

## **ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA APLICADA À TOMADA DE DECISÃO SOBRE PONTOS CRÍTICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU**

Rodolpho Mendes Vale – UFCG

Daniel Augusto de Moura Pereira – UFCG

Giovanna Paola Batista de Britto Lyra Moura – UNIPE

### **1) Introdução**

A qualidade da água em bacias hidrográficas do semiárido brasileiro tem sido condicionada tanto pela variabilidade climática quanto pelo uso e ocupação do solo, o que torna indispensável a existência de programas de monitoramento sistemático capazes de subsidiar ações de planejamento e de gestão integrada dos recursos hídricos. Na bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu (PPA), sistema estratégico interestadual que atende usos urbanos, irrigação e dessedentação animal no Rio Grande do Norte e na Paraíba, a irregularidade das chuvas, a forte dependência de reservatórios e a pressão de lançamentos de efluentes ampliam o risco de degradação da qualidade da água, especialmente em períodos de estiagem prolongada. Assim, o monitoramento conduzido pelos órgãos gestores estaduais assume papel central para identificar tendências de deterioração, priorizar trechos críticos e orientar investimentos de saneamento e de controle de cargas difusas. (ANA, 2022; IGARN, 2024; AESA, 2023)

Os marcos normativos nacionais, como a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece as classes de enquadramento e os padrões para corpos de água, e a Portaria GM/MS nº 888/2021, que trata da potabilidade, fornecem o referencial de comparação para aferir o atendimento aos usos pretendidos, mas não respondem, por si, ao problema operativo de “onde agir primeiro” em bacias com múltiplos pontos monitorados e recursos de fiscalização limitados. Em contextos de dados heterogêneos, com séries de

diferentes tamanhos e coletas sujeitas a sazonalidade (chuvoso x seco), a análise estatística descritiva torna-se uma estratégia de baixo custo e alta comunicabilidade para resumir o comportamento dos parâmetros e evidenciar valores extremos, amplitude e variabilidade espacial. Ao sintetizar parâmetros-chave, como oxigênio dissolvido, turbidez e *Escherichia coli*, é possível apontar trechos mais vulneráveis e apoiar decisões graduais de controle, licenciamento e fiscalização ambiental. (BRASIL, 2005; BRASIL, 2021; VON SPERLING, 2021)

O Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) vem disponibilizando, em seus boletins e painéis, dados recentes de qualidade da água para corpos d'água que integram ou influenciam a bacia PPA, o que abre oportunidade para estudos aplicados com recortes temporais curtos (2024–2025) e enfoque territorial. Entretanto, trabalhar “todo” o conjunto de parâmetros medidos pode tornar o produto técnico excessivamente extenso para fins de comunicação em eventos científicos e, mais grave, pode diluir o foco naqueles indicadores que de fato orientam a tomada de decisão do gestor público. Por isso, a definição de um conjunto mínimo de indicadores, priorizando os que têm maior aderência às normas vigentes e maior sensibilidade à sazonalidade, é um passo metodológico justificável e transparente, sobretudo quando se pretende gerar uma matriz de pontos críticos ou um ranking de prioridade de monitoramento. (IGARN, 2024; IGARN, 2025; ANA, 2023)

Diante disso, este trabalho propõe analisar, por meio de estatística descritiva, um recorte dos dados de qualidade da água do IGARN referentes à bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu no período 2024–2025, com o objetivo de identificar pontos críticos e discutir como essas sínteses podem ser transformadas em informação útil para o planejamento hídrico e ambiental. A análise será realizada com apoio de ferramentas estatísticas que possibilitam o cálculo automatizado de medidas de tendência central e dispersão, bem como a organização dos resultados por ponto de amostragem. (MMA, 2024; ANA, 2022; IGARN, 2025)

## **2) Objetivo Geral e Específicos**

Analisar, por meio de estatística descritiva, um conjunto selecionado de parâmetros de qualidade da água da bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, a partir da base do IGARN (2024–2025), com a finalidade de identificar pontos críticos e subsidiar a tomada de decisão em planejamento e gestão dos recursos hídricos no semiárido.

Já os objetivos específicos tratam-se dos seguintes pontos: especificamente, pretende-se: definir um grupo mínimo de parâmetros mais relevantes para o enquadramento e para o controle (como oxigênio dissolvido, turbidez e *Escherichia coli*), justificando o recorte frente às limitações do banco; organizar e tratar a base do IGARN para corrigir ausências e diferenciar o comportamento entre período chuvoso e seco; aplicar medidas de tendência central e dispersão com apoio de software estatístico, sintetizando o comportamento da qualidade por ponto monitorado; identificar e hierarquizar os trechos que apresentem piores valores ou maior variabilidade, caracterizando-os como pontos críticos e discutir o potencial de uso desse procedimento simples e rápido pelos órgãos gestores como ferramenta de apoio à decisão na bacia Piancó-Piranhas-Açu.

