

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

IMPACTO DA EXPANSÃO DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA SUB-BACIA COM DISPONIBILIDADE HÍDRICA CRÍTICA

*Túlio Machado Humberto Guimarães¹; Marcio Ricardo Salla²; Arthur Costa Cerqueira³;
Anderson Ruhoff⁴*

RESUMO – A sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Salitre aloca na cabeceira do principal tributário uma mina de fosfato em fase de expansão de exploração. Neste estudo foi analisado o impacto desse crescimento na qualidade da água, mantendo fixos os demais usos e ocupações do solo. A ferramenta QUALI-TOOL foi utilizada no processo de calibração do modelo matemático e análise do cenário proposto. Os resultados mostram que os parâmetros DBO, fósforo total e e-coli alcançaram valores acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357:2005, para rios de classe 2 no médio curso do ribeirão do Salitre, enquanto nitrogênio amoniacal e nitrato atenderam o limite estabelecido pela resolução vigente.

ABSTRACT– The Salitre River hydrographic sub-basin has a phosphorus mine in phase of expansion in its exploitation located at its headwater. In this study, it was analyzed the impact of this growth on the water quality, maintaining unaltered other soil uses and occupations. The QUALI-TOOL software was used both on the mathematical model's calibration process and on the analysis of the proposed scenario. Considering the medium course of Salitre River, the results show that BOD, total phosphorus and e-coli parameters reached values above the maximum acceptable threshold limit established by CONAMA Resolution nº 357:2005 for class 2 rivers. Oppositely, ammoniacal nitrogen and nitrate presented values that were adequate accordingly to the Resolution.

Palavras-Chave – Uso e ocupação do solo, Qualidade da água, QUALI-TOOL.

INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais é responsável por mais de 50% da produção brasileira de minerais metálicos e quase 30% de minerais em geral, dados que fazem do estado o principal em atividade de mineração do Brasil. Aproximadamente 250 municípios de Minas Gerais possuem atividade de mineração (IBRAM, 2014).

De acordo com Rezende (2016), há 258.610 km² em alguma fase de concessão para atividade de mineração, o que corresponde 44% do estado, sendo que 11% já foram concedidos ou liberados. Segundo IBRAM (2014) há mais de 300 minas em operação em Minas Gerais, sendo que 40% das maiores do país estão neste estado.

¹ Discente no PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA)/IPH/UFRGS; e-mail: machado_tulio@hotmail.com

² Docente no PPG em Engenharia Civil (PPGEC)/UFU; e-mail: marcio.salla@ufu.br

³ Discente no PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA)/IPH/UFRGS; e-mail: a_costac@yahoo.com.br

⁴ Docente no PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA)/IPH/UFRGS; e-mail: anderson.ruhoff@ufrgs.br

A instalação de mineradora em uma região causa impacto na economia, no crescimento populacional, no meio ambiente, entre outros. O impacto causado ao meio ambiente, assim como os outros, deve ocorrer de maneira a não gerar prejuízos à natureza e a sociedade. No setor hídrico, a instalação de empreendimentos deve atender as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, as quais têm por finalidade gerenciar os recursos hídricos, garantindo à atual e futuras gerações água de qualidade adequada aos múltiplos usos, propiciando a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Além disso, os padrões de lançamento de efluente deve obedecer aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357:2005, em função da classe do curso de água.

Neste contexto, esse artigo analisou os impactos da expansão dos serviços de mineração de fosfato na qualidade da água da sub-bacia do ribeirão do Salitre, que está inserida na bacia hidrográfica do rio Araguari (MG). Ademais, possui grande quantidade de outorgas para irrigação, principalmente nas proximidades da cabeceira na bacia, e a vazão máxima superficial outorgada ultrapassa o máximo permitido pela legislação vigente.

