



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
CURSO GESTÃO AMBIENTAL

ALESANDRA DE SOUSA BARREIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRECHO DO RIO GURGUEIA EM
ÁREA DE INFLUÊNCIA DE EMPREENDIMENTO SOLAR

CORRENTE
2025

ALESANDRA DE SOUSA BARREIRA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRECHO DO RIO GURGUÉIA EM ÁREA
DE INFLUÊNCIA DE EMPREENDIMENTO SOLAR

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Gestão ambiental do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Corrente

Orientadora: Prof.^a. Ma. Gil Sander Próspero Gama
Coorientador: Prof. Me. Israel lobato Rocha

CORRENTE

2025

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRECHO DO RIO GURGUÉIA EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DE EMPREENDIMENTO SOLAR

Alessandra de Sousa Barreira¹
Gil Sander Próspero Gama²

RESUMO

Nos últimos anos, a matriz energética brasileira avançou significativamente, impulsionada pelo uso de energias renováveis. Nesse cenário, a energia solar emerge como uma alternativa promissora, especialmente no Nordeste. Embora reconhecida como fonte sustentável, sua implantação pode gerar impactos ambientais adversos, demandando maior investigação, especialmente no que diz respeito à preservação dos corpos hídricos. Este estudo avaliou a qualidade da água do rio Gurguéia, no município de São Gonçalo do Gurguéia-PI, em área de influência de empreendimento solar, com base em parâmetros físico-químicos e microbiológicos definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. A metodologia incluiu levantamento bibliográfico e coletas de amostras da água em três pontos estratégicos do rio, abrangendo período seco e chuvoso. Os resultados indicaram níveis de coliformes totais muito acima do limite permitido, evidenciando a necessidade de uma investigação aprofundada. A pesquisa concluiu que, considerando os cinco parâmetros avaliados, o empreendimento solar não exerce influência sobre a qualidade do rio. Recomenda-se a ampliação do estudo e o monitoramento contínuo para garantir a conservação do recurso hídrico e a segurança ambiental na região.

Palavras-chave: Energia solar; Qualidade da água; Rio Gurguéia.

ABSTRACT

In recent years, the Brazilian energy matrix has advanced significantly, driven by the use of renewable energy. In this scenario, solar energy has emerged as a promising alternative, especially in the Northeast. Although recognized as a sustainable source, its implementation can generate adverse environmental impacts, requiring further investigation, especially with regard to the preservation of water bodies. This study evaluated the water quality of the Gurguéia River, in the municipality of São Gonçalo do Gurguéia-PI, in an area influenced by a solar project, based on physicochemical and microbiological parameters defined in CONAMA Resolution No. 357/2005. The methodology involved a bibliographic survey and collection of water samples at three strategic points of the river, covering both the dry and rainy seasons. The results indicated total coliform levels well above the permitted limit, evidencing the need for in-depth investigation. The research concluded that, considering the five parameters evaluated, the solar project does not influence the quality of the river. It is recommended that the study be expanded and that continuous monitoring be carried out to ensure the conservation of water resources and environmental security in the region.

Keywords: Solar energy, Water quality, Gurguéia River.

¹ Acadêmica do curso de Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí-IFPI. E-mail. barreiraallessandra39@gmail.com

² Prof^a. Dr^a. do curso de Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí-IFPI. E-mail. gil.gama@ifpi.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observa-se uma transformação significativa na matriz energética brasileira, marcada pela crescente adoção de fontes renováveis. Essa transição está diretamente relacionada às demandas globais por desenvolvimento sustentável e à necessidade de mitigar os impactos ambientais associados à geração de energia por fontes poluentes, como combustíveis fósseis (Carolino, 2023). Nesse contexto, a energia solar emerge como uma alternativa promissora, especialmente na região Nordeste, onde a alta incidência de radiação solar ao longo do ano favorece as condições ideais para sua expansão (Marques, 2009).

No atual cenário de mudanças climáticas e catástrofes ambientais, as energias renováveis emergentes se destacam por serem tecnologias limpas com baixa emissão de gases de efeito estufa, principalmente CO₂ (Teixeira *et al.*, 2023). Nessa perspectiva, os dados do Ministério de Minas e Energia revelam que, ao longo últimos vinte anos, o Brasil vem desenvolvendo ações que visam à transição de sua matriz energética mediante a inserção de novas fontes renováveis (MME, 2024).

Conforme aponta o Balanço Energético Nacional (BEN), a participação de fontes renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE), nos últimos anos, se manteve em um patamar elevado, atingindo um percentual de 49,1% em 2023 (BEN, 2024). Atualmente, as fontes renováveis correspondem a 83, 79% de toda a matriz elétrica do Brasil, configurando uma referência internacional de energia limpa (EPE, 2024). Apesar de a principal fonte de geração elétrica do país ainda ser proveniente de hidrelétricas, ressalta-se um crescimento considerável das fontes emergentes como a eólica e a solar, que correspondem a um percentual de 13,8% e 5,3%, respectivamente, da energia produzida, contribuindo para diversificação da matriz (ANEEL, 2024).

No país, a região Nordeste ocupa uma posição de destaque na produção de energia oriunda dessas duas fontes emergentes, devido às suas características físico-naturais, tornando-se um território propício para produção e expansão dessas fontes renováveis, particularmente a solar (Santos *et al.*, 2022). O semiárido nordestino apresenta índices de incidência solar com valores típicos entre 200 a 250 w/m², equivalentes a 1852 a 2190 kWh/ m² por ano de radiação, colocando o Brasil entre as maiores potências de energia solar do mundo (Marques, 2009).

