

# Conteúdo orgânico de rede natural de drenagem urbana no Cariri cearense, Nordeste do Brasil

## *Organic content of a natural urban drainage network in Ceara's Cariri, northeast of Brazil*

• **Data de entrada:**  
14/03/2021

• **Data de aprovação:**  
26/05/2022

Anielle dos Santos Brito<sup>1</sup> | Maria Gorethe de Sousa Lima Brito<sup>1</sup> | Fernando José Araújo da Silva<sup>1</sup> | Fernanda da Silva Almeida<sup>1</sup> | Wanny Renali Oliveira Grangeiro Amaro<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.033>

### ORCID ID

Brito AS  <https://orcid.org/0000-0002-4383-4676>

Brito MGSL  <https://orcid.org/0000-0001-8977-1116>

Silva FJA  <https://orcid.org/0000-0002-3260-8876>

Almeida FS  <https://orcid.org/0000-0001-9885-9451>

Amaro WROG  <https://orcid.org/0000-0003-1952-3760>

### Resumo

A investigação do conteúdo orgânico em ecossistemas aquáticos, com ênfase na sua relação com a configuração do espaço físico e a forma de ocupação humana, constitui-se em uma importante ferramenta para auxiliar na gestão dos recursos hídricos. O objetivo desse estudo foi conhecer a inter-relação entre o conteúdo orgânico das águas superficiais e dos sedimentos de leito da rede natural de drenagem de microbacias da região do Cariri cearense. A partir dos resultados verificou-se a predominância da humina no conteúdo orgânico dos sedimentos. Foram obtidas correlações positivas entre os sólidos suspensos totais da água e as frações lábeis da matéria orgânica do sedimento (SST/CL e SST/CSA) e entre o potencial redox (do sedimento) e o CL. Correlação negativa foi obtida entre o oxigênio dissolvido da água e o CL. A ACP indicou que a alteração no conteúdo orgânico da água e dos sedimentos de leito estava associada ao processo de antropização das microbacias e ao lançamento de esgotos domésticos na rede natural de drenagem.

**Palavras-chave:** Conteúdo orgânico. Águas superficiais. Sedimento de leito.

### Abstract

*The investigation of organic content in aquatic ecosystems, with emphasis on its relationship with the configuration of physical space and the form of human occupation, is an important tool to assist in the management of water resources. The aim of this study was to understand the interrelationship between the organic content of surface waters and bed sediments from the natural drainage network of micro basins in the Cariri region of Ceará. From the results it was verified the predominance of humine in the organic content of the sediments. Positive correlations were obtained between the total suspended solids of the water and the labile fractions of the organic matter of the sediment (SST / CL and SST / CSA) and between the redox potential (of the sediment) and the CL. Negative correlation was obtained between the dissolved oxygen in the water and the CL. The ACP indicated that the change in the organic content of the water and bed sediments was associated with the process of anthropization of the micro basins and the release of domestic sewage into the natural drainage network.*

**Keywords:** Organic content. Surface waters. Bed sediment.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC) - Fortaleza - Ceará - Brasil.

\* **Autora correspondente:** [anielle.sbrito@gmail.com](mailto:anielle.sbrito@gmail.com).

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico sem visão de sustentabilidade socioambiental concorrem fortemente para a deterioração da qualidade da água. Tais pressões e impactos também são severos nas redes naturais de drenagem, principalmente quando os sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários de áreas urbanas são deficientes.

Assim, a expansão de áreas urbanas, caracterizada principalmente pela impermeabilização da bacia de drenagem, pelo avanço usualmente desordenado e pelo uso incompatível com a capacidade de suporte do meio, contribui para o transporte de diversos tipos de poluentes (sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, bactérias e outros patogênicos, hidrocarbonetos, metais pesados e agentes tóxicos) para ecossistemas aquáticos (RIGHETTO, et al., 2017). Esse processo acarreta impacto negativo sobre a qualidade da água e de sedimento do corpo hídrico. Na dimensão saúde, a poluição impõe incremento no custo e na complexidade da tecnologia de tratamento da água. Em paralelo, no aspecto hidrológico, o espaço urbano fica mais vulnerável às inundações, aumentando os riscos de doenças de veiculação hídrica (WANG, 2020).

Na avaliação da poluição das águas, os sedimentos desempenham importante função, pois eles podem ser utilizados para detectar a presença de poluentes/contaminantes que não permanecem solúveis após lançamento em águas superficiais. De acordo com Cardoso et al. (2019), muitos poluentes são adsorvidos neste compartimento, onde podem permanecer por décadas. A maior parte dos contaminantes associados aos sedimentos não está prontamente disponível para os organismos aquáticos. Contudo, sob certas condições ambientais (pH, potencial redox, oxigênio dissolvido, composição mineralógica e tipo de material orgânico), podem ser ressolubilizados

para a massa líquida, constituindo-se em importantes fontes de poluição (RAM & ZINGDE, 2000)

As partículas finas dos sedimentos podem interagir com poluentes orgânicos e inorgânicos (KRETZSCHMAR et al., 1999) e facilitar os seus transportes em sistemas fluviais, mas também podem contribuir para a imobilização dos poluentes devido ao processo de sedimentação. Por essa razão, o comportamento de suspensão e deposição de partículas finas em corpos aquáticos é de alta relevância ambiental e depende de inúmeros fatores físicos e químicos. O fluxo de turbulência, a distribuição de tamanho de partícula, a carga superficial da partícula, a força iônica e a concentração de matéria orgânica são parâmetros-chave associados a esses processos (BUFFLE LEPPARD, 1987)

É importante ressaltar que a matéria orgânica nos sedimentos se apresenta na forma particulada e dissolvida. A forma dissolvida é composta principalmente por proteínas, lipídios, carboidratos e substâncias húmicas (por exemplo, ácidos húmicos e fúlvicos), possuindo matérias mais lábeis e solúveis, enquanto a particulada é constituída por materiais refratários, devido à decomposição de macrófitas aquáticas (CARDOSO et al., 2019; BENNER, 2003).

Para Mendonça et al. (2016) e Cardoso et al. (2013), uma vez nos sedimentos de leito de ambientes aquáticos, a matéria orgânica pode: 1) ser mineralizada por microrganismos e retornar à coluna d'água, e; 2) sofrer ressuspensão e ser mineralizada na coluna d'água ou continuar sedimentada, funcionando como estoque de carbono nos sedimentos. É importante ressaltar que as transformações no sistema natural de drenagem advindas da rápida expansão urbana em municípios de médio porte podem influenciar, conseqüentemente, as diferentes formas disponíveis de matéria orgânica na água e no sedimento.

