ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Concentração de nitrato em águas superficiais e sua correlação com a agricultura e o despejo de esgoto bruto: estudo de caso da represa de Nova Ponte – MG

Eliane Maria Vieira¹, Elizabeth Lomelino Cardoso², Vicente de Paulo Macedo Gontijo³, Giovanni Resende de Oliveira⁴, Maria Lélia Rodriguez Simão⁵, Ivair Gomes⁶, Marley Lamounier Machado⁷, Ricardo Motta Pinto Coelho⁸

¹UNIFEI. Autor correspondente: e-mail: elianemv@yahoo.com.br; ^{2,3,4,7}EPAMIG; ⁶UFSJ, ⁸UFMG

Artigo recebido em 18/08/2016 e aceito em 19/10/2016

RESUMO

A presença de Nitrato nos corpos hídricos pode promover o aparecimento de algas e outros vegetais aquáticos afetando a qualidade destes para diversos usos. Dependendo da concentração este ainda pode propiciar o desenvolvimento da metahemoglobinemia, além de estar relacionado com o surgimento de determinados tipos de câncer, assim estudos relacionados à determinação da concentração deste e das possíveis causas de aporte são extremamente importantes. O presente estudo foi desenvolvido para a represa de Nova Ponte, localizada no estado de Minas Gerais. O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento e as possíveis causas da concentração de Nitrato na represa de Nova Ponte. Foram empregadas técnicas de Geoprocessamento e avaliando-se o uso do solo, as classes de solos e o aporte por descarga de esgoto bruto das cidades no entorno da represa. Para a realização do trabalho foram coletados cinquenta e nove pontos amostrais distribuídos ao longo de toda a represa onde foram obtidos a concentração de Nitrato em agosto de 2007 e espacializado para a represa empregando-se geoestatística, foi elaborado o mapa de uso e ocupação do entorno da represa e digitalizado o mapa de solos da região, além da espacialização dos centros urbanos no entorno da represa e a quantificação da distância destes à represa. Analisando conjuntamente o uso do solo, as classes de solo e o aporte de esgoto bruto nos tributários da represa e contrapondo-se às regiões de maiores concentrações de Nitrato, conclui-se que tais concentrações seriam advindas do esgoto bruto e não da agropecuária nesta região.

Palavras-chave: nitrato, agricultura, esgoto, geoprocessamento.

Nitrate concentration in surface water and its correlation with agriculture and raw sewage dump: case study of Nova Ponte dam – MG

ABSTRACT

The presence of nitrate in water bodies can promote the appearance of algae and other aquatic plants affecting the quality of these for various uses. Depending on the concentration you can also promote the development of methemoglobinemia, of certain types of cancer, so studies related to determining the concentration and the possible contribution of causes are extremely important. This study was conducted for the dam of Nova Ponte, located in the Minas Gerais states. The aim of this study was to analyze the behavior and the possible causes of the nitrate concentration in the Nova Ponte Dam. It was done using GIS techniques and also evaluating the land use, the soil types and the possible contribution of the raw sewage discharge of the cities surrounding the dam. To conduct the study were collected fifty nine sampling points distributed throughout the dam in August 2007 and spatialized for dam employing geostatistics, and it was prepared the use and occupation of the surrounding map dam and digitized the region of soil map, in addition to the spatial distribution of urban centers in the vicinity of the dam and the quantification of the distance between the cite to the dam. Analyzing together the land use, the soil classes and the raw sewage inflow in the dam tributaries and contrasting to the regions of higher concentrations of nitrate, it is concluded that such concentrations would be coming from the raw sewage and not from the agriculture in this region.

Keywords: nitrate, agriculture, sewage, geoprocessing.

Introdução

As águas superficiais e subterrâneas apresentam importância vital à manutenção de vida na Terra, porém esta por ser um solvente, frequentemente tem sido usada para transportar

produtos residuais para longe do local de produção e descarga. Nos lançamentos indevidos de produtos residuais de diversas fontes, como esgotos domésticos, industriais, entre outros, há o

favorecimento e a deterioração destes ambientes (Moraes e Jordão, 2002; Naime e Fagundes, 2005).

Neste cenário os rios (representando parte das águas superficiais) refletem o uso e a ocupação do solo de sua respectiva bacia hidrográfica sendo, portanto, considerados como coletores naturais da paisagem (Goulart e Callisto, 2003; Bonnet et al., 2008).

