

VI-124 - ANÁLISE INTEGRADA DA INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A IDENTIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA E DOS MUNICÍPIOS MAIS IMPACTADOS DA BACIA DO RIO PARÁ - MG

Marina Salim Dantas⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Lídia Natiele de Freitas⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Aluna de iniciação científica voluntária.

Júlio Cesar Vani⁽³⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista de iniciação científica do CNPq.

Josiani Cordova de Oliveira⁽⁴⁾

Engenheira Agrônoma e Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira⁽⁵⁾

Engenheira Eletricista, Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA-UFMG).

Endereço⁽¹⁾: Escola de Engenharia - UFMG, Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Bloco 1 – Sala 4617 - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 99109-8861 – e-mail: marina-dantas@hotmail.com

RESUMO

Esse trabalho avaliou a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pará, importante afluente do rio São Francisco. Foi analisado o percentual de violação dos 34 parâmetros que possuem limite estabelecido na legislação estadual, DN COPAM/CERH nº 01/08, para cada uma das 26 estações de monitoramento. Além disso, visando efetuar uma análise integrada da influência das alterações de uso e ocupação do solo, foi realizado um levantamento da cobertura dos serviços de saneamento e das atividades licenciadas, bem como a avaliação do uso e ocupação do solo, identificando os cursos d'água e municípios mais impactados. O parâmetro que apresentou maior percentual de violação foi CT/E. coli, em que, 17 das 26 estações mostraram violação superior a 75%. Em seguida, os parâmetros mais violados foram Fe_{diss}, P_T, Mn_T, DBO, OD, N-NH₄⁺, CN⁻ e Al_{diss}, com percentual de violação maior que 50% em pelo menos uma estação. Os cursos d'água mais violados foram o córrego do Pinto, o ribeirão da Fartura, o rio São João e ribeirão da Paciência, localizados nos municípios de São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Itaúna e Pará de Minas. Os principais fatores associados a degradação da qualidade das águas na bacia do rio Pará estão relacionados a ausência ou o tratamento insuficiente de esgotos e de efluentes industriais, em especial dos setores metalúrgico e químico, das atividades de abate de animais, e as práticas inadequadas de manejo do solo na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, uso e ocupação do solo, bacia do rio Pará, violação.

INTRODUÇÃO

Os sistemas fluviais são os mais vulneráveis à poluição, devido a sua natureza dinâmica e fácil acessibilidade para o descarte de resíduos e efluentes (SINGH *et al.*, 2009). As variações dos parâmetros físicos dos corpos d'água e a disponibilidade de água são fatores que influenciam como e onde este recurso será empregado (ALAM *et al.*, 2018).



Com o risco iminente de contaminação das águas superficiais, é indispensável o monitoramento desses recursos, de forma a permitir a verificação da qualidade das águas e a redução da poluição ao longo do tempo (TAVAKOL *et al.*, 2017). Para isso, os programas de monitoramento devem fornecer uma estimativa representativa e confiável da qualidade das águas superficiais (DIXON; CHISWELL, 1996).

No estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa (DN) conjunta COPAM/CERH nº 01/08 estabelece parâmetros legais para análise da qualidade dos cursos hídricos em função de seu enquadramento. Além disso, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) monitora a qualidade das águas superficiais, contribuindo para a efetiva gestão dos recursos hídricos no estado.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pará, tributária do rio São Francisco, em Minas Gerais, por meio das análises de violação dos parâmetros da legislação vigente, da análise da cobertura dos serviços de saneamento, da avaliação do uso e ocupação do solo e das atividades licenciadas, identificando os cursos d'água e municípios mais impactados.

METODOLOGIA

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Pará, afluente do Alto Curso do rio São Francisco, está situada na região sudoeste de Minas Gerais. É dividida em outras dez sub-bacias, de acordo com seu Plano Diretor, para fins de planejamento e ações de análise ambiental. O curso principal se estende por cerca de 365 km, e a área da bacia compreende aproximadamente 12.300 km², onde se situam 34 municípios, dos quais destacam-se Divinópolis, Itaúna e Pará de Minas pela expressão econômica e tamanho populacional (IGAM, 2016). A população estimada da bacia é de 700 mil habitantes, dos quais 12% estão nas áreas rurais. E as principais atividades econômicas desenvolvidas na região são relacionadas à extração e beneficiamento de minerais, atividades industriais, agricultura e pecuária (IGAM, 2018).