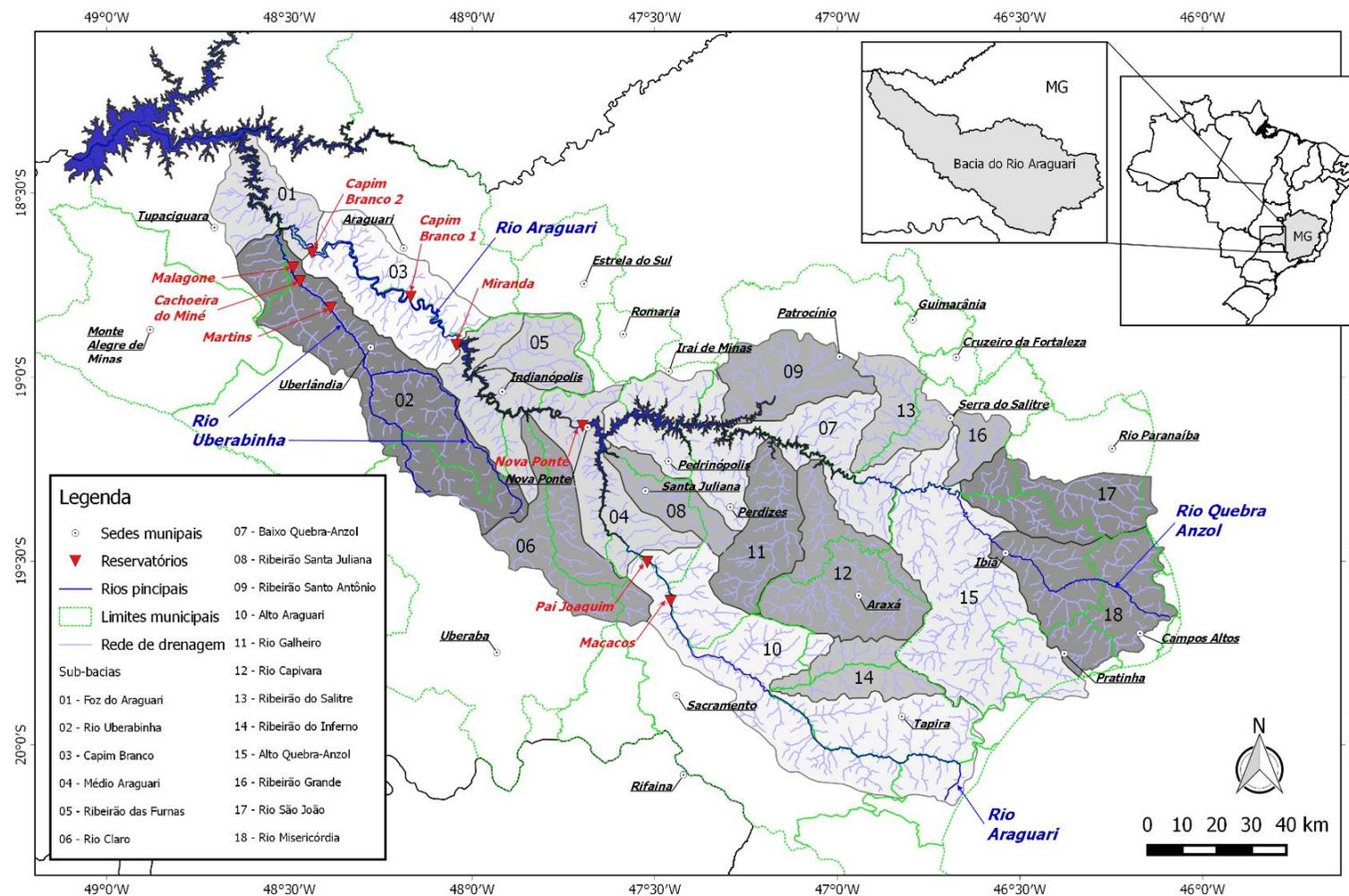
O uso e ocupação do solo na sub-bacia do ribeirão do Salitre atualmente é predominantemente relacionado a agricultura e pecuária, o que interfere nos parâmetros de E. Coli, DBO, Nitrogênio e Fósforo. Com a expansão da exploração de fosfato, esses parâmetros, com exceção do fósforo, continuaram a ser influenciados principalmente pelo uso e ocupação do solo e não pela mineradora.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Araguari localiza-se no estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro e é responsável por cerca de 30% da vazão do rio Paranaíba, sendo considerada o maior afluente desse curso d'água. Dividindo a bacia do rio Araguari em dezoito sub-bacias hidrográficas, conforme Figura 1, há oito sub-bacias que chegam a retirar água em mais de 100% da sua outorga. São elas: ribeirão de Furnas; rio Claro; ribeirão Santa Juliana; ribeirão Santo Antônio; rio Capivara; ribeirão do Salitre; Alto Quebra Anzol; e rio São João (JHUNIOR, 2017).