Portanto, os sedimentos exercem papel importante na investigação da qualidade da água, uma vez que têm sido um veículo eficaz na condução e fixação de poluentes, alterando as características físicas e químicas das águas. Também são indicadores de contaminação remota e recente nas camadas superficiais de leitos dos rios oriundas da bacia de drenagem, nas quais são transportados esgotos sanitários e águas pluviais.

É importante destacar que na região do Cariri cearense, Sul do estado do Ceará, os recursos hídricos superficiais da área de estudo contribuem, por infiltração, com a recarga do aquífero rio da Batateira, principal fonte hídrica de abastecimento público e privado dos municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, devendo, portanto, apresentar condições físicas, químicas e biológicas favoráveis. A poluição desses recursos hídricos pode, também, direta ou indiretamente, afetar as populações ribeirinhas e as atividades econômicas locais e regionais, já que eles também compõem a rede de drenagem do rio Salgado, que receberá as águas da transposição do rio São Francisco através do Cinturão das Águas.

Há carência de informações sobre o tema e incertezas que afetam o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, quanto à poluição dos sistemas urbanos de drenagem natural e seus sedimentos.

O presente artigo tem por objetivo conhecer a inter-relação entre o conteúdo orgânico das águas superficiais e do sedimento de leito da rede de drenagem natural de microbacias da região do Cariri cearense.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na rede de drenagem natural das microbacias dos riachos dos Macacos, Timbaúbas e Salesianos, localizados na região

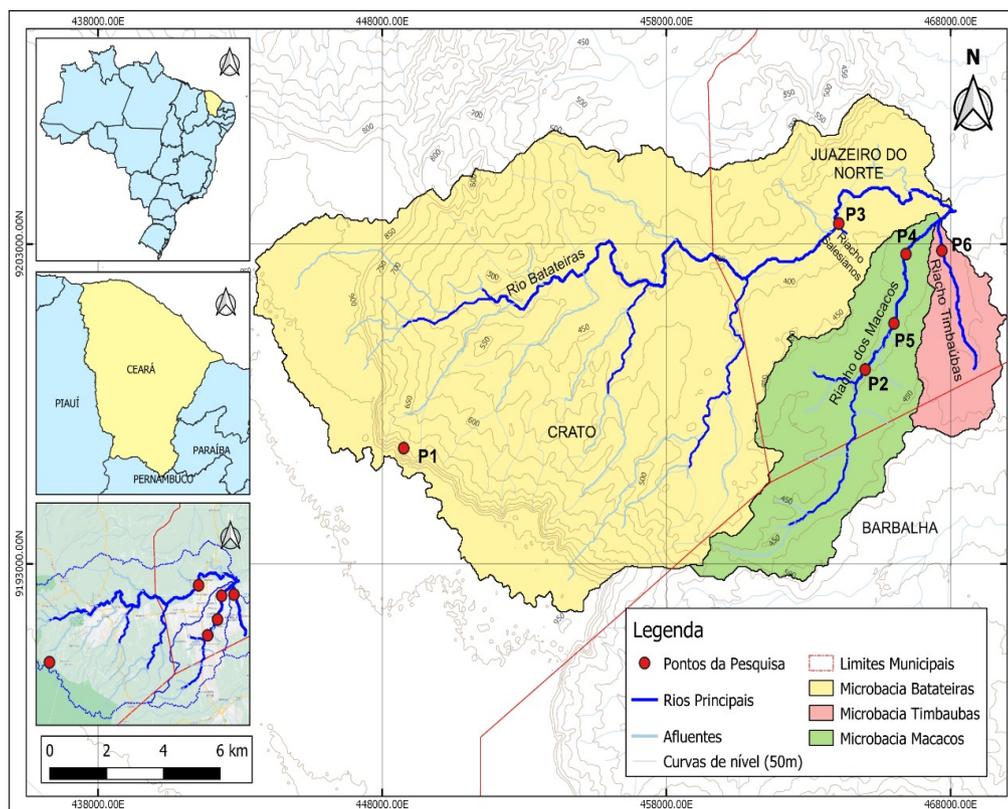
do Cariri cearense, entre os paralelos 7° 12' 5,98" a 7° 16' 32,64" S e 39° 16' 30" e 39° 21' 25" W, com áreas de aproximadamente 40, 29 e 14 km<sup>2</sup>, respectivamente. A Fig. 1 ilustra a localização da área de estudo e os seis pontos de coleta de amostras. Os dados dos georreferenciamentos dos pontos de coleta estão na Tabela 1.

O clima da região é do tipo tropical quente semiárido (na depressão sertaneja, onde encontram-se as microbacias) e tropical quente semiárido brando (na encosta e chapada do Araripe), com temperatura média de aproximadamente 25 °C e precipitação pluvial média anual de 925 mm, com período chuvoso de janeiro a maio (IPECE, 2013).

Os mapas temáticos produzidos na presente pesquisa foram executados a partir do software de geoprocessamento QGIS 3.8.3 - Zanzibar com a base de dados cartográficas do IBGE (2019). O mapa de uso e ocupação do solo foi produzido a partir de dados do projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil, MapBiomas-2018. As escalas utilizadas nos mapas foram de 1:50.000.

Os recursos hídricos utilizados no abastecimento público e privado dos municípios de Juazeiro do Norte e Crato são provenientes principalmente do aquífero arenítico rio da Batateira, cuja superexploração tem contribuído com a intermitência da rede de drenagem natural, antes perene e hoje perenizada por esgotos domésticos e industriais (GOMES, 2017).

Quanto aos solos, na área de estudo predominam os Argissolos Vermelho-Amarelo e na área de drenagem, especificamente, os Neossolos Flúvicos (FUNCEME, 2006). A cobertura vegetal na área de drenagem é constituída de Caatinga Arbórea, com mata ciliar descaracterizada quanto a sua composição de origem, apresentando extensas áreas desmatadas.



**Figura 1** - Localização da área de estudo.  
 Fonte: Bases cartográficas planimétricas (2019)

**Tabela 1** - Georreferenciamento dos pontos de amostragem de água e sedimento de leito nas microbacias da nascente Granjeiro, Macacos e Timbaúbas, Cariri cearense.