A descrição das sub-bacias é apresentada na Tabela 1, e o arranjo espacial das estações de monitoramento de qualidade da água ao longo da bacia do rio Pará, na Figura 1.

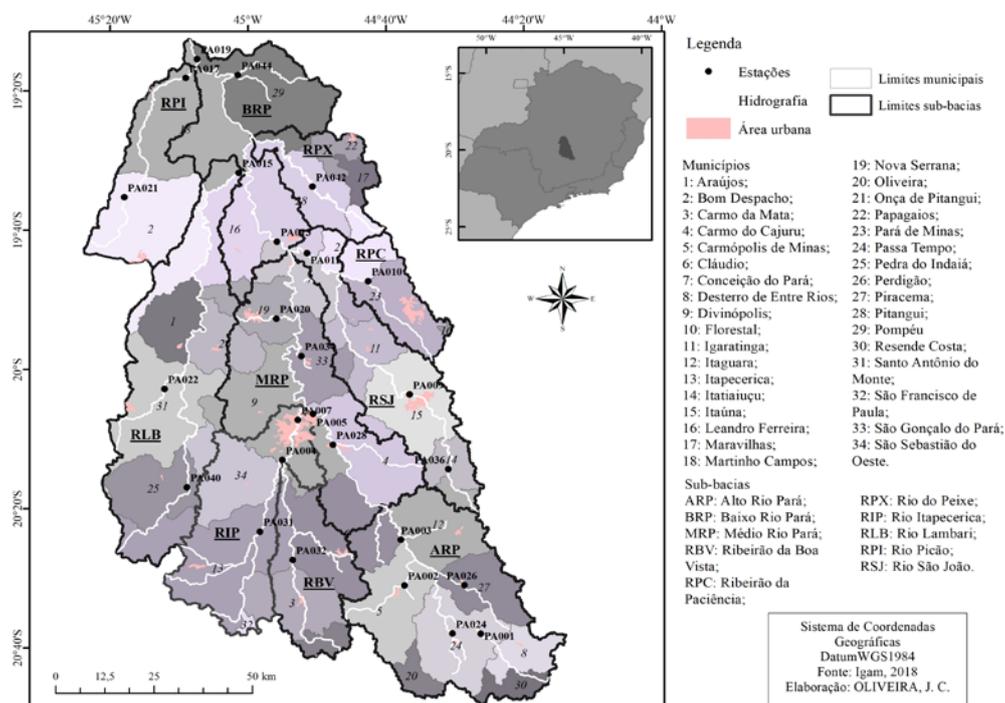


Figura 1: Mapa de localização da bacia do rio Pará, com a localização das estações de monitoramento com relação aos municípios e sub-bacias hidrográficas.

Tabela 1: Descrição das dez sub-bacias da Bacia Hidrográfica do rio Pará.

Sub-bacia	Código de referência	Estações de monitoramento
Alto Rio Pará	ARP	PA001, PA002, PA003, PA024, PA026
Baixo Rio Pará	BRP	PA013, PA019, PA044
Médio Rio Pará	MRP	PA005, PA020, PA028, PA034
Ribeirão da Boa Vista	RBV	PA032
Ribeirão da Paciência	RPC	PA010
Rio do Peixe	RPX	PA042
Rio Itapecerica	RIP	PA004, PA007, PA031
Rio Lambari	RLB	PA015, PA022, PA040
Rio Picão	RPI	PA017, PA021
Rio São João	RSJ	PA009, PA011, PA036

Organização e análise dos dados

A avaliação da qualidade da água foi realizada com base nos dados trimestrais das estações da rede de monitoramento da bacia do rio Pará, disponibilizados pelo IGAM, para o período compreendido entre os anos de 2008 e 2016.

Primeiramente foi feita a seleção das estações de monitoramento, sendo excluídas aquelas implantadas após o ano de início do estudo. Para a avaliação da conformidade dos dados junto à DN COPAM/CERH n° 01/08 (MINAS GERAIS, 2008), foram analisados os 34 parâmetros que possuem padrões definidos na legislação de Minas Gerais, para cada uma das 26 estações de monitoramento, levando em consideração as classes de enquadramento dos corpos d'água. Buscando identificar quais os parâmetros responsáveis pela maior degradação ambiental na Bacia, e os cursos d'água mais impactados, foram estabelecidos quatro intervalos de percentuais de violação. Foram eles: (i) percentual de violação de até 25%; (ii) entre 26% e 49%; (iii) entre 50% e 74%; e (iv) superior a 75%.

