



IV - 691 - ANÁLISE SAZONAL DA QUALIDADE HÍDRICA DE UM TRECHO DE RIO URBANO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Laisa Daiana Alcântara Costa⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE) - *Campus Juazeiro do Norte*. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Programa de Eng. Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Francisco Wedson Faustino⁽²⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo IFCE - *Campus Juazeiro do Norte*. Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), da Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Jefferson Davi Silva Lemos⁽³⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo IFCE - *Campus Juazeiro do Norte*. Pós-graduado em Docência do Ensino Superior pelo Instituto Cultus e em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela FAVENI.

Francisca Adriana Fernandes Simões⁽⁴⁾

Tecnóloga em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC) - Unidade Cariri. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo PPGECA – UFCG. Técnica do Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária (LEAS) do IFCE - *Campus Juazeiro do Norte*.

Yannice Tatiane da Costa Santos⁽⁵⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET). Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Química Biológica da Universidade Regional do Cariri (URCA). Professora do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do IFCE - *Campus Juazeiro do Norte*.

Endereço⁽¹⁾: Rua Monsenhor José Coutinho, 210 - Presidente Médici - Campina Grande - Paraíba - CEP: 58417-640 - Brasil - Tel: +55 (88) 99835-8267 - e-mail: laisa.daiana@estudante.ufcg.edu.br / daiana.laisa@gmail.com.

RESUMO

A forte pressão antrópica exercida sobre os rios urbanos intermitentes do Semiárido brasileiro, têm comprometido a disponibilidade de água para a população que habita essa região. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar de forma sazonal a qualidade da água do rio Salgadinho, que percorre um trecho urbano de Juazeiro do Norte. Bem como, averiguar a influência das precipitações na diluição do efluente tratado que é lançado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – Malvas neste corpo receptor. Foram realizadas 27 coletas de água, ao longo do ano de 2017, em três pontos do rio (R1, R2 e R3) e na saída do emissário (Efluente) da ETE, para posterior avaliação dos parâmetros físicos, químicas e microbiológicas destas amostras. Empregou-se os testes estatísticos Shapiro-Wilk, *t* de Student e Wilcoxon, bem como, foi efetuada a análise de componentes principais para cada ponto de coleta. Todos os parâmetros, em que os testes *t* apontaram variação significativa de suas concentrações com a mudança sazonal, obtiveram maiores teores nos meses de estiagem, com exceção apenas dos Coliformes Termotolerantes (CTT) no R1, foram eles: Condutividade Elétrica (R1, Efluente, R2 e R3); pH (R2 e R3); Sólidos Totais (R1, Efluente, R2 e R3); Alcalinidade Total (R1, Efluente e R2); Fósforo Total – PT (R1 e Efluente); Nitrogênio Amoniacal – NA (R3); Oxigênio Dissolvido – OD (R2); e CTT (R1). Em relação a obediência do rio Salgadinho aos padrões de qualidade requeridos nas Resoluções n° 274/2000 e n° 357/2005, verificou-se baixos percentuais de atendimento do NA, PT, CTT e OD. O efluente tratado não exibiu 100% de consonância em se tratando das concentrações de Nitrito e CTT para com as Resoluções n° 430/2011 e n° 02/2017, sendo o atendimento mais baixo nos meses chuvosos. Esta pesquisa evidenciou um cenário de vulnerabilidade deste rio, diante de suas cargas poluidoras, o qual é ainda mais acentuado no período seco, subentendendo-se que é quando a sua vazão está mais baixa e consequentemente o seu potencial diluidor e autodepurador

PALAVRAS-CHAVE: Rios intermitentes, Poluição hídrica, Padrões de qualidade da água, Tratamento de efluentes, Lagoa de maturação.

**INTRODUÇÃO**

A região Semiárida Brasileira (SAB) abrange uma área de aproximadamente 1,13 milhão de km², que se estende por 1.262 municípios pertencentes aos estados do Nordeste do Brasil e ao norte de Minas Gerais (Sudene, 2017). Esta região possui como características ambientais naturais uma precipitação pluviométrica irregular, elevada evapotranspiração potencial média, supremacia de solos rasos localizados sob formações cristalinas, um rápido escoamento superficial (Silva *et al.*, 2017), predominância de rios intermitentes e um reduzido número de aquíferos (Gheyi *et al.*, 2012). Estes fatores ambientais aliados a políticas públicas muitas vezes ineficientes e ao manejo inadequado dos recursos ambientais existentes, tem dificultado o suprimento das necessidades básicas da população residente durante os longos períodos de seca. O SAB ainda apresenta a maior concentração populacional entre as regiões Semiáridas do planeta (Silva *et al.*, 2017), abrigando uma população de aproximadamente 27,9 milhões de habitantes (Sudene, 2017), o que gera consequências mais difíceis de superar, se comparada às outras regiões Semiáridas.

Na região SAB também é comum haver a degradação dos recursos naturais presentes, como a salinização e a erosão do solo, a perda da fauna e da flora e a escassez de água, tanto em quantidade, quanto em qualidade. Tudo isso se deve, dentre outras causas, ao processo de urbanização sem planejamento que vem ocorrendo ao longo dos anos em muitas das cidades do Brasil, incluindo as dessa região. O uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, o desmatamento da mata ciliar, a precariedade do tratamento de efluentes sanitários, a disposição inadequada dos resíduos sólidos e a contaminação das áreas de recarga dos aquíferos, são algumas das razões da depreciação dos corpos hídricos brasileiros (Tundisi *et al.*, 2015), em especial daqueles localizados nesta região. Os rios de caráter intermitentes e os reservatórios de pequeno porte possuem ainda mais limitações em sua capacidade de autodepuração (Cirilo; Montenegro; Campos, 2010). Estes fatores podem ter ainda como consequência, a incidência de doenças de veiculação hídrica, principalmente na população desprovida do fornecimento de água tratada.

Diante do exposto, faz-se necessário conhecer os padrões hidroclimáticos e sua relação com a qualidade das águas, uma vez que a capacidade de suporte dos mananciais às cargas poluidoras – que são contínuas ao longo dos anos, como é o caso de despejos de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) em corpos hídricos receptores – tem se mostrado dependente da sazonalidade (Freire, 2020). Todavia, a influência das precipitações na qualidade das águas fluviais é muitas vezes resultante das características da bacia de drenagem, pois ao passo que a água da chuva pode carrear poluentes ao longo de uma bacia hidrográfica para dentro dos rios, também pode ajudar na diluição da poluição existente (Augustyn *et al.*, 2016). Percebe-se que em áreas de menor influência antrópica a qualidade das águas superficiais tem se mostrado mais estável durante os meses chuvosos e secos, quando comparadas às áreas urbanizadas (Girardi *et al.*, 2016). Não é apenas a variação sazonal da qualidade da água de grandes rios que deve ser estudada, mas também dos pequenos tributários, uma vez que estes têm o potencial de interferir nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas dos rios principais, seja de forma positiva, diminuindo a concentração das cargas poluidoras, ou negativa, contribuindo com a sua contaminação. Um exemplo é o rio Salgadinho, que é um importante afluente do principal rio da sub-bacia do Salgado no sul cearense e cuja qualidade tem sido relatada como imprópria em muitos estudos que analisam os usos múltiplos a ele atribuídos para águas de classe II (Costa *et al.*, 2018; Faustino *et al.*, 2018; Freire, 2020; Lima *et al.*, 2020; Nunes *et al.*, 2019; Sabiá, 2008; Souza, 2014; Xavier, 2020).

O rio Salgadinho se refere ao trecho do rio Batateiras que transpassa o município de Juazeiro do Norte (CE). O Salgadinho está incluso em um contexto de elevada pressão antrópica, uma vez que os municípios por onde este percorre têm vivenciado um acelerado processo de urbanização, com deficiência em seus sistemas de saneamento básico, destacando-se Crato e Juazeiro do Norte. De forma paralela, tem-se agravado os problemas ambientais destes municípios, comprometendo de maneira geral a qualidade de vida da população e a sustentabilidade dessa região, sendo consequência da falta de planejamento, ordenação e regulação destes espaços urbanos (Araújo *et al.*, 2021). Salienta-se que o rio Salgadinho serve de corpo receptor para o efluente tratado pela ETE-Malvas, que é a estação mais antiga e centralizada de Juazeiro do Norte. Há ainda, uma escassez de estudos minuciosos sobre o comportamento da qualidade da água deste rio e de seu potencial diluidor mediante as variações sazonais do clima Semiárido no qual está inserido. Portanto, com este trabalho espera-se encontrar, através da análise estatística dos dados, uma relação entre a pluviosidade e a qualidade da



água do rio Salgadinho, onde possivelmente nos meses de menores precipitações ocorre uma redução da capacidade de autodepuração do rio frente às suas cargas poluidoras.

