	8,1	6,9	7,7	<b>6,0 - 9,0</b>
	Cloreto (mg.L <sup>-1</sup> )	23,07	3,16	21,54	13,88	17,8	10,15	15,03	6,13	24,22	16,56	22,3	10,62	17,9	<b>250</b>
	Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	0,002	0,005	0,013	0,006	0,007	0,007	0,003	0,004	0,012	0,004	0,001	0,015	0,02	<b>1</b>
	Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	72,25	8,63	37,5	18,75	35,75	98,5	26,5	8,25	31,38	37,75	110,38	11,63	38	<b>NR</b>
	DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	0,82	0,36	0,97	1,33	2,39	0,81	0,30	1,08	4,81	1,02	3,58	0,74	1,60	<b>5</b>
	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>4,83</b>	7,22	6,85	7,2	7,2	6,62	6,49	6,96	7,66	7,75	5,94	7,34	7,36	<b>&gt;5,00</b>
Microbiológico	CT <sup>2</sup> (NMP100 mL <sup>-1</sup> )	<b>13.103</b>	811	26	<b>2.166</b>	23	<b>5.764</b>	431	<b>1.226</b>	49	249	216	107	33	<b>1000</b>
Inseticida	Acefato							X							<b>NR</b>
	Acetamiprido					X		X	X						<b>NR</b>
	Carbaril											X			<b>0,02</b>
	Ciromazina					X	X	X	X	X					<b>NR</b>
	Dicrotofos					X		X	X						<b>NR</b>
	Dissulfotom				X		X	X	X						<b>NR</b>
	Propoxur				X			X	X	X					<b>NR</b>
Pesticida	Carbofurano					X									<b>NR</b>
	Fenamifós							X	X						<b>NR</b>
	Parationa-metílica					X		X	X	X					<b>NR</b>
Herbicida	Alacloro							X	X						<b>20</b>
	Clorprofame					X		X	X						<b>NR</b>
	Metribuzim				X			X	X			X	X		<b>NR</b>
Fungicida	Ciproconazol							X	X						<b>NR</b>
	Fenpropimorfe							X	X						<b>NR</b>
	Flutolanil					X									<b>NR</b>
	Hexaconazol									X					<b>NR</b>
Fertilizante orgânico	Aminocarbe					X		X	X					<b>NR</b>	

NR: Não Referenciado; CE: Condutividade elétrica; DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; OD: Oxigênio dissolvido; SDT: Sólidos dissolvidos totais; CT: Coliformes termotolerantes; X: Valor quantitativo; <sup>1</sup>Valor limite para cor verdadeira; <sup>2</sup>Foi realizada análise de *E. coli* e multiplicada por 1,25 para a obtenção dos coliformes termotolerantes (CETESB, 2017).  
 Fonte: Autores.

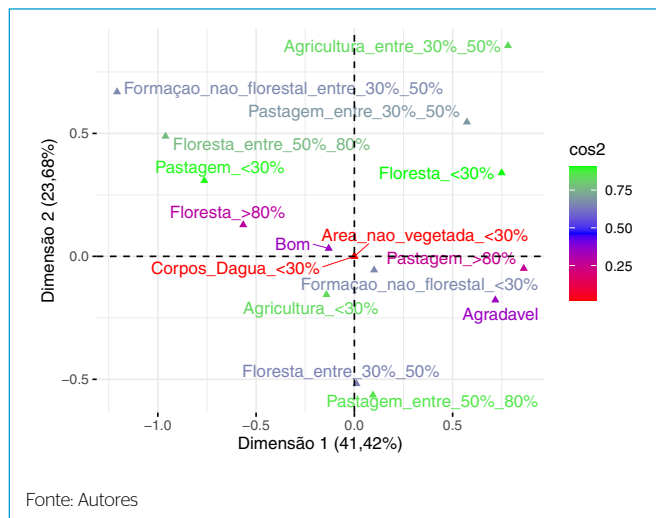
A interferência das características de uso do solo na qualidade da água foi observada em outras pesquisas. Os autores Silva, Cunha e Lopes (2019) apontaram a influência dos parâmetros pH, turbidez, OD, coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total e clorofila-*a*, bem como das características do uso e ocupação do solo, nos baixos valores de IQA das águas em bacias hidrográficas localizadas no Nordeste do Brasil que foram classificadas como “regulares” e “ruins”. Entre as atividades identificadas na bacia desse estudo, destacaram-se as atividades agropecuárias, de lançamento de efluentes domésticos, degradação da mata ciliar, construções de edificações e disposição inadequada de resíduos sólidos.