O baixo custo de implantação e manutenção de projetos solares representa uma vantagem significativa em relação às fontes tradicionais de energia (Carvalho, 2023). Nesse aspecto, essa fonte energética se torna cada vez mais competitiva, impulsionada, em grande parte, pelos sucessivos avanços tecnológicos no setor energético (Silva *et al.*, 2021).

Embora as energias renováveis sejam reconhecidas como fontes limpas e sustentáveis, a sua implantação pode gerar impactos ambientais adversos desde a captação de recursos até o consumo final, especialmente no que diz respeito à preservação dos corpos hídricos, visto que para a instalação de complexos solares faz-se necessário o desmatamento de áreas (Turney; Fthenakis, 2011, Ferreira *et al.*, 2024). A expansão do desmatamento de áreas pode resultar no carregamento de sedimentos para corpos hídricos superficiais, reduzindo sua qualidade (Lense, *et al.*, 2020). Assim, a abertura de extensas áreas para instalação de painéis solares, associada a alterações no uso e ocupação do solo, aumento do escoamento superficial e possível contaminação por resíduos gerados durante as fases de construção e operação pode interferir na dinâmica hídrica e comprometer a qualidade da água em regiões próximas. Isso torna fundamental o desenvolvimento de estudos que avaliem a qualidade da água em áreas de influência de empreendimentos solares, garantindo que o avanço das energias alternativas ocorra de forma responsável e alinhada à preservação ambiental, saúde e bem-estar das comunidades envolvidas (Bezerra; Reis Neto; Andrade, 2021).

Nesse sentido, a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA surge como marco regulatório para classificação e monitoramento

dos recursos hídricos no Brasil, com base em parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que incluem temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido entre outros indicadores fundamentais para garantir a preservação da qualidade das águas (Brasil, 2005).

Com o exposto, fica clara a importância de investigação da qualidade da água em corpos hídricos perto dos quais houve instalação de empreendimentos solares. Desse modo, o presente trabalho teve como área de estudo um trecho do Rio Gurguéia, localizado no município de São Gonçalo do Gurguéia, no sul do estado do Piauí. Esse rio desempenha um papel vital, tanto em termos ecológicos, por sua rica biodiversidade, quanto socioeconômicos, devido a sua relevância para a população local (Oliveira; Aquino, 2020). No entanto, a instalação de um dos maiores complexos solares da América Latina nas suas proximidades levanta questionamentos sobre possíveis impactos ambientais, sobretudo no que tange à qualidade da água, justificando, assim, a execução da pesquisa.

Portanto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da água em trecho do rio Gurguéia em área de influência de empreendimento solar. Além disso, espera-se, estimular o desenvolvimento de estratégias de mitigação e gestão sustentável, promovendo o equilíbrio entre a expansão das energias renováveis e conservação dos ecossistemas aquáticos.

Ao abordar a relação entre expansão das energias limpas e qualidade dos recursos hídricos, esse estudo contribui para pesquisas na área na gestão ambiental, fornecendo subsídios técnicos e científicos para políticas de monitoramento e preservação e alinhando desenvolvimento econômico à sustentabilidade ambiental e à saúde e bem-estar da comunidade local.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

São Gonçalo do Gurguéia, localizado no sul do estado do Piauí, foi criado em 14 de dezembro de 1995 a partir do desmembramento dos municípios de Barreiras do Piauí e Gilbués, conforme a Lei estadual nº 4.810. Com área de 1.385, 255 km², ocupa a 54^a. posição em extensão territorial entre os 224 municípios piauienses e a 1.058^a. posição entre os 5.570 municípios brasileiros. A população estimada é de 2.947 habitantes, com densidade demográfica de 2,13 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2023a). O município integra a Microrregião do Alto Médio Gurguéia, na Mesorregião do Sudoeste Piauiense e pertence ainda à região imediata de Corrente e à região intermediária Corrente- Bom Jesus (IBGE, 2023b).