Para melhor compreensão do comportamento dos parâmetros de qualidade da água, foi utilizado o mapa de uso e ocupação do solo da bacia para o ano de 2015. O mapa foi obtido na base do projeto Mapbiomas (MapBiomas, 2018), baseado na classificação de imagens Landsat, com resolução espacial de 30 metros. Com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, fez-se o refinamento da imagem e foram contabilizadas as áreas relativas a cada classe de uso e ocupação do solo: afloramento rochoso, agricultura, área urbana, corpos d'água, gramínea, mineração, reflorestamento e vegetação natural.

Além disso, foram pesquisados dados de saneamento, junto ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referentes aos índices de coleta e tratamento de esgoto dos municípios. Por fim, os dados dos empreendimentos licenciados foram obtidos através do Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA) e foram agrupados de acordo com a sua tipologia (atividades agrossilvipastoris, minerárias, de infraestrutura, gerenciamento de resíduos, indústria alimentícia, metalúrgica, química, serviços e comércio atacadista), conforme definido pela DN COPAM 217/2017 (MINAS GERAIS, 2017).

Todas as informações foram utilizadas na tentativa de caracterizar a área de estudo e relacionar os parâmetros que ultrapassam o valor máximo legal permitido com a presença de atividades antrópicas que podem estar contribuindo para o desequilíbrio ambiental na bacia do rio Pará.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O banco de dados compreendeu os 34 parâmetros físico-químicos e bacteriológicos que possuem limite legal definido de acordo com a DN COPAM/CERH n° 01/08 para a classe de enquadramento do corpo d'água, perfazendo, com esses, um total de 933 coletas e 26.228 dados válidos. Na Tabela 2 é apresentada a identificação das 26 estações de monitoramento e dos parâmetros avaliados.

Tabela 2: Estações e parâmetros selecionados para avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Pará/MG.

Estações	PA001, PA002, PA003, PA004, PA005, PA007, PA009, PA010, PA011, PA013, PA015, PA017, PA019, PA020, PA021, PA022, PA024, PA026, PA028, PA031, PA032, PA034, PA036, PA040, PA042 e PA044.
Parâmetros	Al _{diss} , AS _T , Ba _T , Bo _T , Cd _T , Pb _T , CN ⁻ , Cl _T ⁻ , Cl _{-a} , Cu _{diss} , CT/E. coli, Cor, Cr _T , DBO, Den. cian., Fen _T , Fe _{diss} , P _T , Mn _T , Hg _T , Ni, N-NO ₃ ⁻ , N-NO ₂ ⁻ , N-NH ₄ ⁺ , OD, pH, Se _T , SDT, SST, Subs. tens., SO ₄ ²⁻ , S ²⁻ , Turb., Zn _T .

Al_{diss}: Alumínio dissolvido; AS_T: Arsênio total; Ba_T: Bário total; Bo_T: Boro total; Cd_T: Cádmio total; Pb_T: Chumbo total; CN⁻: Cianeto Livre; Cl_T⁻: Cloro total; Cl_{-a}: Clorofila a; Cu_{diss}: Cobre dissolvido; CT/E. coli: Coliformes termotolerantes/*Escherichia coli*; Cr_T: Cromo total; DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; Den. cian.: Densidade de cianobactérias; Fen_T: Fenóis totais; Fe_{diss}: Ferro dissolvido; P_T: Fósforo total; Mn_T: Manganês total; Hg_T: Mercúrio total; Ni: Níquel total; N-NO₃⁻: Nitrato; N-NO₂⁻: Nitrito; N-NH₄⁺: Nitrogênio amoniacal; OD: Oxigênio dissolvido; Se_T: Selênio total; SDT: Sólidos dissolvidos totais; SST: Sólidos em suspensão totais; Subs. tens.: Substâncias tensoativas, SO₄²⁻: Sulfato total; S²⁻: Sulfeto; Turb.: Turbidez; Zn_T: Zinco total.

