

# POLUIÇÃO HÍDRICA EM RIOS TROPICAIS: APLICAÇÃO DO AZUL DE METILENO (AM) NO ESTUDO DO RIO ITAPICURU - PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE QUEIMADAS (BAHIA/BRASIL)

JÉMISON MATTOS DOS SANTOS<sup>1</sup>  
BRUNO ELTON CARNEIRO SANTIAGO<sup>2</sup>  
KLEBER CARVALHO LIMA<sup>3</sup>  
MÁRIO JORGE DE SOUZA. GONÇALVES<sup>4</sup>  
Universidade Estadual de Feira de Santana

**Resumo:** A presente pesquisa refere-se ao uso e à aplicação da técnica do Azul de Metileno (AM) para a verificação da poluição no rio Itapicuru, perímetro urbano do município brasileiro de Queimadas, na Bahia. Objetiva-se analisar os efeitos da poluição hídrica no sistema ambiental, bem como assinalar as principais zonas de autodepuração. A metodologia empregada desenvolveu-se com o uso do AM como agente redutor na avaliação da decomposição da matéria orgânica no corpo hídrico, associado à interpretação e análise de outras variáveis físico-químicas (pH, temperatura e oxigênio dissolvido etc.), ao trabalho de campo e ao levantamento fotográfico. Foi possível, então, determinar as principais zonas

---

<sup>1</sup> Pesquisador do Laboratório de Estudos da Dinâmica e Gestão do Ambiente Tropical - GEOTRÓPICOS /UEFS. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense. Contato: jemisons@uefs.br

<sup>2</sup> Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana. Pesquisador do GEOTRÓPICOS/UEFS. Contato: brunoec.santiago@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Pesquisador do GEOTRÓPICOS/UEFS. Contato: klebercarvalho.two@gmail.com

<sup>4</sup> Doutor em Geologia pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFBA. Pesquisador do GEOTRÓPICOS/UEFS. Contato: mariojsg.taboca@hotmail.com.

de autodepuração do Rio Itapicuru no trecho em foco. Reforça-se com este estudo o caráter prático e de baixo custo aplicado como orientação aos gestores públicos na busca de alternativas concretas para a “solução” de problemas ambientais em sistemas fluviais tropicais, tão demandadas no Semiárido Baiano, como também nos hodiernos estudos da Ciência Geográfica.

**Palavras-chave:** Ambiente; Azul de Metileno; Bacia Hidrográfica; Rio Itapicuru; Poluição Hídrica.

## WATER POLLUTION IN TROPICAL RIVERS: METHYLENE BLUE APPLICATION (AM) IN ITAPICURU RIVER - PERIMETER URBAN QUEIMADAS MUNICIPALITY (BAHIA/BRAZIL)

**Abstract:** This research refers to the use and application of the methylene blue technique (MB) for verifying pollution in River Itapicuru, urban perimeter of the municipality of Queimadas - Bahia - Brazil. The objective is to analyze the effects of water pollution on the environmental system, as well as to point out the principal self-depuration zones. The methodology employed was developed with the use and application of the MB, acting as a reducing agent, for the evaluation of decomposition of organic matter in the water body, in association with interpretation and analysis of other physico-chemical variables (pH, temperature and dissolved oxygen), as well as field work and photographic survey. This allowed us to determine the principal self-depuration zones of river Itapicuru. With this study, we emphasize the practical character and the low cost of application of this method for policy makers seeking concrete alternatives to the "solution" for environmental problems in tropical river systems in semi-arid of Bahia, as well in the studies of modern geographic science.

**Keywords:** Environment; Methylene Blue; River Basin; Water Pollution; Semi-Arid.

## POLUCIÓN DEL AGUA EN LOS RÍOS TROPICALES: APLICACIÓN DE AZUL DE METILENO (AM) EN EL RÍO ITAPICURU - PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUEIMADAS (BAHIA/BRASIL)

**Resumen:** La presente investigación se refiere al uso y aplicación de la técnica de Azul de Metileno (AM) para la verificación de la polución en el Rio Itapicuru: perímetro urbano del municipio de Queimadas – Bahia - Brasil. Se pretenden analizar los efectos de la polución hídrica en el sistema ambiental, así como, señalar las principales zonas de autodepuración. En relación con la metodología, se uso y aplicó el AM como agente reductor en la evaluación de la descomposición de materia orgánica en el cuerpo hídrico, en asociación con interpretación y análisis de otras variables físico-químicas (pH, temperatura y oxígeno disuelto, etc.), trabajo de campo y levantamiento fotográfico. Lo que posibilitó determinar las principales zonas de autodepuración del río Itapicuru, en el trecho seleccionado. Se refuerza con este estudio el carácter práctico y de bajo costo aplicado en la orientación de los gestores públicos y en la búsqueda de alternativas concretas para “solución” de problemas ambientales en sistemas fluviales tropicales tan demandados en el Semiárido Baiano, y en los estudios actuales de la Ciencia Geográfica.

**Palabras clave:** Ambiente; Azul de Metileno; Cuenca Hidrográfica; Río Itapicuru; Polución Hídrica.

## Introdução

A conservação e a preservação dos recursos hídricos são questões estratégicas e essenciais para os países de modo geral, uma vez que se observa a crescente degradação dos recursos de água doce em quase todas as regiões do planeta. Na região semiárida brasileira, por exemplo, os impactos ambientais ligados à poluição dos rios têm agravado os prejuízos sociais e econômicos já existentes, gerando deseconomias para o poder público municipal, estadual e federal. Essa problemática

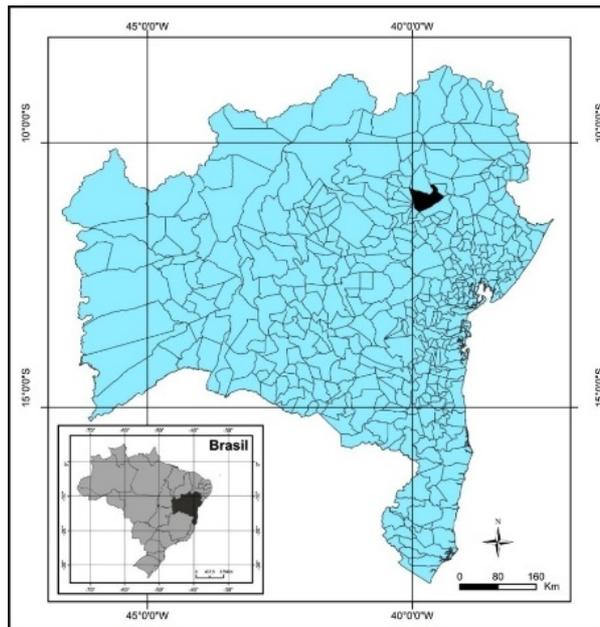
afeta diretamente a qualidade de vida da população mais vulnerável aos efeitos danosos da poluição ambiental decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos, já escassos.