## **3) Metodologia**

O estudo será desenvolvido em cinco etapas articuladas:

- Fonte de dados: serão utilizados dados secundários de qualidade da água disponibilizados pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) para corpos d'água que integram ou influenciam a bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, referentes ao período de 2024–2025. A base será importada em formato tabular (CSV/planilha), preservando os identificadores de ponto, data da coleta e unidade de medida dos parâmetros.
- Seleção de parâmetros: para evitar excessiva extensão do resumo e para manter aderência às normas de enquadramento e potabilidade, será adotado um conjunto mínimo de indicadores, priorizando oxigênio dissolvido (OD), turbidez e *Escherichia coli*, por expressarem, respectivamente, condição ecológica, influência de eventos de chuva/sedimentação e risco sanitário. Quando



disponíveis, poderão ser consultados também pH e cianobactérias, apenas como variáveis de apoio. A escolha leva em conta os limites da Resolução CONAMA 357/2005 (classe 2) e da Portaria GM/MS 888/2021.

- Tratamento e organização: a base foi filtrada para o recorte espacial da bacia Piancó-Piranhas-Açu e submetida à verificação de valores faltantes e incoerências. Em seguida, foram padronizados os nomes dos corpos d'água e criada uma coluna categórica de período (chuvoso / seco), a partir da data da coleta. Para permitir a contagem automática de ocorrências acima do padrão microbiológico, foi criada no *Minitab* uma variável binária denominada *Ecoli\_excede*, obtida pela expressão  $IF('E. coli (NMP/100 mL)' > 1000; 1; 0)$ , em que 1 indica desconformidade em relação ao valor de referência adotado (1.000 NMP/100 mL para fins de comparação com corpos de classe 2, conforme CONAMA 357/2005) e 0 indica conformidade. Esse procedimento viabilizou, na etapa de resultados, o ranqueamento dos corpos d'água por frequência de excedências.
- Análise estatística descritiva: o conjunto tratado será submetido a estatística descritiva no software *Minitab*®, escolhidos por sua facilidade de geração automática de medidas de tendência central (média, mediana) e dispersão (desvio padrão, mínimo, máximo, quartis), além de tabelas por grupo e por ponto de monitoramento. Serão produzidas tabelas-resumo por parâmetro e por ponto, e, quando pertinente, gráficos simples (*boxplot* ou gráfico de valores individuais) apenas para evidenciar variação entre pontos ou entre períodos.
- Identificação de pontos críticos: a partir das tabelas descritivas, serão considerados críticos os pontos que: apresentarem valores acima dos limites normativos (turbidez, *E. coli*); mostrarem elevada variabilidade (amplitude ou desvio padrão altos) ou repetirem desconformidade em mais de um período sazonal. Esses pontos serão hierarquizados em uma lista curta, de modo a facilitar sua utilização por órgãos gestores e pelos comitês de bacia como insumo para fiscalização e planejamento de ações corretivas.

#### 4) Resultados e Discussões

A base de dados do IGARN filtrada para a bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu reuniu informações de diferentes corpos d'água (açudes, barragens e trechos do rio Piranhas-Açu) monitorados em 2024 e 2025, contendo para cada registro identificação do ponto, data da coleta, condição do tempo e os parâmetros de interesse neste estudo, especialmente oxigênio dissolvido (mg/L) e *Escherichia coli* (NMP/100 mL), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da base de monitoramento

Item	Valor / descrição
Período de coleta	2024-2025 (campanhas do IGARN)
Bacia filtrada	Piancó-Piranhas-Açu
Nº total de registros na PPA	90 (após tratamento)
Nº de corpos d'água monitorados	(número de linhas na tabela cruzada no <i>Minitab</i> )
Parâmetros analisados neste estudo	Oxigênio dissolvido (mg/L); <i>E. coli</i> (NMP/100 mL)
Critério de desconformidade adotado	<i>E. coli</i> > 1.000 NMP/100 mL (classe 2 – CONAMA 357/2005)

Fonte: Autoria própria e adaptado da CONAMA nº 357/2005

Após o tratamento no *Minitab*, obtiveram-se 90 observações válidas de *E. coli* e número muito próximo disso para OD, o que, embora corresponda a uma série curta, mostrou-se suficiente para uma análise descritiva aplicada. A adoção desse recorte está alinhada ao objetivo de construir um instrumento rápido de apoio à decisão, adequado ao contexto de monitoramento de águas interiores no semiárido.