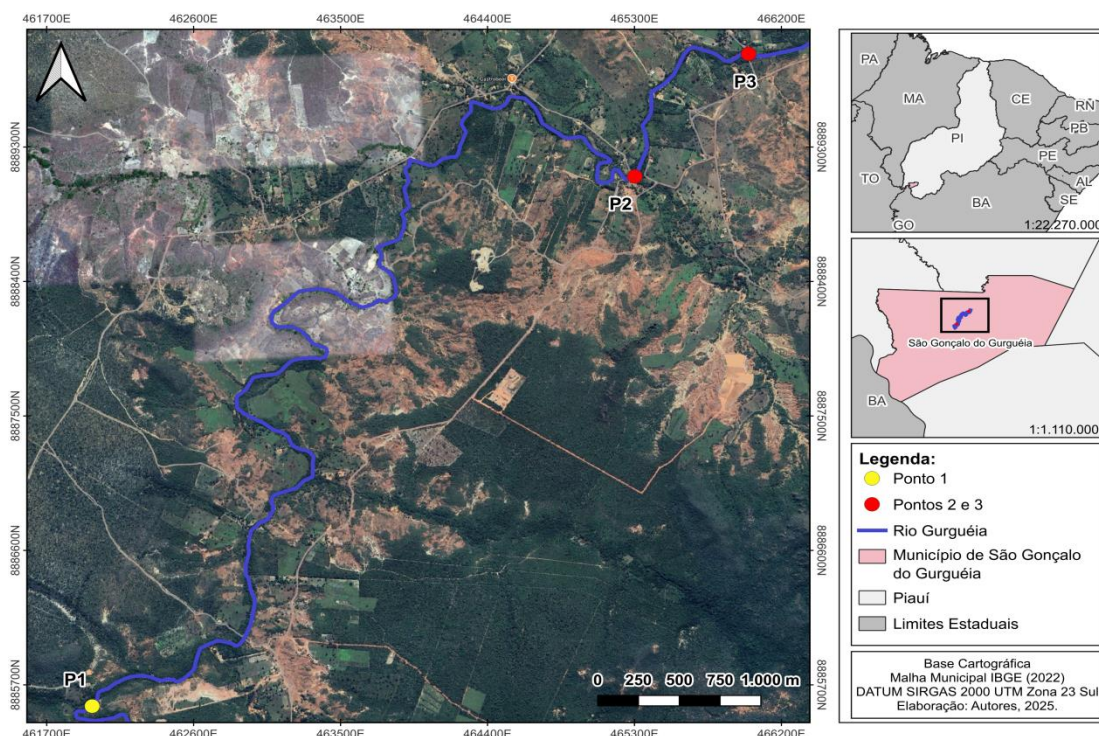
Inserido no bioma Cerrado, apresenta clima tropical quente, com altitude de 232 metros e precipitação anual variando entre 1000 e 1200 mm (Maciel, et al., 2023). Entre os principais recursos naturais que caracterizam a área, destaca-se o rio Gurguéia, considerado o maior afluente do rio Parnaíba pela margem direita. Sua nascente está localizada no sopé da Chapada das Mangabeiras, a uma altitude de média de 500 metros, abrangendo uma bacia hidrográfica de aproximadamente 8.840 km² (Oliveira; Aquino, 2021).

Com uma extensão de 532 km, o rio atravessa vários municípios e desempenha um papel vital na dinâmica hídrica da região. Apresenta drenagem intermitente no trecho que se estende entre os municípios de São Gonçalo do Gurguéia e Redenção do Gurguéia, com baixa vazão na estação seca, cheias médias máximas com descarga de 200m³/s no período chuvoso e descarga média anual de 39m³/s, aproximadamente. (Brasil, 2006). Apesar de sua rica biodiversidade e de sua importância para a vida dos ecossistemas e da população local, é uma área ainda pouco estudada em seus aspectos ambientais (Oliveira; Aquino, 2020).

Nas proximidades do rio está instalado o complexo solar São Gonçalo. Em operação desde janeiro de 2020, é considerado o maior parque solar da América Latina, com capacidade

mais de 1.500 GWh por ano. É também o primeiro empreendimento no Brasil a utilizar módulos solar bifacial, capazes de capturar a luz do sol de ambos os lados dos painéis para geração de energia (Bezerra; Reis Neto; Andrade, 2021).

Mapa 1 – Localização dos pontos de amostragem em trecho do Rio Gurguéia



Fonte: Autora (2024)

3.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. Inicialmente, foi feito o levantamento bibliográfico, baseando-se nos estudos acadêmicos que versam sobre a temática em estudo e levantamento de dados a partir dos principais dispositivos legais que fundamentam a gestão ambiental. Nessa perspectiva, utilizou-se como fontes de consulta: a Resolução CONAMA nº 357/2005, dados abertos do Ministério de Minas e Energia (MME), os dados do Censo 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados do Balanço Energético Nacional (BNE) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e estudos acadêmicos e científicos disponibilizados nas plataformas Google Scholar e Scielo. Na segunda etapa, foi realizada a pesquisa de campo.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece as condições e padrões de qualidade dos corpos de água no Brasil. Neste estudo, adotou-se a classe 2 como referência, por ser aplicável a rios destinados ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional), proteção da vida aquática, recreação de contato primário e irrigação de hortaliças. Esses usos correspondem às atividades identificadas na área de estudo, o que torna a escolha da classe 2 coerente com realidade do rio Gurguéia e adequada para avaliação da sua qualidade hídrica.

Na segunda etapa, realizou-se a pesquisa de campo. As coletas das amostras foram realizadas em dois períodos: abril, representando um período com pouca ocorrência de chuvas na região e dezembro, período chuvoso. Foram selecionados 03 (três) pontos estratégicos do

rio Gurguéia (Figura 1). A coleta no ponto 1 (P1) foi realizada na localidade Buritizinho (montante do rio), representando as condições naturais da água; no ponto 2 (P2) foi realizada na localidade Macacos (trecho médio), refletindo alterações gradativas ao longo do rio; já o ponto 3 (P3), foi colocado à jusante do rio, abrangendo área de maior influência urbana a atividades relacionadas ao empreendimento solar. Em todas as amostras de água foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e coliformes totais. Para tanto, utilizou-se os instrumentos: sonda multiparâmetro, turbidímetro Plus, oxímetro (Lutron)-DO-5519, Meio cromogênio em DIP em papel e Colipaper.

As amostras coletadas foram armazenadas e analisadas no laboratório de Água e Saneamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Piauí- IFPI. Os resultados das análises laboratoriais foram confrontados com os Valores Máximos Permitidos (VMP) determinados pela Resolução nº 357/2005, assegurando que a qualidade da água avaliada se encontra em conformidade com os padrões legais para águas doces, classe 2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados das análises realizadas nos três pontos de amostragem do rio Gurguéia (P1, P2, P3), considerando o início do período seco (abril) e do chuvoso (dezembro). Esses resultados foram comparados aos Valores Máximos Permitidos (VPM) estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA pra destacar as variações entre os três pontos nos períodos investigados.

