



Avaliação da gestão dos recursos hídricos do Estado do Pará: uma proposta metodológica à outorga de diluição de lançamento de efluentes – Estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Paracuri em Belém do Pará

Helden Vasconcelos Martins¹, Eduardo Ribeiro Marinho², Ivan Carlos da Costa Barbosa³, Lucas Jully Miranda Modesto⁴, Silvana do Socorro Veloso Sodré⁵

¹Engenheiro Ambiental de Energia Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, e-mail: heldem_vascon@hotmail.com. ²Mestre em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, e-mail: educnquimica2011@hotmail.com. ³Mestre em Química, Universidade Federal do Pará, e-mail: ivan.barbosa@ufpa.edu.br. ⁴Acadêmico do curso de graduação Bacharelado em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, e-mail: eng.florlucas@gmail.com. ⁵Doutora em Geoquímica Ambiental, Universidade Federal do Pará, e-mail: silvana.veloso@ufpa.edu.br.

Artigo recebido em 18/12/2019 e aceito em 24/03/2020

RESUMO

O desafio para gestão dos recursos hídricos em meio ao crescimento populacional e industrial é encontrado tanto em regiões em estresse hídrico, quanto em regiões com ampla disponibilidade hídrica como por exemplo, a região amazônica. Com isso, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a gestão dos recursos hídricos do Estado do Pará, apresentando uma proposta metodológica para análise de processos, no qual solicitam outorga para diluição de lançamento de efluentes, utilizando como estudo de caso a bacia do Paracuri, localizado em Icoaraci, Belém-Pará. Para tanto, a caracterização da atual situação da gestão dos recursos hídricos foi realizada a partir de aplicação de questionários aos gestores da SEMAS/PA, responsáveis pela formulação e execução das resoluções e leis referentes aos recursos hídricos.

Palavras-chave: recursos hídricos, bacia hidrográfica, epidemiologia ambiental.

Evaluation of the management of water resources in the state of Pará: a methodological proposal for analysis of dilution of effluent release - Case study of the hydrographic basin of the Paracuri river in Belém do Pará

ABSTRACT

The challenge for the management of water resources between of population and industrial growth is found both in regions under water stress and in regions with wide water availability, such as the Amazon region. Therefore, the general objective of this work was to evaluate the management of the water resources of the State of Pará presenting a methodological proposal for process analysis in which they request granting for dilution of effluent releases using as a case study the Paracuri basin located in Icoaraci, Belém-Pará. Thus, the characterization of the current situation of water resources management was carried out through the application of questionnaires to the managers of SEMAS/PA responsible for the formulation and execution of resolutions and laws related to water resources.

Key words: water resources, hydrographic basin, environmental epidemiology.

Introdução

A partir do processo de urbanização e industrialização ocorrem pressões sobre os diversos recursos naturais, principalmente, os recursos hídricos. Esses recursos são utilizados em grande escala para atender as necessidades que envolvem o uso industrial e o humano. Dessa maneira, um dos principais agravantes que envolvem esse processo de escassez é a poluição, comumente ocasionada pela grande carga poluída nos corpos hídricos sem o tratamento adequado, e a crescente demanda populacional, a qual acaba

desperdiçando grandes quantidades através de diversas atividades (Rossi et al., 2018).

Nesse sentido, o atual desafio para gestão dos recursos hídricos em meio ao crescimento populacional e industrial é visto tanto em regiões que apresentam estresse hídrico, quanto em regiões com ampla disponibilidade hídrica, como por exemplo, a região amazônica, que carece de sistemas de tratamento bem como de distribuição de água potável para população (Corrêa et al., 2014).

Nos Estados da região norte do país poucos são os que implementaram, a partir de suas políticas estaduais de recursos hídricos, os instrumentos preconizados pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) em sua totalidade. Dessa forma, são geralmente implementados apenas a outorga de direito de uso da água onde a regularização esbarra na grande burocracia, a cobrança que se torna inviável a regularização e o sistema de informações sobre recursos hídricos que definem como insuficiente. O Estado do Pará, apesar dos vários problemas ambientais que apresentam como consequência a degradação dos recursos hídricos (Morais et al., 2018).

No Pará, os recursos hídricos foram regulamentados pela Lei Estadual nº 6.381 de 25 de julho de 2001, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e regulamenta a gestão do uso da água utilizando os instrumentos de planejamento e gestão tais como os da Lei Federal nº 9.433 de 1997. Contudo, na legislação estadual é acrescentado o instrumento de capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental com o objetivo de assegurar e criar condições para aprimoramento do conhecimento técnico e científico sobre a gestão dos recursos hídricos conforme descrito no Art. 33º, seção VII, Lei Estadual nº 6.381/01 (Pará, 2009).