Ponto	Localização	Descrição	Município
P <sub>1</sub>	07° 16' 48,63"S 39° 26' 17,34"O	Nascente do Granjeiro	Crato - CE
P <sub>2</sub>	07° 14' 47"S 39° 19' 01"O	Lagoa da APUC	Juazeiro do Norte - CE
P <sub>3</sub>	07° 12' 10,5"S 39° 19' 29,8"O	Riacho Salesiano	Juazeiro do Norte - CE
P <sub>4</sub>	07° 12' 47,1"S 39° 18' 14,5"O	Riacho dos Macacos	Juazeiro do Norte - CE
P <sub>5</sub>	07° 12' 34,2"S 39° 18' 04,4"O	Lagoa dos Macacos	Juazeiro do Norte - CE
P <sub>6</sub>	07° 12' 11,0"S 39° 17' 31,4"O	Riacho das Timbaúbas	Juazeiro do Norte - CE

## 2.2 Parâmetros de qualidade de água e do sedimento

As amostras de água e do sedimento foram caracterizadas pelos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos

Sedimentáveis (Ssed), Potencial Hidrogeniônico (pH), Potencial redox (Eh), Carbono lábil (CL), Carbono solúvel em água (CSA), Carbono orgânico total (COT) e Substâncias húmicas nas suas frações: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e huminas (HU), respectivamente. Os procedimentos analíticos seguiram os métodos descritos em APHA (2012) e Mendonça e Matos (2005).

### 2.3 Procedimentos na coleta de água e sedimento

As coletas (n = 6) de água foram realizadas a uma distância média de 1,0 m das margens dos riachos e lagoas. Esse procedimento reduz a possibilidade de alterações nas características das amostras decorrentes do revolvimento de partículas sedimentadas nas margens durante a coleta.

As amostras de sedimento foram coletadas por meio de um amostrador simplificado de tubo PVC a 0,1 m da superfície e a 0,30 m do leito, tomando-se o cuidado de não provocar a ressuspensão de sedimentos.

### 2.4 Tratamento estatístico

Inicialmente os dados dos parâmetros avaliados nas águas superficiais e nos sedimentos foram descritos e sumarizados por meio da estatística descritiva. Para investigar correlações entre as características da água e do sedimento, foi aplicado o teste de Pearson ( $\alpha = 5\%$  e  $p\text{-valor} < 0,05$ ). Para determinação dos componentes que explicam a variabilidade dos dados foi realizada a Análise de Componente Principais (ACP), método aplicado por Bezerra et al. (2018), Costa (2020), Centeno (2021) e Pinto et al. (2021). Essa análise foi feita sobre a matriz de correlação (variáveis padronizadas). Porém, como se trata de dados de qualidade de água e de sedimento de leito, os quais apresentam grande variabilidade, foi feita a exclusão de componentes com autovalores inferiores a 0,50. Também foi utilizado o critério de decisão que limita o número de componentes que explique 75% da variância total dos dados, considerada uma larga e aceitável porcentagem. A classificação dos valores das cargas fatoriais, correspondentes à composição absoluta dos Componentes Principais (CP) como relevante ( $>0,75$ ), médio ( $>0,50$  e  $<0,75$ ) e irrelevante ( $<0,50$ ) foram propostos por Kaiser (1958), Artes (1998), Liu et al (2000) e

Finkler (2015). Toda a análise estatística foi realizada no software PAST 4.02.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise do conteúdo orgânico nas águas superficiais

Ao se aplicar a técnica de análise de componentes principais aos dados de qualidade de água, foram obtidos dois componentes principais. A variabilidade acumulada por eles foi de 89,40% da variabilidade total dos elementos (Tabela 2).

**Tabela 2** - Coordenadas das variáveis dos Componentes Principais retidos no estudo das águas superficiais e seus respectivos percentuais de variação.

Variáveis	Componentes principais	
	CP1	CP2
Oxigênio Dissolvido (OD)	-0,492	0,155
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,490	0,383
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	0,435	0,506
Sólidos Suspensos Totais (SST)	0,509	-0,290
Sólidos Sedimentáveis (Ssed)	0,263	-0,699
Autovalor	3,186	1,284
% Variação	63,72	25,68
% Variabilidade acumulada	63,72	89,40

Os dados de SST da CP1 explicaram a maior variabilidade (63,72%) dos dados analisados. As maiores médias (Tabela 3) foram obtidas em  $P_2$  (SST = 101 mg/L) e em  $P_4$  (SST = 102 mg/L), correspondentes à Lagoa da APUC e ao Riacho dos Macacos, respectivamente. Essa variabilidade é atribuída às diferentes formas de ocupação do solo ao longo da área estudada.

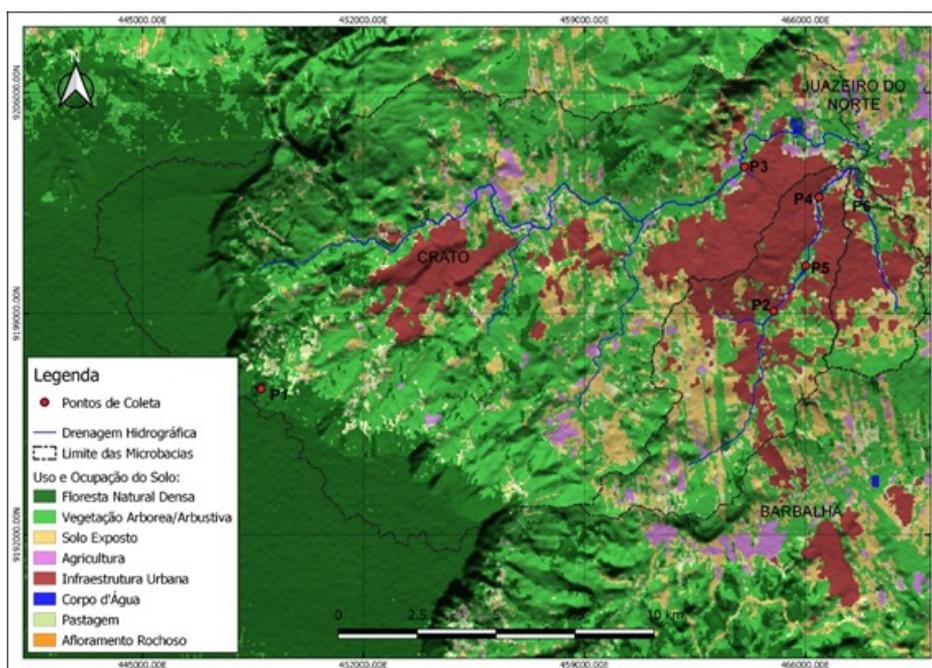
Diferentemente das áreas no entorno dos pontos 1 e 3, onde a floresta natural ( $P_1$ ) e a vegetação arborea/arbustiva ( $P_3$ ) estão preservadas, nos demais pontos de coleta parcelas expressivas da vegetação natural foram substituídas por pastagens, obras de infraestrutura urbana ou removidas para ocupação futura (Fig.3). Nas áreas adjacentes aos pontos 2, 4, 5 e 6, aproxi-

madamente 17%, 27,5%, 24,3% e 36,3% do solo estão sem cobertura vegetal (solo exposto), respectivamente (Tabela 4). Essa situação favorece a ocorrência de processos erosivos, tanto pela ação das chuvas como dos ventos, com aumento do transporte de sedimentos de textura argilosa, abundantes no solo da área estudada, para a rede de drenagem natural, com consequente aumento de sólidos suspensos na água.