Estudos que quantificam e qualificam a poluição dos recursos hídricos por meio do uso de técnicas de baixo custo e que produzem resultados satisfatórios são também escassos. Pesquisas dessa natureza contribuem para auxiliar o planejamento de ações de alerta, recuperação e proteção dos rios urbanos, bem como para orientar quanto aos riscos dos usos múltiplos da água dos rios pela população, essencialmente a das comunidades ribeirinhas.

Nesse contexto, este artigo trata do uso e aplicação de uma técnica de baixo custo - o Azul de Metileno (AM) - para a verificação da poluição hídrica no rio Itapicuru, trecho inserido no perímetro urbano do município de Queimadas, na Bahia (ver Figura 1). Objetiva-se, também, analisar os efeitos da poluição no sistema fluvial, bem como assinalar as principais zonas de autodepuração.

Compreende-se que o Azul de Metileno é um composto aromático heterocíclico, sólido, verde escuro, solúvel em água, produzindo solução azul, inodoro, com fórmula molecular  $C_{16}H_{18}ClN_3S$  e massa molar de 319.85 g/mol. O AM tem sido utilizado como um corante bacteriológico e como indicador. Destaca-se que o AM não deve ser confundido com o Azul de Metila – outro corante histológico –, nem com o novo Azul de Metileno, tampouco com as variações do Violeta de Metila, frequentemente usados como indicadores de pH.

A seleção desta técnica com a aplicação do AM como agente redutor da matéria orgânica em corpos hídricos se deu por permitir a avaliação da qualidade da água através de um indicador de cor, que vai do azul escuro ao transparente, de maneira objetiva. Isso significa dizer que se a amostra analisada permanecer no azul escuro por 120 h, a água está depurada e com baixo conteúdo de matéria orgânica.



**Figura 1 - Localização do município de Queimadas (Bahia - Brasil).**

Fonte: SIG-Bahia, 2008.

Entretanto, se houver variações em direção ao azul claro até o transparente, a amostra apresenta aumento expressivo da presença de matéria orgânica no ambiente aquático.

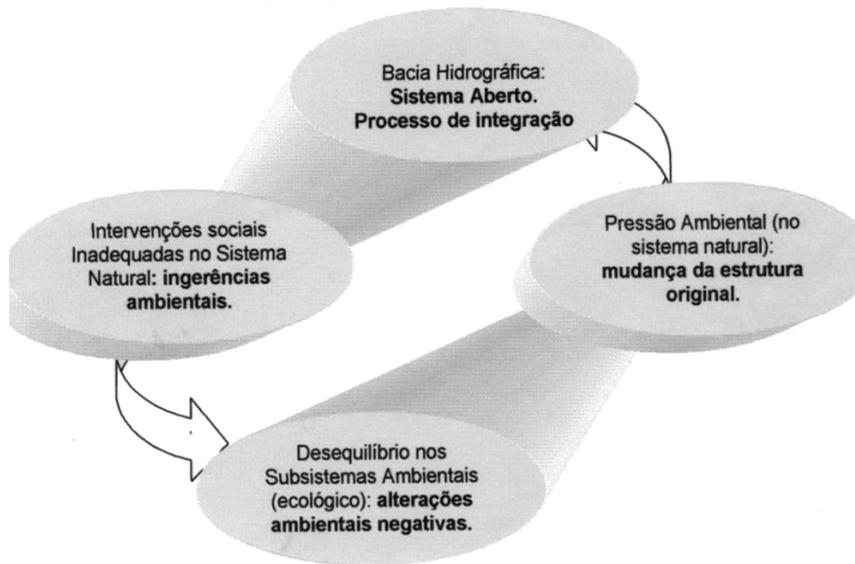
### **Balizamento teórico-conceitual**

O entendimento de que a degradação dos recursos hídricos, assim como a de outros recursos naturais, é resultado da relação entre o sistema socioeconômico e o sistema ambiental nos orienta a analisar este fenômeno numa perspectiva sistêmica, entendendo que os componentes envolvidos nesse processo são interdependentes e integrados ao subsistema da bacia hidrográfica do rio Itapicuru.

Grande parte dos estudos físico-naturais que analisam a degradação dos sistemas ambientais utiliza a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Pois, compreende-se que as

repetidas ingerências ambientais (urbanização desordenada, barramentos, desmatamentos, poluição, contaminação etc.) que afetam as bacias hidrográficas induzem ao desequilíbrio dos seus subsistemas, ocasiona o aumento da pressão ambiental e, conseqüentemente, produzem mudanças na sua estrutura original.

Com isso, conduz-se a um novo processo de integração, na busca do equilíbrio dinâmico da mesma (Figura 2) (SANTOS, 2004). E, com o “aumento crescente da pressão ambiental exercida, conduz-se uma determinada bacia hidrográfica a entrar em colapso ambiental” (op.cit).



**Figura 2: Intervenções sociais e desequilíbrios no sistema natural de bacias hidrográficas.**

Fonte: SANTOS, Jémison M. dos (2004, p. 143 ).

Nesse contexto, torna-se relevante os estudos sobre a Bacia Hidrográfica, definida como “uma área ocupada por um canal principal e todos os seus tributários, cujos limites constituem os interflúvios, que topograficamente delimitam outras bacias hidrográficas” (SANTOS, 2004).

Reforça-se a definição acima a partir de Lima (2008, p. 14), que a considera como uma “área constituída por um complexo sistema fluvial, onde além do rio principal e seus afluentes, existe um contexto que necessita de uma gestão participativa, capaz de promover a sustentabilidade dos recursos físicos, biológicos e socioculturais de uma região”.

Atualmente, faz-se quase uma exigência a realização de estudos que abordam a degradação dos sistemas ambientais aplicando técnicas de mensuração. Uma vez que se torna possível compreender com maior acuidade o problema em foco, pois através de uma quantificação sistemática se pode desenvolver a modelagem dos processos degradantes daquele sistema, a fim de efetuar sua avaliação ambiental. Dessa maneira, se consegue monitorar sistematicamente um rio, apoiando-se em cálculos feitos através da seleção de variáveis físico-químicas.

Nos estudos de bacias hidrográficas é crucial o entendimento do conceito de poluição proposto pelo IBGE (2004), a saber:

Degradação da qualidade ambiental resultante das atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, e lancem materiais ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (IBGE, 2004, p. 251).