A sub-bacia do ribeirão do Salitre está localizada entre os municípios de Patrocínio e Serra do Salitre, apresentando área correspondente a cerca de 600 km² e curso d'água principal de 74 km. O clima da região é tropical, com maiores índices pluviométricos entre os meses de novembro e março e períodos de estiagem de maio a setembro. A região se destaca pela produção de café, pecuária leiteira e serviço de mineração.

Até o ano de 2005, a demanda de água na região da sub-bacia do ribeirão do Salitre era majoritariamente destinada à irrigação. Entretanto, a partir de 2006 com o início das instalações de mineradoras na região, a demanda principal de água passou a ser irrigação e consumo industrial (FARIA; JORDÃO 2011).



Coordenadas Geográficas Datum: WGS 1984 Fevereiro 2017

Figura 1 - Sub-bacias do rio Araguari (JHUNIOR, 2017)

METODOLOGIA

Para simular os impactos causados na qualidade da água em determinada região, é necessário inicialmente conhecer as concentrações de determinados parâmetros, os quais servirão de entrada na ferramenta computacional escolhida. Neste contexto, foram escolhidos 5 pontos estratégicos no alto curso da sub-bacia do ribeirão do Salitre para retirada de água para análise de vazão, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), concentração de fósforo, nitrogênio amoniacal, nitrato e E-coli.

O ponto de monitoramento 1 está localizado no ribeirão do Salitre, à montante da cidade de Salitre de Minas e à jusante da mineradora Mosaic Fertilizantes. O ponto de monitoramento 2 também está situado no ribeirão do Salitre, cerca de 50 metros após o desague do córrego Bebedouro, principal afluente do ribeirão do Salitre, de modo a garantir a mistura destes dois cursos de água. Ainda no ribeirão do Salitre, o ponto de monitoramento 3 está situado 50 metros após o desague do córrego Areia, segundo maior afluente do ribeirão do Salitre, com uso do solo predominantemente relacionado a atividades agropecuárias.

O córrego Bebedouro apresenta à montante do curso d'água uma cava de fosfato oriundo da atividade de mineração. Neste córrego foi implementado o ponto de monitoramento 4, com cerca de 15m do desague no ribeirão do Salitre. No córrego Areia, o ponto de monitoramento 5, também foi adotado cerca de 15m do desague no ribeirão do Salitre. A Figura 2 apresenta a localização dos pontos de monitoramento ao longo da sub-bacia do ribeirão do Salitre.