Ressalta-se que nas imediações dos pontos 2 e 4, em torno de 23,3 % e 13,9 % do ecossistema natural, respectivamente, foi substituído por obras de infraestrutura urbana (Tabela 4). Nessas áreas, a maioria dos domicílios lança suas águas cinzas, inevitavelmente, na rede de drenagem pluvial da microbacia do Riacho dos Macacos, contribuindo para que as maiores concentrações de SST tenham sido obtidas em P<sub>2</sub> e em P<sub>4</sub>.

**Tabela 3** - Estatística descritiva das variáveis físico-químicas das águas superficiais da rede de drenagem natural do estudo (n = 6), em que aponta a média amostral ( $\mu$ ), os valores mínimo e máximo (Mín.– Máx.) e o desvio padrão amostral ( $\sigma$ ).

Variáveis	Descritor	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>
OD (mg/L)	$\mu$	4,7	1,3	3,2	0,3	2,9	0,7
	Mín.– Máx.	4,0 – 5,7	0,0 – 3,5	2,2 – 4,5	0,0 – 1,5	1,7 – 4,0	0,0 – 3,5
	$\sigma$	0,5	1,3	0,7	0,5	0,7	1,0
DBO (mg/L)	$\mu$	4	82	140	204	65	129
	Mín.– Máx.	3 - 6	63 - 98	100 - 195	180 - 248	44 - 93	78 - 198
	$\sigma$	1	10	33	21	18	40
DQO (mg/L)	$\mu$	18	140	295	316	144	252
	Mín.– Máx.	14 - 23	101 - 198	260 - 313	255 - 428	100 - 200	162 - 344
	$\sigma$	3	35	16	40	43	64
SST (mg/L)	$\mu$	10	101	41	102	47	93
	Mín.– Máx.	9 - 12	76 - 145	33 - 50	79 - 146	32 - 60	73 - 124
	$\sigma$	1	23	6	19	9	13
Ssed. (ml/L)	$\mu$	0,3	1,2	0,4	1,0	0,2	0,4
	Mín.– Máx.	0,1 – 1,2	0,2 – 3,5	0,1 – 0,8	0,3 – 2,2	0,0 – 0,5	0,1 – 1,5
	$\sigma$	0,5	1,0	0,3	0,5	0,2	0,4



**Figura 2** - Mapa de uso e ocupação do solo das microbacias da área de estudo  
 Fonte: Bases cartográficas planimétricas (2019)

**Tabela 4** - Análise de uso e cobertura do solo do entorno dos pontos de coleta considerando uma circunferência de influência com raio  $d_c$  100 metros.

Uso e ocupação do solo	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>
Floresta natural densa*	100	-	-	31,0	27,3	45,5
Vegetação arborea/ arbustiva**	-	30,0	100	27,6	48,4	18,2
Pastagem	-	16,7	-	-	-	-
Solo exposto	-	17,0	-	27,5	24,3	36,3
Infraestrutura urbana	-	23,3	-	13,9	-	-
Corpos d'água	-	30,0	-	-	-	-

\*A classe de Floresta densa é vegetação perene úmida, presente na chapada e/ou vegetação ciliar.

\*\*A classe de vegetação arborea arbustiva é a vegetação caducifólia com espécies característicos da caatinga.

A segunda componente principal (CP2) explica 25,68% da variabilidade dos dados (Tabela 2), sendo representada pelas variáveis DQO e Ssed., com uma elevada correlação negativa entre si. A retenção desses elementos também está associada aos diferentes níveis de impactos antrópicos nas microbacias hidrográficas estudadas. Considera-se esperada tal condição, uma vez que a rede de drenagem natural se situa em meio a áreas urbanizadas, com densidades demográficas variando de 3.835 hab/km<sup>2</sup> a 38.350 hab/km<sup>2</sup> (Fig. 3) e áreas de solo exposto (Tabela 4) que favorecem a ocorrência de processos erosivos com consequente transporte de solo e de materiais vegetais; com exceção do P<sub>1</sub>, Nascente Granjeiro, que é o ponto com menor interferência antrópica na presente pesquisa.

Quanto à DQO, verificou-se que a menor média foi obtida no ponto P<sub>1</sub>, 18 mg/L, devido ao seu adequado estado de conservação. As maiores médias foram verificadas em P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>6</sub> (Riacho Salesiano, Riacho dos Macacos e Riacho das Timbaúbas) com 295 mg/L, 316 mg/L e 252 mg/L, respectivamente.

Na análise da razão DBO/DQO, os valores obtidos nos pontos 2, 3, 4 e 5 estão na faixa comumente relatada na literatura para águas residuárias domésticas, que é de 0,3 a 0,8 (METCALF; EDDY, 2016; BERTOLINO, 2007), indicativo da alteração do conteúdo orgânico das águas por esgotos domésticos. Os menores valores dessa relação fo-

ram observados em P<sub>1</sub>, indicativo de uma maior fração de materiais de baixa biodegradabilidade neste ponto de coleta.

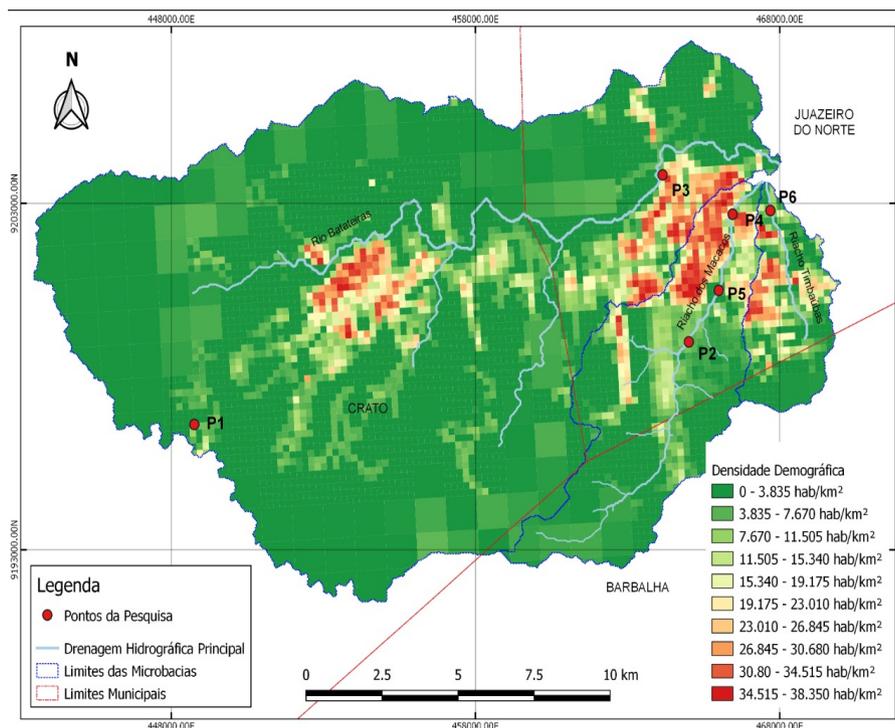
Com relação aos sólidos sedimentáveis, as maiores médias foram obtidas em P<sub>2</sub> (SST = 101 mg/L; Ssed = 1,2 ml/L) e em P<sub>4</sub> (SST = 102 mg/L; Ssed = 1,0 ml/L), correspondentes à Lagoa da APUC e ao Riacho dos Macacos, respectivamente.