A expansão da população urbana e da industrialização associados à falta de saneamento básico, tem sido responsáveis pela forte pressão sob os recursos hídricos (Beck, 2005; Barreto, 2008; Pellizzaro et al., 2008).

Esta expansão também tem gerado pressões sobre o setor agropecuário, fazendo com que este aumente as áreas cultivadas ou empregue técnicas para aumentar a produção em áreas já estabelecidas.

Um dos parâmetros mais importantes para o estudo da qualidade das águas superficiais é a concentração de Nitrato (NO_3^-), que pode ser obtida tanto por métodos laboratoriais como *In Situ*, por meio do emprego de sondas desenvolvidas para tal fim.

A presença do íon nitrato pode promover o aparecimento de algas e outros vegetais aquáticos em corpos d'água de superfície, o que afeta a qualidade da água para uso doméstico, recreação e pode dizimar a população de peixes por eliminação do oxigênio na água (Jadoski, 2010).

Concentrações superiores a 10 mg L^{-1} nas águas destinadas ao consumo humano, pode desenvolver a metahemoglobinemia, conhecida também como síndrome do “bebê azul” (Feng et al., 2005).

Ainda em relação aos efeitos da contaminação dos recursos hídricos por Nitrato, Galaviz-Villa et al. (2010), afirmam que os nitratos e nitritos dissolvidos nas águas subterrâneas são indiretamente consumidos por seres humanos, em quem causam efeitos negativos para a saúde. Entre os problemas mais comumente observados estão a disfunção da glândula tireóide, produção de nitrosaminas (que geralmente causam câncer), além da diminuição na capacidade do sangue para transportar oxigênio (metahemoglobinemia).

Segundo Baird e Cann (2011), a presença deste íon na água potável também está associada a ocorrência de câncer de estômago e de mama.

Para as plantas e produção vegetal, Cano et al. (2007), salientam que um excesso de fertilização com nitrogênio pode ocasionar múltiplos inconvenientes agrônômicos que são amplamente definidos, influenciando na qualidade do fruto e da planta, como fruto oco, aborto floral, menor resistência à geadas, dentre outros problemas. Os autores salientam ainda que em

relação aos efeitos no meio ambiente, os nitratos contribuem para um aumento no efeito estufa e degradação da camada de ozônio.

Segundo Jadoski (2010), no mundo inteiro, o aumento da concentração de nitrato na água vem se acentuando ao longo dos anos devido às altas taxas de aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Baird e Cann (2011), afirmam que a contaminação de aquíferos rasos por Nitrato advindos da agricultura é mais comum devido à proximidade da fonte de contaminação.

Contudo a contaminação não fica restrita aos aquíferos subterrâneos, visto que tais aquíferos também são responsáveis pelo suprimento de água em muitos rios e lagos (Brandão et al., 2003).

Segundo Bhumbra (2009), o teor de contaminação dos corpos hídricos pelo nitrato decorre dos solos do entorno destes e depende diretamente das quantidades de nitrato presentes ou adicionados ao solo, da permeabilidade do solo, das condições climáticas (principalmente da pluviosidade), do manejo da irrigação e da profundidade do lençol freático ou aquífero.

O carregamento de nitrato para os mananciais decorre de dois fatores principais: da erosão que carrega fertilizantes e resíduos orgânicos para os cursos d'água, e do desbalanço entre as taxas de suprimento de nitrato no solo e a capacidade da vegetação de cobertura em absorver e assimilar o nutriente, convertendo-o em formas orgânicas (Resende, 2002).

Os íons de nitrato se deslocam facilmente, visto que não são adsorvidos pelos componentes das frações do solo, podendo ser absorvidos pelas raízes e translocados às folhas ou lixiviados aos mananciais (Correia et al., 2006).

Outro fator importante, além do carregamento deste pelas águas superficialmente e por infiltração, é o carregamento deste quando ainda estão agregados às partículas de solo. Neste caso o carregamento está condicionado aos fatores que condicionam o processo de erosão, ou seja, às características da classe de solo local, à declividade e à presença de cobertura vegetal (Brandão et al., 2013).

Porem as concentrações de Nitrato não são advindas exclusivamente da agricultura e pecuária este também se correlaciona com o lançamento de esgoto não tratado nos corpos hídricos pelos centros urbanos.