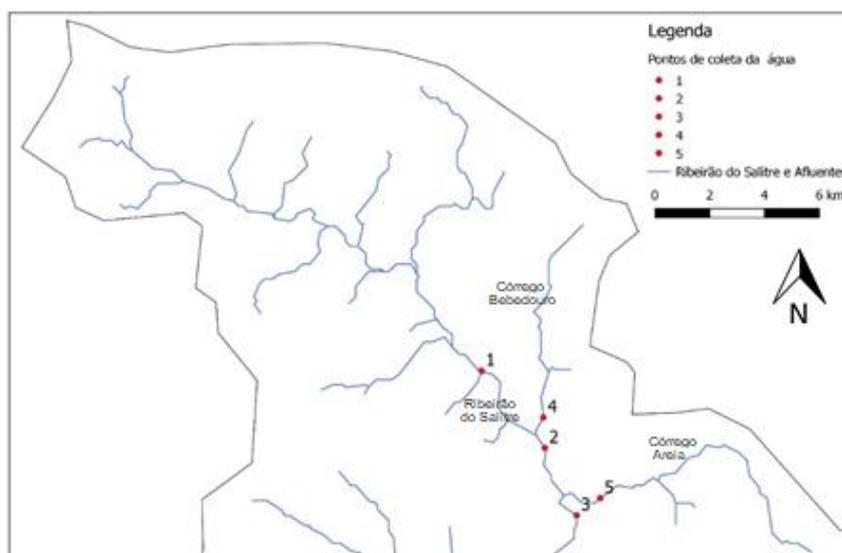


Figura 2 - Localização dos pontos de monitoramento (GUIMARÃES, 2018)

A determinação de vazão foi realizada nos pontos 1, 4 e 5 por meio de molinete fluviométrico. Já no ponto de monitoramento 2 foi utilizado o equipamento ADCP – *Acoustic Doppler Current Profiler*. A obtenção das concentrações químicas e biológicas de qualidade da água, foram realizados

no laboratório de saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (LabSan FECIV/UFU), segundo tempo estipulado pela NBR 9898:1987, seguindo as devidas diretrizes. Realizaram-se duas campanhas no período de estiagem (agosto e setembro de 2017) e duas campanhas no período chuvoso (novembro e dezembro de 2017).

Na Tabela 1 estão listados os parâmetros analisados, bem como a resolução, metodologia e equipamentos utilizados. Todos os parâmetros foram realizados em triplicata.

Tabela 1 – Postos pluviométricos utilizados

Parâmetros	Resolução	Equipamento ou método
DBO	-	Barométrico (<i>OxiTop measuring system</i>)
E. coli	Standard Methods for the examination of water & wastewater (21 ^a Edição) – 9291 F	EC-MUG medium
Fósforo total	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12772, novembro de 1992	Método colorimétrico por redução com ácido ascórbico
Nitrogênio amoniacal	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10560, dezembro de 1988	Método de nesslerização
Nitrato	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12620, setembro de 1992	Método do ácido fenoldissulfônico

A determinação de cargas difusas foi obtida por meio do modelo matemático de correlação uso do solo/ qualidade da água – MQUAL, desenvolvido pela Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo (SMA, 2010). Sendo assim, realizou-se a identificação dos principais tipos de uso e cobertura do solo da sub-bacia analisada por meio de imagens multiespectrais do sensor MSI do satélite Sentinel 2A, obtidas da base de dados do U.S Geological Survey (USGS), correspondentes às cenas T23KKU, T23KKV, T23KLU e T23KLV, com bandas de dez metros de resolução espacial datadas de 04 de junho de 2017.

O software utilizado na simulação da qualidade da água foi o QUALI-TOOL, o qual permite a simulação em ambientes lóticos em escala local e em escala de bacia hidrográfica com até 15 afluentes. Além disso, considera entradas pontuais e difusas de cargas poluidoras e retiradas pontuais consultivas e não consultivas (MAGALHÃES *et al.*, 2017).

O QUALI-TOOL foi calibrado por tentativa e erro, obedecendo os intervalos de referência contido no manual do programa, de modo que as curvas dos parâmetros analisados se aproximassem ao máximo dos valores obtidos nas análises laboratoriais. Visto que a coleta de amostras ocorreu no alto curso da sub-bacia do ribeirão do Salitre, o processo de calibração foi feito nessa região e adotado para toda a sub-bacia.