As principais formas de poluição discutidas por Sperling e Möller (2007, p. 38) são a contaminação pela introdução na água de substâncias nocivas à saúde e à espécie da vida aquática; o assoreamento causado pelo acúmulo de substâncias minerais ou orgânicas em um corpo d'água, o que provoca a redução de sua profundidade e de seu volume útil; a eutrofização causada pela fertilização excessiva da água por recebimento de nutrientes, causando o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas; a acidificação provocada pela diminuição do pH devido à presença de substâncias químicas como o dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, amônia e dióxido de enxofre, que contribuem para a degradação da vegetação e da vida aquática.

Ainda de acordo com Sperling (2005, p. 136), o fenômeno da autodepuração “está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes”. O autor ainda relata que,

(...) a poluição por matéria orgânica tem como parte integrante o fenômeno da autodepuração, onde os compostos orgânicos são convertidos em compostos estáveis, como gás carbônico, metano, água, e não são prejudiciais do ponto de vista ecológico (SPERLING, 2005, p. 136).

## Metodologia

Privilegiou-se a concepção indutiva na realização da pesquisa, pois entende-se que através dessa abordagem é possível tecer generalizações que tenham como base os estudos das interações entre as classes e grupos de fenômenos. Tais estudos podem ser verificados continuamente, até que sejam propostas explicações sobre seus dados e informações pesquisadas.

De modo geral, os pressupostos metodológicos foram fundamentados e adaptados a partir do estudo realizado por Monteiro (2009), no qual o autor afirma que “através do processo de redução do Azul de Metileno pode-se verificar o índice de poluição de um curso de água, no que se refere ao excesso de matéria orgânica presente na água”. E, argumenta que:

(...) relacionando o grau de descoloração obtida pela água da amostra ao tempo que esta descoloração demorou em ser atingida tem-se o índice de poluição da água em questão. Em outras palavras, quanto mais rápido a água da amostra se descolorir maior é a poluição da água (MONTEIRO, 2009, p. 59).

Além disso, utilizou-se também como embasamento metodológico o trabalho desenvolvido por Troppmair (1988). De acordo com o pesquisador (1988, p. 173), “a decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas é feita por processos de redução, sendo que, o azul de metileno em meio redutor perde sua coloração”. Assim, o desenvolvimento desta pesquisa passou pelas seguintes etapas:

- 1 - Coletou-se 5 amostras de água por meio de seringas de 60 ml cada em diferentes locais do rio, de montante para jusante.
- 2 - No laboratório, colocou-se 0,3 ml de azul de metileno (AM), a 1%, em uma seringa de 60 ml, completando o restante até a marca de 50 ml com a água coletada no canal fluvial – sendo vedado o bico com uma tampa especial de alumínio para não contaminar a amostra.
- 3 - Em uma seringa de 60 ml colocou-se 0,3 ml de AM a 1%, completando o restante até a marca de 50 ml com água destilada. Esta amostra serve como unidade de comparação às amostras coletadas no rio estudado.
- 4 - As amostras foram guardadas numa caixa preta de utilidades para evitar a contaminação por meio da luz, que pode interferir e acelerar as reações químicas.
- 5 - Observou-se, em intervalos de 12 horas, o comportamento da coloração do azul de metileno com a amostra contendo a água destilada e as amostras coletadas no corpo hídrico. Quanto mais rápida for a descoloração, maior será o grau de poluição por material orgânico.
- 6 - Se a cor permanecer igual por 120 horas significa que a água é limpa e não está poluída por matéria orgânica.
- 7 - O tempo da descoloração das amostras coletadas no corpo hídrico foi cronometrado e fotografado em tempos regulares.

Faz-se necessário destacar que houve uma adaptação no tempo de observação das amostras em 16 horas, se comparado ao tempo adotado por Monteiro (2009), bem como o aumento no tempo de observação das amostras em 4 horas, em relação ao tempo adotado por Santiago (2010). Ressalta-se que tais adaptações no tempo de observação das amostras se deram em função das mudanças físico-químicas da água, evidenciadas pelas observações das amostras em laboratório nas primeiras 8 horas, certamente devido às peculiaridades do rio Itapicuru.

Destaca-se, também, que associadas ao uso e à aplicação da técnica do AM, foram utilizadas outras variáveis físico-químicas, tais como: temperatura ( $T^{\circ}$ ), oxigênio dissolvido (OD), pH e condutividade - obtidas com o uso de um medidor multiparâmetros, modelo HI-9829 (marca Hanna Instruments).

Diante disso, foram escolhidos 5 pontos para a coleta de dados da água e feita a descrição do trecho do canal do rio Itapicuru. Os marcos foram localizados no sentido de montante para jusante, levando em consideração os impactos ambientais ocasionados pelo lançamento de efluentes e resíduos sólidos in natura no corpo hídrico.

Os dados foram complementados por meio do uso de máquina fotográfica digital e GPS de navegação, modelo Garmin GPSMAP 76Csx. Também foram utilizados equipamentos de precisão como o Oxímetro e o Phgâmetro, na busca por uma determinação mais segura das zonas de autodepuração. A classificação das zonas de autodepuração se deu com base nos resultados evidenciados pela aplicação do AM, reforçados pela análise dos trechos fluviais na fase de levantamento de campo, bem como pelo uso das fotografias digitais.

### **Caracterização geral da área**

O município de Queimadas está localizado na porção nordeste do estado da Bahia e sua área total (2.024 km<sup>2</sup>) está inserida na bacia hidrográfica do rio Itapicuru. De acordo com o último recenseamento, a população do município é de 24.602 habitantes (IBGE, 2010), sendo que mais da metade desta população reside no espaço rural. A sede municipal apresenta altitude de 300 metros e coordenadas geográficas 10°59'00" de latitude sul e 39°38'00" de longitude oeste.

Apresenta um clima do tipo Megatérmico Semiárido, com temperatura média anual de 24.3°C, precipitação pluviométrica média anual de 540 mm e período chuvoso de fevereiro a abril. Esse clima atua sobre um relevo esculpido em terrenos ígneos e metamórficos do embasamento cristalino, que correspondem à superfície erosiva aplainada interrompida por serras residuais e morros arredondados e cortada pelo rio Itapicuru e afluentes.

A geologia do município engloba litótipos do Arqueano (complexos Santa Luz, Tanque Novo/Ipirá e Caraíba, suíte São José do Jacuípe); do Paleoproterozóico (sequência vulcanossedimentar do greenstone belt do rio Itapicuru e granitóides do pós-tectônico); e do Cenozóico (formações superficiais) (CPRM/PRODEEM, 2005).