Na avaliação da qualidade das águas superficiais foram identificadas alterações na maior parte dos parâmetros analisados. A Figura 2 indica a faixa da porcentagem dos dados que violaram a legislação para cada parâmetro. Esta violação é mostrada para cada estação de monitoramento selecionada, para os diversos cursos d'água da bacia.

O parâmetro que apresentou maior percentual de violação foi CT/E. coli, em que 17 das 26 estações mostraram violação superior a 75%, outras cinco ficaram na faixa de 50% a 74%, e as demais (quatro estações), entre 26% e 49%. Em seguida, os parâmetros mais violados foram Fe_{diss}, P_T, Mn_T, DBO, OD, N-NH₄⁺, CN⁻ e Al_{diss}, com percentual de violação maior que 50% em pelo menos uma estação.

Os cursos d'água mais violados foram o córrego do Pinto (PA034), o ribeirão da Fartura (PA020), o rio São João (PA009, PA011 e PA036) e ribeirão da Paciência (PA010). A seguir serão discutidos os resultados dos cursos d'água mais violados, bem como de seus respectivos municípios.

O córrego do Pinto, enquadrado como Classe 2 segundo a DN COPAM 028/98 (MINAS GERAIS, 1998), apresentou violação superior a 75% dos dados coletados para os parâmetros: CN⁻, CT/E. coli, DBO, Fe_{diss}, P_T, N-NH₄⁺ e OD. Os parâmetros CT/E. coli, DBO e OD apresentaram violação em todos os dados coletados na estação PA034. Quatro parâmetros (Al_{diss}, cor, Cr_T e Mn_T) violaram na faixa de 50% a 74% e SDT, SST e Subs. tens. na faixa de 26% a 49%. A estação instalada nesse curso d'água localiza-se a jusante da área urbana de São Gonçalo do Pará, que em 2016, coletava todo o esgoto gerado, entretanto não apresentava nenhum tratamento (SNIS, 2016), o que pode justificar a violação dos parâmetros relacionados a essa fonte de poluição, como no caso de OD, CT/E. coli, DBO, P_T, e N-NH₄⁺.

Além disso, segundo o PNLA (2018), (Figura 3), o município de São Gonçalo do Pará apresentou uma atividade licenciada, na indústria química, referente ao beneficiamento de fibras têxteis naturais e artificiais. Contudo, apesar de haver apenas um empreendimento licenciado, segundo relatórios do IGAM, foi verificado, durante as coletas realizadas, o lançamento de efluentes de tinturarias e do processamento de couro no corpo hídrico, o que pode ter influenciado nas alterações das concentrações de CN⁻, Fe_{diss}, Al_{diss}, cor, Cr_T e Mn_T. As elevadas concentrações de Fe_{diss}, P_T e N-NH₄⁺, também podem ser resultado da poluição difusa ocasionada pelas áreas de agricultura, com forte presença no mapa de uso ocupação do solo (Figura 4, Tabela 3). Nessa região do Médio rio Pará, tem destaque ainda, a extração de areia e granito, o que acarreta no assoreamento em diversos trechos deste corpo de água, assim como a exploração de diamante industrial, ambos alterando a morfologia da região e contribuindo para as desconformidades nos parâmetros já mencionados e possivelmente também, em SDT, SST e Substâncias tensoativas.

A estação PA020 também está na região do Médio rio Pará (assim como a PA034), porém no ribeirão da Fartura, a jusante da cidade de Nova Serrana, próximo da BR 262, e de sua foz no rio Pará, onde se têm registrado problemas sérios com a qualidade das águas (IGAM, 2016). Este ponto, classificado como Classe 2 (MINAS GERAIS, 1998), apresentou violação em mais de 75% das concentrações de: CT/E. coli, DBO, Fe_{diss}, N-NH₄⁺, OD, P_T e Mn_T, sendo estes dois últimos violados em todas as coletas realizadas. Chama atenção, nesse caso, a descrição da ficha de coleta, disponibilizada pelo IGAM, onde é relatado um aspecto de poluição crítica, devido ao lançamento dos efluentes domésticos e industriais, principalmente das fábricas de calçados, granjas avícolas, curtumes e siderúrgicas da cidade de Nova Serrana, além de um forte odor orgânico.