Segundo Von Sperling (2005), o nitrato é praticamente ausente no esgoto bruto, contudo sua presença em um corpo hídrico pode ser um indicio da descarga de esgoto a montante. Ainda segundo este autor a presença do nitrato decorrente do lançamento de esgoto bruto depende da carga de

esgoto lançada e das zonas de autodepuração do curso d'água.

Portanto, a variabilidade espacial da concentração de Nitrato no corpo hídrico depende diretamente das condições físicas, químicas e biológicas dos solos do entorno, da cobertura vegetal destes, do despejo de esgoto bruto e das condições climáticas, além dos fatores hidrodinâmicos do corpo hídrico.

Tal variabilidade pode ser demonstrada pela análise da concentração de Nitrato na água do corpo hídrico em pontos amostrais bem distribuídos ao longo deste, contudo a identificação pontual da concentração de Nitrato dificulta uma visão ampla do comportamento deste ao longo do corpo hídrico. Soma-se ainda a dificuldade de identificar os fatores que diretamente contribuiriam para o comportamento estabelecido.

Neste cenário o emprego de técnicas que permitam a espacialização da concentração com a estimação dos teores em pontos não amostrados, com o emprego de interpoladores, é de grande

valia. Quando se empregam técnicas de geoprocessamento o potencial de análise se torna muito maior, permitindo que vários fatores sejam analisados concomitantemente e levando-se em conta sua distribuição espacial.

Assim este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento e as possíveis causas da concentração de Nitrato na represa de Nova Ponte empregando técnicas de Geoprocessamento e avaliando-se em termos de uso do solo, classes de solos e o possível aporte por descarga de esgoto bruto.

Material e métodos

O presente estudo foi desenvolvido tendo como área de estudo a represa de Nova Ponte e seu entorno, situada na região do triângulo mineiro. Na Figura 1 é apresentado o limite da bacia hidrográfica PN2 (em verde) na qual se insere a represa de Nova Ponte (em vermelho).

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica da represa de Nova Ponte.

A represa é formada pelos rios Araguari e Quebra Anzol, e seus tributários, abrangendo os

municípios de Iraí de Minas, Nova Ponte, Patrocínio, Pedrinópolis, Perdizes, Sacramento,

Santa Juliana e Serra do Salitre, estando totalmente inserida no estado de Minas Gerais (MG) – Brasil.

Trata-se de um reservatório de cabeceira, com características predominantemente oligotróficas e um pequeno tempo de retenção. Possui capacidade para armazenar 12,8 bilhões de metros cúbicos de água. A barragem possui 1600 metros de largura e 141 metros de altura (CEMIG, 2007).

O trabalho foi iniciado com a delimitação do limite do espelho d'água da represa. Foi empregada uma imagem Landsat 5 TM da represa de setembro de 2007, solicitado ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), de onde foi extraído o limite referente ao reservatório em plena capacidade de operação, para compor o limite da área de interpolação para a espacialização da concentração de Nitrato.

Foi empregado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 9.3®, trabalhando com a composição falça-cor RGB-345 e digitalizado o polígono com o limite do espelho d'água referente ao limite da represa, por meio da digitalização em tela.

Também foi digitalizado um segundo limite, para a elaboração do mapa de direção de fluxo, tendo por base o limite do espelho d'água digitalizado em uma composição Landsat RGB-345 obtida na data próxima ao menor registro de nível da represa, registrado no monitoramento do nível da represa realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, onde haveria maior exposição do solo ao redor da represa.

Também foi gerado o mapa de direção de fluxo da bacia hidrográfica da represa, tendo-se por base MDE (Modelo digital de Elevação) da missão espacial Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponível no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). O SRTM empregado foi o de resolução espacial de 30m.

Foi empregado o módulo hidrológico do SIG ArcGis®, onde a direção de fluxo é dividida em oito possíveis direções, a fim de se verificar se o uso identificado no mapa de uso do solo poderia ou não contribuir por escoamento superficial para a área analisada no espelho d'água da represa.

Para o levantamento dos dados de uso e ocupação do solo no entorno da represa foram realizadas duas expedições, com duração de quatro dias cada em agosto de 2007. Os registros foram feitos por meio de um GPS de navegação da marca Garmin® e de uma máquina fotográfica digital, levantando-se os principais usos encontrados no entorno da represa.