RESULTADOS

O resultado do mapeamento dos principais tipos de uso e ocupação do solo na sub-bacia do ribeirão do Salitre, com divisão de 5 sub-bacias da região analisada e a área em função de cada tipo de uso e ocupação do solo, são apresentados na Figura 3 e na Tabela 2.

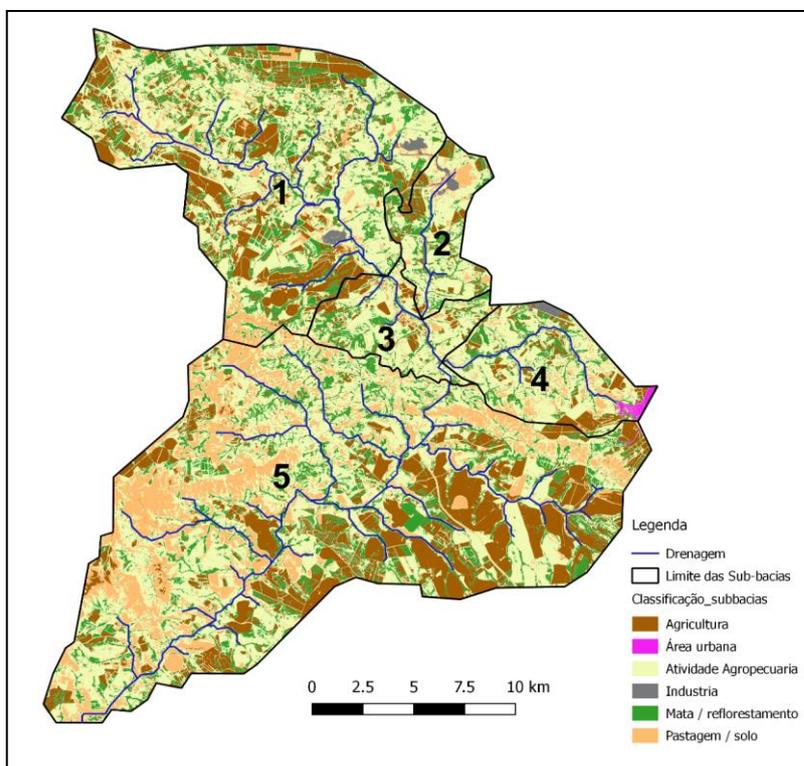


Figura 3 – Uso e ocupação do solo nas 5 sub-bacias do ribeirão do Salitre (GUIMARÃES, 2018)

Tabela 2 – Área em função do tipo e ocupação do solo

Uso do solo	Área (km ²)
Atividade agropecuária	229,98
Agricultura	157,36
Mata/reflorestamento	106,37
Campo/cerrado	100,36
Atividade industrial/ mineração	2,61
Área urbana	1,02

Os valores de vazão aumentaram de montante a jusante, sendo que em período de estiagem variaram de 0,3 a 0,92 m³/s e 0,15 a 0,65 m³/s para agosto e setembro, respectivamente. Para o período chuvoso, a vazão em outubro foi de 1,41 a 2,47 m³/s e em dezembro de 1,13 a 2 m³/s.

As concentrações das contribuições obtidas em laboratório para os pontos de 1 a 5 e os perfis calibrados são apresentados na Figura 4