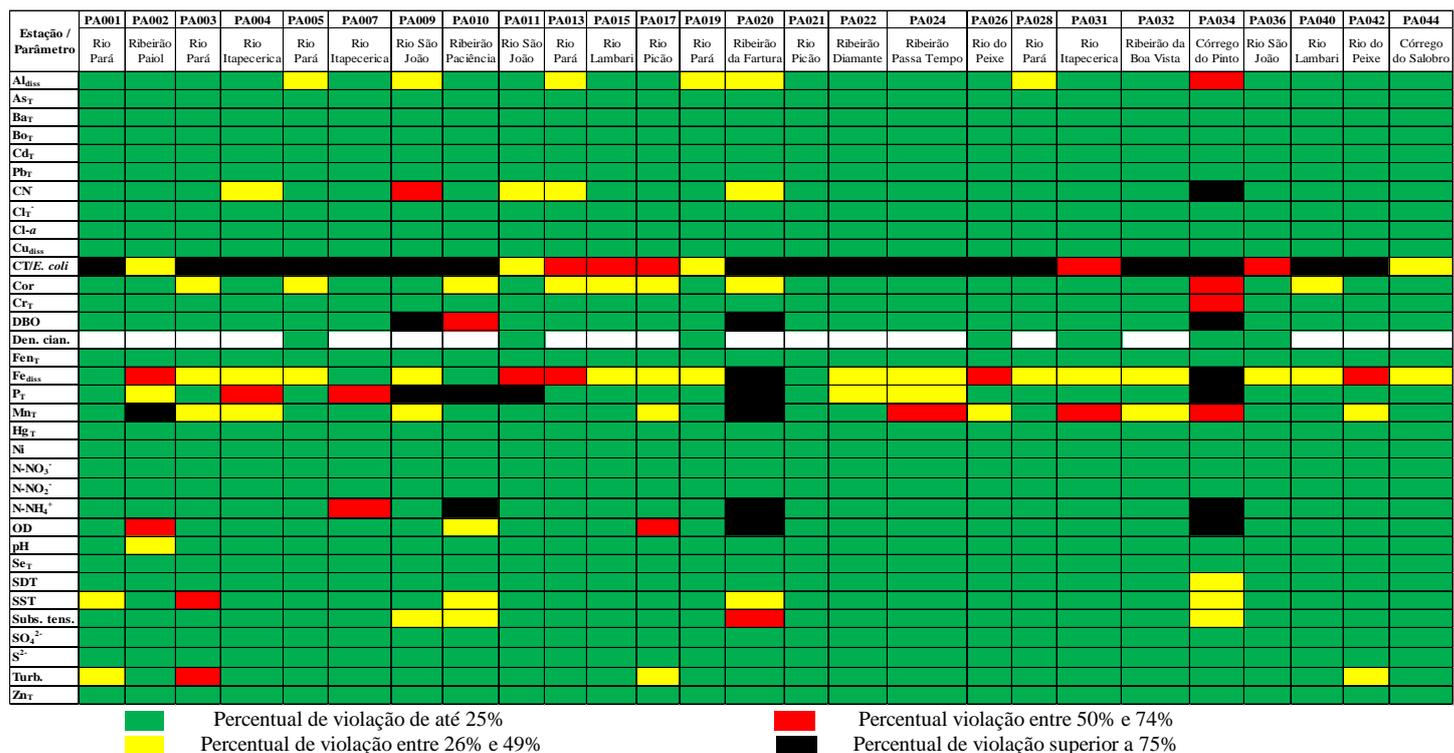


Figura 2: Violação dos parâmetros de qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pará no período de 2008 a 2016.

Os municípios localizados na bacia do rio Pará, segundo o PNLA (2018), apresentaram atividades licenciadas em sete setores distintos, de acordo com a classificação da tipologia estabelecida pela DN COPAM 217/2017 (MINAS GERAIS, 2017). A maioria das atividades são relativas ao gerenciamento de resíduos e serviços com 32% do total, seguidas pelas atividades do setor da indústria química (28%), indústria alimentícia e metalúrgica, cada uma com 11%, atividades minerárias (8%), agrossilvipastoris (7%) e, por fim, as atividades de infraestrutura com 3% de empreendimentos licenciados, conforme observa-se na Figura 3.