Os dados coletados foram geoespecializados sobre a imagem do satélite

LandSat 5 TM (com 30 m de resolução espacial), do mês de setembro de 2007, composição RGB, bandas 3, 4 e 5. Utilizou-se o SIG ArcGis 9.3, com digitalização em tela e, por sugestão da equipe de execução do projeto empregando uma análise visual sobre o mapa de direção de fluxo gerado, adotou-se um limite de 2 km no entorno da represa.

Também foram empregadas imagens obtidas pelo satélite CBERS 2B com a câmera HRC (*High Resolution Câmera*) para parte da área de estudo (com resolução espacial de 2,7 m) (visto que não havia imagens disponível para toda a área) auxiliando, nestes locais na definição dos polígonos digitalizados.

Após a digitalização dos polígonos foram identificados os usos utilizando os pontos coletados. Os locais onde não havia pontos foram classificados por similaridade, obtendo-se o mapa de uso e ocupação do entorno da represa.

A verificação da exatidão deste mapa foi realizada em campanhas de campos subsequentes do projeto, com a confirmação das classes empregadas.

Para a obtenção dos teores de Nitrato foi empregada a sonda multi-analisadora YSI modelo 6920, em uma campanha realizada em agosto de 2008, obtendo-se os teores de cinquenta e nove pontos amostrais distribuídos ao longo de toda a represa. Todos os pontos de coleta tiveram as suas coordenadas devidamente obtidas com DGPS (*Differential Global Positioning System*), a fim de que pudessem ser espacializados.

As concentrações do referido parâmetro foram interpoladas empregando-se a extensão Geostatistical Analyst do SIG ArcGis® para os locais não amostrados na represa. Foi empregado o método de interpolação Krigagem Universal, adotando-se um modelo Gaussiano para o ajuste do Semivariograma e testando-se o tamanho de lag.

As concentrações interpoladas foram sobrepostas ao mapa de Uso e Cobertura do solo detalhado, do entorno da Represa, para a análise das possíveis contribuições de Nitrato devido ao uso do solo.

Tais concentrações também foram sobrepostas ao mapa de direção de fluxo da bacia a fim de se constatar o possível carreamento de fertilizantes e inseticidas das áreas ocupadas por agricultura e pastagens das as regiões limítrofes à represa.

Também foi adicionado o mapa de solos juntamente com o mapa espacializado da concentração de Nitrato, a fim de se analisar a interferência deste no resultado da concentração de Nitrato. Nesta etapa foi empregado o mapa de solos da região do Alto Paranaíba, elaborado pela

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Por fim, foi elaborado o mapa de localização dos centros urbanos próximos à represa e calculada a distância destes à represa tendo como percurso os rios que as ligavam à represa, a fim de se analisar a possível contribuição do despejo de esgoto bruto em tributários da represa na concentração de Nitrato encontrada. Assim, apenas foram levantadas as cidades no entorno da represa que efetivamente poderiam contribuir com o aporte de esgoto bruto à esta.

Resultados e discussão

Para a espacialização dos teores de Nitrato foram empregados cinquenta e nove pontos amostrais coletados em uma campanha realizada em agosto de 2008. Tais pontos foram definidos de forma a ficarem bem distribuídos ao longo de toda a represa, a fim de possibilitarem a interpolação para os locais não amostrados.

Os dados foram obtidos por meio da sonda multi-analisadora YSI modelo 6920 e auxílio de um DGPS para a obtenção das coordenadas destes e a posterior espacialização dos mesmos, como apresentado na Figura 2.

Figura 2. Mapa de localização dos pontos de coleta da Concentração de Nitrato na represa.

As concentrações de Nitrato coletados *in situ* e georreferenciadas foram espacializadas empregando-se a extensão Geostatistical Analyst do SIG ArcGis®. Foi empregado o método de interpolação Krigagem Universal, adotando-se um modelo Gaussiano para o ajuste do Semivariograma e um lag de 7000 (valor que melhor o ajustou).

As concentrações de Nitrato na represa de Nova Ponte variaram entre 273 a 13 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3).

Foi elaborado o mapa de direção de fluxo tendo por base o limite do espelho d'água

digitalizado em uma composição colorida realizada com as imagens LandSAT nas bandas 345-RBG, obtida na data próxima ao menor registro de nível da represa, onde haveria maior exposição do solo ao redor da represa (nível este monitorado pela CEMIG e correspondendo ao mês de setembro de 2000) e de dados de altitude do SRTM empregando-se o SIG ArcGis® (Figura 3)..