Tabela 1 – Parâmetros analisados e Valores Médios Permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005

Parâmetros	P1		P2		P3		VMP Res. CONAMA
	Abril	Dezembro	Abril	Dezembro	Abril	Dezembro	
Temperatura (°C)	26.6	26.4	28.1	27.9	28.6	28.4	-
pH	9.26	9.3	7.14	8.49	5.88	8.20	Entre 6.0 e 9.0
Turbidez (UNT)	8.04	2.12	7.77	5.16	7.50	9.34	Até 100 UNT
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	20.1	13.5	19.3	26.4	18.4	30.5	Não inferior a 5 mg/L O ₂
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	4.800	4.720	5.920	4.240	9.680	3.920	1000 NMP/100 ml

Onde: P1- Ponto 1; P2- Ponto 2; P3- Ponto 3; UNT– Unidade Nefelométrica de Turbidez; NMP- Número Mais Provável.

Fonte: Autora (2025)

A temperatura encontrada nos três pontos coletados variou entre 26,4 e 28,6 °C, sendo a menor registrada no início do período chuvoso, no P1, e a maior no início do período seco, no P3, apresentando uma variação térmica de cerca de 4 °C. Quando analisados separadamente, todos os pontos (P1, P2 e P3) apresentaram, entre os dois períodos avaliados, apenas 0,2 °C de

diferença (Tabela 1). Isso sugere certa constância na temperatura de cada ponto. Porém, Quando comparados entre si, o P3 foi o que apresentou temperaturas mais elevadas, seguido pelo P2. Assim, o P1 foi o que apresentou as menores temperaturas encontradas.

A temperatura é um fator determinante na qualidade dos ecossistemas aquáticos, influenciando o metabolismo dos organismos, a decomposição da matéria orgânica e a solubilidade dos gases na água (Soares *et al.*, 2022). O aumento da temperatura em corpos d'água reduz a concentração de oxigênio na água, influenciando a decomposição da matéria orgânica e a qualidade do líquido, além de afetar a vida dos organismos aeróbicos aquáticos (Fantin-Cruz *et al.*, 2010).

Diversos fatores podem influenciar a dinâmica térmica da água. Fatores naturais, como estação do ano, índice pluviométrico, latitude, altitude, circulação do ar, nebulosidade e profundidade de um corpo hídrico e também fatores não naturais, resultantes de ações antropogênicas, como desmatamento, poluição térmica, redução do fluxo de água e lançamentos de águas a partir de barragens interferem na dinâmica térmica dos recursos hídricos (Fantin-Cruz *et al.*, 2010).

Estudos de Lenz *et al.* (2024) evidenciaram que rios situados próximos às cidades tendem a apresentar temperaturas mais altas, devido à maior carga de poluentes urbanos, lançamentos de esgoto e atividades comerciais e industriais. Além disso, a baixa profundidade do rio, associada à menor presença de mata ciliar aumenta a exposição da água à radiação solar, elevando a temperatura nesse ponto. Embora a resolução CONAMA nº 357/2005 não estabeleça um limite específico, as variações térmicas podem interferir em outros parâmetros físico-químicos, impactando a qualidade da água (Silva; Oliveira; Silva, 2023).

Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), os resultados indicaram uma variação de 5,88 (ligeiramente ácido) a 9,3 (alcalino). O pH é um parâmetro utilizado na avaliação da água, expressando suas condições de acidez, alcalinidade ou neutralidade (Braga *et al.*, 2023). É uma das variáveis de maior complexidade interpretativa, pois sofre influência de sólidos dissolvidos, temperatura da água, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese e também de atividades antrópicas, como efluentes domésticos, industriais e esgotos (Castro, 2023).

Conforme estabelece o CONAMA, o valor médio permitido para o pH em águas doces é de 6,0 a 9,0. Nesse aspecto, em P1 foi observado um desvio moderado (0,26 unidades, em abril e de 0,3 em dezembro). Em P2 os valores de pH estão dentro dos limites estabelecidos. O P3 registrou no mês de dezembro valor em conformidade com a resolução, no entanto a análise das amostras coletadas em abril evidenciou uma leve acidificação da água.

A pesquisa também investigou a turbidez para avaliação da qualidade da água do rio Gurguéia no trecho selecionado. A turbidez é uma propriedade física dos líquidos e indica o grau de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a superfície da água, induzido por partículas em suspensão (Nascimento, 2022). Os resultados revelaram uma oscilação entre 2,12 UNT e 9,34 UNT, considerados muito abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA, que é 100 UNT.

A variância entre os pontos de monitoramento podem indicar locais com maior presença de partículas em suspensão, que acarretam maiores valores e evidenciam ambientes mais turvos (Castro, 2023). Níveis elevados de turbidez em corpos hídricos indica maior concentração de sedimentos na água, o que ocorre frequentemente em períodos úmidos, no qual sólidos são carregados pela água da chuva para o leito dos rios. Além disso, atividades relacionadas à agricultura e pecuária tendem a aumentar a turbidez de corpos hídricos (Passos; Muniz; Filho, 2018).

Bibiano (2023) ressalta que a presença de sólidos em suspensão pode comprometer a qualidade visual e química da água. Taxas elevadas de turbidez da água formam blocos pesados que decantam mais facilmente em comparação com águas com baixa a turbidez (Araújo; Andrade, 2020).