Outro fator agravante para a atual problemática a respeito dos recursos hídricos são as formas de ocupações do solo, as quais trazem reflexos tanto no meio ambiente físico e na saúde da população, uma vez que o processo de urbanização tem como principal problema a alteração na bacia hidrográfica, a qual causa como consequências como, por exemplo, a impermeabilização da superfície do solo, que somados as inundações naturais dos ambientes de várzea, ocasionam picos de vazões. Neste cenário, a qualidade da água é diminuída pelo excesso da carga orgânica carreada pelo escoamento superficial, agravado pela falta de redes de esgoto, da coleta de resíduos sólidos ineficientes e pelo comportamento indisciplinado da população, bem como da contribuição de lançamentos de efluentes da indústria (Pinheiro et al., 2019).

Neste sentido, a presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar a gestão dos recursos hídricos do Estado do Pará, apresentando uma proposta metodológica para análise de processos, no qual solicitam outorga para diluição de lançamento de efluentes, utilizando como estudo de caso a bacia do Paracuri, localizado no bairro de Icoaraci, Belém-Pará. Para tanto, realizou-se a delimitação da bacia do Paracuri onde foram plotados os pontos de lançamento de efluentes regularizados no órgão ambiental competente no Estado.

Material e métodos

Dados

Para avaliar a gestão dos recursos hídricos, foi feito mediante a aplicação de questionários, a fim de conhecer quais dos sete instrumentos de gestão são considerados implementados, quais são os aspectos legais que regulamentam o instrumento e os principais entraves para o avanço. Os questionários foram aplicados nas gerências de outorga; de capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental; do sistema de informações sobre recursos hídricos; de plano e enquadramento; de cadastro e cobrança, e as coordenadorias de regulação e de planejamento, informação e apoio a gestão.

As informações de relevo utilizadas no trabalho foram adquiridas através do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS). Para área, utilizou-se o MDE disponível pela plataforma Earth Explore. No processo de delimitação o ArcMap é amplamente utilizado. Para tanto é necessário a instalação da extensão ArcHydro, onde a ferramenta hidrology realiza a delimitação através de vários processos que podem ser divididos em quatro importantes etapas, sendo: Fill Sink (preenchimento das depressões); Flow Direction (direção do fluxo); FlowAccumulation (fluxo acumulado) e Watershed (delimitação de bacias) (Siqueira et al., 2016).

Parâmetro	Equação
Coefficiente de Compacidade	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ Kc= Coeficiente de compacidade; P = Perímetro (m); A = Área de Drenagem (m ²)
Índice de Circularidade	$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2}$ Ic = Índice de circularidade; P = Perímetro (m); A = área da drenagem;
Fator de Forma	$F = \frac{A}{Lb^2}$ F = Fator de forma; A = área da drenagem; Lb = Comprimento do rio principal da bacia.

Tabela 1 - Resumo das equações aplicadas na bacia hidrográfica.

As variáveis morfométricas verificadas da bacia hidrográfica do Paracari foram às necessárias para aplicação do coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator de forma, que deram subsídios para reconhecer a propensão natural a enchentes na bacia, resumidamente organizados na tabela 1.

A análise técnica de processos de outorga para diluição de lançamentos de efluentes no Estado do Pará seguem critérios regulamentados por resoluções e instruções normativas. Bem como o cálculo de autodepuração dos corpos hídricos, evidenciando a necessidade desta metodologia para monitoramento e critério de deferimento dos pedidos de outorga (Von-Sperling, 2014).

A partir das coordenadas geográficas do ponto de lançamento, define-se a dominial idade do corpo receptor, as unidades de conservação, a confecção de mapas onde são plotados os dados das estações fluviométrica e pluviométricas da Agência Nacional das Águas (ANA) a delimitação da área de drenagem do ponto, bem como as outorgas emitidas para lançamento de efluentes e captação superficial, incluindo as dispensas de outorga naquela área. As estações fornecem as vazões de

permanência $Q(90)$ e a área de drenagem da estação.

A figura 1 representa as estações fluviométricas da ANA, ressaltando a estação denominada Porto de Minas que dista cerca de 30 quilômetros do município de Belém. Esta estação fornece a área de drenagem igual a 65 km² e vazão de permanência, $Q90$, igual a 1,03 m³/s.

É verificado o somatório das vazões já outorgadas, a fim de saber quanto dos 50% da vazão de referência $Q(90)$ da bacia estão disponíveis. O deferimento da solicitação para o lançamento de efluente ocorrerá se a vazão outorgável ($Q5\%$) for maior ou igual à vazão necessária para diluição do parâmetro DBO do lançamento.

Através da modelagem do OD por Streeter-Phelps é possível identificar as zonas de autodepuração de determinado corpo hídrico, dando subsídios à gestão, ao que concerne a emissão de títulos para lançamento de efluentes em corpos hídricos nas zonas de degradação, decomposição ativa e recuperação (Von-Sperling, 2014).