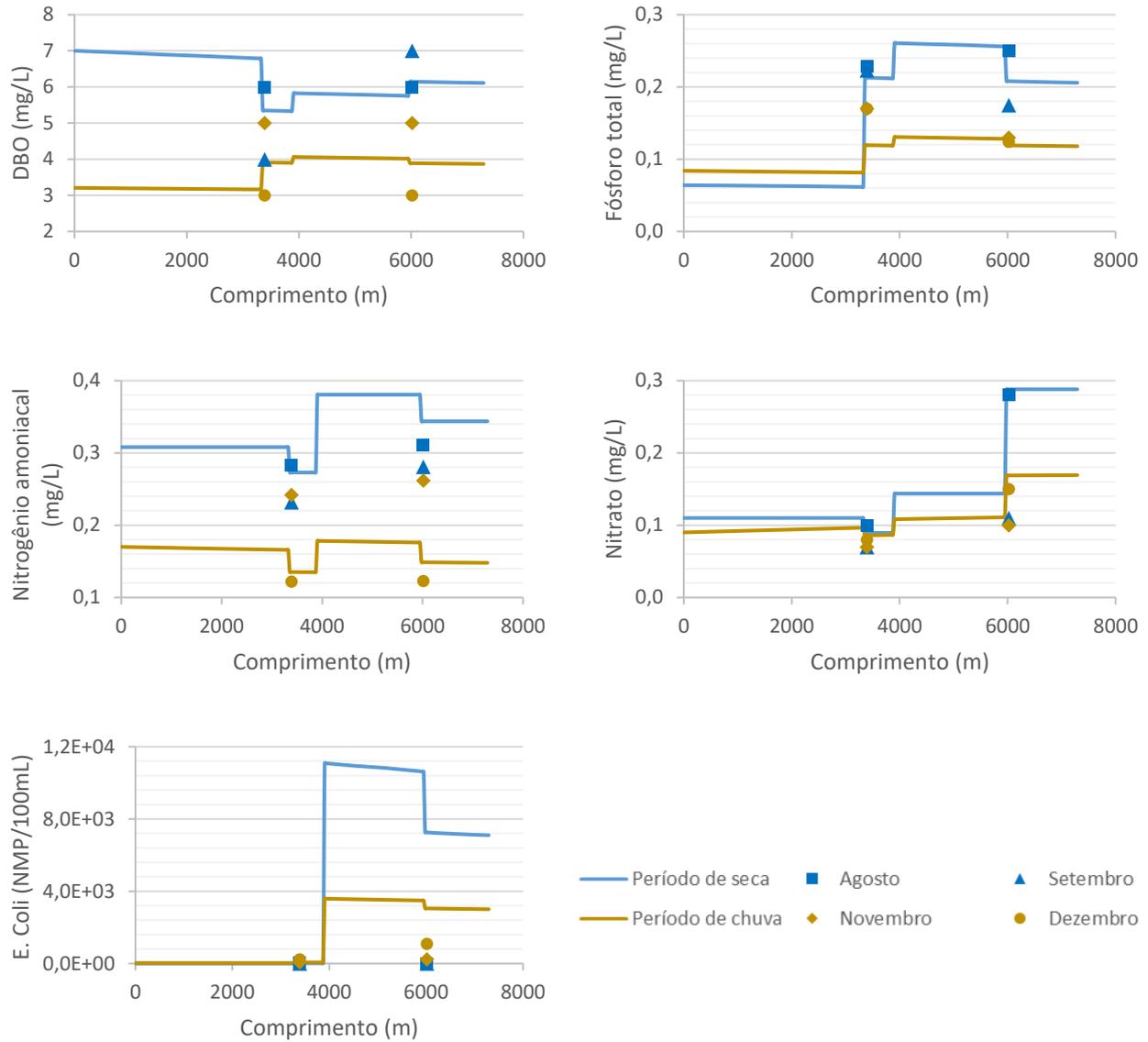


Figura 4 – Perfis calibrados na ferramenta QUALI-TOOL

De posse dos dados de vazão e concentração dos parâmetros químicos e biológicos, realizou-se a calibração do modelo com o objetivo de avaliar os impactos na qualidade da água quando a atividade de mineração estiver operando na máxima área permitida, a Tabela 3 apresenta os resultados dessa calibração. Sendo K_2 o coeficiente de reaeração, K_d o coeficiente de decomposição da matéria orgânica carbonácea, V_{SMO} a velocidade de sedimentação da matéria orgânica carbonácea, K_{an} o coeficiente de conversão de amônia em nitrito, K_{nn} o coeficiente de conversão de nitrito a nitrato, V_{SP} a velocidade de sedimentação do fósforo, K_P o coeficiente de decaimento do fósforo e o K_b o coeficiente de decaimento bacteriano.