### 3.2 Análise do conteúdo orgânico nos sedimentos de leito

Da ACP verificou-se a existência de três CP, sendo que a variância total explicada foi de 85,63% (Tabela 5). O CP1, formado apenas pelo COT, explicou 62,38% da variação total dos dados. Essa variação está associada às diferentes formas de uso e ocupação do solo das microbacias estudadas (Fig. 2) e à consequente variação nas densidades populacionais (Fig. 3). Nos pontos P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>6</sub>, as maiores médias de COT foram de 1,28 g.kg<sup>-1</sup>, 1,96 g.kg<sup>-1</sup> e 1,83 g.kg<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 6). Nesses pontos de coleta também foram identificados os valores mais elevados de matéria orgânica (expressas na forma de DBO5 e de DQO) nas amostras de água analisadas. Ademais, como o COT se correlacionou positivamente com a DBO e com a DQO (Tabela 7), tendo esta última também se correlacionado com a DBO, depreende-se que o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento na rede natural de drenagem das micro-

bacias estudadas está alterando o conteúdo orgânico tanto das águas como dos sedimentos de leito. As concentrações de COT em P1 variaram de 0,04 a 0,08 g.kg<sup>-1</sup>.

Os pesquisadores Swinnen et al (2020) também verificaram que a variabilidade nas concentrações de COT em amostras de sedimentos de leitos de rios estão relacionadas com o impacto antrópico na bacia hidrográfica.



**Figura 3** - Mapa da densidade demográfica das águas das microbacias Timbaúbas, Batateiras e Macacos, região do Cariri cearense.

Fonte: Bases cartográficas planimétricas (2019)

**Tabela 5** - Coordenadas das variáveis dos Componentes Principais retidos no estudo dos sedimentos de leito e seus respectivos percentuais de variação.

Variáveis	Componentes principais		
	CP1	CP2	CP3
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,288	0,377	0,407
Potencial redox (Eh)	-0,455	-0,033	-0,352
Carbono lábil (CL)	-0,258	-0,000	0,088
Carbono solúvel em água (CSA)	0,068	0,053	0,810
Carbono orgânico total (COT)	-0,566	0,063	0,043
Ácidos húmicos (AH)	-0,385	0,567	-0,116
Ácidos fúlvicos (AF)	0,191	-0,438	0,140
Humina (HU)	-0,363	-0,578	0,103
Autovalor	4,99	1,09	0,76
(%) Variação total	62,38	13,63	9,62
(%) Variação acumulada	62,38	76,01	85,63

O CP2 apresentou uma variância explicada de 13,63% e foi formado pelo AH e pela HU, essa representada por um coeficiente negativo.

Na fração AH, as médias das concentrações variaram de 0,02 g kg<sup>-1</sup> (P1) a 0,32 g kg<sup>-1</sup> (P6), com os maiores valores sendo observados no P<sub>4</sub> (0,56 g kg<sup>-1</sup>) e P<sub>6</sub> (0,32 g kg<sup>-1</sup>). Ao se analisarem os dados da Tabela 7, verifica-se que a fração AH se correlacionou positivamente com a matéria orgânica biodegradável da água (DBO). De fato, de acordo com Souza et al (2020), os AH de sedimento possuem estruturas alifáticas e aromáticas

oxigenadas (CAquil-O, N; CAquil-O; CAquildi-O; CAr-O) e carbono carboxílico (CCOO-H,R) que contribuem para a formação de substâncias húmicas mais hidrofílicas e lábeis.

Para a fração humina (HU), cuja concentração variou entre 0,01 e 1,27 g.kg<sup>-1</sup>, a menor média também foi obtida em P1 (local menos antropizado) e as maiores nos pontos que sofrem influência de áreas mais antropizadas (P<sub>4</sub> e P<sub>6</sub>). Esse resultado pode ser atribuído à intensa humificação e rápida mineralização do carbono orgânico

em pontos que recebem os maiores aportes de matéria orgânica e a mineralogia (rica em SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e textura do solo (predominantemente argilosa) do entorno dos ambientes estudados, uma vez que as substâncias húmicas podem ser adsorvidas por colóides argilosos, formando complexos argilo-húmicos estáveis, tornando-se, assim, mais resistentes à biodegradação. A HU corresponde à fração mais insolúvel e resistente à biodegradação, fortemente combinada à fração mineral do solo (MARINHO, 2016).

**Tabela 6** - Estatística descritiva das variáveis físico-químicas dos sedimentos da rede de drenagem natural do estudo (n = 6), em que aponta a média amostral (μ), o valor mínimo (Mínimo), o valor máximo (Máximo) e o desvio padrão amostral (σ).

Ponto	Descritor	pH	Eh	CL	CSA	COT	AH	AF	HU
		-	mV	g kg <sup>-1</sup>					
P <sub>1</sub>	μ	4,78	58,12	0,002	0,001	0,065	0,021	0,016	0,014
	Mínimo	4,00	44,14	0,001	0,000	0,044	0,009	0,006	0,006
	Máximo	5,20	78,30	0,004	0,002	0,080	0,034	0,025	0,025
	σ	0,45	12,49	0,001	0,001	0,013	0,010	0,008	0,006
P <sub>2</sub>	μ	6,81	82,87	0,025	0,015	0,647	0,123	0,161	0,125
	Mínimo	6,30	75,20	0,018	0,010	0,318	0,056	0,090	0,050
	Máximo	7,41	89,23	0,028	0,018	0,935	0,182	0,210	0,220
	σ	0,47	6,00	0,004	0,003	0,247	0,046	0,041	0,058
P <sub>3</sub>	μ	5,62	75,40	0,016	0,007	1,285	0,300	0,251	0,597
	Mínimo	4,83	69,40	0,011	0,004	0,922	0,173	0,080	0,252
	Máximo	7,43	89,20	0,019	0,008	1,724	0,622	0,556	0,867
	σ	0,96	7,46	0,004	0,002	0,324	0,178	0,170	0,203
P <sub>4</sub>	μ	7,54	113,18	0,032	0,011	1,963	0,556	0,483	0,720
	Mínimo	6,99	98,56	0,021	0,010	1,547	0,241	0,071	0,569
	Máximo	7,92	129,30	0,037	0,013	2,246	0,842	0,670	0,886
	σ	0,34	12,85	0,006	0,001	0,251	0,213	0,233	0,129
P <sub>5</sub>	μ	7,08	52,57	0,020	0,006	0,961	0,190	0,211	0,414
	Mínimo	6,54	45,17	0,016	0,004	0,460	0,099	0,099	0,019
	Máximo	7,71	63,15	0,025	0,009	1,724	0,395	0,556	0,748
	σ	0,44	6,70	0,004	0,002	0,438	0,107	0,176	0,266
P <sub>6</sub>	μ	6,14	94,42	0,026	0,014	1,833	0,327	0,384	0,928
	Mínimo	5,60	88,60	0,020	0,011	1,657	0,195	0,108	0,633
	Máximo	6,75	101,11	0,030	0,017	2,176	0,492	0,556	1,265
	σ	0,48	5,35	0,004	0,002	0,187	0,124	0,153	0,270