Os mananciais superficiais do ID 6 e 8 apresentaram concentração de coliformes termotolerantes em desconformidade com a legislação vigente e, conseqüentemente, os valores de IQA<sub>B</sub> foram de 81,67 e 82,92 (Figura 2). Esses valores revelam que a qualidade de água do manancial é caracterizada como “boa”, entretanto deve-se atentar às concentrações individuais desse parâmetro, principalmente em caso de utilização dessa água para consumo humano sem tratamento prévio.

A bacia hidrográfica do ID 6 apresenta predomínio de floresta em 82,02% da área, seguida de 17,11% de pastagem (Figura 2). O estudo desenvolvido por Andrietti et al. (2016) obteve valores de IQA classificados como “bons” para o Rio Caiabi em Mato Grosso (Brasil), graças à presença de mata ciliar e vegetação ao longo do rio.

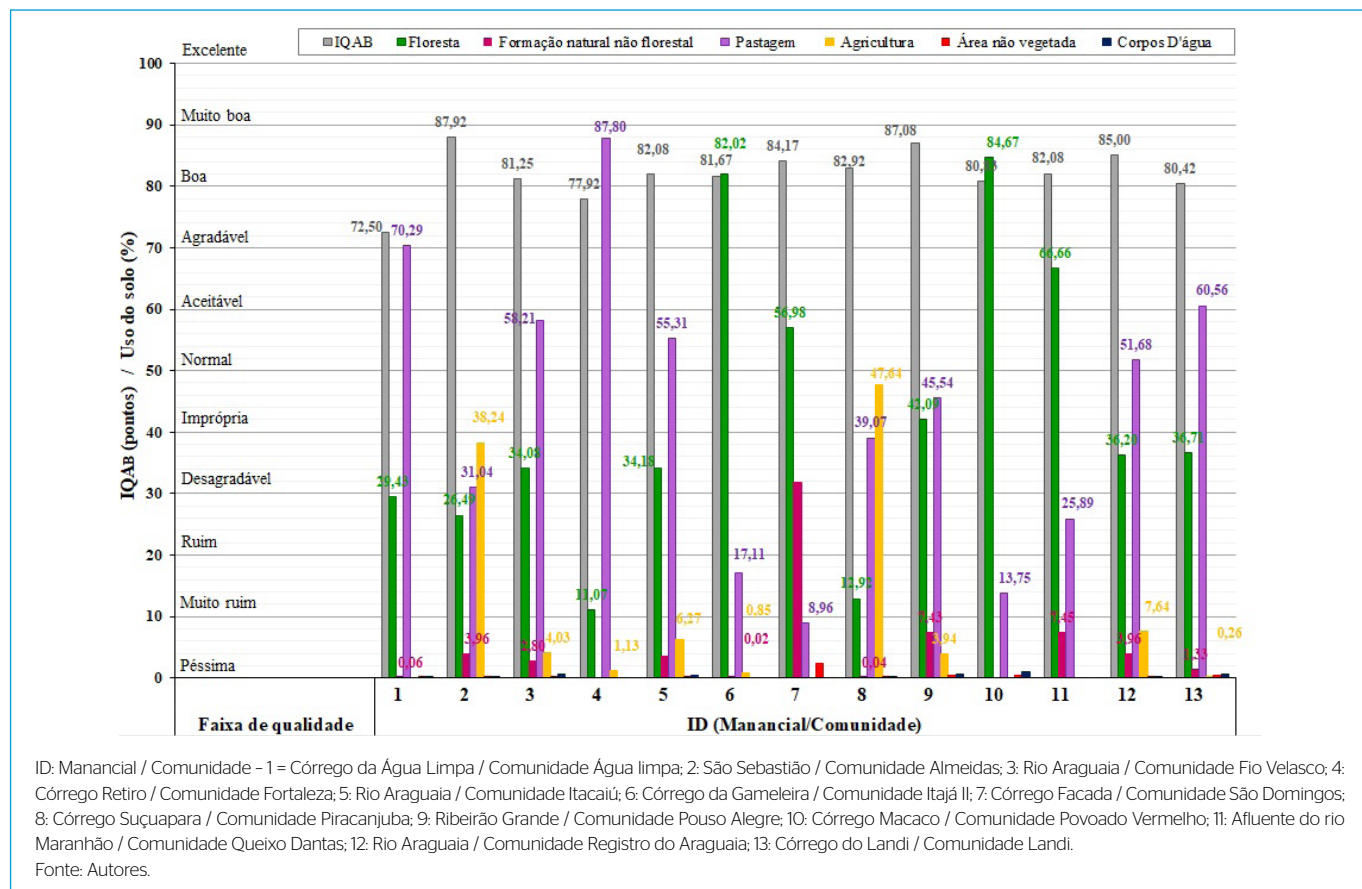
Analisando de forma pontual as condições de uso do solo do ID 8, observou-se que, entre as bacias estudadas, esta apresentou o maior percentual de agricultura, em 47,64% da área (Figura 2), com o predomínio das lavouras de soja e cana-de-açúcar (MAPBIOMAS, 2020).