OBJETIVOS

Analisar de forma sazonal a qualidade da água do rio Salgadinho, que percorre o trecho urbano de Juazeiro do Norte - CE, averiguando a influência das precipitações na diluição do efluente tratado que é lançado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – Malvas neste corpo receptor.

METODOLOGIA UTILIZADA

ÁREA DE ESTUDO E PARÂMETROS ANALISADOS

A pesquisa foi realizada em um trecho de 1,1 km do rio Salgadinho, de fluxo intermitente, que perpassa à zona urbana do município de Juazeiro do Norte localizado no sul do Ceará, região de clima Semiárido. Este município possui uma área territorial de 258,8 km², que em 2021 abrigava uma população estimada em 278.264 habitantes, com uma taxa de urbanização de 96,07% segundo o censo de 2010 (IPECE, 2022). Juazeiro do Norte possuía uma taxa de cobertura urbana de água e esgoto, em 2021, de 99,25% e 35,58%, em 2021, respectivamente (IPECE, 2022). O referido município conta com cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) que juntas somam uma vazão de 260,77 L.s⁻¹, estando estas ligadas a diferentes tipologias de rede de esgotamento (Freire, 2017). Contudo, a maioria dos bairros do município de Juazeiro do Norte lançam suas águas servidas de forma irregular nas vias de drenagem de águas pluviais (Freire; Santos, 2018). A ETE – Malvas é a estação mais antiga de Juazeiro do Norte (cujo início de instalação data de 1992) e que recebe, de forma centralizada, efluentes de 14 bairros deste município, além de despejos de imunizadoras locais (Freire, 2017). Esta estação é operada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) e é composta por um sistema preliminar, contendo gradeamento, duas caixas de areia em paralelo e uma calha Parshall. O sistema preliminar é seguido por um de lagoas de estabilização do tipo australiano, composto por duas lagoas anaeróbias em paralelo, duas facultativas, também em paralelo e, posteriormente, uma única lagoa de maturação para dar um polimento final ao esgoto. O corpo receptor do efluente tratado pela ETE é o rio Salgadinho. A ETE – Malvas tem uma vazão média de projeto compreendida em 204,7 L.s⁻¹ e um Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) previsto em 22,8 dias, sendo sua operação realizada por meio de uma divisão igualitária dos efluentes para os pares de lagoas anaeróbias e facultativas (Rodrigues, 2005).

Nesta pesquisa foram selecionados por mapeamento via imagem de satélite e visitas em campo, quatro pontos para a realização das coletas, sendo estes: R1 (7°11'19.69"S e 39°18'34.63"O), representando a montante do lançamento de efluentes da lagoa de estabilização; efluente (7°11'20.26"S e 39°18'32.84"O), que representa o emissário da ETE; R2 (7°11'20.60"S e 39°18'30.93"O), correspondendo a região de mistura do efluente com o rio; e R3 (7°11'29.73"S e 39°17'52.91"O), selecionado como possível zona de autodepuração do rio após o lançamento do efluente. O mapa de localização e os pontos de coleta estão representados na Figura 1.

Ao todo foram realizadas 27 coletas, seguindo os procedimentos metodológicos de AWWA – American Water Works Association, APHA – American Public Health Association e WEF – Water Environment Federation (2012), estando estas distribuídas entre os meses de fevereiro e dezembro de 2017. Os parâmetros físicos analisados foram: Condutividade Elétrica - CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); pH (adimensional); Sólidos Totais - ST (mg.L^{-1}); Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); e Turbidez - TB (UNT). Os químicos foram: Alcalinidade Total - AT ($\text{mg}_{\text{CaCO}_3}.\text{L}^{-1}$); Demanda Química de Oxigênio - DQO ($\text{mg}_{\text{O}_2}.\text{L}^{-1}$); Fósforo Total - PT ($\text{mg}_{\text{P}}.\text{L}^{-1}$); Nitrito ($\text{mg}_{\text{N}}.\text{L}^{-1}$); Nitrogênio Amoniacal - NA ($\text{mg}_{\text{N}}.\text{L}^{-1}$); Nitrogênio Orgânico - NO ($\text{mg}_{\text{N}}.\text{L}^{-1}$); e Oxigênio Dissolvido - OD ($\text{mg}_{\text{O}_2}.\text{L}^{-1}$). Os microbiológicos: Bactérias Heterotróficas Mesófilas - BHM (UFC.mL^{-1}); e Coliformes Termotolerantes - CTT (NMP.100mL^{-1}). Com exceção do Nitrito, cujo método utilizado nas análises laboratoriais foi o descrito por Silva e Oliveira (2001), todos os demais seguiram os procedimentos analíticos presentes em AWWA, APHA e WEF (2012).

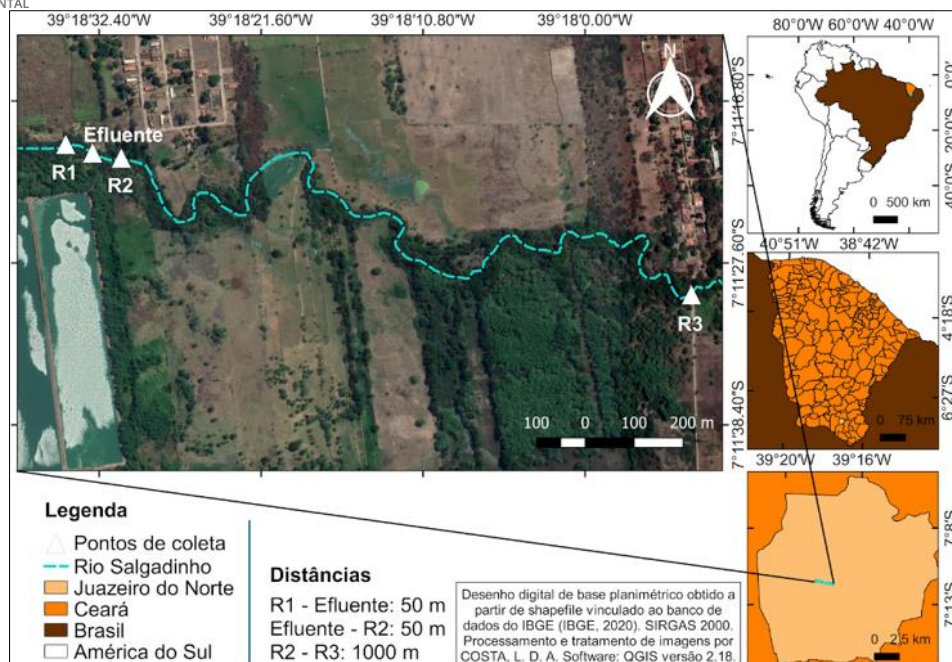


Figura 1: Mapa de localização do trecho do rio Salgado estudado e pontos de coleta utilizados.

Para a obtenção das parcelas de amônia livre (NH_3) presentes nas concentrações de NA foi empregada a Equação 1, que é uma adaptação feita de Emerson *et al.* (1975). Esta equação parte do princípio de que a fração de NH_3 presente na água pode ser determinada em função do pH e da temperatura do líquido.

$$[\text{NH}_3] = \frac{\text{NA}}{1 + 10^{[0,09018 + \left(\frac{2729,92}{T+273,15}\right) - \text{pH}]}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: $[\text{NH}_3]$ é a concentração de amônia livre, em $\text{mg}_\text{N} \cdot \text{L}^{-1}$; NA é a concentração de nitrogênio amoniacal, em $\text{mg}_\text{N} \cdot \text{L}^{-1}$; T é a temperatura da água, em °C; e pH é o potencial hidrogeniônico da água, adimensional.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os valores obtidos nas análises laboratoriais deste estudo que se encontravam abaixo do Limite de Detecção (LD) do método analítico, foram substituídos por $\frac{1}{2}$ de LD para a realização das análises estatísticas, segundo recomendações de Oliveira (2018). Os *outliers* foram calculados pelo método da variação interquartil (IQR) multiplicada por 1,5, e os resultados foram analisados caso a caso, optando-se por manter no estudo aqueles que demonstraram representar a própria dinâmica do rio.

Utilizou-se o *software Statistica* (versão 10.0) para realização da estatística descritiva básica, identificação de *outliers*, elaboração de gráficos *box-plot* e aplicação dos testes Shapiro-Wilk, t de Student e Wilcoxon's *matched pairs*. Todos os testes estatísticos consideraram o nível de significância de 5% (Gotelli; Ellison, 2011). O teste Shapiro-Wilk (SW) se baseia nos valores amostrais ordenados e elevados ao quadrado e é utilizado com o objetivo de verificar a normalidade dos dados. O SW foi empregado neste estudo para cada parâmetro e período do ano. Os testes t pareados de Student (para as variáveis paramétricas) e Wilcoxon (para os dados não paramétricos), ambos para duas amostras aleatórias dependentes, foram escolhidos com a finalidade de verificar se havia diferença significativa na qualidade da água do rio de acordo com a sazonalidade, parâmetro por parâmetro.