A rede de drenagem é relativamente densa, porém, formada essencialmente por canais intermitentes; exhibe um padrão dendrítico resultante do seu estabelecimento, em maior proporção sobre rochas granito-gnáissicas e migmatíticas. Esses rios temporários têm como representantes principais os riachos Algodão, Grande, das Panelas, do Cipó, Vargem Grande, Mocambinho, do Monteiro, além dos rios Itapicuru Mirim e Jacurici. Destaca-se o Itapicuru, com regime fluvial perene e caracterizado como um rio de ambiente lótico (que se refere a águas continentais correntes).

Recobrimo as formas de relevo regionais, predominam os solos caracterizados como Planossolos solódicos eutróficos, Latossolos vermelho-amarelos álicos,

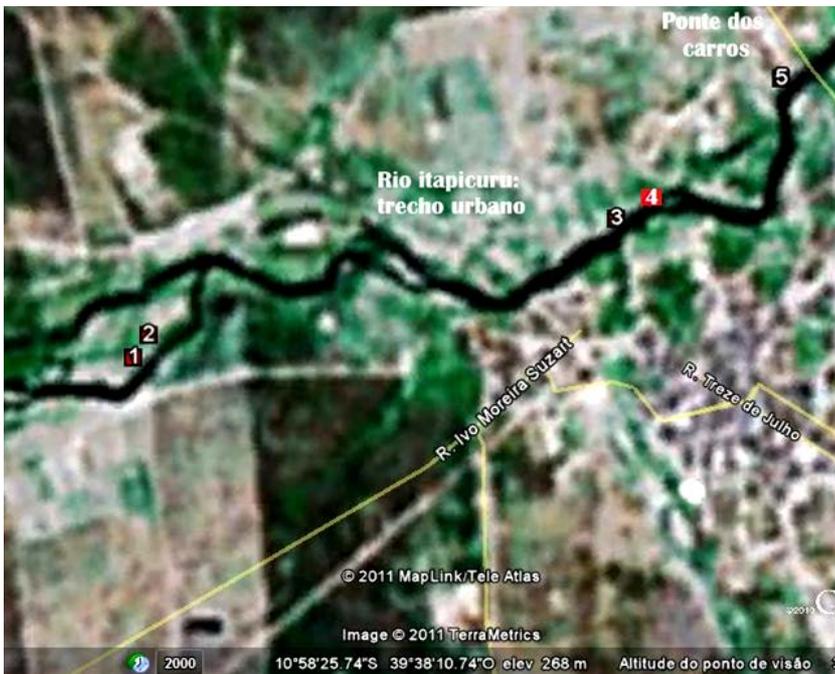
Neossolos eutróficos e os Luvissoles, os quais sustentam uma vegetação caracterizada por caatinga arbórea aberta com e sem palmeiras, contato caatinga floresta estacional. Além disso, observa-se áreas com restritas pastagens naturais.

Confirmou-se a assertiva de que “mais de 80% da vegetação nativa foi substituída por pastagens plantadas e por culturas cíclicas (SANTOS, 2010). Fato este evidenciado por extensas áreas de caatinga desmatada, além da ausência de mata ciliar - aspectos ambientais que repercutem no expressivo assoreamento dos canais fluviais verificado nos diversos trechos do Itapicuru onde foram feitas as coletas de água.

## Resultados e Discussão

As cinco amostras de água retiradas do rio Itapicuru (ver Quadro 1) foram coletadas no dia 09/09/2011, no horário compreendido entre 15h e 17h00min., no perímetro urbano de Queimadas (Figura 3), com uso de GPS.

A técnica do AM como agente redutor da matéria orgânica no corpo hídrico nos permitiu avaliar a qualidade da água através de um indicador de cor que vai do azul escuro ao transparente. Foram evidenciadas, claramente, alterações de coloração, principalmente nas amostras 1 e 3, ou seja, ficaram transparentes indicando a elevada concentração de matéria orgânica no trecho analisado.



**Figura 3:** Localização dos pontos de coleta de dados e água na área urbana de Queimadas (Bahia), associada à imagem do Google Earth, 2011.

Amostras de referência (AD) <sup>5</sup>		Descrição do ponto de coleta (PC)				
AD 01 – Lat. 0429463 Long. 8786474 (Zona 24S); Altitude: 277 m						
	Trecho próximo a Barragem de Maurinho – ponto distou 3 metros a montante da mesma					
	Parâmetros físico-químicos					
	Ph	Temperatura Oxímetro (°C)	Temperatura Phgâmetro (°C)	Condutividade (S/m)	OD mg /l*	
	5	21,5	27,2	470	6,93	
AD 02 – Lat. 0429513 Long. 8786548 (Zona 24S); Altitude: 278 m						
	Trecho na Barragem de Maurinho – ponto distou 2 metros a jusante da mesma (na base do barramento)					
	Parâmetros físico-químicos					
	Ph	Temperatura Oxímetro (°C)	Temperatura Phgâmetro (°C)	Condutividade (S/m)	OD mg /l*	
	5,10	24	26	470	9,87	
AD 03 – Lat. 0431059 Long. 8786935 (Zona 24S); Altitude: 253 m						
	Trecho na Sementeira					
	Parâmetros físico-químicos					
	Ph	Temperatura Oxímetro (°C)	Temperatura Phgâmetro (°C)	Condutividade (S/m)	OD mg /l*	
	5,6	27,3	30	701	5,56	
AD 04 – Lat. 0431317 Long. 8786038 (Zona 24S); Altitude: 272 m						
	Trecho atrás do Antigo Matadouro de Bois					
	Parâmetros físico-químicos					
	Ph	Temperatura Oxímetro (°C)	Temperatura Phgâmetro (°C)	Condutividade (S/m)	OD mg /l*	
	5,7	26	27,8	470	8,82	
AD 05 – Lat. 0431604 Long. 8787399 (Zona 24S); Altitude: 264 m						
	Trecho ao lado da Ponte dos Carros - em direção ao município de Cansação (embaixo da ponte)					
	Parâmetros físico-químicos					

<sup>5</sup> O termo AD significa Amostra de Referência (amostra de água coletada).

	Ph	Temperatura Oxímetro (°C)	Temperatura Phgâmetro (°C)	Condutividade (S/m)	OD mg /l*
	6,4	25	30,6	472	7,98

**Quadro 1: Localização e descrição dos pontos de coleta de água e parâmetros físico-químicos da água do rio Itapicuru, Queimadas (Bahia/Brasil).**

\*O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura. As coletas foram realizadas em período seco.

Fonte: Trabalho de campo, 2011.