Os corpos d’água localizados em áreas com o predomínio dessa atividade são particularmente afetados, já que, entre os principais problemas do agronegócio, são destaques a utilização em larga escala de agrotóxicos, a contaminação do solo e da água com compostos nitrogenados, a exposição da população aos agrotóxicos, ocasionando problemas de saúde, os impactos ao meio ambiente e a erosão (CODEVASF, 2017; MATTHIENSEN, 2017; NICODEMO et al., 2018).



Fonte: Autores

**Figura 3** - Gráfico biplot contendo o grau de associação entre as variáveis utilizadas na análise de correspondência múltipla.



**Figura 2** - Valores de Índice de Qualidade da Água de Bascarán e caracterização do uso do solo relativo às bacias hidrográficas onde estão inseridas as comunidades rurais e/ou tradicionais.

Na Tabela 2 foi possível verificar o predomínio de agrotóxicos nos mananciais de ID 7 e 8, com destaque para as substâncias com alto grau de toxicidade, identificadas pela faixa vermelha no rótulo. São elas: dissulfoton, propoxur, fenamifós, ciproconazol e fenpropimorfe, conforme classificação toxicológica da Resolução da Diretoria Colegiada nº 294, de 29 de julho de 2019 (ANVISA, 2019) — além da presença dos ativos dicrotofos, parationa-metilica e clorproflame, que não possuem autorização para comercialização no Brasil (Tabela 2).

Os agrotóxicos da faixa vermelha promovem risco à saúde humana mesmo em casos de pequena exposição (MELLER; REOLON-COSTA; CEOLIN, 2021), uma vez que, quando utilizados no meio ambiente, sofrem transformações bióticas e abióticas, gerando subprodutos com toxicidade maior ou semelhante ao agrotóxico de origem (COELHO; BERNARDO, 2017).