Com o objetivo de facilitar a análise da influência da precipitação na qualidade da água do rio Salgadinho, buscou-se realizar agrupamentos sazonais dos meses chuvosos e secos, os quais, para fins de entendimento, foram denominados de períodos. Para tanto, empregou-se um dos métodos propostos por Gregory (1979), reproduzido por Moura *et al.* (2015), onde a fronteira que determina se um mês é chuvoso ou seco é representada pelo valor da mediana da precipitação da série histórica. Dessa forma, essa fronteira foi calculada pela média das medianas mensais de uma série histórica de 43 anos (1974-2016). As precipitações pluviométricas, tanto para o ano do estudo (2017), quanto para a série histórica, foram obtidas da plataforma de banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), para o posto pluviométrico de Juazeiro do Norte localizado no bairro Lagoa Seca (7°14'45.0"S e 39°19'34.5"O), por ser este o posto do município com maior consistência de dados.

Salienta-se que a quantidade de dados dos dois períodos (chuvoso e seco) foi igualada com o intuito de aumentar a eficiência dos testes *t* empregados. Para tanto, calculou-se a média aritmética das coletas com datas próximas que foram realizadas nos meses secos (já que esta possuía o maior número de dados), até que a quantidade dos dois períodos se tornasse a mesma.

Aplicou-se a Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis – PCA*), através do *software Paleontological Statistics – Past* (versão 4.03), para cada ponto de coleta, com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados multivariados e de entender o comportamento dos diversos parâmetros de qualidade da água de forma conjunta. As unidades das diferentes variáveis empregadas na PCA, foram previamente padronizadas utilizando-se a equação do *score-z*, descrita por Gotelli e Ellison (2011).

ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE QUALIDADE

A qualidade da água do rio Salgadinho foi avaliada mediante o atendimento à Resolução Conama n° 357/2005, no que concerne aos padrões de qualidade para águas doces classe II, uma vez que este rio não possui um enquadramento definido. Também foi verificada a obediência do rio Salgadinho aos critérios de balneabilidade para águas categorizadas como satisfatórias, no que se refere às concentrações de CTT presentes na Resolução Conama n° 274/2000. Contudo, uma vez que esta última Resolução exige que para o mesmo local sejam colhidas amostras em cada uma das cinco semanas anteriores ao estudo e que as coletas realizadas nesta pesquisa nem sempre ocorreram com uma frequência semanal, optou-se pelo comparativo do padrão de balneabilidade com a média geométrica de CTT, calculada para cada cinco coletas consecutivas de cada período, até que $i = n - 4$ (ver Equação 2).

$$\bar{G}_i = \sqrt[5]{x_i * x_{i+1} * x_{i+2} * x_{i+3} * x_{i+4}} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que: \bar{G}_i é média geométrica, em NMP.100ml⁻¹; x_i é a coleta de número *i*, em NMP.100ml⁻¹; e *n* é o número de coletas do período, adimensional.

A qualidade do efluente tratado pela ETE-Malvas que é disposto no rio Salgadinho, foi verificada segundo os padrões para lançamento de esgotos sanitários líquidos que estão dispostos na Resolução Conama n° 430/2011 e na Coema n° 02/2017.

RESULTADOS OBTIDOS

Com base na metodologia empregada para a determinação dos meses chuvosos e secos em Juazeiro do Norte, para o ano do estudo (2017), percebeu-se que em janeiro, fevereiro, março, abril e novembro as precipitações foram superiores a 66,42 mm, que é a média das medianas da série histórica de 43 anos (1974-2016), portanto, estes meses foram considerados chuvosos e os demais definidos como secos. Só nos quatro primeiros meses choveu 80,71% do total anual e não houve precipitações em junho, agosto, setembro e outubro. No Ceará a quadra chuvosa costuma ocorrer entre os meses de fevereiro e maio, contudo em pesquisa realizada por



Gomes, Zanella e Oliveira (2017) no município de Tauá (CE) e por Ramires, Armond e Salgado (2017) em estudo no Cariri Cearense, constatou-se também a ocorrência da estação chuvosa entre janeiro e abril, devido à influência da Zona de Convergência Intertropical (Zcit) e da estação seca na região se relacionando a atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO SALGADINHO E DO EFLUENTE TRATADO: TESTES ESTATÍSTICOS E PERCENTUAL DE ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE QUALIDADE

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk empregado, aproximadamente metade dos parâmetros analisados apresentaram distribuição normal. Já em relação aos resultados dos testes pareados (t de Student e Wilcoxon), percebeu-se que a maior parte das variáveis não mostraram diferença estatística significativa entre os agrupamentos sazonais (meses chuvosos e secos). Na Tabela 1, tem-se os resultados dos testes *t* para todos os parâmetros analisados. Os *p* valores inferiores a 0,05, destacadas em vermelho, indicam diferenças estatísticas entre os períodos, uma vez que o nível de significância dos testes é de 5%.

Tabela 1: Resultados dos *p* valores dos testes *t* de Student e Wilcoxon.

Parâmetros		Pontos de coleta			
		R1	Efluente	R2	R3
Físicos	CE	0,006911*	0,001750	0,005062*	0,005062*
	pH	0,072598	0,066069	0,024884	0,039638
	ST	0,017961*	0,000736	0,017961*	0,027993*
	Temperatura	0,072414	0,051774	0,099217	0,492321
	TB	0,858955*	0,952765*	0,374260*	0,315771
Químicos	AT	0,005823	0,004990	0,015958	0,051274
	DQO	0,753153*	0,685391	0,680075	0,262903
	PT	0,035693*	0,035693*	0,068704*	0,068704*
	Nitrato	0,685831*	0,892738*	0,685831*	1,000000*
	Nitrito	0,932647*	0,858955*	0,050613*	0,888638*
	NA	0,071810	0,832219	0,310495*	0,046508
	NO	0,674424*	0,225295	0,575403*	0,161430*
	OD	0,735317*	0,398819	0,000305	0,129036
Microbiológicos	BHM	0,479752	0,593955*	0,398277	0,986079
	CTT	0,033099	0,202103	0,102598	0,734414
Observações:					
*Variáveis não paramétricas, com o emprego do teste <i>Wilcoxon's matched pairs</i> .					

Na Figura 2 há os box-plots dos parâmetros físicos analisados para a água do rio Salgadinho, para todos os pontos de coleta, em cada período sazonal. A compilação do percentual do atendimento dos parâmetros físicos

está presente na Tabela 2, com base nos padrões dispostos na Resolução Conama nº 357/2005 para águas doces classe II.

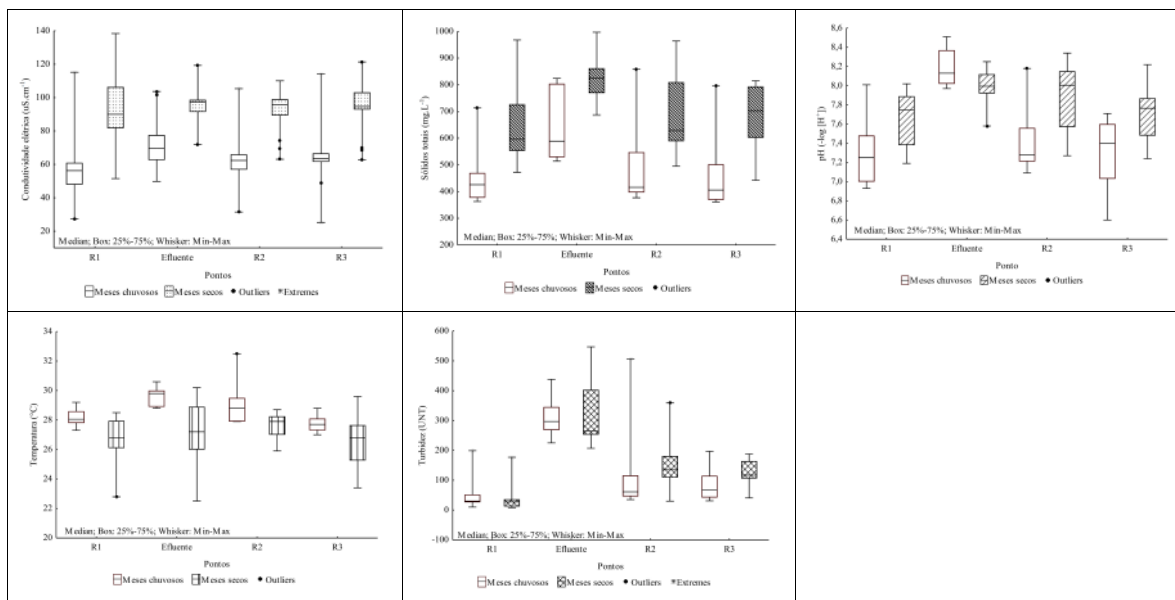
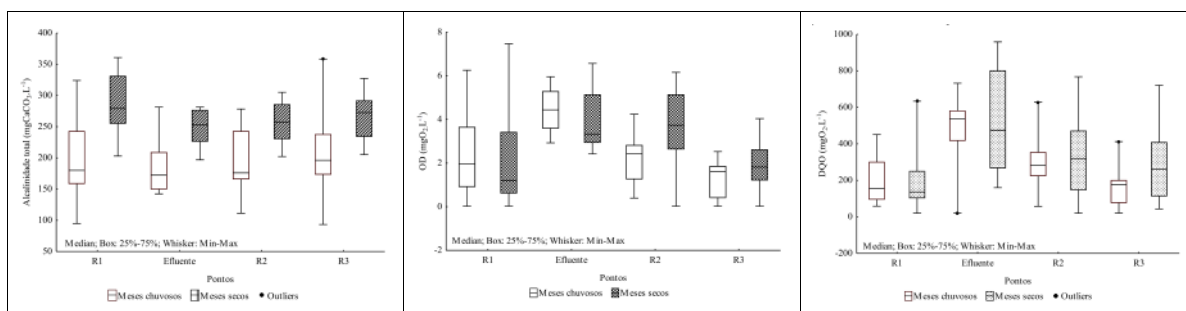