Organização: Os autores.

Depois das primeiras 12 horas de observação, foi possível perceber pequenas variações na tonalidade do AM nas amostras 1 e 4 em relação às amostras 3, 2 e 05. No PC03<sup>6</sup> foi observado lançamento in natura de efluentes domésticos no corpo hídrico, o que demandou certo período de tempo para as bactérias se adaptarem e realizarem a decomposição da matéria orgânica, processando-se rapidamente nas primeiras horas e depois estabilizando-se até serem totalmente consumida. Isso pode ser constatado pelo aumento da temperatura, que favorece a decomposição da matéria orgânica pelas bactérias e diminui a proporção de oxigênio dissolvido (OD) no meio aquático (Figuras 4 e 5).



**Figuras 4 e 5: Amostras de água antes da adição do Azul de Metileno e após a adição do AM em laboratório, respectivamente.**

Decorridas 24 horas, a amostra AD 3 alterou a tonalidade do AM tendo variações constantes ao longo das observações em relação às amostras AD 1, 2, 4 e 5. Foi possível observar a formação de pequenas bolhas nas amostras 1, 2 e 4, sendo que a amostra 2 manteve-se na tonalidade azul escuro e não variou em relação às amostras AD 1, 3, 4 e 5 (ver Figuras 6 e 7).

<sup>6</sup> O termo PC significa Ponto de Coleta (local onde foi coletada a amostra da amostra de referência para futura análise).

Ocorreram poucas alterações no período de 36 horas para todas as amostras analisadas (Figura 8). Em 48 horas de observação a amostra 5 variou sensivelmente a tonalidade do AM em relação às amostras 1, 2, 3 e 4. A amostra 3 variou sua tonalidade do azul escuro para o azul claro (Figura 9).



**Figuras 6 e 7: Amostras de água após o período de observação de 12 horas e após o período de 24 horas, respectivamente.**



**Figuras 8 e 9: Amostras de água após o período de observação de 36 horas e após o período de 48 horas, respectivamente.**

Depois de 72 horas (ver Figura 10), ocorreram mudanças significativas nas amostras AD 1 e 3 em relação às amostras AD 2, 4 e 5, que variaram para o azul claro evidenciando as pequenas alterações nos processos biológicos na degradação da matéria orgânica.

Passadas 96 horas (ver Figura 11), a amostra AD 1 variou expressivamente a tonalidade, do azul escuro para o azul claro, em relação às amostras AD 2, 3, 4 e 5. Isso sugere que o pH (ver Quadro e Figura 12) estava baixo no ponto 1 devido à oxidação da matéria orgânica, pois o local possui vegetação abundante em água parada e pouco profunda, o que favorece a degradação da matéria orgânica para a produção da fotossíntese. Mas, vale ressaltar que a amostra estava em desacordo com a Resolução CONAMA 357/05, a qual estabelece valores de pH para água doce

entre 6 e 9. Em artigo consultado sobre parâmetros físico-químicos da água tem-se que:

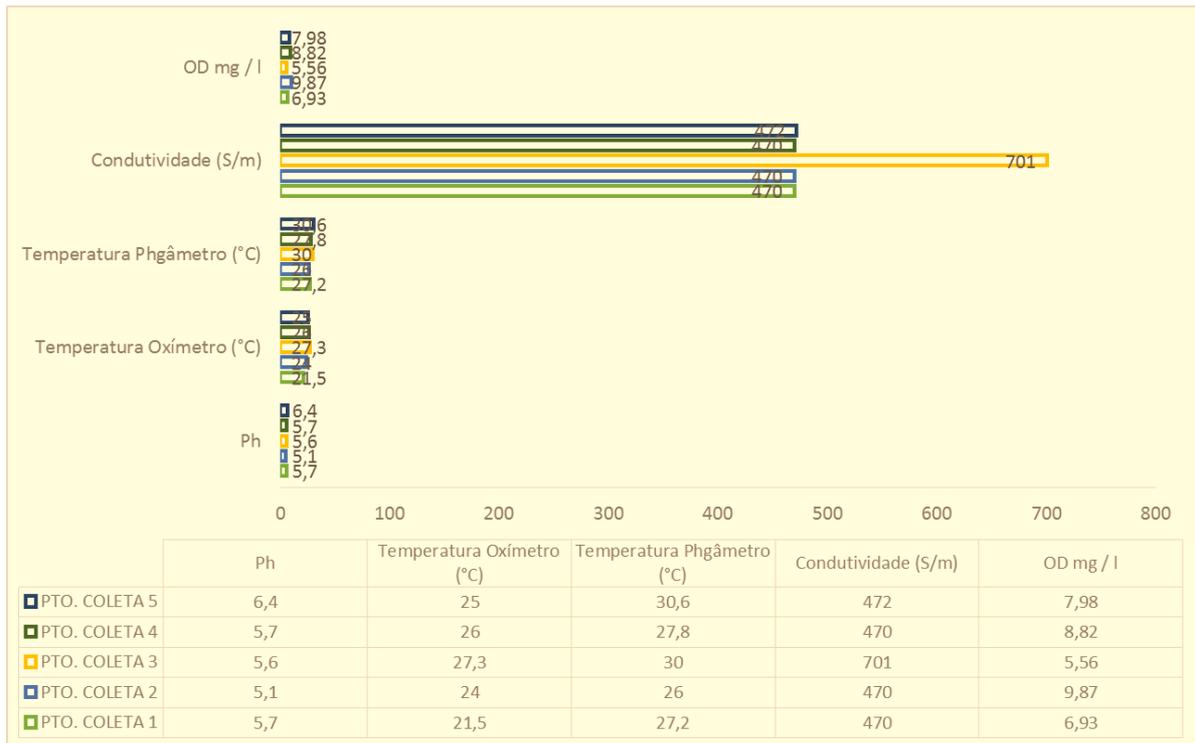
valores mais baixos de pH são indicativos de acidez elevada, que pode ser causado pela deposição de substâncias de formação de ácido na precipitação. Um elevado conteúdo orgânico tende a diminuir o pH, devido a química de carbonato. Como microrganismos decompõem a matéria orgânica, o produto será  $\text{CO}_2$  que vai dissolver-se e equilibrar-se com a água formando ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Outros ácidos orgânicos, tais como ácido húmico e flúvico também pode resultar da decomposição orgânica<sup>7</sup>.

Observaram-se sensíveis alterações nas tonalidades do AM nas amostras AD 4 e 5 em relação às amostras AD 1, 2 e 3. A rápida degradação da amostra 3 em relação às amostras AD 1, 2, 4 e 5 possivelmente está ligada ao lançamento de efluentes in natura no canal fluvial, fato que eleva a temperatura e favorece as reações químicas responsáveis pelo mecanismo de degradação da matéria orgânica no ambiente fluvial.