Ressalta-se que nenhum dos compostos analisados nesta pesquisa foram quantificados (Tabela 2), podendo estar em concentrações abaixo do limite necessário para ocasionar risco à saúde, conforme preconizado pela Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) e pela Portaria GM/MS nº 888 (BRASIL, 2021), que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo. Ainda assim, suas análises são de suma importância, dado que os resíduos de agrotóxicos acumulados no meio ambiente podem impactar a qualidade das fontes destinadas ao consumo humano, as atividades recreativas e a irrigação de alimentos (SABATIER *et al.*, 2013; SYBERG *et al.*, 2017) e, conseqüentemente, causar danos à saúde da população exposta (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

O estado de Goiás apresentou o maior percentual de intoxicação humana entre os anos de 2011 e 2013 em ambientes de trabalho e locais não laborais (BERNARDO *et al.*, 2019). No caso dos agricultores, mesmo a maioria tendo conhecimento dos riscos associados à exposição aos agrotóxicos, eles não fazem uso dos equipamentos de proteção ou utilizam-nos de forma inadequada, principalmente no meio rural (MELLER; REOLON-COSTA; CEOLIN, 2021).

Observa-se que o carbofurano foi detectado no manancial superficial de ID 5 (Tabela 2). A utilização desse princípio ativo está proibida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) desde 2017 por apresentar alta persistência ambiental e risco dietético agudo à população brasileira, principalmente trabalhadores rurais (ANVISA, 2018). A detecção desse composto pode

ser proveniente do uso do agrotóxico propriamente dito ou da aplicação do carbossulfano (PARA, 2019). Essa descoberta gera um alerta para a região do rio Araguaia, em decorrência da utilização desse manancial superficial para atividades de turismo, lazer, pesca e recreação de contato primário; e além disso, indica a falta de clareza do produtor rural quanto às boas práticas agrícolas (BPA), sendo necessária, portanto, a implementação de ações voltadas à conscientização dos produtores (REPÓRTER BRASIL, 2020).

No estudo desenvolvido por Pignati *et al.* (2017) no estado de Goiás, verificou-se que as lavouras agrícolas predominantes no ano de 2015 foram de soja (53%), milho (23%), cana (15%), feijão (2%) e algodão (1%), e os princípios ativos utilizados na soja foram: glifosato, 2,4-D, metacolor, tebutiurum, trifluralina, paraquate, flutriafol e o carbofurano; já na cana-de-açúcar, a maior incidência foi de glifosato, metribuzim, trifluralina, tebuconazol, diuron, metano arseniato ácido monossódico (MSMA) e o carbofurano.

Os mananciais superficiais de ID 2, 9 e 12 apresentaram os maiores valores de IQA<sub>B</sub>, de 87,92, 87,08 e 85,00, respectivamente. Os parâmetros de OD e coliformes termotolerantes foram determinantes na melhoria da qualidade da água, já que a relação entre ambos sugere baixas cargas poluidoras nesses mananciais superficiais. Logo, pode ser menor o risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica (FUNASA, 2014).