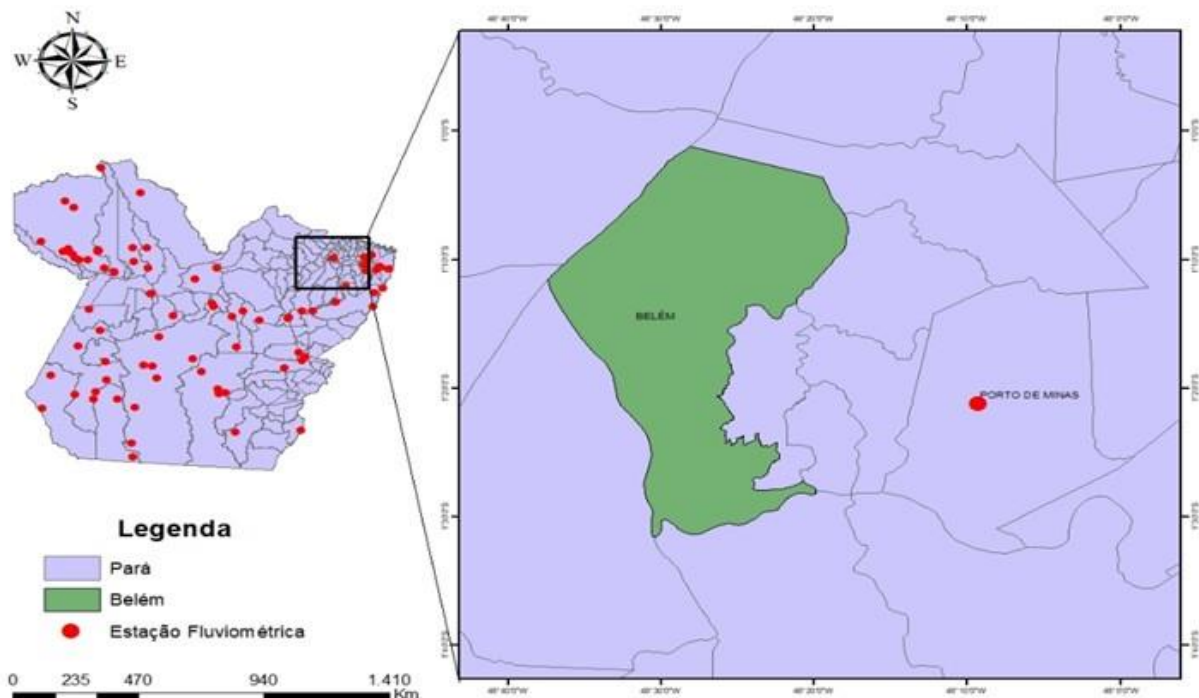


Figura 1 - Mapa de localização das estações fluviométricas da Agência Nacional de Água-ANA, 2018.

O método de epidemiologia ambiental aplicado caracteriza-se como ecológico, uma vez que a unidade de estudo se trata da população de Belém e observacional, pois o investigador está relacionado com a pesquisa de forma indireta, não

influenciando nos resultados da pesquisa. Contudo, é classificada enquanto ao propósito do estudo como analítico, tendo em vista que foram aplicados cálculos estatísticos, a fim de conhecer os números de óbitos relacionados ao saneamento ambiental.

O tipo de desenho de estudo aplicado fora o ecológico ou de correlação, uma vez que foram utilizados dados secundários da plataforma do DATASUS, bem como do SNIS, e as variáveis passaram por cálculos estatísticos baseados nos estudos de Silva (2016), referente à fração de impacto, que estima o número de óbitos atribuídos a falta de saneamento, nos dando subsídios para levantamento de hipóteses e tomadas de decisões acerca da necessidade do saneamento em áreas sem ordenamento territorial como as encontradas na bacia do Paracuri.

Resultados e discussão

Situação atual da gestão dos recursos hídricos do Estado do Pará

Após aplicação dos questionários, verificou-se que no Estado do Pará dos sete instrumentos de planejamento e gestão dos recursos hídricos apenas três foram considerados implementados, sendo estes a outorga pelo uso dos recursos hídrico, a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental e o sistema de informações sobre os recursos hídricos. O instrumento de outorga de direito de uso é considerado regulamentado no Estado tendo embasamento legal preceituado nas resoluções do conselho estadual de recursos hídricos nº 003/2008, 008/2008, 009/2009, alteração da 009/2009, 10/2009, bem como instrução normativa nº 003/2014.

Os benefícios desde a implementação do instrumento no estado foram relacionados a resoluções que dão subsídio a melhorias do planejamento a gestão dos recursos hídricos. O principal avanço do instrumento no estado foi consolidação de um planejamento anual, que possibilita a realização de capacitações na área de recursos hídricos, a exemplo da realização do Seminário Estadual de Águas e Florestas. Assim como, a realização das capacitações que se torna fundamental na divulgação da Política Estadual de Recursos Hídricos para que a sociedade compreenda e possa exercer uma gestão participativa e sustentável dos recursos hídricos.