**Figuras 10 e 11: Amostras de água após os períodos de observação de 72 horas e de 96 horas, respectivamente.**

<sup>7</sup> O artigo original, do qual realizamos a tradução, é intitulado *Physicochemical Parameters of Natural Waters*. Escrito por Keith Bellingham, Stevens Water Monitoring Systems Company. Disponível em: <<http://www.stevenswater.com>>. Acessado em: 29 mar. 2013.



**Figura 12: Parâmetros físico-químicos dos pontos de coleta de água do Itapicuru, Queimadas – BA. 2011.**

A Figura 12 apresenta os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos nos cinco pontos de coleta no rio Itapicuru. Faz-se um destaque para OD, em função de sua extrema importância. Em geral, nos estudos que envolvem a análise da poluição das águas, utiliza-se o OD como principal parâmetro da qualidade da água, pois sua aplicação permite avaliar o impacto de poluentes sobre corpos d’água. Contudo, afirma-se que nos locais onde as águas possuem reduzida concentração de OD, estas são consideradas poluídas.

Em relação aos pontos analisados, tem-se que os cinco pontos apresentam valores próximos ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (OD > 5mg/l), com destaque para os pontos PC 3 (sementeira) e PC 1 (trecho próximo ao Barramento). Logo, verifica-se que esses pontos estão bem próximos às condições críticas, se comparados ao parâmetro da matéria orgânica.

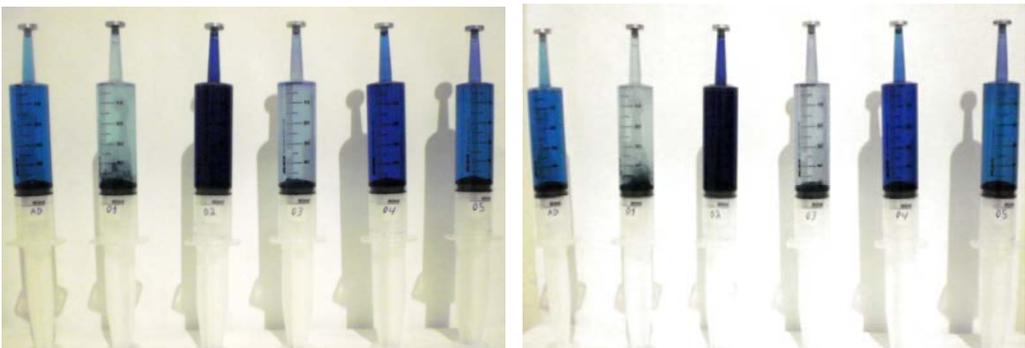
O pH é o parâmetro pelo qual se revela o estado de acidez ou a basicidade da água, o qual em quatro pontos de coleta mostrou-se com caráter ácido (o que indica valores abaixo de 6,0), ou seja, níveis não satisfatórios em relação ao estabelecido pelo CONAMA, que pode, assim, causar danos à saúde humana e à vida aquática. O ponto de maior destaque foi o PC 2, com registro de pH de 5,1, valor que se

encontra abaixo do limite máximo aceitável e pode condicionar a mortandade de peixes e plantas. Um dos fatos, portanto, ao qual pode estar associada a morte de peixes no Itapicuru, preocupação bastante comentada por alguns ribeirinhos locais durante o trabalho de campo.

Em relação à temperatura, nota-se que exhibe condições aquáticas normais, aceitáveis para o dia de coletas, representado, desta forma, por valores característicos de um dia ensolarado de Primavera. Registra-se variações entre 27,2°C e 30,6°C (no Phgâmetro) e 21,5°C e 27°C (no Oxímetro), o que quer dizer que este conjunto de valores levantados possuem pouca influência nas possíveis alterações do meio.

Passadas 108 horas (ver Figura 13), as amostras AD 1 e 3 variaram sua tonalidade do AM, demonstrando que a degradação da matéria orgânica permanece constante até ser totalmente convertida em compostos estáveis (nitrogênio, gás carbônico etc.), os quais são liberados para a atmosfera e parte é utilizada pelo próprio organismo decompositor e sua cadeia trófica. As amostras AD 4 e 5 tiveram pequenas variações no AM, permanecendo quase estáveis durante todo o processo de observação. A amostra AD 2 continua estável e sem variação no AM durante o período de observação, no que tange às amostras AD 1, 3, 4 e 5.

Decorridas 120 horas (Figura 14) de observação, as amostras AD 1 e 3 biodegradaram-se. A amostra 2 não variou, e a AD 5 variou pouco. A amostra AD 4 variou sensivelmente, mas permaneceu na tonalidade azul escura. A amostra AD 1 (ponto de coleta 1) estava em local de água parada e sofreu influência direta da oxidação da matéria orgânica, o que corresponde ao principal fator de consumo de oxigênio. Já a amostra AD 3 (ponto de coleta 3), sofreu influência direta dos lançamentos de efluentes domésticos in natura no canal fluvial, fato que altera o equilíbrio do sistema ambiental fluvial com impactos diretos na fauna, na flora e na saúde humana.



**Figuras 13 e 14: Amostras de água após os períodos de observação de 108 horas e de 120 horas, respectivamente.**

Destaca-se que o consumo de OD se deve à respiração dos microrganismos decompositores, principalmente às bactérias heterotróficas aeróbias (SPERLING, 2005, p. 144). Segundo o especialista, as bactérias na presença de oxigênio convertem a matéria orgânica em compostos simples e estáveis, como água e gás carbônico. Com isso, elas tendem a crescer e se reproduzir, originando mais bactérias enquanto houver disponibilidade de alimento e oxigênio no meio.

A amostra AD 2 (PC 2) estava em local de água corrente e pouca presença de vegetação, com a concentração satisfatória de OD (segundo o limite determinado pela Resolução CONAMA nº 357/05) e baixa temperatura, apesar do baixo pH influenciado pela oxidação da matéria orgânica do PC 1. O PC 1 e o PC 2 foram considerados como Zona de Águas Limpas (ver Figura 15), no que refere-se às condições naturais do corpo hídrico e por estarem localizados a montante da sede municipal. Não foram encontrados pontos de lançamento de efluentes in natura no canal fluvial.

A amostra AD 3 (PC 3) permaneceu transparente, o que certamente associa-se ao fato observado da intensa quantidade de resíduos sólidos presentes no canal e em mais seis pontos de lançamento de águas servidas in natura no rio. Sendo considerada, assim, uma Zona de Degradação (ver Figura 15), apesar de perceber que a capacidade de assimilação do canal fluvial é maior que a sedimentação da matéria orgânica, como o lodo de fundo do canal.