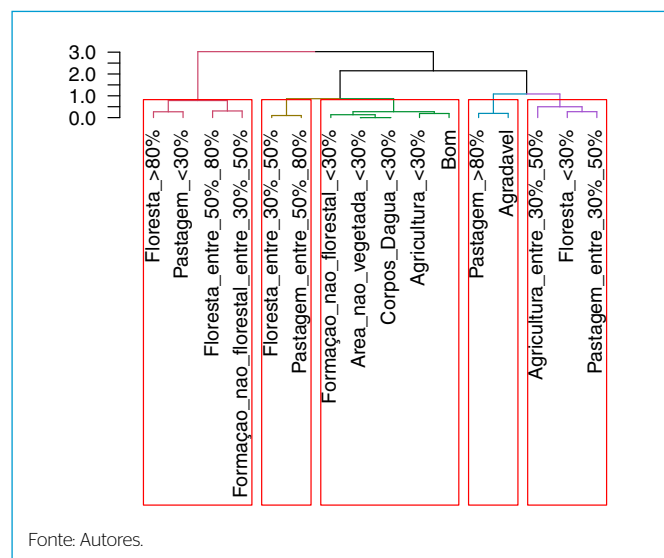
Estudos semelhantes, com amostragem somente no período da estiagem, foram realizados em outros locais (PEDROSO; COLESANTI, 2017; ROSANOVA *et al.*, 2018; MUNIZ, 2019; POLHEIM; CARDOSO; SCHEIN, 2019). Outras pesquisas, realizadas nas estações de estiagem e de chuva, apontaram para qualidade superior na seca (SILVA; SÁ-OLIVEIRA, 2014; MEDEIROS; LIMA; GUIMARÃES, 2016; SILVA; CUNHA; LOPES, 2019). Corroboram assim o trabalho de Wu, Lai e Li (2021), no qual o IQA no outono (sem eventos chuvosos) foi estatisticamente superior ao observado no período da chuva, e o IQA na estiagem foi estatisticamente superior ao período da chuva. Contrariamente, Sun *et al.* (2016) encontraram valores de IQA ligeiramente inferiores no período da seca. Pereira *et al.* (2020) identificaram valores mais elevados de turbidez, DQO, fosforo total no período chuvoso e o nitrato e a condutividade elétrica mais elevados na estiagem. Dessa forma, a sazonalidade pode influenciar no resultado do IQA, mas também outras variáveis, tais como o índice pluviométrico e a característica da bacia, bem como os parâmetros analisados.

Avaliações em uma única amostra também foram realizadas por outros pesquisadores (FATIMA *et al.*, 2022; ARYAL, 2022) e trazem importantes contribuições, alertando sobre a implementação de políticas públicas e programas de monitoramento contínuo. De forma geral, os resultados das análises permitem identificar se há risco da presença de poluentes na água destinada a diferentes usos pela população, o que fica mais agravante quando a água não recebe nenhum tratamento antes do consumo. Logo, recomenda-se que sejam implementados programas de conscientização da população local e o monitoramento da qualidade da água, para garantir que ela seja segura para beber (ARYAL, 2022).

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

- De forma geral, as classes de qualidade da água identificadas nesta pesquisa apresentaram relação com as características da ocupação do solo e aos parâmetros individuais detectados na amostra de água.



**Figura 4** - Dendrograma das variáveis qualitativas usadas na análise de correspondência múltipla distribuídas em cinco agrupamentos de cluster.

- A ocorrência de águas classificadas como “agradáveis” foi associada à alta prevalência de pastagem na área das bacias, bem como da concentração dos parâmetros cor aparente, coliformes termotolerantes e OD, por estarem em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005.
- A classificação da qualidade do manancial como “boa” foi associada estatisticamente com as baixas ocorrências de áreas destinadas à agricultura.
- Os mananciais superficiais com maior risco de contaminação fecal devem ser submetidos às tecnologias de tratamento de baixo custo, a fim de garantir o fornecimento de água segura à população rural que vive em condições de vulnerabilidade socioambiental.
- Considerando-se a diversidade de agrotóxicos identificada neste estudo e a maior periculosidade de alguns dos compostos, há necessidade de implementação de ações voltadas para a conscientização do produtor rural, com enfoque no composto carbofurano, proibido pela Anvisa desde 2017.

Recomenda-se a realização de estudos voltados à quantificação da concentração dos agrotóxicos, especialmente em mananciais passíveis de serem utilizados como fontes de abastecimento público, a fim de avaliar o risco à saúde dos indivíduos expostos em escala temporal.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Morais, L.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Validação, Escrita — Primeira Redação, Escrita — Revisão e Edição. Chagas, I.C.G.C.: Conceituação, Análise Formal, Investigação, Escrita — Primeira Redação. Silva, D.P.: Curadoria de Dados, Metodologia, Administração do Projeto, Supervisão, Validação, Escrita — Revisão e Edição. Scalize, P.S.: Curadoria de Dados, Administração do Projeto, Supervisão Validação, Escrita — Revisão e Edição.

## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R.; CARVALHO, M.; SILVA JUNIOR, W.R.; MACHADO, T.; GADELHA, C.; HERNANDEZ, M. Use of index analysis to evaluate the water quality of a stream receiving industrial effluents. *Water SA*, v. 33, n. 4, p. 459-565, 2007. <https://doi.org/10.4314/wsav33i4.52940>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n. 294, de 29 de julho de 2019*. Dispõe sobre os critérios para avaliação e classificação toxicológica, priorização da análise e comparação da ação toxicológica de agrotóxicos, componentes, afins e preservativos de madeira, e dá outras providências. ANVISA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Termina prazo de descontinuação do uso de Carbofurano*. ANVISA, 2018. Disponível em: [www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/termina-prazo-de-descontinuaao-do-uso-de-carbofurano](http://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/termina-prazo-de-descontinuaao-do-uso-de-carbofurano). Acesso em: 8 out. 2021.

ALVES, T.C.; GIRARDI, R.; PINHEIRO, A. Micropoluentes orgânicos: ocorrência, remoção e regulamentação. *Rega*, v. 14, p. 1-20, 2017. <https://doi.org/10.21168/regav14e1>

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22. ed. Washington, DC.: American Public Health Association, 2017.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A.G.D.; ALMEIDA, F.T.D.; BONGIOVANI, M.C.; SCHNEIDEER, R.M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Ambiente & Água*, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1769>

ARYAL, M. An analysis of drinking water quality parameters to achieve sustainable development goals in rural and urban areas of Besisahar, Lamjung, Nepal. *World Water Policy*, 2022. <https://doi.org/10.1002/wpp2.12073>

BARROS, A.; GUIMARÃES, V.; SANTANA, W.S.C. Aplicação de um índice de qualidade de água em dois trechos (urbano e rural) da bacia do córrego Guanandy, Aquidauana, MS. *Caderno de Geografia*, v. 28, n. 54, p. 630-649, 2018. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n54p630-649>

BASCARÁN, G.M. Establecimiento de una metodología para conocer la calidad del agua. *Boletín Informativo del Medio Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 30-49, 1979.

BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. *Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166 p.

BERNARDO, L.V.M.; FARINHA, M.J.U.S.; SANTOS CARDOSO, J.; RUVIARO, C.F. Uso de agrotóxicos e perfil de intoxicação humana na região Centro-Oeste do Brasil. *Multitemas*, v. 24, n. 57, p. 137-157, 2019. <https://doi.org/10.20435/multiv24i57.2285>

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria CM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021*. Brasília, 2021.

CICILINSKI, A.D.; VIRGENS FILHO, J.S. A new water quality index elaborated under the brazilian legislation perspective. *International Journal of River Basin Management*, v. 20, n. 3, p. 323-334, 2022. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1803335>

COELHO, E.R.C.; BERNARDO, L.D. Presença e remoção de atrazina, desetilatraxina, desisopropilatraxina e desetilhidroxiatraxina em instalação piloto de ozonização e filtração lenta. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 4, p. 789-796, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017147638>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Apêndice E: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade*. São Paulo: CETESB, 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.



- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). *Salinização do solo*. CODEVASF, 2017. Disponível em: [www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo](http://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo). Acesso em: 20 ago. 2021.
- DAMODHAR, U.; VIKRAM REDDY, M. Impact of pharmaceutical industry treated effluents on the water quality of river Uppanar, South east coast of India: A case study. *Applied Water Science*, v. 3, n. 2, p. 501-514, 2013. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0098-x>
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FATIMA, S.U.; KHAN, M.A.; SIDDIQUI, F.; MAHMOOD, N.; SALMAN, N.; ALAMGIR, A.; SHAUKAT, S.S. Geospatial assessment of water quality using principal components analysis (PCA) and water quality index (WQI) in Basho Valley, Gilgit Baltistan (Northern Areas of Pakistan). *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 194, n. 3, p. 1-22, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09845-5>
- FERREIRA, K.C.D.; LOPES, F.B.; ANDRADE, E.M.D.; MEIRELES, A.C.M.; SILVA, G.S.D. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150007>
- FONSECA, J.E.; ALCÂNTARA, R.; BARBOSA, J.E.D.C.; CAMPOS, P.K. Poluição da Água e solo por agrotóxicos. *Revista Científica e-Locução*, v. 1, n. 15, p. 90-99, 2019. <https://doi.org/10.57209/e-locucaov1i15.183>
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: FUNASA, 2014. 112 p.
- GUPTA, S.; GUPTA, S.K. A critical review on water quality index tool: Genesis, evolution and future directions. *Ecological Informatics*, v. 63, 101299, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101299>
- HUSSEIN, A.K.; RASHWAN, I.M.H.; ELSHEMY, M. Surface water quality management for drinking use in El-Beheira Governorate, Egypt. *Water Environment Research*, v. 93, n. 8, p. 1428-1444, 2021. <https://doi.org/10.1002/wer.1503>
- LOPES, C.V.A.; ALBUQUERQUE, G.S.C. Agrochemicals and their impacts on human and environmental health: a systematic review. *Saúde em Debate*, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>
- MAPBIOMAS. *Coleção 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. MAPBIOMAS. Disponível em: [mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-br](http://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-br). Acesso em: 1º ago. 2020.
- MATTHIENSEN, A. Poluição e eutrofização de águas interiores. In: SIQUEIRA, G.; SILVA, J.D. (org.). *12 feridas ambientais do planeta*. Florianópolis: HB, 2017. p. 50-51.
- MEDEIROS, A.C.; LIMA, M.O.; GUIMARÃES, R.M. Assessment of the quality of water for consumption by river-bank communities in areas exposed to urban and industrial pollutants in the municipalities of Abaetetuba and Barcarena in the state of Pará, Brazil. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 21, n. 3, p. 695-708, 2016. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.26572015>
- MELLER, F.; REOLON-COSTA, A.; CEOLIN, S. Uso de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: panorama da área rural do município de Independência-RS. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, e454101321161, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21161>
- MENBERU, Z.; MOGESSE, B.; REDDYTHOTA, D. Avaliação da qualidade da água e status de eutrofização do Lago Hawassa com base em diferentes índices de qualidade da água. *Applied Water Science*, v. 11, p. 61, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01385-6>
- MUNIZ, G.L. Qualidade da água do ribeirão São Bartolomeu avaliada pelo índice de qualidade da água em ponto de captação para abastecimento no período seco. *Holos*, v. 7, e5579, 2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.5579>
- NICODEMO, M.L.F.; MATTHIENSEN, A.; OLIVEIRA FILHO, E.C.; PEREIRA, L.A.; BRITO, L.T.L.; OTENIO, M.H.; OLIVEIRA, M.D. Qualidade da água e redução da poluição. In: SILVA, M.S.L.; MATTHIENSEN, A.; BRITO, L.T.L.; LIMA, J.E.F.W.; CARVALHO, C.J.R. (org.). *Água e saneamento: contribuições da Embrapa*. Brasília: Embrapa, 2018. cap. 3.
- PAIVA, R.F.P.S.; SOUZA, M.F.P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, n. 1, e00017316, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00017316>
- PEDROSO, L.B.; COLESANTI, M.T.M. Determinação do Índice de Qualidade de Água da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia - Goiás, em período de estiagem. *Caminhos de Geografia*, v. 18, n. 61, p. 219-230, 2017. <https://doi.org/10.14393/RCG186114>
- PELLIZZARO, P.; HARDT, L.; BOLLMANN, H.; HARDT, C. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná. *Cadernos Metrópole*, n. 19, p. 221-243, 2008.
- PEREIRA, M.A.B.; ALVEZ, W.S.; OLIVEIRA, L.D.; MORAIS, W.A.; LIMA, L.O. Qualidade Hídrica da Cachoeira do Rio São Tomás, no Município de Rio Verde, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 1, p. 377-390, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgfv13i1.p377-390>
- PIGNATI, W.A.; LIMA, F.A.N.D.S.; LARA, S.S.D.; CORREA, M.L.M.; BARBOSA, J.R.; LEÃO, L.H.D.C.; PIGNATTI, M.G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>
- POLHEIM, T.S.; CARDOSO, J.T.; SCHEIN, V.A.S. Characterization of the surface water of a municipal natural park by quality indexes. *Acta Brasiliensis*, v. 3, n. 2, p. 40-48, 2019.
- PROGRAMA DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS (PARA). *Relatório das amostras analisadas no período 2017-2018*. Primeiro ciclo do Plano Plurianual 2017-2020. Gerência Geral de Toxicologia. PARA, 2019.
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2020.
- REPÓRTER Brasil. *Íntegra das respostas sobre alimentos campeões de agrotóxicos acima do limite*. São Paulo, 2020.
- RODRIGUES, E.A.M.; COUTINHO, A.P.; SOUZA, J.D.S.; COSTA, I.R.A.; NETO, S.M.S.; ANTONINO, A.C.D. Rural Sanitation: Scenarios and Public Policies for the Brazilian Semi-Arid Region. *Sustainability*, v. 14, n. 12, p. 7157, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14127157>
- ROSANOVA, C.; FARIA, V.A.; MATOS, F.T.; PINHO, E.S.; AKAMA, A.; MACEDO, D.B. Utilização do Índice de Estado Trófico para análise do grau de trofia do Parque Aquícola Sucupira (Lago de Palmas, TO) na estação seca. *Revista Ouricuri*, v. 8, n. 1, p. 23-36, 2018. <https://doi.org/10.29327/ouricuri.v8.i1.a3>
- SABATIER, R.; MEYER, K.; WIEGAND, K.; CLOUGH, Y. Non-linear effects of pesticide application on biodiversity-driven ecosystem services and disservices in a cacao agroecosystem: a modelling study. *Basic and Applied Ecology*, v. 14, n. 2, p. 115-125, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.12.006>