Contudo, a secretaria carece de recursos para fiscalização, da mesma forma que para adoção de um sistema de suporte a integralização da política ambiental de uso e parcelamento de solo com a política dos recursos hídricos, considerados entraves para o avanço do instrumento. As problemáticas encontradas para o avanço foram à existência de uma equipe técnica reduzida, somada também, ao pouco investimento financeiro que dificulta a qualificação técnica dos servidores, somada ao aparato tecnológico, e o alcance aos públicos a serem orientados.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos está regulamentado no estado através da Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº12/2010. Contudo, a maior parte do instrumento ainda está em desenvolvimento. Havendo ainda assim, uma necessidade de serviço técnico especializado para a realização de estudos de grande complexidade, visando ao atendimento de necessidades específicas, exigindo com isso um aporte significativo de recursos para custear o desenvolvimento e a implantação do sistema. A complexidade e o custo não permitiram que o instrumento fosse implantado antes.

Sobre os instrumentos considerados não implementados foram apontados à compensação aos municípios e a cobrança pelo uso da água. O primeiro não tem embasamento federal, uma vez que fora vetado pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Assim, a sua implementação no estado encontra dificuldades que o tornam inviável e sem prazo para sua implementação.

A cobrança pelo uso da água e o instrumento de compensação aos municípios, não tem prazo para sua implementação, tem como principal entrave à falta de instrumentos tais como o plano de recursos hídricos, que dará posteriormente subsídio à cobrança. Ressalta-se que a cobrança realizada atualmente, refere-se às taxas pelo uso dos recursos hídricos (TFRH), que não tem os mesmos objetivos preceituados na Lei Estadual nº6.381/2001, que buscam aplicar os recursos arrecadados nos problemas ambientais na bacia hidrográfica.

Os instrumentos de gestão que são considerados em planejamento referem-se ao enquadramento dos corpos hídricos segundo seus usos preponderantes e o plano estadual de recursos hídricos.

O enquadramento foi considerado em planejamento sendo o atraso na elaboração do plano estadual de recursos hídricos um entrave para implementação do instrumento no estado. Ressalta-se que é previsto a implementação em um período de cinco anos, uma vez que os estudos do plano se iniciaram. Na gerencia de planos e enquadramentos existem o Projeto de Estímulo à Proteção de Corpos D'água que tem como objetivo estimular a proteção de corpos d'água no Estado do Pará através da implantação do instrumento de enquadramento, incentivando os municípios a protagonizar esta implantação, considerando prioritariamente mananciais de abastecimento público.

O plano estadual de recursos hídricos tem a previsão para o início dos estudos que darão subsídio à elaboração em 2018. O horizonte de planejamento do Plano é de 20 anos. Falta de recursos para a elaboração dos estudos que

subsidiarão a elaboração do PERH e problemas administrativos foram apontados como entraves para implementação do instrumento. Após a elaboração do Plano as principais problemáticas serão de execução de seus programas, projetos e ações que também dependerão de vultosos investimentos.

Características gerais da bacia hidrográfica do rio Paracuri

Ao verificar que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos não se encontram integralmente implementados no estado, buscou-se utilizar a bacia hidrográfica do Paracuri como

estudo de caso para verificar os reflexos da não implementação dos instrumentos. Para tanto, é necessário entender primeiramente como a bacia do Paracuri é caracterizada naturalmente quanto à propensão a enchentes. Fator este que expõe diretamente a população a águas com baixa qualidade.

Desta forma, é verificado que a bacia do Paracuri apresenta área igual a 17,98 Km² que representa 56% da área total de Icoaraci. As características principais da bacia supracitada, que deram subsídio para avaliação dos parâmetros morfométricos, estão resumidas na tabela 2.

Bacia do Paracuri	
Área	17,98 Km ²
Perímetro	33 Km
Comprimento do Rio Principal	6.152 Km
Comprimento Total da Drenagem	10,3 Km
Comprimento Axial	5,2 Km
Forma da Bacia	Alongada

Tabela 2 - Características da Bacia do Paracuri, 2018.

A caracterização dos parâmetros físicos naturais da bacia hidrográfica é de fundamental importância para o estudo, uma vez que será possível identificar a propensão de ocorrências de

enchentes de forma natural na bacia. Para tanto se apresenta a tabela 3 com os resultados encontrados para o coeficiente de compacidade, para o índice de circularidade e o fator de forma.

Coeficiente de Compacidade	Índice de Circularidade	Fator de Forma
2,17	0,20	0,66
Baixa propensão a enchentes	Baixa propensão a enchentes	Média propensão a enchentes

Tabela 3 - Propensão a enchentes da bacia do Paracuri, a partir dos resultados do coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator de forma, 2018.