Em relação à seção que trata do cadastro da rede de drenagem (Quadro 2), foi realizada descrição dos bairros sem sistema de drenagem ou nos quais este se encontrava incompleto. O

documento afirma que, para alguns desses bairros, já foram elaboradas propostas para a instalação do sistema de drenagem e alguns haviam sido contemplados com recursos de programas federais.

Figura 3. Mapa de direção de fluxo do entorno da represa e Concentração de Nitrato na água.

Observando-se a figura 03, pode-se constatar que existem áreas expressivas com concentração de nitrato mais elevada, tais áreas se encontram no corpo central da represa e em maiores teores de concentração no braço do rio Santo Antônio.

Embora não sejam superiores ao estabelecido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente e pelo Ministério da Saúde que é de 10 mgL^{-1} , tal configuração demonstra a regionalização da concentração mais elevada na represa.

Pelo mapa de direção de fluxo pode-se constatar as áreas onde, em casos de ocorrência de precipitações que levem ao escoamento superficial, direcionariam os fluxos para estes locais, caso estes não sejam interceptados pela vegetação, assim é possível analisar se determinada área de agricultura ou pastagem poderia contribuir para o aporte de Nitrato.

Este mapa também foi empregado para a definição da área de influencia direta na represa, subsidiando a decisão da distancia que se adotaria para a elaboração do mapa de uso do solo no entorno

da represa, visto que a bacia hidrográfica onde se encontra o reservatório é muito extensa (representando mais de 70% da bacia PN2 do IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas) e não se dispunha de recurso financeiro suficiente para executar o levantamento integral desta.

Assim, por meio de uma análise visual deste mapa a equipe executora deste trabalho, definiu o limite de 2 km ao redor do espelho d'água da represa para a elaboração do mapa de uso e ocupação.

Por meio da digitalização em tela e classificação por similaridade foi elaborado o mapa de Uso e Ocupação do entorno da represa de Nova Ponte. Assim, foi digitalizada uma faixa de 2Km ao redor desta e identificadas sete grandes classes, que posteriormente foram estratificadas em dezessete classes, identificando cada cultura presente na área de estudo no segundo semestre de 2007.

As concentrações interpoladas foram sobrepostas ao mapa de Uso e Cobertura detalhado, do entorno da Represa (Figura 4).

Figura 4. Mapa de Uso e Ocupação do entorno da represa e Concentração de Nitrato na água.

Foi quantificado cada uso levantado no entorno da represa por sub-bacia, de acordo com o mapa de uso do solo. Neste trabalho optou-se por quantificar os usos apenas dos principais braços da represa,

identificados pela equipe do projeto como possíveis candidatos à implantação de tanques-rede para a criação de tilápias, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Quantificação do uso no entorno dos braços.

Sub-bacia	Área de cada classe de uso do solo (km²)											
	Pastagem		Reflores- tamento	Veg. Nativa	Agricultura							Solo expos- to
	Braquiári a	Capim	Eucalipto s	Floresta	Sorgo	Café	Soja	Cana	Milho	Pousio	Feijão	Solo exposto
Rio Sto ntonio	12,0	0,3		7,3	0,2	1,8	10,1		0,2	0,7		1,0
Rio Pirapetinga	2,8	11,2		5,3		1,9	4,5		3,7		0,0 1	
Rio Galheiros	9,1	25,4	0,7	11,6	-	1,8	14,6		8,2	-		4,2
Ribeirão Sta Juliana	6,0	3,1		11,1			10,5	2,8	1,4		0,4	
Rio Perdizes	4,3	25,3		15,4	-	-	0,5		0,8			0,1

Diante da espacialização da área ocupada pela agricultura e pela pastagem, e analisando isoladamente o mapa de uso e ocupação do solo, pode-se perceber que mesmo em regiões onde há uma intensa ocupação por estes usos, como no rio Galheiros (aproximadamente 25 Km² ocupados pela agricultura), há uma baixa concentração de nitrato.

A sub-bacia do ribeirão Santa Juliana, com aproximadamente 15 Km² ocupados pela agricultura também apresenta baixas concentração de nitrato.

A sub-bacia rio Santo Antonio, com a terceira maior ocupação por agricultura (aproximadamente 13 Km²) foi o que apresentou maiores concentração de nitrato. Nesta região além da ocupação de áreas por lavouras de soja e pastagens também há presença de áreas com o cultivo de café, não presente nas discutidas anteriormente e que a princípio poderia levar a uma interpretação de que este cultivo fosse o principal responsável por estes teores de Nitrato.