O CP3 apresentou uma variância total de 9,62%, formado pelo carbono orgânico solúvel em água (CSA). Considerada a fração mais lábil e reativa do carbono no solo, reflete a fase inicial da degradação dos materiais orgânicos adicionados ao solo e é liberado em poucas semanas ou meses (WU, 2020).

Na Tabela 7 observa-se que o CSA se correlacionou positivamente com os SST (r = 0,79; p ≤ 0,001). Essa relação sugere que o carbono orgânico presente nos sólidos transportados pelo escoamento superficial para os ambientes aquáticos é mais propenso ao ataque microbia-

no e, portanto, apresenta alta taxa de decomposição. Nos pontos P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>6</sub> foram obtidas as maiores concentrações de SST e de CSA. Esse resultado evidencia a interrelação existente entre as características do conteúdo orgânico da água e do sedimento.

Por estar relacionado às formas mais ativas, o CSA tende a se associar às superfícies de troca dos minerais do solo, desempenhando papel im-

portante nos processos iônicos e na ciclagem de nutrientes (RANGEL et al., 2007).

As concentrações de CSA variaram de 0,0 (P1) a 0,02 g.kg<sup>-1</sup> (P2) ao longo dos pontos amostrais. De acordo com Pessoa et al. (2012), o CSA de solos de superfície sofre grande influência do pedoambiente e da face de exposição a que está exposto, sendo esse fato atribuído às condições microclimatográficas resultantes da intensidade de radiação solar interceptada pelo solo.

**Tabela 7** - Matriz de correlação entre os parâmetros determinados nas águas superficiais e nos sedimentos de leitos de microbacias do Cariri cearense.

	OD	DBO	DQO	SST	Ssed	pH	Eh	COT	AH	AF	HU	CL	CSA
OD	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DBO	-0,62	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DQO	-0,50	<b>0,94</b>	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
SST	<b>-0,87</b>	0,64	0,48	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ssed	-0,41	0,12	-0,00	0,62	1	---	---	---	---	---	---	---	---
pH	-0,65	0,56	0,43	0,65	0,26	1	---	---	---	---	---	---	---
Eh	-0,59	0,68	0,53	0,70	0,30	0,43	1	---	---	---	---	---	---
COT	-0,64	<b>0,79</b>	<b>0,80</b>	0,61	0,01	0,42	0,69	1	---	---	---	---	---
AH	-0,55	<b>0,74</b>	0,67	0,50	0,14	0,59	0,68	<b>0,71</b>	1	---	---	---	---
AF	-0,44	0,61	0,63	0,51	0,02	0,32	0,61	<b>0,80</b>	0,47	1	---	---	---
HU	-0,56	0,63	0,68	0,41	-0,2	0,26	0,54	<b>0,88</b>	0,57	0,56	1	---	---
CL	<b>-0,73</b>	0,68	0,60	<b>0,78</b>	0,21	0,67	<b>0,70</b>	0,70	0,52	0,69	0,46	1	---
CSA	-0,67	0,42	0,31	<b>0,79</b>	0,38	0,47	0,63	0,47	0,32	0,42	0,33	<b>0,82</b>	1

Na análise das correlações entre os parâmetros avaliados na água e no sedimento (Tabela 7) também foi verificado que o COT, que é função do carbono mais facilmente mineralizável pelos microrganismos (CL) e do carbono mais recalcitrante (SH = AH + AF + HU), correlacionou-se positivamente com AF (r = 0,80; p < 0,0001), AH (r = 0,71; p ≤ 0,01) e HU (r = 0,88; p ≤ 0,01). Deveras, observou-se a predominância das substâncias húmicas na composição do COT.

Ao se avaliar a relação AH/AF (que indica a qualidade do material humificado e informa sobre a dinâmica da matéria orgânica na água e no sedimento), constatou-se que as maiores médias foram obtidas nos pontos que possuem os maio-

res percentuais de vegetação preservada. Assim, em P<sub>1</sub> foi obtida a maior média dessa relação (AH/AF = 2,0). Em P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub> e P<sub>6</sub>, as médias foram iguais a 1,7, 1,4 e 1,0, na devida ordem.

De acordo com Ferreira et al. (2020), valores de AH/AF iguais ou superiores a 1 indicam adequadas condições de manejo do solo. Souza et al (2020) sugerem que o valor dessa relação está associado com o ambiente de formação da matéria orgânica, a qual determina as características estruturais do AH. Os autores Chen e Chiu (2003) relataram que a característica estrutural da matéria orgânica do solo é diferenciada de acordo com a sua distribuição granulométrica e com a vegetação do ambiente de formação.

Por outro lado, nos pontos localizados em áreas com maiores percentuais de solo exposto e de infraestrutura urbana ( $P_2$  e  $P_4$ ), as médias dos valores da relação AH/AF foram iguais a 0,82. Esse resultado sugere que a alteração do uso e da ocupação do solo do entorno desses pontos de coleta está modificando a rota metabólica da matéria orgânica nos sedimentos de leito e a qualidade do material humificado nestes ambientes.

Também foram obtidas correlações positivas entre o CL e os seguintes parâmetros: CSA ( $r = 0,82$ ;  $p \leq 0,001$ ), SST ( $r = 0,78$ ;  $p = < 0,0001$ ) e Eh ( $r = 0,70$ ;  $p = < 0,0001$ ); além de correlação negativa entre CL e OD ( $r = - 0,73$ ;  $p = < 0,0001$ ).