O coeficiente de compacidade relaciona a área da bacia com a área da circunferência. Desta forma, a bacia do Paracuri tem baixa propensão a enchentes. Nota-se que a bacia apresenta a forma alongada e o coeficiente de compacidade aumenta à medida que a forma da bacia se diferencia da forma de uma circunferência. O índice de circularidade relaciona a área da bacia com a área de um círculo de igual perímetro. Assim, o índice pode assumir o valor máximo de 1, onde a área do círculo é igual a área da bacia, que neste caso representaria maior propensão a enchentes.

Observou-se que a Bacia do Paracuri apresenta índice de circularidade igual a 0,20 com baixa propensão a enchentes. O fator de forma relaciona a área da bacia com o comprimento axial da mesma, reconhecendo assim a distribuição da precipitação ao longo da bacia. Conforme os resultados mostrados, a bacia hidrográfica do Paracuri apresenta uma forma alongada, o que reflete os baixos índices de compacidade e circularidade. Ao que concerne o fator de forma, o baixo comprimento axial da bacia em relação a sua área refletiu no valor médio para este índice.

forma, não foram encontrados valores que representem alta propensão a enchentes na bacia.

Contudo, ao aliar tais características morfométricas da bacia do Paracuri a forma de ocupação e uso do solo relatadas por Corrêa et al. (2014) podem-se constatar que a bacia hidrográfica naturalmente não apresenta condições a enchentes no espaço urbano em contrapartida, a ocupação desorganizada em áreas inundáveis do distrito de Icoaraci e, conseqüentemente, na bacia do Paracuri e o baixo saneamento dessas áreas são os principais responsáveis pelos problemas socioambientais, que tem como principal consequência a deterioração da qualidade da água resultando diretamente a saúde da população.

Outro parâmetro importante para análise morfométrica é a declividade, pois a mesma tem influência direta sobre a dinâmica do escoamento superficial, bem como a relação com a infiltração da precipitação. Desta forma, observam-se na figura 2, as classes de declividade, segundo a Trentin et al. (2016). As áreas planas, com declividade variando entre 0 e 3 %, representam 53,14% da área total da bacia do Paracuri, seguido pela classe suave ondulado (3% – 8%) apresentando 32,57%.

Enquanto que, as classes: ondulado, forte ondulado e montanhoso representam 12; 2,22 e 0,06%, respectivamente da área total da bacia. Portanto, conforme identificado, a bacia do Paracuri tem em sua maior porção áreas planas que favorecem a infiltração e retardam o escoamento superficial. Contudo, ressalta-se que as alterações como impermeabilização do solo, remoção da vegetação em grande escala e principalmente de áreas de preservação permanente com as matas ciliares modificam a dinâmica do escoamento superficial e infiltração.

Além disso, verificou-se que a bacia do Paracuri naturalmente não apresenta alta propensão a enchentes, ao que concerne aos três coeficientes aplicados em sua maior parte possui relevo considerado plano, favorecendo assim o processo de infiltração em detrimento ao processo de escoamento superficial.

Portanto, os problemas socioambientais identificados na bacia como a deterioração da qualidade da água podem ter como principal fator as atividades antrópicas, como as ocupações inadequadas de áreas naturalmente inundáveis, bem como descaso do poder público no que se refere ao saneamento ambiental de áreas periféricas.