Porém, a área ocupada por este cultivo no entorno dos rios Pirapetinga e Galheiros é muito próxima à área encontrada na bacia do rio Santo Antonio, 1,87 e 1,77 respectivamente, assim caso fosse este cultivo responsável pelo aporte mais acentuado de Nitrato, nos três rios a concentração tenderia a ser semelhantes, o que não ocorre.

Outro cultivo presente no entorno da represa e que se destaca pela produção em larga escala é o cultivo de soja. Para este cultivo também é possível visualizar dois cenários: o primeiro a ser analisado é o encontrado na sub-bacia do rio Santo Antônio que apresenta uma expressiva área com este cultivo (aproximadamente 10 Km²) e também as maiores concentrações de Nitrato na represa. Porém contrapondo-se a este cenário temos as sub-bacias do rio Galheiros com uma área plantada superior (aproximadamente 15 Km²) mas que apresenta concentrações de Nitrato bem inferiores, assim como ocorre com a sub-bacia do ribeirão Santa Juliana com área plantada semelhante à da sub-bacia do rio Santo Antonio, mas que também apresenta concentrações de Nitrato bem inferiores.

Assim conclui-se que o cultivo de soja não seria o principal fator a contribuir para a elevação da concentração de Nitrato na represa de Nova Ponte.

O cultivo de milho entorno da represa também não se mostra como um fator determinante na concentração de Nitrato na represa, visto que a sub-bacia que apresentou a maior área cultivada (sub-bacia do rio Galheiros com uma área aproximada de 8 Km²) também não apresentou os maiores teores de concentração deste parâmetro.

Em relação às áreas de pastagem, também conclui-se que este não é o principal fator determinante na concentração de Nitrato na represa visto que embora tenhamos a sub-bacia do Rio Santo Antonio com a maior área plantada (12 Km²) e as maiores concentrações de Nitrato, também temos a sub-bacia do rio Galheiros com uma expressiva área ocupada por braquiária (aproximadamente 9 Km²) mas que apresenta reduzidas concentrações de Nitrato.

Embora não tenha sido quantificado os usos da sub-bacia do rio Araguari, apenas com a análise visual do mapa de uso e ocupação do solo é possível perceber que esta também apresenta grande área ocupadas por braquiária e também apresenta reduzidas concentrações de Nitrato.

Outro fator avaliado foi a distribuição espacial das classes de solo no entorno da represa. Para este fator foram digitalizadas as classes de solos constantes no levantamento pedológico da região do Alto Paranaíba realizado pela EMBRAPA, empregando-se o novo sistema de classificação de solos, visto que se dispunha apenas da versão analógica deste, e sobreposto o mapa contendo a espacialização do Nitrato na represa de Nova Ponte, conforme apresentado na Figura 5.

As classes de solo em si não são as responsáveis pelo aporte de Nitrato, mas a suscetibilidade destas à infiltração e à erosão são determinantes no processo de carreamento deste parâmetro, seja por lixiviação ou por erosão hídrica, como afirmado por Bhumbla (2009).

Figura 5. Mapa de solos e Concentração de Nitrato na água.

Assim a conjugação da existência de manejos que empreguem insumos nitrogenados em locais com a presença de solos mais permeáveis e erodíveis, governados por uma configuração de relevo que direcione o fluxo para a represa e também governado pela precipitação, tenderia a intensificar o aporte de Nitrato para a represa.

As áreas ocupadas por agricultura e pastagem se encontram em regiões de Latossolo. Esta classe de solo apresenta o maior grau de intemperismo e maior permeabilidade, sendo os de menores erodibilidade, quando comparados com os Cambissolos.

Correa et al. (2006) e Phillips e Burton (2005) mostraram que, em elevadas dotações de água, a taxa de lixiviação dos íons de Nitrato é maior em solos arenosos. Por serem, geralmente, mais pobres de matéria orgânica, esses solos possuem baixa capacidade para reter o nitrato, que, livre em solução, ficará sujeito à lixiviação para as camadas mais profundas.

Assim, é de se esperar que o carreamento também seja maior em regiões de Latossolo e que houvesse a presença de áreas com agricultura e/ou pastagens, o que justificaria a maior concentração no

braço da represa contido na sub-bacia do rio Santo Antônio.