Figura 2: Box-plots dos parâmetros físicos analisados, para todos os pontos de coleta e em cada período sazonal.

Tabela 2: Percentual de atendimento dos parâmetros físicos do rio Salgadinho aos padrões expressos na Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005)

Parâmetro	R1		R2		R3		Padrão
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	
pH	100%	100%	100%	100%	100%	100%	6,0 a 9,0
TB	89%	92%	67%	23%	56%	23%	≤ 100 UNT

Na Figura 3 há os box-plots dos parâmetros químicos analisados, para todos os pontos de coleta, em cada período sazonal. Já na Tabela 3, tem-se os percentuais de concordância com a Resolução Conama nº 357/2005, águas doces classe II, para cada parâmetro químico analisado durante os agrupamentos sazonais definidos. Percebeu-se que as precipitações podem ter auxiliado na redução dos teores de PT e NA, contudo foi no período seco que o OD se mostrou ligeiramente maior.



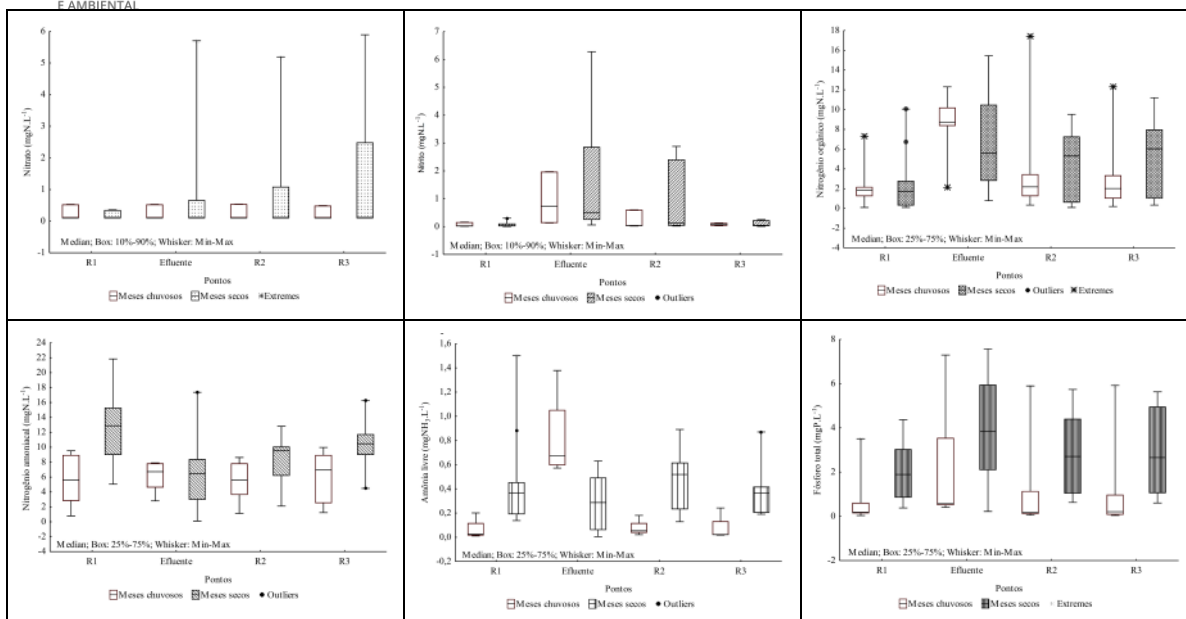


Figura 3: Box-plots dos parâmetros químicos analisados, para todos os pontos de coleta e em cada período sazonal.

Tabela 3: Percentual de atendimento dos parâmetros químicos à Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005)

Parâmetro	R1		R2		R3		Padrão
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	
OD	13%	13%	0%	36%	0%	0%	$\geq 5 \text{ mgO}_2.L^{-1}$
Nitrato	100%	100%	100%	100%	100%	100%	$\leq 10 \text{ mg}_N.L^{-1}$
Nitrito	100%	100%	100%	81%	100%	100%	$\leq 1 \text{ mg}_N.L^{-1}$
NA	33%	0%	33%	0%	33%	0%	$\leq 3,7 \text{ mg}_N.L^{-1}$ * $\leq 2,0 \text{ mg}_N.L^{-1}$ ** $\leq 1,0 \text{ mg}_N.L^{-1}$ *** $\leq 0,5 \text{ mg}_N.L^{-1}$ ****
PT	13%	0%	0%	0%	13%	0%	$\leq 0,05 \text{ mg}_P.L^{-1}$

Observações:
*Para $\text{pH} \leq 7,5$; **Para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; ***Para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; ****Para $\text{pH} > 8,5$.

Na Figura 4 constam os box-plots dos parâmetros microbiológicos, para todos os pontos de coleta, em cada período sazonal. Na Tabela 4 está presente os percentuais de atendimento do parâmetro de CTT à Resolução Conama nº 357/2005, para águas doces classe II, e aos critérios de balneabilidade definidos na Resolução Conama nº 274/2000.

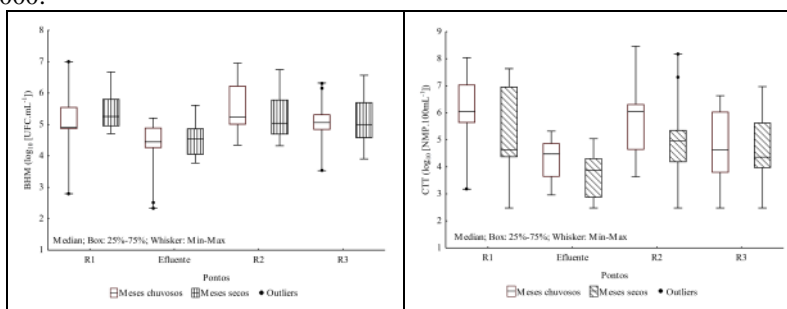


Figura 4: Box-plots dos parâmetros microbiológicos analisados, para todos os pontos de coleta e em cada período sazonal.

Tabela 4: Percentual de atendimento de CTT às Resoluções Conama n° 357/2005 e n° 274/2000.

R1		R2		R3		Padrão	Resolução Conama n°
Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco		
0%	7%	0%	7%	11%	13%	≤ 1.000 NMP.100mL ⁻¹ *	357/2005 (BRASIL, 2005)
0%	0%	0%	0%	0%	0%		274/2000 (BRASIL, 2001)
Observações:							
*Em no mínimo 80% de seis amostras ou mais coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, para usos que não sejam de recreação de contato primário, de acordo com a Resolução Conama n° 357/2005 (Brasil, 2005), e em no mínimo 80% de um conjunto de amostras coletadas no mesmo ponto, em cada uma das cinco semanas anteriores para os critérios de balneabilidade definidos na Resolução Conama n° 274/2000 (Brasil, 2001).							

Os percentuais de atendimento do efluente tratado pela ETE-Malvas que é disposto no rio Salgadinho, aos padrões de qualidade para lançamento de esgotos sanitários líquidos presentes nas Resoluções Conama n° 430/2011 e Coema n° 02/2017, estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Percentual de atendimento do efluente tratado pela ETE-Malvas às Resoluções Conama n° 430/2011 e Coema n° 02/2017

Parâmetro	Período		Padrão	Resolução
	Chuvoso	Seco		
Nitrato	100%	100%	≤ 10 mg _N .L ⁻¹	Coema n° 02/2017 (CEARÁ, 2017)
Nitrito	66,7%	68,8%	≤ 1 mg _N .L ⁻¹	
CTT	33,3%	46,7%	≤ 5000 NMP.100mL ⁻¹	
pH	100%	100%	5 a 9	Conama n° 430/2011 (BRASIL, 2011)
Temperatura	100%	100%	< 40 °C	
	100%	100%	≤ 3 °C*	
Observações:				
*A variação da temperatura do corpo hídrico receptor não deverá ultrapassar 3°C no limite da zona de mistura (BRASIL, 2011).				