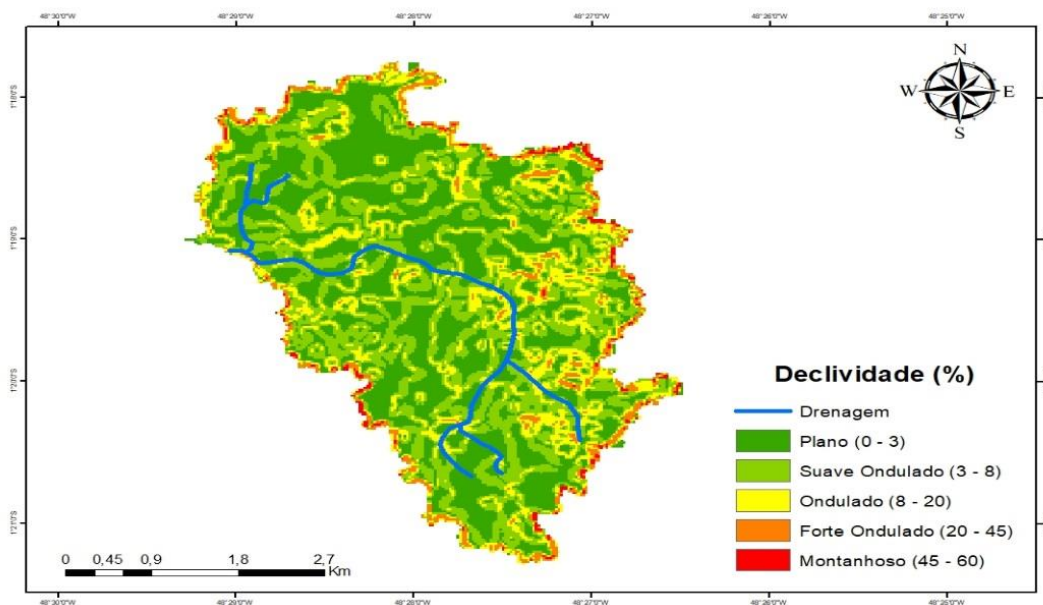


Figura 2 - Mapa de declividade da bacia do Paracuri, 2018.

Os múltiplos usos da bacia do Paracuri

Sabe-se que a qualidade e quantidade dos recursos hídricos são reflexos da interação entre o homem, o ambiente físico e as políticas de gestão. Assim, busca-se conhecer como os recursos

hídricos estão sendo geridos na bacia do Paracuri. A figura 3 apresenta os múltiplos usuários de água na bacia.

Observa-se na área estudada que não há captação superficial, ao passo que existem 37

pontos de captação subterrânea. Sendo destas 8 declarações de dispensa de outorga e 29 outorgas de direitos de uso, com diferentes profundidades, explorando água dos aquíferos denominados de Pirabas, Barreira e Pós barreiras. Foram identificados ainda 4 pontos de lançamentos de efluentes.

Na Figura 3, o ponto denominado de Ponto 1 recebe a contribuição 3 empreendimentos diferentes. E no Ponto 2 refere-se a uma outorga prévia para lançamento. As informações aqui prestadas são de domínio público e podem ser adquiridas a partir da plataforma do Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental – SIMLAM.

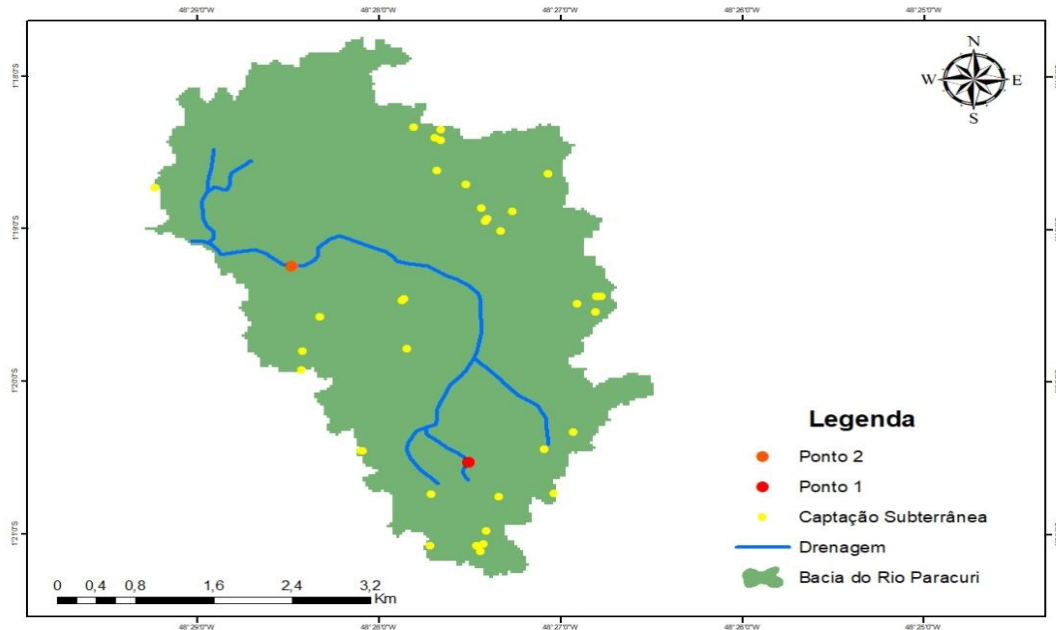


Figura 3 - Mapa de identificação dos múltiplos usuários da água na bacia do Paracuri, 2018.

Com os processos de outorga para diluição de lançamentos de efluentes identificados, coletaram-se as informações dos processos protocolados no qual estão regulamentados e

lançando no Ponto 1, para avaliar a atual condição dos recursos hídricos no trecho em questão, apresentado na tabela 4.

Parâmetro	A montante do Lançamento	A jusante do lançamento
DBO (5,20°C) (mg.L ⁻¹)	11,80	12,9
OD (mg.L ⁻¹)	0,00	0,07
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,32	0,30
Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL ⁻¹)	2400	2400

Tabela 4 - Análise da qualidade da água a montante e jusante do Ponto 1 de lançamento, conforme processo protocolado na SEMAS, 2018.