As amostras 4 e 5 (PC 4 e 5) foram enquadradas como uma Zona de Recuperação (conforme demonstra a Figura 15), pois verificou-se uma reduzida alteração no processo de degradação da matéria orgânica pelas bactérias. Além disso, notou-se que o local possui vazão de assimilação superior à quantidade de esgoto lançada a montante e dissolvida no canal fluvial.

Contudo, observou-se que na área do PC 4 foram encontrados resíduos hospitalares às margens do rio - os quais são proibidos legalmente de serem lançados sem que haja controle -, bem como restos mortais de bovinos, que possivelmente podem ocasionar vários danos à saúde humana e distúrbios no ecossistema aquático.

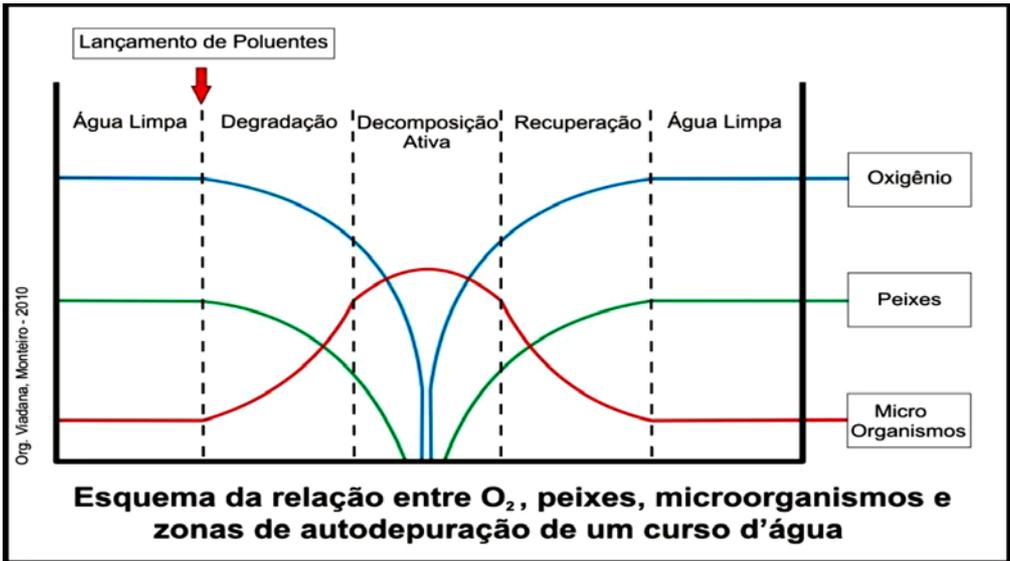


Figura 15: Esquema do modelo das Zonas de Autodepuração de um rio.

Fonte: Viadana e Monteiro (2010, p.103).

No PC 5, trecho a jusante, foi possível observar que as condições naturais do canal fluvial estavam voltando ao normal através da estabilização do pH da água e da presença diversa de vegetação aquática. No entanto, foram constatados dois pontos de lançamento de óleos e graxas, cuja fonte fixa foi um posto de lavagem de automóveis e as fontes móveis constituem-se da lavagem de carros dentro do canal fluvial, entre outras. Tais ações são proibidas pela Resolução CONAMA 357/05. Ainda neste ponto, notou-se que o corpo hídrico possui capacidade de assimilar esses poluentes devido ao elevado fluxo/volume de água circulando no canal. Associa-se a este fato também a profundidade expressiva (superior a 4m) do canal fluvial no local.

Verificou-se a presença de aguapés, *Eichhornia crassipes*, em quantidade significativa em três dos PCs (3, 4 e 5) do rio Itapicuru. Esta planta aquática serve como indicador de poluição, pois abriga fungos e bactérias que atuam na quebra das substâncias tóxicas do ambiente aquático e assimila seus componentes físico-químicos.

A Zona de Decomposição Ativa não foi observada devido à vazão frequente no corpo hídrico, já que os sólidos em suspensão dissolvidos na água não formaram lodo sedimentado no fundo do leito fluvial e não revelaram condições anaeróbias.

Por fim, ao considerar os aspectos anteriormente analisados, reflete-se também com base em Guerra e Cunha (1996), que as bacias hidrográficas constituem-se como unidades cruciais de organização dos elementos naturais e sociais; assim como possibilitam monitorar as modificações dinamizadas pelas atividades socioprodutivas e suas correlatas respostas naturais. Outrossim, “em regiões

tropicais, onde o crescimento das áreas urbanas ocorre muitas vezes de forma desordenada, a manutenção dos ambientes naturais torna-se complexa” (CUNHA, 2010). Logo, apreende-se que este conjunto de alterações avaliadas em trechos da bacia do Itapicuru serve como importante referencial para o acompanhamento, no médio e longo prazos, dos estados da poluição das águas na referida área.

## Considerações Finais

A partir dos dados apresentados e das suas respectivas análises, é possível afirmar que a metodologia empregada com o uso do Azul de Metileno na verificação da poluição do canal fluvial em questão mostra-se satisfatória do ponto de vista depurativo, além de possuir grande utilidade - destacadamente, a de agregar baixo custo e eficiência na definição das zonas de autodepuração - possibilitando, assim, o auxílio aos gestores públicos na tomada de medidas referentes ao saneamento ambiental municipal.

Entretanto, afirma-se que o rio Itapicuru se encontra poluído, com carga excessiva de matéria orgânica oriunda, principalmente, dos esgotos domésticos, o que foi constatado durante o levantamento técnico em campo, como também pela análise a partir da aplicação do AM (destaque para o PC 3). Fato que produz desajustes no sistema fluvial e compromete negativamente a qualidade das águas superficiais no trecho urbano analisado, com repercussões maléficas para a saúde e qualidade de vida da população que utiliza este recurso de água doce.

Os pontos 3, 4 e 5 analisados encontram-se poluídos. Diferente daqueles referentes às amostras 1 e 2, os quais foi possível determinar como Zona de Águas Limpas (conforme a Figura 15). Certamente, tais condições se dão devido ao fato de que estes trechos se situam a montante dos locais de lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, fora da zona urbana.

Mas, destaca-se a ocorrência do início do processo de eutrofização, principalmente a montante do PC 1. O que possivelmente se associa ao uso de fertilizantes em atividades agrícolas e ao baixo nível da coluna d'água no canal, bem como ao seu represamento entre a barragem de cima e outra contenção no rio.