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS – PCA)

Os gráficos das PCAs para os pontos de coletas do rio Salgadinho estão presentes na Figura 5.

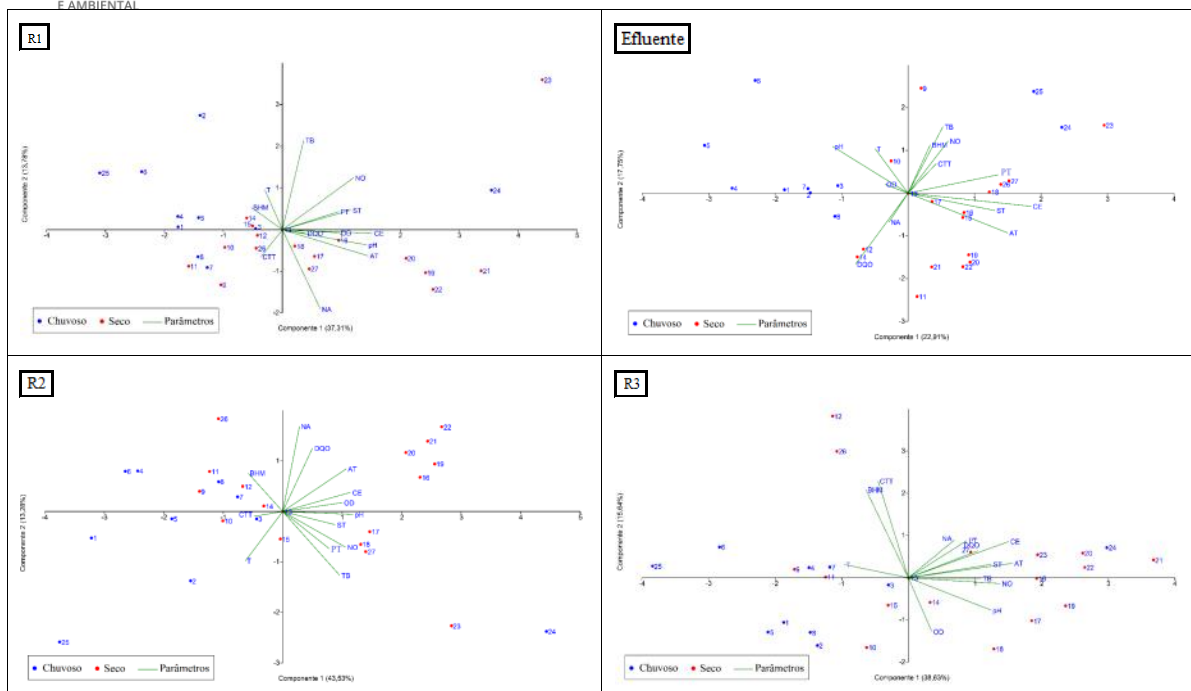


Figura 5: Gráficos das PCAs para os pontos de coletas do rio Salgadinho. Fonte: Autores (2023).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

PARÂMETROS FÍSICOS

Os valores de CE e de ST mostraram diferenças significativas entre os dois períodos sazonais (Tabela 1), sendo que para todos os pontos suas concentrações foram superiores nos meses secos (Figura 2). Os resultados dos parâmetros de CE e ST nos meses de pouca ou nenhuma precipitação e, conseqüentemente, de menor vazão do rio, refletem o grau de impureza presente no meio, sendo que em períodos mais chuvosos há uma maior diluição da poluição presente. Segundo Prathumratana, Sthiannopkao e Kim (2008), a CE tem fortes correlações negativas com o nível médio da água e com o fluxo da descarga de um rio, concentrando os poluentes dissolvidos existentes durante os meses de menores vazões. Embora não tenham sido realizadas análises das frações de sólidos individualmente, os valores de CE sob a forma de matéria ionizável pode ser um indicativo de elevada concentração de sólidos dissolvidos na água, uma vez que a Turbidez não apresentou diferença estatística entre os períodos para nenhum ponto amostral.

Tratando-se do pH, os testes *t* constataram diferença sazonal em seus valores para os pontos R2 e R3 (Tabela 1), onde verificou-se que nos meses de chuvas o pH foi inferior ao observado nos meses secos, em concordância com estudos realizados por Barreto *et al.* (2014), Freire (2020), Ling *et al.* (2017) e Ojok, Wasswa e Ntambi (2017). A água da chuva por ser levemente mais ácida pode favorecer a redução do pH em ambientes fluviais (Wang *et al.*, 2017). Percebeu-se que em todas as coletas a água do rio Salgadinho se manteve próxima a neutralidade, apresentando nos meses de estiagem um comportamento levemente alcalino, onde essa faixa de pH favorece o desenvolvimento da maior parte das espécies aquáticas.

A Temperatura não variou estatisticamente durante os meses chuvosos e secos, tanto no rio, quanto no efluente lançado. O menor valor encontrado para a temperatura do rio Salgadinho foi de 22,8 °C no R1 (seco) e a maior foi de 32,5° no R2 (chuvoso). Brasil (2014) relata que ambientes aquáticos brasileiros possuem geralmente temperaturas entre 20 e 30 °C. Todavia, não é difícil obter em águas superficiais de regiões de clima Semiárido temperaturas superiores à média nacional.



Em relação à consonância das concentrações dos parâmetros físicos com a Resolução Conama n° 357/2005, para águas doces de classe II, só há padrões expressos para as variáveis pH e TB, entre os analisados neste estudo. O pH atendeu em 100% das coletas ao intervalo de valores recomendados pela Resolução supracitada (Tabela 2). Já em todos os pontos há valores de TB em desacordo com esta Resolução, sendo que nos meses secos o percentual de obediência foi ainda menor. Não é incomum encontrar no rio Salgadinho teores de Turbidez superiores ao estabelecido, onde neste estudo registrou-se até 506 UNT em novembro no R2. Há uma elevação expressiva na concentração de TB após o despejo de efluente tratado pelo emissário da ETE-Malvas em ambos os períodos, mas principalmente durante a estiagem (Figura 2), que pode ser em decorrência da presença de microrganismos e em especial de biomassa fitoplanctônica no efluente lançado.

PARÂMETROS QUÍMICOS

Os testes pareados apontaram diferenças nas concentrações de AT durante os meses chuvosos e secos nos pontos R1, Efluente e R2 (Tabela 1). Verificou-se que os valores deste parâmetro foram superiores durante os meses mais secos, provavelmente como consequência da diminuição da massa líquida, que aumenta os teores no meio (Figura 3). Como o pH do rio se encontrou na faixa de 6,6 (chuvoso) a 8,34 (seco), pode-se dizer que há uma predominância de alcalinidade em virtude da presença de bicarbonatos.

Os teores de OD apresentaram diferenças significativas apenas no ponto R2 (Tabela 1), onde no período seco suas concentrações foram maiores (Figura 3). Verificou-se que houve um incremento de OD no ponto a jusante do emissário (R2), que pode ser atribuído à presença de O₂ no efluente da lagoa de maturação, resultado da atividade fotossintética das algas presentes. A redução dos teores de OD do R2 para o R3 (-0,81 mg_{O2}.L⁻¹ e -1,92 mg_{O2}.L⁻¹, nos meses chuvosos e secos, respectivamente) já era esperado, já que os microrganismos utilizam o OD presente no meio para degradar a matéria orgânica proveniente da estação de tratamento. Estima-se que os teores de OD podem se reduzir ainda mais a jusante do R3, uma vez que neste ponto o rio Salgadinho ainda não completou o seu processo de autodepuração (Lima *et al.*, 2020; Xavier, 2020).

Houve um aumento das medianas da DQO do R1 para o R2 em +126,28 mg_{O2}.L⁻¹ e +183,12 mg_{O2}.L⁻¹ nos meses chuvosos e secos, respectivamente (Figura 3). Como já previsto, esse aumento de DQO é consequência da carga oriunda da ETE-Malvas, que embora não se tenha valores da fração biodegradável, sabe-se que a biomassa fitoplanctônica contribui para sua elevação. A diminuição dos teores de DQO do R2 para o R3 evidencia uma diminuição da carga orgânica nesse trecho, que corrobora com o consumo do OD já verificado.