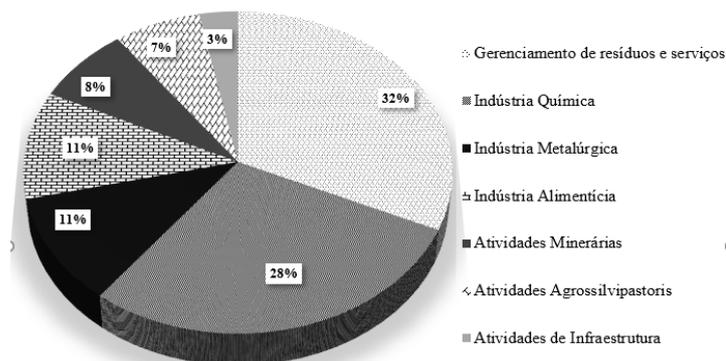


Figura 3: Porcentagem de atividades licenciadas de acordo com a tipologia na bacia do rio Pará entre 2008 a 2016.

Fonte: Adaptado de PNLA, 2018.

Apesar da área urbana de Nova Serrana apresentar 80% do esgoto tratado no ano de 2016, anteriormente, na avaliação dos anos de 2008 e 2011, nenhuma parte deste esgoto era tratado (SNIS, 2016), sendo lançado *in natura* no corpo receptor, o ribeirão da Fartura e seus afluentes, o que pode explicar a violação apresentada pelos parâmetros relacionados à poluição orgânica (CT/E. coli, DBO, N-NH₄⁺, OD e P_T). O município apresentou um total de 23 atividades licenciadas no período de 2008 a 2016, sendo 21 classificadas como indústria química e duas como gerenciamento de resíduos e serviços (PNLA, 2018). Todas as licenças

classificadas como indústria química são relativas à produção de calçados, umas das principais atividades econômicas de Nova Serrana (IGAM, 2016), e que pode estar relacionada ao lançamento de efluentes advindos do processamento do couro, como o $N-NH_4^+$ e Mn_T , além de Al_{diss} e CN^- , estes últimos com percentual de violação de 28% e 47% nessa estação, respectivamente. O Fe_{diss} , apesar de ser um constituinte típico do solo da região, também pode estar sendo resultado das atividades de extração de areia e granito e exploração de diamante industrial das jazidas existentes nessa região, assim como as Subs. tens., com 69% de violação.

O terceiro curso d'água mais impactado, segundo a análise de violação, foi o rio São João, localizado na sub-bacia de mesmo nome, em Itaúna, e que abriga as estações PA009, PA011 e PA036. Dentre essas, a que apresentou mais parâmetros em desconformidade com a legislação foi a PA009, situada logo a jusante da área urbana de Itaúna, num trecho intermediário entre as outras duas estações. A estação PA009 foi enquadrada como Classe 2 (MINAS GERAIS, 1998), no entanto, apresentou três parâmetros com violação superior a 75%, sendo eles CT/E. coli, P_T e DBO, os dois primeiros com violação em 100% dos dados coletados. Itaúna, em 2016, coletava 80% do esgoto gerado na área urbana, contudo, sem nenhum tratamento posterior, sendo despejado *in natura* no rio São João (SNIS, 2016), que corta a cidade, razão pela qual suas águas apresentaram os três parâmetros já mencionados com resultados entre os piores em relação à bacia do rio Pará. Além destes, Al_{diss} , Fe_{diss} , Mn_T e Subs. tens. apresentaram violações entre 26 e 49% e CN^- de 63%. Violações em alguns desses parâmetros também foram observadas nas outras duas estações existentes nesse rio, PA011 e PA036, sendo essa última, a com menores percentuais, provavelmente devido a sua localização, mais próxima da nascente, em área com presença de mata ciliar, sem atividade urbana a montante (Figura 4). O fato dessa região abrigar um dos mais importantes aglomerados urbanos e industriais da região, principalmente nas áreas de gerenciamento de resíduos e serviços, indústria química, alimentícia e minerária (PNLA, 2018) também pode contribuir na justificativa das violações encontradas.