Outro importante indicador é oxigênio dissolvido (OD), uma das principais variáveis da qualidade da água, uma vez que sua concentração está diretamente relacionada à sobrevivência dos ecossistemas aquáticos (Ferraz, 2020). A determinação de OD fornece informações relevantes sobre as reações biológicas e bioquímicas que ocorre na água, além de indicar a capacidade de autodepuração de um recurso hídrico (Nascimento, 2022).

A baixa concentração de oxigênio dissolvido está presente em águas poluídas, como por exemplo, recursos hídricos que recebem despejo de esgoto, enquanto águas limpas normalmente apresentam nível de OD superior a 5 mg/L (Passos; Muniz; Filho, 2018). Conforme aponta Silva (2023) o baixo teor de oxigênio na água pode comprometer a respiração de peixes, invertebrados aquáticos e outros organismos sensíveis, afetando sua saúde e sobrevivência.

No contexto dessa pesquisa, a análise das amostras apontou que os níveis de oxigênio dissolvido no trecho avaliado variaram de 13,5 a 30 mg/L, valores em conformidade com o padrão estabelecido pelo CONAMA.

Além desses parâmetros, a pesquisa também investigou o teor de coliformes totais na água nos pontos selecionados do rio. Os coliformes totais englobam gêneros e espécies entéricas e não entéricas, conforme abordam Duarte, Menezes e Galúcio (2023). Podem ser encontrados mesmo em cursos d'água sem poluição urbana ou esgoto sanitário, estando presentes de forma natural. Assim, sua simples ocorrência não representa, necessariamente, um indicativo de contaminação (Ferreira, 2023).

Os microrganismos, especialmente do grupo dos coliformes, se propagam com maior frequência e indicam a potencialidade da água na transmissão de doenças. Por isso, a análise bacteriológica dos mananciais de água é tão importante (Siqueira, *et al.* 2022). Altas taxas de coliformes totais, principalmente à jusante de rio pode ser um indicativo de contaminação provenientes de atividades antrópicas, como ocupação desordenada e falta de saneamento básico (Humann *et al.*, 2022).

Considerando a relevância desse parâmetro na determinação da qualidade da água, a pesquisa analisou o nível de coliformes totais nos três pontos do rio e os resultados indicaram concentrações variando entre 3.920 a 9.680 NMP/100 mL, valores muito acima do limite máximo de 1000 NMP/100 mL fixado pelo CONAMA. Em comparação com os períodos observados, nota-se que os maiores valores de coliformes totais foram registrados no mês de abril, principalmente em P2 e P3, trecho médio e jusante do rio.

A análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do rio Gurguéia revelou variações entre os pontos de coleta e os períodos avaliados. A temperatura oscilou entre 26,4 e 28,6 °C, apresentando uma diferença pouco expressiva dentro de cada ponto. As temperaturas mais baixas registradas a montante do rio ocorrem, provavelmente, devido a esse trecho do rio estar situado em uma área rural, próximo à nascente do rio, com predomínio de cobertura vegetal, o que faz com que a incidência de radiação solar direta sob a água seja menor. Além disso, outras condições naturais como localização geográfica, circulação do ar, fluxo e profundidade do rio contribuem para as temperaturas mais amenas.

Em contrapartida, a elevação da temperatura em P2 (trecho médio do rio) e, principalmente, em P3 (jusante do rio), caracterizados pela proximidade com área urbana, pode estar relacionada à baixa cobertura vegetal e exposição direta à radiação solar bem como a influência de atividades antrópicas. A elevação da temperatura em abril, período menos chuvoso pode ser explicada pelo baixo nível da água e alta temperatura atmosférica, característicos de períodos secos (Carvalho *et al.*, 2016).

Nesse sentido, a estabilidade térmica da água nos períodos observados sugere boa qualidade física do rio Gurguéia. No entanto, é essencial o monitoramento contínuo para avaliar possíveis alterações a longo prazo e garantir que o uso do solo e atividades na região não comprometam a dinâmica térmica e biodiversidade do rio.

A pesquisa também revelou variação no pH da água, com valores entre 5,88 a 9,3. No P2 os valores se mantiveram dentro do limite estabelecido pela resolução nº 357/2005 do CONAMA. A alcalinidade observada no P1 pode estar associada às atividades antrópicas em áreas próximas ao ponto de coleta, como agricultura e pecuária, podendo resultar em diversos problemas, como escoamento de fertilizantes e agrotóxicos para o leito do rio (Junior, 2023). No entanto, outras causas devem ser investigadas. Já a leve acidificação registrada no P3 pode estar relacionada ao acúmulo de matéria orgânica e ao processo de decomposição biológica, característicos de áreas com maior influência antrópica. Desse modo, reforça-se a necessidade de uma investigação mais profunda quanto às fontes de alcalinidade em P1 e de acidez em P3, para identificar com precisão as causas relacionadas e mitigar possíveis impactos ambientais, garantindo a sustentabilidade ambiental do rio.