O Nitrito e o Nitrato também não variaram durante os períodos sazonais (Tabela 1), embora tenham apresentado picos mais elevados de concentração nos meses secos (Figura 3). Houve aumento desses dois parâmetros, como também de NO, nos pontos posteriores ao lançamento do efluente, principalmente durante os meses secos (Figura 3), em decorrência do aporte de fitoplâncton advindo da lagoa de maturação. Tratando-se apenas do NO, na saída do emissário esse comportamento foi diferente, uma vez que a mediana das concentrações foi maior durante o período de chuvas (8,73 mg_N.L⁻¹), se comparada a dos meses de estiagem (5,60 mg_N.L⁻¹). Tudo indica que embora nos meses de elevadas precipitações o aporte de NO no rio tenha sido maior, foi no período seco que este esteve mais concentrado, como consequência da redução do volume de água presente no ambiente fluvial. O R1 foi o local amostral em que NO se apresentou menor, o que no período seco coincidiu com o ponto em que o NA foi maior (Figura 3). Essa relação também foi observada por Lima *et al.* (2020), que atribuiu a alta concentração de NA do R1 às contribuições que o rio Salgadinho recebe antes mesmo do despejo pela ETE-Malvas.

Dentre as frações nitrogenadas analisadas, o NA foi a que apresentou maiores valores em todos os pontos, com exceção apenas do efluente durante o período chuvoso, em que a concentração de NO foi mais elevada (Figura 3). Segundo Von Sperling (1996), é típico de efluente tratado, sem o processo de nitrificação, que haja a predominância de NA dentre as demais formas de nitrogênio. A variação dos teores de NA só ocorreu de forma expressiva no R3 (Tabela 1), onde houve um aumento da mediana em +3,53 mg_N.L⁻¹ nos meses de estiagem. Possivelmente houve a conversão da fração orgânica do Nitrogênio presente na biomassa algal



morta em Amônia, já que os teores de OD se reduzem do R2 para o R3, como já exposto, evidenciando o seu consumo no processo de degradação dessa matéria orgânica.

A maior parte dos peixes não resistem a concentrações de NA superiores a $5 \text{ mg}_N.L^{-1}$, sendo que teores de $0,01 \text{ mg}_N.L^{-1}$ já começam a causar efeitos danosos à vida destes organismos (Cetesb, 2021). Neste estudo, foram poucas as coletas em que o NA não ultrapassou $5 \text{ mg}_N.L^{-1}$, chegando a atingir o valor de $21,84 \text{ mg}_N.L^{-1}$ no R1 durante o período seco (Figura 3). Uma das preocupações de se ter elevados teores de NA em corpos aquáticos, é a maior probabilidade deste parâmetro estar presente na forma livre (NH_3), que como destaca Reis e Mendonça (2009), é potencialmente mais tóxica para os peixes do que a forma ionizada (NH_4^+). Concentrações de Amônia Livre superiores a $0,6 \text{ mg}_{\text{NH}_3}.L^{-1}$ (curto período de exposição) e $0,4 \text{ mg}_{\text{NH}_3}.L^{-1}$ (exposição de 24 a 96 horas) já representa toxicidade para a maioria das espécies aquáticas cultivadas em viveiros (Queiroz; Boeira, 2007). Não obstante, os valores de pH e Nitrogênio Amoniacal maiores no período seco favoreceram a ocorrência de teores de NA livre superiores a $0,4 \text{ mg}_{\text{NH}_3}.L^{-1}$ em todos os pontos do rio Salgadinho durante este período (Figura 3). O valor máximo de NA livre encontrado foi no R1, de $1,5 \text{ mg}_{\text{NH}_3}.L^{-1}$.

Os testes pareados só apontaram diferenças estatísticas significativas dos valores de PT com a sazonalidade nos pontos R1 e Efluente, sendo estas concentrações maiores nos meses secos. Houve um leve incremento de PT nos pontos a jusante do lançamento de efluente tratado pela ETE-Malvas nos meses secos, onde a mediana aumentou em $+0,82 \text{ mg}_P.L^{-1}$ do R1 para R2.

Em relação à consonância das concentrações dos parâmetros químicos com a Resolução Conama n° 357/2005, para águas doces de classe II, só houve uma coleta no período chuvoso em que a concentração de OD presente no rio Salgadinho obedeceu a esta Resolução, que foi de $6,26 \text{ mg}_{\text{O}_2}.L^{-1}$ no R1 (Tabela 3). Nos meses mais secos, embora as concentrações de OD tenham sido mais altas, estas não foram suficientes para atender ao padrão na maioria das coletas. É necessário um valor mínimo de OD de $5 \text{ mg}_{\text{O}_2}.L^{-1}$ para que ocorra a preservação da vida aquática, sendo que concentrações inferiores a $2 \text{ mg}_{\text{O}_2}.L^{-1}$ representam uma condição perigosa de hipóxia (Cetesb, 2021). Neste estudo foi encontrado um elevado percentual de amostras com valores de OD inferiores a $2 \text{ mg}_{\text{O}_2}.L^{-1}$, sendo que nos meses chuvosos este foi de 50% no R1, 33% no R2 e 75% no R3, e nos meses de estiagem de 60% no R1, 7% no R2 e 53% no R3. Os baixos teores de OD no R1 só evidenciam o grau de poluição deste rio antes mesmo do despejo pela ETE-Malvas.

O Nitrato atendeu, em todas as coletas, ao padrão de qualidade requerido na Resolução Conama n° 357/2005 (Tabela 3). Já o Nitrito não obedeceu ao Valor Máximo Permitido (VMP) no R2, no período seco, em algumas coletas. O Nitrito representa uma fração nitrogenada tóxica a algumas espécies aquáticas, apesar de comumente se fazer presente em baixas concentrações (Metcalf; Eddy, 2016). A toxicidade deste parâmetro, bem como da Amônia Livre, varia conforme o indivíduo, seu tamanho e idade (Piedras *et al.*, 2006).

A referida Resolução apresenta como padrão para NA, VMPs que variam conforme a faixa de pH da água (Tabela 3). Dessa forma, verificou-se que para todas as coletas que ocorreram no rio Salgadinho durante os meses secos, as concentrações de NA foram superiores ao recomendado para os valores de pH obtidos, e que durante os meses de maior pluviosidade houve baixo atendimento a esses padrões. O mesmo comportamento foi observado para o atendimento das concentrações de PT ao padrão estabelecido por esta Resolução.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

As BHM's não mostraram concentrações destoantes entre os períodos sazonais em nenhum ponto de coleta (Tabela 1), o que pode ter sido influenciado pela estabilidade da DQO com a variação das precipitações, uma vez que este grupo de microrganismos utiliza a matéria orgânica presente no ambiente como substrato para o seu metabolismo. Já os CTTs confirmaram sua diferença estatística no ponto R1 de acordo com os períodos sazonais, apresentando medianas mais elevadas nos meses de maiores chuvas (Figura 4). Esse comportamento possivelmente se justifica pelo aumento da penetração da radiação ultravioleta na coluna d'água durante a estação seca, ocorrendo de forma menos expressiva nos pontos a jusante do despejo pela ETE, do que no R1, como consequência da maior TB destes.



Embora as concentrações de CTT no efluente da ETE tenham sido elevadas, tanto estas, quanto as de BHM, foram inferiores às encontradas no rio em R1. Segundo Mota e Von Sperling (2009), o principal objetivo da lagoa de maturação é a remoção de organismos patogênicos, uma vez que nela ocorrem condições adversas para o desenvolvimento destes, sendo elevadíssima a eficiência da remoção de coliformes, incluindo o gênero *Escherichia sp.* que é predominante no grupo de CTT. Por condições adversas há a penetração da radiação ultravioleta, a elevação do pH e do OD, a temperatura inferior à do corpo humano, a ausência de nutrientes e a presença de outros organismos predadores. Os resultados sugerem que outras fontes poluidoras contribuem de forma mais expressiva para a alteração da qualidade da água em termos de CTT no ponto a montante do lançamento pela ETE, do que o efluente tratado que é lançado. Segundo Munís (2019), o efluente da ETE-Malvas contribui com apenas 1,84% dos CTTs que já é encontrado no ponto R1.

Em relação aos percentuais de atendimento de CTT às Resoluções Conama n° 357/2005 e n° 274/2000, verificou-se que estes foram bem inferiores ao ideal, sendo este cenário ainda pior nos meses chuvosos (Tabela 4). Sabiá (2008) afirmou que neste rio é incontestável a poluição por CTT no seu percurso pelas zonas urbanas de Crato e Juazeiro do Norte. Nunes *et al.* (2019) verificaram ao longo do seu estudo que moradias rurais próximas ao Salgadinho, desprovidas da rede de esgoto, despejam seus efluentes de forma *in natura* em numerosos pontos do rio, não obstante os autores identificaram valores de CTT que transcendem 1.600 NMP.100mL⁻¹. Além do despejo de efluentes domésticos sem tratamento prévio, Souza (2014) também atribuiu a poluição deste mesmo rio ao: efluente oriundo do matadouro público municipal que é lançado sem tratamento no rio, logo na entrada de Juazeiro do Norte; chorume do lixão urbano; esgotos provenientes de curtumes; e lançamento de resíduos sólidos diversos.

VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO EFLUENTE

Como já citado, os testes *t* apresentaram diferenças estatísticas no efluente tratado pela ETE-Malvas com a sazonalidade para os parâmetros de CE, ST, AT e PT (Tabela 1), sendo que para todos estes as concentrações foram mais expressivas nos meses secos. Assim como ocorreu no rio Salgadinho, os elevados teores destas indicadores de qualidade durante o período de estiagem, pode ter forte relação com a diminuição da massa líquida o que favorece suas concentrações no efluente final. Silva Filho (2007), aponta que durante os meses mais frios há um decréscimo da atividade dos fitoplânctons nas lagoas de estabilização, o que acarreta o aumento da concentração de NA e PT no efluente e diminui os sólidos em suspensão. Essa afirmação pode explicar os elevados valores de PT no efluente tratado pela ETE-Malvas durante os meses secos, que são também os mais frios, corroborando com a ligeira redução dos teores de Temperatura, NO, pH e OD e no aumento da AT, ainda que a variação de suas concentrações com a sazonalidade só tenha sido estatisticamente significativa para a AT e PT.

O Nitrato e o pH obedeceram de forma unânime às Resoluções Conama n° 430/2011 e Coema n° 02/2017 (Tabela 5). Já o Nitrito não atendeu por completo ao padrão exigido pela Coema n° 02/2017, sendo que nos meses de estiagem o percentual de obediência foi um pouco maior. No que concerne aos CTTs, verificou-se que a maior parte das amostras coletadas possuíam concentrações superiores ao VMP, sendo que o percentual de desconformidade com a Coema n° 02/2017 foi ainda pior nos meses chuvosos, o que pode ter relação com a nebulosidade que minimiza a insolação e a eficiência de remoção de patógenos pela ETE. Gomes (2014), estudou a eficiência global da remoção de microrganismos pela ETE-Malvas, obtendo um valor médio de 99,999%, todavia, mesmo alta, esta não foi suficiente para adequar o efluente tratado à qualidade exigida para o lançamento no corpo hídrico receptor, uma vez que as concentrações no efluente bruto chegaram a atingir 1,5.10¹⁰ NMP.100mL⁻¹. O autor *op. cit.* destacou ainda, que as alterações de vazões têm efeito direto sobre a remoção microbiológica desta ETE, o que pode dificultar que o nível de qualidade do efluente final proposto em projeto seja atingido.

O efluente tratado pela ETE-Malvas não ultrapassou o limite de 40 °C estabelecido pela Conama n° 430/2011. Já em relação a variação da Temperatura, verificou-se que em duas coletas houve um aumento expressivo (de 5,2 °C em mês chuvoso e de 4,3 °C em mês seco) deste parâmetro após o lançamento do efluente tratado, do R1 para o R2. Contudo, essas variações não podem ser atribuídas ao despejo pela ETE-Malvas, já que a Temperatura do esgoto na saída do emissário foi semelhante à do R1.



ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS – PCA)

Objetivando uma melhor eficiência dos resultados desta análise, o Nitrito e o Nitrato foram removidos das PCAs, por entender que estes parâmetros interfeririam na formação das componentes, mas que não possuíam elevada significância na dinâmica do rio Salgadinho em si, devido aos seus teores reduzidos ao longo do ano estudado. Percebeu-se com as PCAs que houve uma tendência de agrupamento das coletas realizadas no mesmo período, com algumas ressalvas daquelas que ocorreram nos meses de transição da estação chuvosa (Figura 5). Apesar de nem todas as variáveis terem apresentado pesos significativos na formação das duas primeiras componentes, cujas foram objetos de estudo, visualizou-se uma frequência de inclinação dos vetores das variáveis microbiológicas e da Temperatura para as coletas que ocorreram nos meses chuvosos. Também se percebeu uma frequência de inclinação dos vetores dos demais parâmetros para as amostras referentes ao período seco, cujas observações vão ao encontro dos resultados anteriormente apresentados para os testes *t* pareados e para os gráficos *box-plots*.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

A análise sazonal da qualidade da água do rio Salgadinho no trecho estudado, evidenciou um cenário de vulnerabilidade deste corpo hídrico diante de suas cargas poluidoras, a qual se tornou ainda mais acentuada nos meses de pouca ou nenhuma precipitação, subentendendo-se que é quando a vazão do rio está mais baixa e consequentemente o seu potencial para diluição e autodepuração. O rio Salgadinho já demonstrava fragilidade antes mesmo do despejo pela ETE-Malvas, principalmente durante o período de menor vazão – enfatiza-se que o ponto a montante da estação (R1) foi o que apresentou maior distinção de valores entre os agrupamentos sazonais –, o que favoreceu que o trecho a jusante do lançamento do efluente tratado (R2) fosse mais afetado durante os meses secos.

A percepção do comprometimento substancial da qualidade da água deste rio não afeta apenas a possibilidade da população usufruir desta água de forma segura, como também dificulta a existência de uma diversidade biológica neste ambiente. Sugere-se que trabalhos futuros sejam desenvolvidos visando diagnosticar os reais usos múltiplos que são feitos deste corpo hídrico, uma vez que a avaliação da compatibilidade de sua qualidade com os padrões que são exigidos para águas doces classe II é um ato falho, já que este rio não passou de forma efetiva por um processo de enquadramento. Destaca-se também, que embora a precipitação esteja fortemente relacionada com a vazão de ambientes fluviais, outras variáveis podem influenciar no volume de água presente nos rios, como é o caso da evaporação. Dessa forma, faz-se necessário conhecer a real variação anual da vazão do rio Salgadinho, para que haja um melhor entendimento da influência deste parâmetro na qualidade da água deste rio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, R. S.; OLIVEIRA, C. W.; SOARES, B. F.; OLIVEIRA, J. C. A. Espaço urbano e impacto ambiental: reflexões a partir da análise do processo de expansão das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha – CE. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente (SP), v. 1, n. 43, p. 104-126, 2021. ISSN 2176-5774.
2. AUGUSTYN, Ł.; BABULA, A.; JONIEC, J.; STANEK-TARKOWSKA, J.; HAJDUK, E.; KANIUCZAK, J.. Microbiological Indicators of the Quality of River Water, Used for Drinking Water Supply. *Pol. J. Environ. Stud.*, v. 25, n. 2, p. 511-519, 2016. DOI 10.15244/pjoes/60899.
3. AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; WEF – WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: APHA, 2012.
4. BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 9, n. 1, 2014. ISSN 1980-993X. DOI 10.4136/ambi-agua.1278.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (Funasa). *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.



6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília (DF), n. 18, p. 70-71, 25 jan. 2001.
7. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília (DF), n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.
8. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília (DF), n. 92, p. 89, 16 maio 2011.
9. CEARÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução nº 2, de 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. *Diário Oficial do Estado*: Fortaleza (CE), 21 fev. 2017.
10. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). *Mortandade de peixes*: amônia. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/>. Acesso em: 06 maio 2021.
11. CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no Semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (org.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. cap. 5, p. 81-91. ISBN 978-85-85761-32-5.
12. COSTA, L. D. A.; SANTOS, Y. T. C.; ARAGÃO, J. S.; LEMOS, J. D. S.; FAUSTINO, F. W.; SANTOS, S. P. Avaliação da influência do lançamento de efluente tratado no Índice de Qualidade das Águas em um trecho do rio Salgadinho. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO – CONNEPI, 12., 2018, Recife (PE). *Anais [...]*. Recife (PE): CONNEPI, 2018.
13. EMERSON, K.; RUSSO, R. C.; LUND, R. E.; THURSTON, R. V. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Canada, v. 32, n. 12, p. 2379-2383, 1975.
14. FAUSTINO, F. W.; OLIVEIRA, F. E. S.; OLIVEIRA, I. S.; ARAGÃO, J. S.; NASCIMENTO, P. S. S.; SANTOS, Y. T. C. Influência do lançamento de efluente tratado no nível trófico de um trecho de rio urbano do Cariri cearense. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO – CONNEPI, 12., 2018, Recife (PE). *Anais [...]*. Recife (PE): CONNEPI, 2018.
15. FREIRE, L. L.; SANTOS, Y. T. C. Estimativa das contribuições de carga orgânica doméstica e impactos ambientais das ligações inadimplentes de esgoto em Juazeiro do Norte – Ceará. *Revista Ciência e Sustentabilidade – CeS*, v. 4, n. 2, p. 5-24, 2018. ISSN 2447-4606.
16. FREIRE, L. L. *Panorama dos sistemas de esgotamento sanitário da Região Metropolitana do Cariri – Ceará*. Orientador (a): Ma. Yannice Tatiane da Costa Santos. 2017. 109 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte (CE), 2017.
17. FREIRE, L. L. *Varição sazonal e interanual da qualidade das águas de rios do Semiárido Brasileiro*. Orientador: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto. 2020. 160 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza (CE), 2020.
18. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (ed.). *Recursos hídricos em regiões semiáridas*. Campina Grande, PB / Cruz das Almas, BA: Instituto Nacional do Semiárido / Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p. ISBN 978-85-64265-03-5.
19. GIRARDI, R.; PINHEIRO, A.; GARBOSSA, L. H. P.; TORRES, E. Water quality change of rivers during rainy events in a watershed with different land uses in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 514-524, 2016. DOI 10.1590/2318-0331.011615179.
20. GOMES, J. P. M. *Cinética de decaimento bacteriano no sistema de lagoas de estabilização da ETE Malvas – município de Juazeiro do Norte – Ceará*. Orientador (a): Ma. Yannice Tatiane da Costa Santos. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte (CE), 2014.