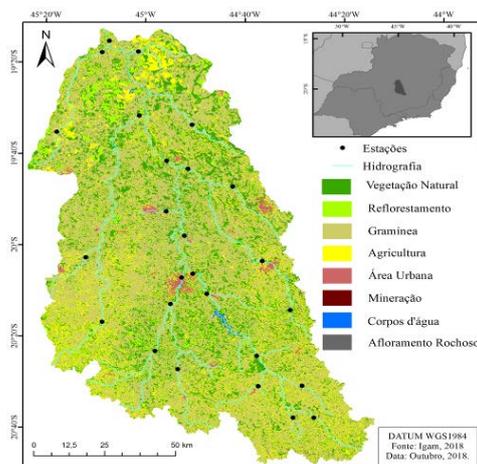


Figura 4: Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Pará em 2015.

Fonte: Adaptado de MapBiomias, 2018.

Tabela 3: Uso e ocupação do solo na bacia do rio Pará em 2015.

Classe	Área (ha)	%
Afloramento rochoso	5.415,8	0,44
Agricultura	240.530,6	19,68
Área urbana	13.445,3	1,1
Corpos d'água	3.794,4	0,31
Gramínea	635.882,3	52,02
Mineração	194,5	0,02
Reflorestamento	46.315,3	3,79
Vegetação natural	27.6728	22,64
Σ	1.222.306,1	100

Fonte: Adaptado de MapBiomias, 2018.

O ribeirão da Paciência abriga a estação PA010, localizada no limite dos municípios de Onça de Pitangui e Pará de Minas, a jusante da área urbana desse último. Tal estação, enquadrada como Classe 3 (MINAS GERAIS, 1998), apresentou as maiores violações (acima de 50%) para P_T , CT/E. coli, $N-NH_4^+$ e DBO. Segundo o SNIS (2016), Pará de Minas coleta 78% de seus esgotos gerados na área urbana e trata 100% desses, desde 2011, assim, o ribeirão da Paciência recebe carga poluidora predominantemente tratada. Entretanto, o processo de tratamento é a nível secundário, insuficiente para a remoção de nutrientes e patógenos de forma satisfatória.

Outro fator importante a ser analisado diz respeito às atividades desenvolvidas na região de influência da estação PA010. Apenas os municípios de Pará de Minas e Onça de Pitangui fazem parte do entorno da mesma, porém, somente o primeiro possui atividades licenciadas no PNLA (2018), sendo relativas a indústria alimentícia (quatro empreendimentos), atividades minerárias, gerenciamento de resíduos e serviços e atividades agrossilvopastoris (dois empreendimentos para cada atividade) e indústria metalúrgica e química (um

empreendimento para cada atividade). Essa região apresenta também a maior vazão de lançamento de efluentes de suínos e do setor avícola. A exploração de ouro, areia e argila, no setor das atividades minerárias, também possui forte expressão econômica e ambiental (IGAM, 2016).

Com relação ao uso e ocupação do solo de toda a bacia do rio Pará (Figura 4), nota-se que a cobertura com maior expressão é dada pela classe gramínea, responsável por 52% do total de uso e ocupação do solo da bacia (Tabela 3). Essa classe engloba pastagem natural e plantada. Para Turner e Rabalais (2013), as fontes difusas de poluição, originadas pelas atividades agrícolas, acarretam em uma maior deposição de sais e nutrientes na água, o que pode ser um fator de influência para os níveis altos de Fe_{diss} , P_T e $N-NH_4^+$, além das alterações dos SST observadas em alguns pontos de monitoramento.

Apesar de não aparecer entre os cursos d'água mais violados, o rio Itapecerica também merece destaque, mais especificamente na região de Divinópolis, onde está instalada, logo a jusante da área urbana, a estação PA007. Essa estação violou a legislação para apenas três parâmetros, todavia com altos valores percentuais: *CT/E. coli* com 97% e $N-NH_4^+$ e P_T , ambos com 58%. O município de Divinópolis, bem como Itaúna e Pará de Minas, constituem os mais importantes aglomerados urbanos e industriais da região. Entretanto, é Divinópolis a maior cidade, em termos populacionais, de toda a bacia do rio Pará, sendo o principal polo do crescimento demográfico urbano. Em razão disso, esse município possui o maior volume de lançamentos de efluentes domésticos considerando toda a bacia hidrográfica do rio Pará, seguido de Pará de Minas, fato que pode dar evidências acerca das altas violações descritas.