A estatística descritiva gerada no *Minitab* (Tabela 2) mostrou que o oxigênio dissolvido apresentou medianas de 7,73 mg/L (chuvoso) e 7,77 mg/L (seco) e médias muito próximas (7,70 e 7,82 mg/L, respectivamente), indicando boa oxigenação na maior parte das amostras.

Tabela 2 - Estatística descritiva: Oxigênio dissolvido (mg/L)

### Estatísticas

Variável	Período	N	N*	Média	EP Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Chuvoso	55	5	7,701	0,382	2,829	0,470	6,230	7,730	
	Seco	40	5	7,819	0,575	3,638	2,710	6,170	7,765	
Variável	Período	Q3	Máximo							
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Chuvoso	9,210	16,680							
	Seco	8,288	21,920							

Fonte: Elaboração própria a partir do software *Minitab*

Esses valores situam-se na faixa considerada adequada pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para corpos de água de classe 2, o que sugere que, no período analisado, a bacia manteve condições favoráveis aos usos mais recorrentes. Entretanto, os valores mínimos observados (0,47 mg/L no chuvoso e 2,71 mg/L no seco) apontam para ocorrências pontuais de depleção de OD, possivelmente associadas a fatores locais de qualidade ou de circulação, que devem ser reavaliadas em campanhas futuras.

Já a estatística descritiva de *E. coli* (Tabela 3) mostrou um comportamento bem mais assimétrico que o observado para o oxigênio dissolvido.

Tabela 3 - Estatística descritiva: *E. coli* (NMP/100 mL)

### Estatísticas Descritivas: *E. coli* ( NMP/100 mL)

#### Estatísticas

Variável	Período	N	N*	Média	EP Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
<i>E. coli</i> ( NMP/100 mL)	Chuvoso	51	9	165,9	59,8	427,1	0,0	2,0	11,0	127,4
	Seco	39	6	84,8	46,3	289,0	0,0	2,0	5,2	33,2
Variável	Período	Máximo								
<i>E. coli</i> ( NMP/100 mL)	Chuvoso	2419,6								
	Seco	1732,9								

Fonte: Elaboração própria a partir do software *Minitab*

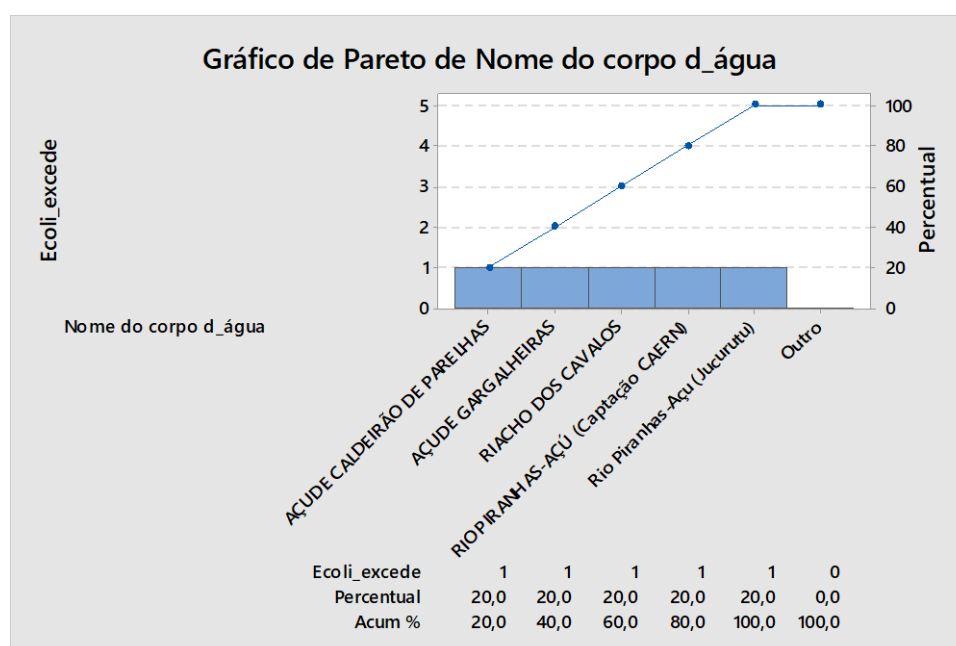
No período chuvoso (51 observações), a média foi de 165,9 NMP/100 mL, mas a mediana ficou em apenas 11,0 NMP/100 mL, com primeiro quartil em 2,0 e terceiro quartil em 127,4. Isso significa que a maior parte das amostras apresentou valores baixos, porém poucas ocorrências muito altas empurraram a média para cima. No período seco (39 observações), o mesmo padrão se repetiu, com média menor (84,8 NMP/100 mL),

mediana de 5,2 NMP/100 mL e Q3 de 33,2 NMP/100 mL, indicando condição microbiológica ainda mais favorável.