Tabela 3 – Coeficientes calibrados

Coef.	Unid.	Trecho no Rib. Salitre	Período estiagem	Período chuvoso
K ₂	d ⁻¹	Ponto 1 até ponto 2	0,74	38,86
		Ponto 2 até ETE	1,50	19,41
		ETE até ponto 3	1,51	19,41
		Ponto 3 até exutório	0,50	57,04
K _d	d ⁻¹	Ponto 1 até ponto 2	0,12	0,12
		Ponto 2 até ETE	0,13	0,12
		ETE até ponto 3	0,15	0,18
		Ponto 3 até exutório	0,15	0,12
V _{SMO}	m/d	Ponto 1 até exutório	0,05	0,05
K _{an}	d ⁻¹		0,15	0,20
K _{nn}	d ⁻¹		0,20	0,50
V _{sP}	m/d		0,02	0,02
K _P	d ⁻¹		0,25	0,30
K _b	d ⁻¹		1,00	1,00

Com os coeficientes analisados e a área em função do tipo e ocupação do solo, realizou-se a simulação para o cenário máxima área com autorização de exploração (5,01 km²), sendo que essa área corresponde ao somatório das áreas destinadas à cava, britagem primária e secundária, pátio de estocagem de minério, espaço de apoio à mina e pilha de estéril. A Figura 5 apresenta a concentração e o limite dos parâmetros analisados de acordo com rios de água doce, classe II da Resolução CONAMA n° 357:2005.

No cenário analisado a concentração de DBO a partir do comprimento de 11,4 km superou o limite estabelecido pela resolução CONAMA n°357:2005. Neste local ocorre o lançamento pontual da sub-bacia da região 5. Ao longo de todo o curso d'água a concentração de fósforo e E. Coli superaram o limite estipulado pela resolução CONAMA n°357:2005. Os demais parâmetros ficaram abaixo do limite da classe.