Além disso, ressaltam-se como assentamentos urbanos críticos quanto aos efluentes domésticos, as cidades de Itaúna, Divinópolis e Pará de Minas, que possuem os distritos das sedes urbanas justapostos aos rios principais. Logo, de acordo com a síntese aqui realizada sobre as causas das violações, a ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgoto, o adequado tratamento dos efluentes gerados pelas atividades industriais e a correta destinação dos resíduos sólidos, tanto domésticos quanto industriais, constituem ações emergenciais a serem executadas na Bacia, com prioridade para os municípios: São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Itaúna, Pará de Minas e Divinópolis, por se apresentarem como os mais impactados na qualidade da água, terem as maiores vazões de lançamento de efluentes e abrigarem os maiores contingentes populacionais.

É importante chamar atenção para a expressiva presença e violação do parâmetro cianeto na bacia do rio Pará. O cianeto é considerado tóxico, compondo, juntamente com outros parâmetros, o indicador por Contaminação de Tóxicos, do IGAM, apresentando alto grau de periculosidade ao meio ambiente e à saúde humana. Essa constatação torna necessário um acompanhamento próximo e rigoroso, para o desenvolvimento de ações preventivas e mitigatórias dos impactos resultantes de possíveis contaminações.

CONCLUSÃO

Os municípios que apresentaram os corpos d'água mais impactados na bacia do rio Pará foram São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Itaúna e Pará de Minas. Os principais fatores que influenciam na má qualidade dos corpos hídricos inseridos nesses municípios são a ausência ou o tratamento insuficiente de esgoto e de efluentes industriais, principalmente dos setores de abate de animais, metalúrgico e químico, o manejo tradicional e indevido do solo e a falta de práticas de conservação ambiental. Os cursos d'água mais impactados foram o córrego do Pinto, localizado em São Gonçalo do Pará, que apresenta violação de mais de 50% em 11 dos 34 parâmetros analisados, seguido pelo ribeirão da Fartura (8 dos 34), do rio São João (5 dos 34), e do ribeirão da Paciência (4 dos 34). Tendo em vista essa realidade, torna-se necessário adotar medidas que visem o uso racional e sustentável das águas da Bacia, a fim de minimizar a degradação dos corpos hídricos e otimizar seus variados usos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) por ter disponibilizado os dados e assim, viabilizado essa pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio permanente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2012). *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil*. Brasília, 264p.
2. ALAM, A. H. M. B.; UNAMI, K.; FUJIHARA, M. (2018). Holistic water quality dynamics in rural artificial shallow water bodies. *Journal of Environmental Management*. 223, pp. 676-684.
3. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM n. 28/98. *Dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Pará*. Belo Horizonte: COPAM. 1998.
4. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 01/08*. Belo Horizonte: COPAM, 2008
5. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM n. 217/2017*. Belo Horizonte: COPAM, 2017.
6. DIXON, W.; CHISWELL, B. (1996). Review of aquatic monitoring program design, *Water Research*, 30, pp. 1935-1948.
7. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. (2016). Plano diretor da bacia hidrográfica do rio Pará alto rio São Francisco Minas Gerais: *Etapa 3 - avaliação e análise ambiental*. Belo Horizonte: Igam, Plano Diretor, 437p.
8. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. (2018). Monitoramento da qualidade das águas. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
9. MAPBIOMAS (2018). Coleção 3 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Acesso: 20 ago. 2018. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>.
10. PORTAL NACIONAL DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL – PNLA. (2018). *Pesquisa de licenciamento ambiental*. Acesso: 21 out. 2018. Disponível em: <<http://pnla.mma.gov.br/pesquisa-de-licenciamento-ambiental>>.
11. SINGH, K. P.; BASANT, A.; MALIK, A.; JAIN, G. (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality - a case study. *Ecological Modelling*. 220, pp. 888-895.
12. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. (2018). *Série histórica: água, esgoto e resíduos sólidos*. Acesso: 21 out. 2018. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>.
13. TAVAKOL, M.; ARJMANDI, R.; SHAYEGHI M.; MONAVARI, S. M.; KARBASSI A. (2017). Application of Multivariate Statistical Methods to Optimize Water Quality Monitoring Network with Emphasis on the Pollution Caused by Fish Farms. *Iranian Journal of Public Health*. 46, pp 83-92.
14. TURNER, R. E., RABALAIS, N. N. (2003). Linking water quality in the Mississippi River Basin for 200 years. *BioScience*, 53, pp. 5633-572.