Além disso, a turbidez manteve-se baixa em todos os pontos observados, com variação entre 2,12 e 9,34 UNT, valores abaixo do limite determinado pelo CONAMA. O aumento de turbidez pode estar associado aos meses chuvosos, em consequência de processos erosivos, folhas e galhos de árvores que são carregados para o leito dos rios pela água da chuva (Leal; Mendonça; Cruz, 2024). Isso explicaria os valores verificados em P3, a jusante do rio durante o período chuvoso, onde o transporte de sedimentos e matéria orgânica, associados ao escoamento superficial em áreas urbanizadas aumentam os níveis de turbidez da água. Porém, já nos pontos 1 e 2, o comportamento foi contrário. Em períodos chuvosos, a turbidez constatada foi menor que no período mais seco, sendo no P1 a turbidez de 2.12 UNT e em P2 de 5.16. Já no período mais seco, esses valores foram maiores, sendo de 8.04 e de 7.77, respectivamente. Apesar das variações sazonais, esse resultado indica boa qualidade da água do rio no trecho avaliado.

Em relação ao oxigênio dissolvido, a análise das amostras indicou variação entre 13, 5 mg/L a 30 mg/L. A resolução determina que o OD seja igual ou superior a 5,0 mg/L, então o oxigênio dissolvido nos três pontos de coleta está em conformidade com os padrões exigidos, apresentando a quantidade ideal para a manutenção da vida aquática (Silva, 2023). A alta concentração, principalmente em P3, nas proximidades da cidade, ocorre, provavelmente, em virtude do acúmulo de matéria orgânica e intensa fotossíntese de organismos aquáticos ao longo do rio, conforme sugere os estudos de Soares *et al.* (2021). Desse modo, o monitoramento contínuo é crucial para identificar tendências de supersaturação e prevenir alterações na qualidade ecológica do rio Gurguéia.

Por fim, a pesquisa analisou o nível de coliformes totais nos três pontos do rio e os resultados revelaram uma variação entre 3.920 NMP/100 mL a 9.680 NMP/100 mL, valores muito acima do limite máximo de 1000 NMP/100 mL fixado pelo CONAMA. Essa alta concentração sugere significativa contaminação bacteriológica da água do rio no trecho observado.

Em comparação com os períodos observados, nota-se que os maiores valores de coliformes totais foram registrados no mês de abril, principalmente em P2 e P3, trecho médio e jusante do rio. Esses resultados podem estar associados à pouca ocorrência de chuvas e sua influência no regime hídrico durante esse período, uma vez que a redução do fluxo de água culmina em uma maior concentração de poluentes, ocasionando o registro de valores mais elevados para esse parâmetro (Souza, 2023), principalmente a jusante do rio onde o acúmulo de sedimentos é maior.

Por outro lado, os resultados de coliformes totais nas amostras de água nos meses de dezembro podem ser justificados pela atuação direta da precipitação, através do escoamento superficial que causa o arraste de fezes de animais para dentro do rio (Bonfim, 2023), principalmente em P1 e P2, pontos localizados em áreas rurais. O maior teor de coliformes totais em P3 está atrelado ao fato desse ponto estar localizado a jusante do rio, onde geralmente, há um maior acúmulo de lançamentos urbanos, refletindo assim nos resultados das análises.

Estudos anteriores apontam para a vulnerabilidade da qualidade da água do rio Gurguéia. Gama (2018) constatou a presença de coliformes termotolerantes e totais em concentrações superiores aos padrões recomendados, especialmente durante a estação chuvosa, o que sugere uma possível influência de fatores sazonais e atividades antrópicas na contaminação hídrica do rio. Esses achados reforçam a necessidade de monitoramento rigoroso da qualidade microbiológica da água para evitar potenciais riscos à saúde humana e ao equilíbrio ambiental.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada demonstrou que a qualidade da água do rio Gurguéia, no trecho avaliado, não atende plenamente aos padrões estabelecidos pelo CONAMA, pois embora a temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido tenham se mantido dentro dos limites aceitáveis, foram observadas oscilações nos níveis de pH e, de forma mais crítica, elevadas concentrações de coliformes totais em todos os pontos de amostragem. Esses resultados revelam um cenário de contaminação microbiológica expressiva e reforçam a necessidade urgente de intervenções corretivas e monitoramento contínuo voltado à preservação do ecossistema aquático e proteção da saúde pública.

A temperatura oscilou conforme a sazonalidade e a localização dos pontos de coleta, sendo mais elevada em áreas urbanizadas e durante o período seco, possivelmente devido à maior incidência solar e à redução da vazão do rio. A turbidez apresentou baixos valores, mesmo em período chuvoso, indicando estabilidade física e baixa presença de partículas em suspensão. O oxigênio dissolvido permaneceu em níveis adequados para a sustentação da vida aquática, sugerindo boas condições ecológicas.

Em contrapartida, o pH manteve-se dentro dos limites permitidos em P2, mas com tendência à alcalinidade em P1 e acidez moderada em P3, o que pode refletir influências naturais e antrópicas ao longo do trecho. Já os coliformes totais ultrapassaram os limites legais em todos os pontos amostrados, evidenciando contaminação microbiológica significativa.

A análise dos dados não indicou evidências técnicas que comprovem uma relação direta entre as alterações observadas e a presença do parque solar instalado nas proximidades do rio Gurguéia. Os resultados sugerem que as oscilações nos valores de pH e altas concentrações de coliformes totais estão mais provavelmente associados a fatores externos, como escoamento superficial, ausência de saneamento básico e atividades agropecuárias na região, o que requer uma investigação aprofundada para evitar potenciais riscos à saúde pública e ao ecossistema aquático. Dessa forma, conclui-se que, nas atuais condições de operação, o empreendimento solar em questão não exerce influência sobre a qualidade da água do rio.