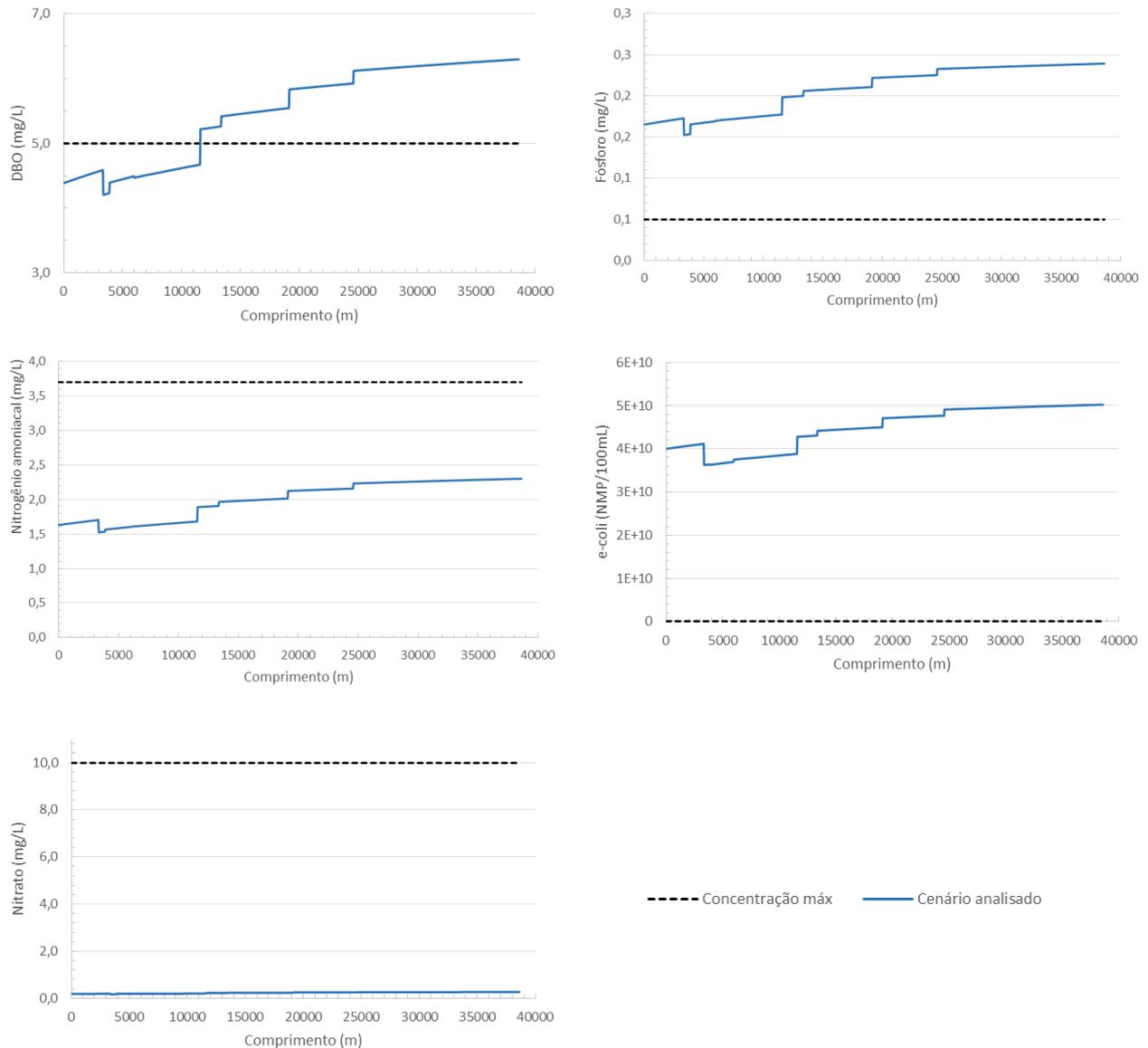


Figura 5 – Concentração química para o cenário analisado

CONCLUSÃO

A partir da análise realizada, a atividade de mineração não terá grandes impactos na qualidade da água quando alcançar a área máxima autorizada, caso as demais taxas de uso e ocupação do solo forem mantidas.

Uma vez que a ferramenta MQUAL não detalha o tipo de atividade industrial na estimativa gerada da carga de nutrientes, recomenda-se novas pesquisas com o propósito de averiguar os coeficientes da atividade industrial de mineração.

O contínuo monitoramento da qualidade da água é de grande valia, visto que a região está passando por transformações no uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

- FARIA, F. C.; JORDÃO, L. F. A. *Resumo Executivo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Araguari*. Monte Carmelo: Monte Plan Ltda, 2011. 120 p. Disponível em: <https://www.cbharaquari.org.br/uploads/1_o_comite/3_legislacao/1_plano_diretor_bacia/17_resumo_executivo_pdrh_araguari.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.
- IBRAM. *Informações sobre a Economia Mineral do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: S.I., 2014. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004355.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.
- JHUNIOR, H. C. S. *Otimização do aproveitamento hídrico superficial da bacia hidrográfica do rio Araguari, Triângulo Mineiro*. 2017. 117 f. Dissertação (Engenharia Civil), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- MAGALHÃES, A. A. B. *et al. Manual do Usuário QUALI-TOOL: Uma ferramenta gráfica-interativa para simulação da qualidade da água em ambientes lóticos*. Uberlândia: [s.n.], 2017. 36 p. Acesso em: 04 jul. 2017.
- REZENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. *Sociedade & Natureza*, [s.l.], v. 28, n. 3, p.375-384, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160304>.
- SMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente Estado de São Paulo. *Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings*. São Paulo: [s.n.], 2010. 274 p.