Em relação à condutividade, este parâmetro físico em combinação com o pH poderia influir na disponibilidade de elementos-traço neste meio. Mas, as análises dos dados indicam uma correlação tênue com a condutividade neste ecossistema. Portanto, sob tais condições, entende-se que o meio não apresenta concentrações de elementos-traço dissolvidos na água; dessa forma, possivelmente poderiam estar precipitados nos sedimentos. Vale ressaltar que esse aspecto foge ao escopo deste estudo.

Salienta-se que a aplicação dessa técnica se constitui como importante instrumento para analisar, no primeiro momento, o processo de decomposição da matéria orgânica. Além disso, com a realização do trabalho de campo sob o apoio do

levantamento fotográfico e da coleta dos dados de oxigênio dissolvido (OD), de temperatura (T°) e de pH e condutividade, foi possível avaliar e executar uma primeira definição das zonas de autodepuração no trecho urbano em estudo, ou seja, realizar inferências e classificar os trechos do canal fluvial de acordo com as zonas de autodepuração.

Contudo, se sugere também que sejam realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas - a exemplo da referente à salinidade, ao cloro, à alcalinidade, aos coliformes fecais, a DBO, DQO, dentre outros (turbidez). Por meio da utilização desse conjunto de variáveis físico-químicas, torna-se a pesquisa cada vez mais satisfatória para fins de avaliação da poluição das águas.

Pode-se seguramente indicar que novas pesquisas sejam desenvolvidas utilizando o AM, juntamente com outras variáveis físico-químicas, para a verificação da poluição em canais fluviais, o que serve de importante suporte à iniciação científica dos discentes, uma vez que os possibilita realizar a fusão da teoria com a prática, no intuito de auxiliar na elucidação de problemas concretos do nosso tempo.

Chama-se atenção para a alteração no tempo de observação na análise das amostras, pois evidenciou-se uma subtração de 12 horas no processo de redução da matéria orgânica quando comparado ao de uma pesquisa feita em trechos fluviais na bacia do rio Jacuípe-BA, por Santiago (2010).

Logo, reflete-se que a alteração temporal neste experimento está associada às mudanças físico-químicas particulares de cada canal fluvial, bem como aos fatores antrópicos determinantes na elevação da concentração de matéria orgânica (por exemplo, tipologia e características dos pontos de lançamento de águas servidas). Por isso, ressalta-se a importância da realização de estudos com o uso e aplicação do AM em rios do Semiárido, já que proporcionará o crescente aprimoramento e/ou calibração deste método de investigação científica na busca em aprofundar o entendimento das alterações físico-químicas e suas inter-relações neste ambiente tropical.

É oportuno sublinhar que esta pesquisa visa estimular a utilização de experimentos desta natureza - as técnicas de baixo custo para fins de iniciação científica, com o uso e aplicação de equipamentos de precisão para aquisição de dados primários, os quais também podem ser adquiridos com valores reduzidos - no âmbito da Geografia Física brasileira e baiana.

Descrever e avaliar as fontes de poluição e seus variados efeitos e danos ao ambiente, além de selecionar para os estudos parâmetros físico-químicos e microbiológicos lastreados na legislação ambiental (como a Resolução CONAMA 357, dentre outras) e outros índices que são considerados indicadores de qualidade hídrica, constitui-se em algo estratégico para a sociedade brasileira, frente à crescente degradação dos sistemas fluviais.

Estes aspectos descritos, de natureza científica e legal, contribuem positivamente ao desenvolvimento e expansão do potencial analítico dos futuros profissionais de Geografia, pois estimula o espírito investigativo; e se configura como subsídio

principalmente para as prefeituras municipais - que enfrentam a escassez de recursos financeiros - na proposição de alternativas concretas para a redução da problemática da poluição de corpos hídricos, melhoria das condições ambientais e da saúde da população do Semiárido Baiano.

## Bibliografia

- CETESB. (s/d) *Variáveis da qualidade das águas superficiais*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>>. Acessado em: 30 set. 2011.
- CPRM/PRODEEM. (2005) *Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do Município de Queimadas – Bahia*. Organizado [por] Ângelo Trévia Vieira, Felicíssimo Melo, Hermínio Brasil V. Lopes, Hermínio Brasil V. Lopes, José C. Viégas Campos, José T Guimarães, Juliana M. da Costa, Luís Fernando C. Bomfim, Pedro Antônio de A. Couto, Sara Maria Pinotti Benvenuti. Salvador: CPRM/PRODEEM.
- CONAMA. (2005) *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005*. Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Diário Oficial, Brasília, 18 de março de 2005. Seção 1. Ministério do meio Ambiente.
- CUNHA, S. B. (2010) *Morfologia dos canais urbanos nos trópicos úmidos: a experiência no Brasil*. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio de 2010. pp. 2-12. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/sandra>>. Acessado em: 19 set. 2012.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (1996) *Degradação ambiental*. In: CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. pp. 337-339.
- IBGE. (2004) *Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente*. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- LIMA, C. C. U. *Curso Básico de Hidrologia*. Disponível em: [http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/485/Carlos\\_%C3%A9sar\\_Uch%C3%B4a\\_\\_Curso\\_B%C3%A1sico\\_de\\_Hidrologia.pdf](http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/485/Carlos_%C3%A9sar_Uch%C3%B4a__Curso_B%C3%A1sico_de_Hidrologia.pdf). 2008. Acessado em: 25 set. 2012.
- MONTEIRO, A. B. (2009) *O Azul de Metileno como indicador de poluição em córregos urbanos: o caso do córrego Wenzel – Rio Claro – SP*. Trabalho de Conclusão (Especialização em Geografia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro.
- MONTEIRO, A. B. (2010) *A eficácia da E.T. E. de Corumbataí avaliada pela técnica do azul de metileno*. ACTA Geográfica, Boa Vista, v. 4, nº 8, jul./dez. pp.101-110.

- SANTIAGO, B. E. C. (2010) *Impactos ambientais no Rio Jacuípe, perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia*. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana.
- SANTOS, J. M. dos. (2004) *Análise Geoambiental a partir da Estruturação e Integração de Dados no Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari, Salvador-BA*. Dissertação (Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- SPERLING, M. V. (2005) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG.
- SPERLING, E. V.; MÖLLER, M. L. (2007) *Saneamento e meio ambiente*. In: MANUAL de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 2 V. cap. 2. pp. 33-49.
- TROPPEMAIR, H. (1988) *Metodologias simples para pesquisar o Meio Ambiente*. Rio Claro: edição do autor.

Data de submissão: 08/07/2015.

Data de aceite: 15/12/2015.