21. GOMES, R. C.; ZANELLA, M. E.; OLIVEIRA, V. P. V. Análise das características climáticas do município de Tauá-CE/Brasil. *Boletim de Geografia*, Maringá (PR), v. 35, n. 2, p. 83-98, 2017. DOI 10.4025/bolgeogr.v35i2.31677.
22. GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. *Princípios de estatística em ecologia*. Tradução: Fabrício Beggiato Baccaro, Helder Mateus Viana Espírito Santo, Miriam Plaza Pinto, Murilo Sversut Dias, Victor Lemes Landeiro. 1 ed. Porto Alegre (RS): Artmed, 2011. 527 p. Título original: A primer of ecological statistics.
23. GREGORY, S. The definition of wet and dry periods for discrete regional units. *Weather*, v. 34, n. 9, p. 363-369, 1 set. 1979.
24. IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (Ceará). *Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará*: perfil municipal de Juazeiro do Norte. Fortaleza (CE), 2022. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 06 abr. 2023.
25. LIMA, M. D. M.; SANTOS, M. A. P.; RANGEL JUNIOR, A.; SANTOS, Y. T. C.. Influência do efluente tratado sobre o fitoplâncton em trecho urbanizado de rio em Juazeiro do Norte, Ceará. *Revista Verde*, Pombal (PB), v. 15, n.1, p.83-92, 2020. ISSN 1981-8203. DOI 10.18378/rvads.v15i1.6942.
26. LING, T.; SOO, C.; LIEW, J.; NYANTI, L.; SIM, S.; GRINANG, J. Influence of rainfall on the physicochemical characteristics of a tropical river in Sarawak, Malaysia. *Pol. J. Environ. Stud.*, [S. I], v. 26, n. 5, p. 2053-2065, 2017. DOI 10.15244/pjoes/69439.
27. METCALF, L.; EDDY, H. P. *Tratamento de efluentes e recuperação de recursos*. Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. Título original: Wastewater engineering: treatment and reuse.
28. MOTA, F. S. B.; VON SPERLING; M. (coord.). *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2009. 428 p. ISBN 978-85-7022-164-3.
29. MOURA, Í. J. M.; SANTOS, D. F.; PINHEIRO, F. G. M.; OLIVEIRA, C. J. Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, p. 03-07, 2015. eISSN 2179-460X. DOI:10.5902/2179460X16206.
30. MUNÍS, M. F. B. *Análise do impacto sanitário em um trecho do rio Salgadinho ao receber efluente tratado por lagoas de estabilização*. Orientador (a): Ma. Yannice Tatiane da Costa Santos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte (CE), 2019.
31. NUNES, L. M.; MONTEIRO, M. F. G.; SOUSA JÚNIOR, D. L.; AQUINO, P. E. A.; SARAIVA, C. R. N.; LEANDRO, M. K. N. S.; MARQUES, A. E. F.; SILVA, R. O. M.; LEANDRO, L. M. G. Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes no rio Salgadinho no município de Juazeiro do Norte, CE. *Revista Eletrônica Acervo Científico*, v. 7, 2019. ISSN 2595-7899. DOI 10.25248/reac.e2273.2019.
32. OJOK, W.; WASSWA, J.; NTAMBI, E. Assessment of seasonal variation in water quality in river Rwizi using multivariate statistical techniques, Mbarara municipality, Uganda. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 9, n.1, p. 83-97, 2017. ISSN 1945-3094. eISSN 1945-3108. DOI 10.4236/jwarp.2017.91007.
33. OLIVEIRA, S. C. *Tratamento estatístico de dados ambientais (ESA 944)*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2018. 141 p.
34. PIEDRAS, S. R. N.; OLIVEIRA, J. L. R.; MORAES, P. R. R.; BAGER, A. Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do Nitrito em alevinos de *Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842). *Ciênc. agrotec.*, Lavras (MG), v. 30, n. 5, p. 1008-1012, 2006. DOI 10.1590/S1413-70542006000500027.
35. PRATHUMRATANA, L.; STHIANNOPKAO, S.; KIM, K. W. The relationship of climatic and hydrological parameters to surface water quality in the lower Mekong River. *Environment International*, v. 34, n. 6, p. 860–866, 2008. DOI 10.1016/j.envint.2007.10.011.
36. QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. *Boas Práticas de Manejo (BPMs) para reduzir o acúmulo de amônia em viveiros de aquicultura*. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, 2007. ISSN 1516-8638. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 44).
37. RAMIRES, J.; ARMOND, N. B.; SALGADO, C. M. A variabilidade pluviométrica no Cariri cearense e a influência das teleconexões Enos e ODP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas (SP). *Anais [...]*. Campinas (SP): Instituto de Geociências – Unicamp, 2017. p. 2138-3150. ISBN 978-85-85369-16-3. DOI 10.20396/sbgfa.v1i2017.2431.



38. REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 353-362, 2009. ISSN 1809-4457. DOI 10.1590/S1413-41522009000300009.
39. RODRIGUES, F. P. *Utilização da técnica da biorremediação em sistemas de esgotamento sanitário: aplicação na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará*. Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota. 2005. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza (CE), 2005.
40. SABIÁ, R. J. *Estudo do padrão de emissão de poluentes para o enquadramento de rios intermitentes: estudo de caso do rio Salgado, Ce*. Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Araújo. 2008. 111 f. Tese (Doutor em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Fortaleza (CE), 2008.
41. SILVA, S. A.; OLIVERIA, R. *Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias*. Campina Grande (PB): O Autor, 2001. 266 p. ISBN 85-901943-1-0.
42. SILVA, B. L. O.; SILVA, H. C.; CORDEIRO, I. O.; MIRANDA, R. A.; EGITO, R. H. T.; VASCONCELOS, M. E. G. Water Resources Policy for the Brazilian Semiarid Region. In: WORLD WATER CONGRESS, 16., 2017, Cancun – México. *Anais [...]*. México: International Water Resources Association (IWRA), 2017.
43. SILVA FILHO, P. A. *Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização*. Orientador: Prof. Dr. André Luis Calado Araújo. 2007. 169 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa Regional de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Natal (RN), 2007.
44. SOUZA, D. N. *Comportamento temporal do IQA (Índice de Qualidade da Água) e sua relação com a precipitação em um trecho dos rios Batateiras e Granjeiro – Ceará*. Orientador: Prof. Dr. Jefferson Queiroz Lima. 2014. 81 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte (CE), 2014.
45. SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (Brasil). *Delimitação do Semiárido: confira a delimitação do Semiárido brasileiro*. Inclui os critérios técnicos utilizados, além de mapas e infográficos elaborados pela Sudene. Recife (PE), 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 22 abr. 2021.
46. TUNDISI, J. G.; TUCCI, C. E. M.; SPILKI, F. R.; HESPANHOL, I.; CIRILO, J. A.; SCHEUENSTUHL, M. C. B.; PERIOTTO, N. A. Urban Waters in Brazil. In: IANAS – INTER-AMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES. *Urban water challenges in the Americas: a perspective from the Academies of Sciences*. México: IANAS / UNESCO, 2015. p. 86-111.
47. VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. ed. rev. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. v. 1. ISBN 85-7041-1 14-6.
48. WANG, Q.; ZHANG, Q.; WU, Y.; WANG, X. C. Physicochemical conditions and properties of particles in urban runoff and rivers: implications for runoff pollution. *Chemosphere*, [S. l.], v. 173, p. 318-325, 2017. DOI 10.1016/j.chemosphere.2017.01.066.
49. XAVIER, A. J. O. *Qualidade da água de um trecho de rio urbano do Semiárido brasileiro a montante e jusante do lançamento de efluente de lagoa de maturação*. Orientador (a): Ma. Yannice Tatiane da Costa Santos. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte (CE), 2020. ISSN 2176-0144.