Diante disso, reforça-se a importância do monitoramento contínuo, com ampliação dos parâmetros e frequências das análises, de modo a compreender melhor a dinâmica hídrica local e subsidiar a implementação de estratégias corretivas e preventivas. Tais ações são essenciais para evitar impactos ambientais futuros e garantir a conservação dos recursos hídricos e a segurança ambiental na região.

6 REFERÊNCIAS

ANNEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Estatísticas**. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br>. Acesso: 24 marc. 2024.

ARAÚJO, D.L. ANDRADE, R.F. Qualidade microbiológica da água utilizada em bebedouros

de instituições de ensino no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v.3, n.4, p.7301-7324, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br>. Acesso: 18 jun. 2024.

BATISTA, F. L. **Avaliação da qualidade da água do rio Caititu no município de Lábrea-AM**. Disponível em: <https://riu.ufam.edu.br>. Universidade Federal do Amazonas, 2022. Acesso: 21 jun. 2024.

BEZERRA, A.K. L; REIS NETO. A.F; ANDRADE, M.O. Cidadania ambiental e participação popular: efetividade da legislação ambiental em um parque de energia solar no Piauí. **Revista de Direito da Cidade**. Vol.13, n 1, 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/56396>. Acesso: 11 abr. 2024.

BRAGA, C.B.C. Avaliação da qualidade da água de corpos hídricos monitorados pela Agência Nacional de Água em São Luís- MA. **Revista Interfaces**, v.11, n.3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.16891/2317-434X.v11.e3.a2023.pp2829-2838>. Acesso: 18 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da região hidrográfica do Parnaíba**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. 2006. 184 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama n.357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, em como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <https://mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705>. Acesso: 21 fev. 2024.

BIBIANO, M. T. **Análise da qualidade da água e avaliação de impactos ambientais em um trecho do Rio Vacacaí Mirim, Bairro Camobi, Santa Maria, RS**, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/32592>. Acesso: 15 jun. 2024.

BOMFIM, O.E.T. *et al.* Análise de coliformes fecais e totais de três nascentes do município de Herculândia-SP. **ACTA Geográfica**, v.17, n.46, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v17i46.5022>. Acesso: 11 jun. 2024.

CAROLINO, E.F. **Energia e sustentabilidade: desafios e soluções** [recurso eletrônico]. Ponta Grossa: Aya, 2023. Disponível em: <https://books.google.com>. Acesso: 21 fev. 2024.

CARVALHO, C.A. A evolução da energia solar e sua contribuição socioambiental no Brasil. **Revista FT**. Vol.27, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-evolucao-da-energia-solar-e-sua-contribuicao-socioambiental-no-brasil/>. Acesso: 15 jul. 2024.

CARVALHO, A.P. *et al.* Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional. **Geociências**, V.35, n.3, p.472-484, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br>. Acesso em: 25 mai. 2024.

CASTRO, M.B. **Avaliação da qualidade da água do Ribeirão São João no município de Porto Nacional- TO**. Dissertação (Mestrado Acadêmico)- Universidade Federal do Tocantins, 2023. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br>. Acesso: 25 jun. 2024.

DUARTE, A.S. MENEZES, T.B. GALÚCIO, V.C.A. Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes no Rio Guamá no entorno do Ver-o-Peso no município de Belém-PA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.9, n.5, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro>. Acesso em: 16 jun. 2024.

EPE. **Relatório síntese do Balanço Energético Nacional 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. 71 p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes/dados-abertos/publicacoes/Relatorio-Sintese-do-Balanco-Energetico-Nacional-2023>. Acesso: 24 mar. 2024.

FANTIN- CRUZ, I. Regime térmico em águas correntes e sua importância na estrutura do habitat e na biologia de organismo aquáticos. **Caminhos da geografia**, v.11, n.36, 2010. Disponível em: <https://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso: 11 jun.202.

FERRAZ, C.J. **Método para determinação de oxigênio dissolvido em águas utilizando complexo MnIII-EDTA**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)-Universidade Federal de Viçosa, MG, 2020. Disponível em: <https://locus.ufv.br>. Acesso: 7 jun. 2024.

FERREIRA, J.P.B. **A relação entre DBO e presença de coliformes na água: um estudo da água do rio Uberaba- MG**. Disponível em: <https://dspace.uniube.br:8443/handle/123456789/2511>. Acesso: 4 mai. 2024.

FERREIRA, R.A. *et.al*. Desmatamento inerente à instalação de usinas fotovoltaicas centralizadas no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Energia Solar**, [S.I.], v.15, n.1, p. 73-81, 2024. DOI: 10.59627/rbens. 2024v15i1.455. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/455>. Acesso: 10 jun.2024.

GAMA, S. C. **Impactos na qualidade da água do rio Gurguéia pelo uso e ocupação do solo no município de São Gonçalo do Gurguéia-Piauí**. 2018. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental)- Instituto Federal do Piauí- Campus Corrente, Corrente, 2018. Disponível em: <https://bia.ifpi.edu.br:8080/juspui/handle/123456789/138>. Acesso: 19 jun. 2024.

HUMANN, F.C. *et al*. Análise de coliformes fecais no Rio Camboriú. **Anais da Feira de Iniciação Científica e Extensão (FICE)**. Instituto Federal Catarinense, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br>. Acesso: 17 jun.2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados: São Gonçalo do Gurguéia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso: 21 fev. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados: regiões geográficas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso: 21 fev. 2024.