De fato, como o CSA é a fração que está mais propensa ao ataque microbiano, meios mais oxidantes ( $Eh > 0$ ) favorecem a rápida decomposição do carbono orgânico, com liberação das formas mais lábeis e aumento da depleção de oxigênio dissolvido no meio.

A relação positiva entre SST, CL e CSA pode ser explicada pelos cenários apresentados nos pontos estudados, havendo uma interação entre a declividade e o uso da cobertura do solo nas microbacias, conforme Fig. 2. Nesse contexto, três fatores favoreceram o transporte de compostos orgânicos mais facilmente mineralizáveis pelos microrganismos (CL e CSA), na forma de sólidos suspensos, para os ambientes aquáticos estudados: a ausência da vegetação marginal, o escoamento superficial e o lançamento de esgotos domésticos. Nos pontos P2, P4 e P6 foram obtidas as maiores concentrações de SST e de CL e CSA.

#### 4 CONCLUSÃO

Da investigação do conteúdo orgânico das águas superficiais e dos sedimentos de leito da rede natural de drenagem das microbacias do Rio Batateira e dos riachos dos Macacos e Timbaúbas,

localizadas em Juazeiro do Norte-CE, foram obtidas as seguintes conclusões:

- Nos pontos localizados em áreas com solo exposto e ocupadas por infraestrutura urbana foram obtidos os maiores percentuais de matéria orgânica biodegradável na água, os quais foram associados ao aporte desse tipo de constituinte pelos esgotos domésticos lançados ao longo da rede natural de drenagem. Por serem mais propensas ao ataque microbiano, ao serem estocadas no compartimento sedimentar, também contribuíram para aumentar as concentrações dos ácidos húmicos nos sedimentos de leito estudados. As frações mais lábeis do COT (CL e CSA) nos sedimentos também sofreram influência dos sólidos suspensos totais presentes nas águas superficiais.

- O aporte de material alóctone nos ambientes aquáticos estudados contribuiu para alterar as condições oxidantes do meio e, em consequência, o tipo (em relação a estabilidade) e as concentrações das formas de carbono estudadas. Nos ambientes mais oxidantes, foram obtidas as maiores concentrações da fração lábil do carbono orgânico (CL).

- Dentre as substâncias húmicas, a fração predominante nas amostras de sedimentos coletadas em pontos mais antropizados foi a humina, que corresponde à fração de C que se encontra intimamente associada à mineralogia do solo da região, rica em óxidos de silício, alumínio e ferro e a textura do solo (predominantemente argilosa) do entorno dos ambientes estudados.

- Nos pontos localizados em áreas com os maiores percentuais de área com solo exposto e de infraestrutura urbana ( $P_2$  e  $P_4$ ), os valores da relação AH/AF foram menores que 1. Esse resultado sugere que a alteração do uso e ocupação do solo do entorno desses pontos está modificando a rota metabólica da matéria orgânica dos sedi-

mentos de leito e a qualidade do material humificado nestes ambientes.

- A inter-relação entre o conteúdo orgânico das águas superficiais e do sedimento de leito da rede de drenagem natural de microbacias da região do Cariri cearense é explicada pela influência da DBO e dos SST sobre os AH e as formas de carbono lábil (CL e CSA).

- Por meio da ACP verificou-se que os parâmetros mais significativos na variação da qualidade da água nas microbacias estudadas estão relacionados às atividades de caráter antrópico. O parâmetro sólidos suspensos totais compôs o componente que explicou a porcentagem majoritária (63,72%) de variância dos dados de qualidade de água. Supressão da mata ciliar, associada ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, explicou 26,68 % da variação dos dados de qualidade da água no município.

- Em relação à ACP realizada com os dados dos parâmetros avaliados nos sedimentos de leito, constatou-se que o COT explicou 62,38% da variação total dos dados, seguido, em ordem de significância, pelo ácido húmico e humina e pelo carbono solúvel em água.

- A análise dos componentes principais indica que a alteração no conteúdo orgânico da água e dos sedimentos de leito está associada às diferentes formas de uso e ocupação do solo das microbacias estudadas, relacionadas, principalmente, à supressão da mata ciliar em áreas no entorno dos pontos de coleta estudados e à precariedade do sistema de esgotamento sanitário em áreas ocupadas por infraestrutura urbana.

Diante do exposto, é importante destacar que os pontos  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$  e  $P_6$  estão localizados em zonas de interesse ambiental, definidas pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do município de Juazeiro do Norte-CE como Zona Especial 2 -ZE2 ( $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_5$  e  $P_6$ ) e Zona Especial 3 - ZE3 ( $P_3$ ),

que desempenham a importante função ecossistêmica de regulação ecológica, uma vez que estão relacionadas com a preservação e a proteção dos recursos hídricos incidentes neste município.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Os autores não têm nenhum interesse concorrente em relação ao artigo submetido.

## 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**Conceitualização:** Brito AS, Brito MGSL e Silva FJA; **Metodologia:** Brito AS e Brito MGSL; **Investigação:** Brito AS, Almeida FS e Amaro WROG; **Redação:** Brito AS e Brito MGSL; **Redação-Revisão & Edição:** Brito AS, Brito MGSL e Silva FJA; **Aquisição de Financiamento:** Brito AS, Brito MGSL e Silva FJA; **Recursos:** Brito AS, Brito MGSL e Silva FJA; **Supervisão:** Brito, MGSL

## 7 REFERÊNCIAS

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for examination of Water and Wastewater**. 22. ed., Washington: APHA, 2012. 1496 p.
- ARTES, R.: Aspectos estatísticos da análise fatorial de escalas de avaliação. **Revista de Psiquiatria Clínica**, 25(5):223-228, 1998. <http://www.hcnet.usp.br/ipq/revista/r255/conc255d.htm>.
- BENNER, R. Molecular indicators of the bioavailability of dissolved organic matter. In: Findlay, S.E.G. and Sinsabaugh, R.L., ed. **Aquatic Ecosystems interactivity of dissolved organic matter**. San Diego, California: Academic Press, 2003, 121-135. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-012256371-3/50006-8>.
- BERTOLINO, S.M., CARVALHO, C.F., AQUINO, S.F., Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaerobia dos esgotos produzidos em Campus Universitário. **Rev. Eng. San. Ambient.** Vol. 13, nº 3, jul/set. 2008.
- BEZERRA, J.M.; BATISTA, R.O.; SILVA, P.C.M. da. Caracterização do processo de poluição dos sedimentos do Rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Mossoró-RN. **Sociedade & Natureza**, vol. 13, núm. 3, pp. 108-126, 2018.