Ressalta-se que tal metodologia utilizada para análise de outorga para diluição de lançamento de efluente, considera principalmente a quantidade de água necessária para diluição de determinado parâmetro. De forma ao aumentar a área de drenagem para um novo ponto, aumentará proporcionalmente a vazão específica para este ponto possibilitando a emissão de novas outorgas.

Contudo os efeitos dos lançamentos a montante ainda estão presentes. Nos processos acima foram encaminhadas as análises químicas do corpo hídrico.

A partir da análise da solicitação de outorga para diluição de lançamento de efluentes se verificou os resultados a montante e a jusante do ponto de lançamento obtendo resultados relevantes

para o presente trabalho. Por não haver o enquadramento do corpo hídrico pelo órgão ambiental, foi considerado como rio de classe 2 segundo CONAMA 357/2005, águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, a recreação de contato primário, a irrigação de hortaliças e ao lazer.

Dessa forma, o parâmetro de DBO tanto montante quanto a jusante encontram-se em desconformidade com a CONAMA 357/2005 que estabelece o valor máximo permissível de 5 mg.L⁻¹. A desconformidade com a supracitada resolução é verificada ainda para o parâmetro de OD, apresentando alto nível de degradação com concentrações críticas a biota aquática. O valor permissível para classe 2 é o de não inferior a 5 mg.L⁻¹.

Ao que concernem os valores para o fósforo total se verificou que este apresenta concentrações em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005, uma vez que o limite para classe 2 em ambientes lênticos é de 0,030 mg.L⁻¹ e em ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários é de 0,050 mg.L⁻¹.

Para avaliação da potabilidade da água é utilizada a portaria 2.914/2011 que estabelece água potável aqueles com resultados ausentes para coliformes termotolerantes demonstrando então desconformidade para este parâmetro.

A balneabilidade foi verificada a partir da resolução CONAMA 274/2000, que determina a recreação como imprópria mediante aos valores de coliformes totais acima de 2000 NMP.100 mg.L⁻¹. Desta forma a recreação neste trecho do rio é considerada imprópria.

O estudo epidemiológico reforça a influência da baixa qualidade da água na saúde da população. Com base nos estudos de (Silva, 2016) foram caracterizados a relação das condições de saneamento ambiental do município de Belém pois são apresentados os dados constantes e completos referente ao saneamento e a saúde da população, podendo assim encontrar os dados de entrada do modelo proposto para epidemiologia ambiental tais como os óbitos ocasionados a partir de doenças por veiculação hídrica e índices de abastecimento de água e rede de esgoto no município.

O estudo epidemiológico se mostrou fundamental, uma vez que as águas da praia do Cruzeiro, em Icoaraci, são consideradas impróprias para banho, podendo realizar a interpolação das informações do município para a bacia do Paracuri. Assim são apresentados os resultados na tabela 5, onde se resume o enquadramento do município de Belém aos cenários de saneamento ambiental (Silva, 2016).

Cenários	Pi (%)	RRi	RR x %
VI (100%– 49,1%)	50,9	11,0	5,60
IV (2,3%)	2,3	8,7	0,20
Vb (49,1% -2,3%)	46,8	6,9	3,23
Total			9,03

Tabela 5 - Cenários identificados para Belém, 2018.

Após a realização do enquadramento do município encontrou-se a somatória dos riscos relativos de cada cenário pelas porcentagens dos mesmos, obtendo o valor de $RRi \cdot Pi = 9,03$. Logo, aplicando a fração de impacto aos dados da tabela, verificou-se que 89% das condições de saneamento do município explicam as mortes por gastroenterites e diarreia no ano de 2008 para o mesmo município.

Assim, segundo dados do DATASUS, no período de 2008 a 2016, correlacionando com os

dados de saneamento do município de Belém para o mesmo período e aplicando a metodologia supracitada, apresentam-se a tabela 6 com os resultados encontrados para cada ano do período em questão. Ressalta-se que os dados de saneamento, água e esgoto, referem-se apenas ao da concessionária regional do Estado denominada de Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA.

Ano de Referência	Ind. de atendimento por água	Ind. de atendimento por esgoto	Óbitos por Gastroenterites e Diarreia (indivíduos)	Fração de Impacto (Fewtrell et al., 2007)
2008	49,1	2,3	35	89,00
2009	67,16	6,3	29	88,04
2010	71,2	7,1	37	88,29
2011	59,9	6,3	43	88,45
2012	60,2	6,4	32	88,42
2013	60,2	6,6	59	88,44
2014	79,7	12,2	58	87,42
2015	86,3	12,3	34	86,98
2016	70.41	12.63	41	88.01

Tabela 6 - Fração de Impacto dos óbitos por diarreias e gastroenterites em Belém, no período de 2008 a 2016.