JUNIOR, D F.L. **Análise dos parâmetros físico-químicos da água do córrego Pipoca, Morrinhos-GO**. Monografia (Pós-graduação Lato Sensu em Licenciatura em química). Instituto Federal Goiânia, 2023. Disponível em: <https://ifgoiano.edu.br>. Acesso: 14 jun. 2024.

LEAL, G.O. MENDONÇA, M.T.G. CRUZ, R.P. Análise da qualidade da água, relacionando pH, turbidez e coliformes termotolerantes, do Rio Guandu. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociale**, v.17, n.6, p.01-17, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistascontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/7924/4999>. Acesso: 3 jul. 2024.

LENSE, H.E.G. *et al.* Efeito do desmatamento sobre as taxas de erosão hídrica na região Amazônica. Revista Disponível em: **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.15, n.4, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publicacion/346432191_Effects_of_deforestation_on_water_erosion_rates_in_the_Amazon_region. Acesso: 8 jun. 2024.

MACIEL, E.B. *et al.* Impactos ambientais na Área de Preservação Permanente (APP) do rio Gurguéia no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Gurguéia- PI. **Acta Ambiental Catarinense**, v.20, n.1. Disponível em <https://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.7427>. Acesso: 20 jun. 2024.

MARQUES, R. C. Energia solar fotovoltaica e perspectiva de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Revi. Tecnol.** Fortaleza, v.30, n.2, 2009. Disponível em: <https://ojs.unifor.br>. Acesso: 18 mar. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília-DF: MMA, p.184, 2006. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/161/publi-cacao161_publicacao0303201110236055.pdf. Acesso: 22 fev. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Relatório Síntese**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/balanco-energetico-nacional/ben-2023>. Acesso: 24 fev. 2024.

OLIVEIRA, L. N. AQUINO, C.M.S. Dinâmica temporal do uso e cobertura da terra na fronteira agrícola do Matopiba: análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia-Piauí. **Revista Equador (UFPI)**, Vol.9, nº1, p.317-333, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso: 30 mar. 2024.

OLIVEIRA, L. N. AQUINO, C.M.S. Análise dos fatores de erodibilidade e declividade na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia, Piauí, Brasil. **Terr@ Plural, [S.I.]**, v.15, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://revistas.uepg.br>. Acesso: 28 mar. 2024.

PASSOS, A.L.L. MUNIZ, D.F. FILHO, E.C.O. Critérios para avaliação de água no Brasil: um questionamento sobre os parâmetros utilizados. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v 7, n.2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/fronteiras>. Acesso: 21 abr. 2024.

SANTOS, A.T. *et al.* Simulação da velocidade do vento no nordeste do Brasil usando o modelo regional WRF. In: Pessoa, Zuraide Souza. (Org.). **Energia eólica: perspectivas e desafios no Rio Grande do Norte**. Editora Livraria da Física, 2022. Disponível em: <https://www.livrariadafisica.com.br>. Acesso: 24 abr. 2024.

SILVA, H M.G. Estudo de indicadores de qualidade da água do Rio São Francisco: turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido. **Engineering Sciences**, v.11, n.2, p. 33-40, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2023.002.0004>. Acesso: 10 jul.2024.

SILVA, M. et al. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Revista Mythos**, 14(2), 51-61. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br>. Acesso: 28 jun. 2024.

SILVA, D.P. OLIVEIRA. H.R. SILVA,G.R. A influência do perímetro urbano na qualidade da água do rio Taquari-Coxim-MS. **Bases de La Ciencia**, v.8,n.1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.33936/rebasesdelaciencia.v8il.5425>. Acesso: 22 abr. 2024.

SILVA, T.S.M. **Qualidade microbiológica do Rio Carioca- RJ**: isolamento e identificação de bactérias do grupo coliformes tolerantes e sua susceptibilidade a antimicrobianos. Dissertação (mestrado)- Fundação Oswaldo Cruz, 2021. Disponível em: <https://arca.fiocruz.br/handle/iciict/49219>. Acesso: 16 jun. 2024.

SIQUEIRA, F.F.F.S. Avaliação da qualidade da água do médio curso do rio Itapecuru, estado do Maranhão, Brasil. **Research, Society and Development**, v.11, n.6, 2022. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28824>. Acesso: 20 jun.2024.

SOARES, D.C. *et al.* Análise de água superficial do rio Parauapebas: montante (P08) e jusante (P06) do armazém. **Revista Científica FAMAP**, v.2, n.02, 2022. Disponível em: <https://famap.emnuvens.com.br/revista/article/view/21>. Acesso: 9 mai. 2024.

SOARES, R.R.S. *et al.* Concentração de clorofila e parâmetros físico-químicos para avaliação de níveis de eutrofização do Rio Cereja, Bragança-Pa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.05, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso: 1 mai. 2024.

SOUZA, R.C. **Caracterização físico-química e microbiológica da bacia hidrográfica do Rio Puraquequara**. Dissertação (Mestrado – Programa de pós-graduação em clima e ambiente), 2023. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/40377>. Acesso: 3 jun. 2024.

TEIXEIRA, R.L.P. *et al.* Olhares sobre a expansão das energias renováveis no Rio Grande do Norte: entre conflitos, controvérsias e possibilidades. **Geographia Opportuno Tempore**. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/got.2024.v10.49704>. Acesso: 22 fev. 2024.

TURNEY, D. FTHENAKIS, V. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, ed.6, p.3261-3270, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023>. Acesso: 20 jun. 2024.