Contudo a sub-bacia que apresenta a maior área ocupada por agricultura (somando uma área de aproximadamente 25 Km²) e também a maior área ocupada por pastagens (aproximadamente 35 Km²) é a sub-bacia do rio Galheiros que apresenta uma espacialização das classes de solos muito semelhante à da sub-bacia do rio Santo Antônio, como pode ser observado na figura 5. O que tende a confirmar que o aumento na concentração de Nitrato na represa de Nova Ponte não estaria vinculado somente à agropecuária local.

Assim, a concentração de Nitrato na represa não depende apenas da agricultura e das classes de solo ao redor desta, mas também pode ser decorrente do lançamento de esgoto bruto a montante do local analisado, como afirma Von Sperling (2005), sendo este fator o próximo a ser analisado neste trabalho.

Assim, também foram levantadas as cidades a montante destas bacias que poderiam contribuir com o aporte de esgoto bruto para a represa, e espacializado juntamente com a concentração de Nitrato (Figura 6).

Figura 6. Localização das cidades e a Concentração de Nitrato na água.

Foram medidas a distancia que estas se apresentavam á borda do mapa de uso do solo, tendo como referencia o curso do rio, visto que seria este o meio que transportaria o esgoto.

Também foi levantada, junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a população

urbana destas cidades. Visto que tais cidades não dispunham de um sistema de tratamento de esgoto até a data do levantamento na represa, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. População e distância das cidades no entorno da represa.

Sub Bacia	Cidade	População urbana (hab.)	Distancia (km)	Concentração media de nitrato no braço (µg/L)
Rio Santo Antonio	Patrocínio	72.758*	14	273
Rio Pirapetinga	Não há	-	-	101
Rio Galheiros	Não há	-	-	83
Santa Juliana	Santa Juliana	9.795*	9	155
Rio Perdizes	Perdizes	9.935*	12	180

*Fonte: Censo demográfico 2010 – IBGE

Observando-se a população das cidades a montante de cada bacia, pode-se perceber que o braço da represa que apresentou maiores

concentrações de Nitrato (sub-bacia do rio Santo Antonio), também conta com a descarga de esgoto

da maior cidade levantada no entorno da represa (Patrocínio).

Comparando-se as concentrações de Nitrato dos braços da sub-bacia do ribeirão Santa Juliana e da sub-bacia do rio Perdizes, ambos apresentam concentrações bem próximas (155 e 180 $\mu\text{g/L}$), bem como apresentam populações de magnitude muito semelhante.

Analisando o mapa de uso e ocupação nestas duas regiões (figura 4, apresentada anteriormente) percebe-se que a sub-bacia do ribeirão Santa Juliana apresenta uma diversidade maior de usos agrícolas o que poderia contribuir para um maior aporte de Nitrato para este braço. O aporte destes usos seriam ainda mais intensificados quando analisamos também o mapa de solos, visto que a Sub-bacia do ribeirão Santa Juliana se encontra em uma região de predomínio de Latossolos e a sub-bacia do rio Perdizes se encontra em uma região de predomínio de Cambissolos.

Logo os cenários de uso e ocupação e classes de solos predizem uma maior contribuição de Nitrato para a sub-bacia do ribeirão Santa Juliana, porém a maior concentração encontrada se localiza na sub-bacia do rio Perdizes, que possui a cidade de Perdizes a montante com maior população.

Assim, tende-se a considerar a possibilidade do aporte de tais concentrações de Nitrato ser advindas do esgoto urbano, visto que as maiores concentrações também foram encontradas em regiões relativamente próximas às maiores cidades da bacia da represa.

Conclusão

A espacialização das concentrações de Nitrato na represa demonstrou claramente que havia regiões com maiores concentrações (no corpo central da represa e em maiores teores de concentração no braço do rio Santo Antônio), permitindo uma visualização clara, sem subjetividade o que permitiu a análise sobre as possíveis fontes de aporte.

Em relação ao possível aporte de Nitrato pelos usos e ocupações do solo no entorno da represa, pode-se concluir que o mapa de direção de fluxo foi de fundamental importância, pois sem este não seria possível afirmar se o escoamento se estabeleceria realmente em direção à represa, demonstrando a importância deste em estudos relacionados à dinâmica hídrica.

Esperava-se que o carreamento de Nitrato na represa fosse maior em regiões de Latossolo com a presença de áreas com agricultura e/ou pastagens, devido às propriedades destes solos, porém não foi o observado indicando que o aumento na concentração de Nitrato na represa de Nova Ponte não estaria vinculado somente à agropecuária local.