Os valores máximos de 2.419,6 NMP/100 mL (chuvoso) e 1.732,9 NMP/100 mL (seco) confirmam a presença de picos pontuais de contaminação, que são os mesmos identificados depois na tabela cruzada por corpo d'água; portanto, não se trata de problema generalizado na bacia, mas de poucos eventos que precisam ser priorizados na fiscalização. Esse padrão, mediana baixa, desvio-padrão muito alto e máximo elevadíssimo, é típico de dados de qualidade da água afetados por escoamento superficial ou lançamentos localizados e justifica o uso da variável binária de desconformidade para apoiar a tomada de decisão.

Com base na variável de desconformidade *Ecoli\_excede* gerada na metodologia, foi realizada no *Minitab* uma tabela cruzada entre corpo d'água e ocorrência de excedência, seguida da elaboração do gráfico de Pareto. O Pareto (Figura 1) evidencia que esses cinco pontos somaram 100% das ocorrências, permitindo sua classificação como pontos críticos e, portanto, prioritários para ações de fiscalização e para aumento da frequência de amostragem.

Figura 1 - Pareto das excedências de *E. coli* por corpo d'água.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IGARN (2024).

Esse procedimento mostrou que todas as medições acima de 1.000 NMP/100 mL concentraram-se em apenas cinco mananciais (Açude Caldeirão de Parelhas, Açude Gargalheiras, Riacho dos Cavalos, Rio Piranhas-Açu – captação CAERN e Rio Piranhas-Açu – Jucurutu).

A aplicação da estatística descritiva aos dados de qualidade da água do IGARN para a bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu mostrou que é possível, mesmo com uma série curta (2024–2025) e com número desigual de coletas por ponto, produzir informação diretamente utilizável pelos órgãos gestores. O parâmetro oxigênio dissolvido apresentou médias e medianas entre 7 e 8 mg/L nos períodos chuvoso e seco, indicando condições predominantemente favoráveis e compatíveis com os limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água de classe 2, com poucos episódios de depleção que devem ser reamostrados. Já o parâmetro microbiológico (*E. coli*) revelou o comportamento esperado para ambientes com aporte pontual: maioria das amostras com valores baixos e poucos picos elevados, que distorcem a média e aumentam o desvio-padrão.

A criação, ainda na etapa metodológica, da variável binária *Ecoli\_excede* permitiu transformar o dado bruto em indicador de conformidade e, a partir daí, hierarquizar os corpos d'água por frequência de excedências. O gráfico de Pareto mostrou que apenas cinco mananciais (Açude Caldeirão de Parelhas, Açude Gargalheiras, Riacho dos Cavalos, Rio Piranhas-Açu, captação CAERN e Rio Piranhas-Açu – Jucurutu) concentraram 100% das ocorrências acima de 1.000 NMP/100 mL, o que confirma que o problema não é difuso na bacia, mas espacialmente concentrado. Isso significa que o gestor pode direcionar fiscalização, aumento de frequência de amostragem e cruzamento com informações de saneamento exatamente nesses pontos, sem elevar o custo de toda a rede de monitoramento.

Como limitação, ressalta-se que o estudo trabalhou apenas com os parâmetros mais completos da planilha (OD e *E. coli*) e com um recorte temporal curto, não permitindo análises de tendência ou de correlação com chuva. Ainda assim, o procedimento demonstrou boa relação custo/benefício e pode ser repetido sempre que o IGARN

atualizar a base, incorporando turbidez, cianobactérias e dados hidrometeorológicos, de modo a fortalecer o planejamento hídrico e ambiental da PPA.

Em síntese, o trabalho mostra que estatística descritiva, organização mínima da base e visualização simples (Pareto) já são suficientes para apoiar tomada de decisão em bacias do semiárido, especialmente quando há muitos pontos e poucos recursos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua apoio técnico científico aportado até o momento.

#### **5) Referências (formato ABNT)**

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Relatório de monitoramento da qualidade da água 2023. João Pessoa: AESA, 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2022: relatório completo. Brasília: ANA, 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Panorama da qualidade das águas interiores no Brasil 2023. Brasília: ANA, 2023.

BRASIL. 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. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: MS, 2021.

IGARN. Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. Boletim de Qualidade da Água – Sistemas Hídricos do RN 2024. Natal: IGARN, 2024.

IGARN. Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. Painel de Monitoramento da Qualidade da Água 2025. Natal: IGARN, 2025.



IGARN. Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. Base de dados de qualidade da água – bacia Piancó–Piranhas–Açu (campanhas 2024). Natal: IGARN, 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022–2040: diretrizes e prioridades. Brasília: MMA, 2024.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 5. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2021.