- BUFFLE, J.; ZALI, O.; ZUMSTEIN, J.; VITRE, R. Analytical methods for the direct determination of inorganic and organic species: seasonal changes of iron, sulfur, and pedogenic and aquogenic organic constituents in the eutrophic Lake Bret, Switzerland. **Science of the Total Environment**, v. 64, n. 1-2, p. 41-59, 1987. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(87\)90121-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(87)90121-5).
- CARDOSO, S.J., VIDAL, L.O., MENDONÇA, R.F., TRANVIK, L.J., SOBEK, S. and FÁBIO, R. SPATIAL variation of sediment mineralization supports differential CO<sub>2</sub> emissions from a tropical hydroelectric reservoir. **Frontiers in Microbiology**, 2013, 4, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00101>. PMID:23641239.
- CARDOSO, S. J.; QUADRA, G. R.; RESENDE, N. S., ROLAND, F. O papel dos sedimentos nos ciclos de carbono e poluentes em ecossistemas aquáticos. **Acta Limnol. Bras.** [online]. 2019, vol.31, e201. Epub Sep 12, 2019. ISSN 2179-975X. <https://doi.org/10.1590/s2179-975x8918>.
- CENTENO, L.N.; CECCONELLO, S.T. Modelagem multivariada para identificação de fontes de poluição, por meio de parâmetros limnológicos da qualidade da água: um estudo de caso do Arroio Grande/RS. **Revista Thema**, v.19, n.1, p28-36, 2021. <https://doi.org/10.15536/thema.V19.2021.28-36.1499>.
- CHEN, J. S.; CHIU, C. Y. Characterization of soil organic matter in different particle-size fractions in humid subalpine soils by CP/MAS 13C NMR. **Geoderma**. 2003, 117, 129.
- COSTA, C. T. F. da, BEZERRA, J. E. C. D., PAULA FILHO, F. J. de, FIRMINO, P. R. A., & Souza, R. B. de. (2020). Análise multivariada aplicada ao estudo hidroquímico das águas subterrâneas na bacia sedimentar do Araripe – CE. **Águas Subterrâneas**, 34(2). <https://doi.org/10.14295/ras.v34i2.29874>.
- FERREIRA, N.C.; BARBIRATO, J.O.; DOBBS, L.B. Análise ambiental do principal rio de abastecimento do estado do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3154-3169, 2020. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-035>.
- FINKLER, N.R.; PERESIN, D.; COCCONI, JARDEL.; BORTOLIN, T.A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V.E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Ambiente & Água** – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science, v.10, n.4, 2015. ISSN 1980-993X – <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.
- FUNCEME. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará: Parte II Mesorregião do Sul Cearense**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, Fortaleza, 2006.
- GOMES, M.C.R, MENDONÇA, L.A.R., LIMA, M.G.S, ARAÚJO, A.O. Similaridade de atributos físico-químicos com uso de análise multivariada aplicada à gestão qualitativa de águas subterrâneas. **Revista Geociências**, Unesp, v. 36, n. 2, 2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo geográfico 2019**. Online. <[www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindou.htm](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindou.htm)>. Acesso em 08. Dez. 2020.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal**. Online. <[www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm\\_2013](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm_2013)>. Acesso em 05. Out. 2020.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 03, p. 187-200, 1958. <https://doi.org/10.1007/BF02289233>.
- KRETZSCHMAR, R., BORKOVEC, M., GROLIMUND, D., ELIMELECH, M.. **Advances in Agronomy**. Mobile Subsurface Colloids and Their Role in Contaminant Transport. Volume 66, 1999, Pages 121-193.
- LIU S.; MANSON, J. E.; STAMPFER, M. J.; HU, F. B.; GIOVANNUCCI, E.; COLDITZ, G. A. et al. A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women. **American Journal of Public Health**, v. 90, n. 9, p. 1409-1415, 2000.
- MAPBIOMAS, 2018. **Base de dados das estatísticas dos mapas do MapBiomias na Coleção 3.0**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/pages/estatisticas>. Acesso fev/2019.
- MARINHO A.C.C.S.; JC PORTELA, J.C.; SILVA, E.F.; DIAS, N.S.; SOUSA JÚNIOR, F.S.; SILVA, A.C.; SILVA, J. F. Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal Crop Science**, v. 10, n.1, p. 32-41, 2016.
- MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107 p.
- MENDONÇA, R., KOSTEN, S., SOBEK, S., CARDOSO, S.J., FIGUEIREDO-BARROS, M.P., ESTRADA, C.H.D. and ROLAND, F. Organic carbon burial efficiency in a subtropical hydroelectric reservoir. **Biogeosciences**, 2016, 13(11), 3331-3342. <https://doi.org/10.5194/bg-13-3331-2016>.
- METCALF; EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução de Ivanildo Espanhol e José Carlos Mierzwa. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 1980 p. 2016.
- PESSOA, P. M. A.; DUDA, G. P.; de BARROS, R. B.; dos SANTOS FREIRE, M. B. G.; do NASCIMENTO, C. W. A.; CORREA, M. M. Frações de carbono orgânico de um Latossolo húmico sob diferentes usos no agreste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, n.1, p. 97-104, 2012.
- PINTO, C. C.; FARIA, F. P. C. P.; ALMEIDA, G. M. Utilização de modelo baseado em análise por componentes principais para identificação de condições críticas de qualidade de água superficial. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.4, p.288-305, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0024>.
- RAM, A. & ZINGDE, M D. Interstitial water chemistry and nutrients fluxes from tropical intertidal sediment. **Indian Journal of Marine Sciences**. Vol. 29, December 2000.

RANGEL OJP, SILVA CA, GUIMARAES PTG. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **R Bras Ci Solo**. 2007;31:1341-53.

SOUZA, C.C.B.; OLIVEIRA, D.F.; SOUZA, R.S.; SOUZA, A.F.F.; COSTA, T.G.A.; LIMA, B.R.; SOUZA, W.S.; SANTOS, O.A.Q.; PINHEIRO JUNIOR, C.R.; LEITE, F.F.G.D.; MOURA, O.V.T.; AGUIAR, T.C.; LÁZARO, M.L.; LIMA, A.C.B.P.; GARCÍA, A.C. Diferenciação de ácidos húmicos de diferentes origens mediante RMN de <sup>13</sup>C via CP/MAS e ATR-FTIR aliado à quimiometria. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 2, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200153>.

SWINNEN, W.; BROOHTAERTS, N.; HOEVERS, R.; VERSTRAETEN, G. Anthropogenic legacy effects control sediment and organic carbon storage in temperate river floodplains. **CATENA**, v. 195, p. 104897, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104897>.

WANG, W-X.; RAINBOW, P.S. **Environmental pollution of the Pearl River Estuary**, China status and impact of contaminants in a rapidly developing region. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020. 125p.

WU, Y., FANGA, H., HUANGA, L., CUI., Z. Particulate organic carbon dynamics with sediment transport in the upper Yangtze River. **Water Research** 184 (2020) 116193.