SILVA, A.M.C.; CUNHA, M.C.C.; LOPES, D.V. Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. *Geosul*, v. 34, n. 72, p. 102-123, 2019. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p102>

SILVA, E.; SÁ-OLIVEIRA, J. Avaliação da Qualidade da Água da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Seringal Triunfo, Rio Araguari, Ferreira Gomes-AP-Brasil. *Biota Amazônica*, v. 4, n. 2, p. 28-42, 2014. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v4n2p28-42>

SUN, W.; XIA, C.; XU, M.; GUO, J.; SUN, G. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River, *Ecological Indicators*, v. 66, p. 306-312, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.054>

SYBERG, K.; BACKHAUS, T.; BANTA, G.; BRUCE, P.; GUSTAVSSON, M.; MUNNS JR. W.R.; RÅMÖ, R.; SELCK, H.; GUNNARSSON, J. Toward a conceptual approach for assessing risks from chemical mixtures and other stressors to coastal ecosystem services. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 13, n. 2, p. 376-386, 2017. <https://doi.org/10.1002/ieam.1849>

UDDIN, M.G.; NASH, S.; OLBERT, A.I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, v. 122, 107218, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>

VALADARES, A.A. *Análise da dinâmica do uso e cobertura do solo sobre a vulnerabilidade ambiental em área do Distrito Federal*. 2017. 197f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

VASCO, A.N.; BRITTO, F.B.; PEREIRA, A.P.S.; MÉLLO JÚNIOR, A.V.M.; GARCIA, C.A.B.; NOGUEIRA, L.C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Ambiente & Água*, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

YAN, T.; SHEN, S.; ZHOU, A. Indices and models of surface water quality assessment: Review and perspectives. *Environmental Pollution*, v. 308, 119611, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119611>

WU, Z.; LAI, X.; LI, K. Water quality assessment of rivers in Lake Chaohu Basin (China) using water quality index. *Ecological Indicators*, v. 121, 107021, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107021>