Mediante a revisão bibliográfica realizada para este trabalho e das literaturas consultadas esperava-se uma alta correlação dos maiores teores de Nitrato com a agricultura, que é expressiva no entorno da represa, contudo não foi o que se concluiu com este estudo, sendo as evidências direcionadas para a maior contribuição por aporte de esgoto das cidades no entorno da represa (Patrocínio e Perdizes). Tal fato não descarta, contudo, que a agricultura possa ter interferido também.

Agradecimentos

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro no desenvolvimento do projeto “Delimitação de Parques Aquícolas e Dimensionamento da Capacidade de Suporte na represa de Nova ponte - Minas Gerais” ao qual este trabalho está vinculado.

À FAPEMIG pela bolsa de incentivo à pesquisa.

À EPAMIG pelo gerenciamento e apoio logístico e estrutural para o desenvolvimento do projeto.

Referências

- Baird, C., Cann, M., 2011. Química Ambiental, 4 ed. Bookman, Porto Alegre.
- Barreto, D., 2008. Perfil do consumo da água residencial e usos finais da água. Ambiente Construído 8, 23-40.
- Beck, M. B., 2005. Vulnerability of Water Quality in Intensively Developing Urban Watersheds. Environmental Modelling & Software 20, 381-400.
- Bhumbla, D. K., 2009. Agriculture practices and nitrate pollution of water. Disponível: <http://www.caf.wvu.edu/~forage/nitratepollution/nitrate.htm>. Acesso: 14 jul. 2009.
- Bonnet, B. R. P., Ferreira, L. G., Lobo, F. C., 2008. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. Revista Árvore 32, 311-322.
- Brandão, V. S., Pruski, F. F., 2003. Infiltração da água no solo, 2 ed. Editora da UFV, Viçosa.
- Cano, R. J. B., Garcia, G. M. C., Fernandez, M. M. F., Cuesta, V. N., 2009. Asesoramiento técnico en cultivos hortícolas bajo abrigo: Gestión de la fertilización nitrogenada y el riego. Riegos y drenajes [Online] 21. Disponível: <http://www.fiapa.es/Esp/Principal.htm>. Acesso: 24 fev. 2010.
- CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais, 2007. Recursos Hídricos. Disponível: <http://www.cemig.com.br/>. Acesso: 19 out. 2007

- Correa, R. S., White, R. E., Weatherley, A. J., 2006. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. *Water Resources* 33, 453- 462.
- Davis, D. M., Gowda, P. H.; Mulla, D. J., Randall, G.W., 2000. Modeling nitrate-nitrogen leaching in response to nitrogen fertilizer rate and tile depth or spacing for southern Minnesota, USA. *Journal Environmental Quality* 29, 1568-1581.
- Feng Z. Z., Wang, X. K., Feng, Z. W., 2005. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. *Agricultural Water Management* 71, 131-143.
- Galaviz-Villa, I., Sánchez, C. L., Cháñez, M. D. R. C., Dávila, J. P. M., Vázquez, A. P., Gavrilov, I. N., Reynoso, R. L., 2010. Agricultural Contamination of Subterranean Water with Nitrates and Nitrites: An Environmental and Public Health Problem. *Journal of Agricultural Science* 2, 17-30.
- Goulart, M. D. C., Callisto, M., 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM* 1, 1-9.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatísticas, 2010. Censo Demográfico 2010. Disponível: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso: 25 jun. 2011.
- Jadoski, S.O.; Saito, L.R.; Prado, C.; Lopes, E.C.; Sales, L.L.S.R. 2010. Characteristics of the Nitrate leaching in intensive farming areas. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* 3, 193-200.
- Moraes, D. S. L., Jordão, B. Q., 2002. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista Saúde Pública* 36, 370-374.
- Naime, R., Fagundes, R. S., 2005. Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão – Portão, RS. *Pesquisas em Geociências* 32, 27-35.
- Pellizzaro, P. C., Hardt, L.P.A., Bollmann, H. A., Hardt, C., 2008. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná. *Cadernos Metrópoles* 19, 221-243.
- Phillips, I., Burton, E., 2005. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podsol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73, 1-14.
- Resende, A. V., 2002. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. Embrapa Cerrados, Planaltina.
- Von Sperling, M., 2005. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 3ed. Editora da UFMG, Belo Horizonte.