De acordo com a tabela 6, observa-se que para o município de Belém, o total de óbitos anuais tendo como causa as gastroenterites e diarreias, varia de 86,98% referente ao ano de 2015 que também houve maior distribuição de água e aumento da rede de coleta de esgoto, e 89% para o

ano de 2008 com os menores valores de atendimento de água e esgoto.

Assim segundo (Silva, 2016), a fração de impacto apresentada se refere a porcentagem de óbitos que podem ser atribuídas as condições de saneamento, conforme mostrada na figura 4.

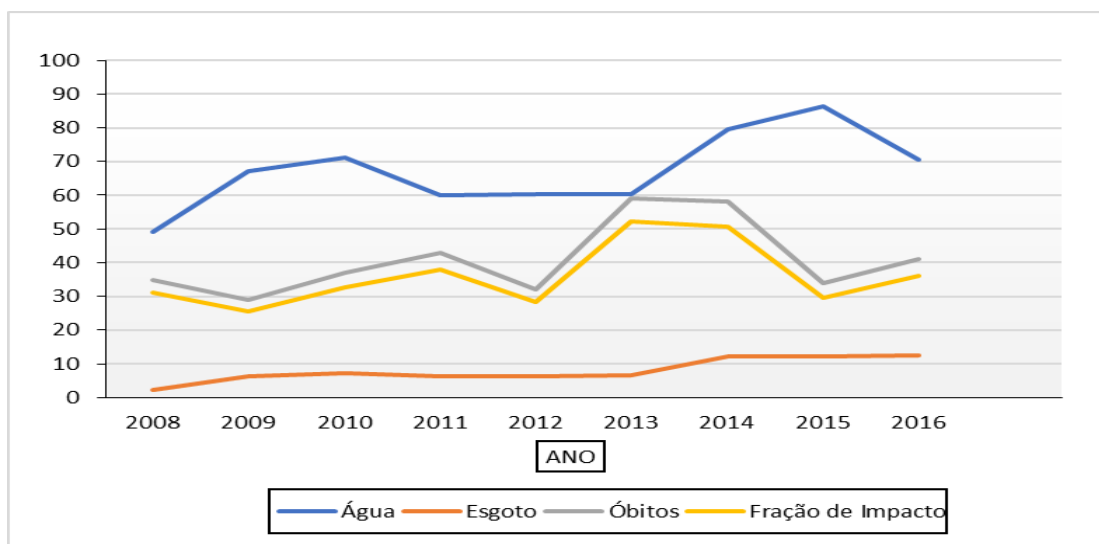


Figura 4 - Porcentagem de atendimento de água e esgoto, correlacionado à fração de impacto, para o município de Belém, a partir de dados do DATASUS, 2018.

A partir da análise da figura 4, notou-se a relação direta entre os parâmetros observados principalmente nos períodos de 2008 a 2009, bem como de 2014 a 2016, e no período de 2010 a 2013 se observou a constante nos índices de abastecimento de água e esgoto e o aumento dos óbitos e consequentemente da fração de impacto, onde é justificado pela falta de investimentos no saneamento ambiental em uma região com alta

densidade demográfica. Uma vez que houve maiores índices de atendimento de água e maior índice de atendimento de esgoto, houve também redução de óbitos por gastroenterites e diarreia. Ressaltam-se ainda os altos valores de fração de impacto, explicando em média 88,11%. Desta forma, ao aplicarmos a média de óbitos pela causa, estudada durante o período de 2008 a 2016, se observou o número de 41 mortes. Assim, 88,11%

das condições de saneamento do município poderiam ser atribuídos como causa, ou seja, 37 óbitos em média.

Portanto, as condições de saneamento ambiental, considerando o baixo índice de atendimento por rede de esgoto no município, que tem reflexo direto na bacia estudada são somadas a forma de uso e ocupação do solo na mesma. Bem como ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, que ainda não está integralmente implementado apresentando limitações para o avanço e aperfeiçoamento de técnicas, principalmente referente à outorga para diluição de lançamento de efluentes.

Outorga para diluição de lançamentos de efluentes: Proposta para regularização no Estado

É apresentada a proposta metodológica para análise de outorga de diluição de lançamento de efluente, que prioriza a qualidade do corpo hídrico, tomando maior rigor para emissão de títulos no Estado.

A proposta baseia-se nos estudos de autodepuração do corpo hídrico e na modelagem do oxigênio dissolvido de Streeter-Phelps, de tal forma que será possível conhecer a poluição natural do rio, bem como os efeitos de possíveis lançamentos a montante do ponto que se pretende a outorga. Os dados apresentados pelos empreendimentos, bem como as informações da

área de drenagem e vazão de referência são utilizados como dados de entrada da planilha eletrônica que realiza de forma automática a modelagem para a depleção do oxigênio dissolvido e o cálculo de autodepuração do corpo hídrico, utilizando os coeficientes adquiridos em bibliografias.

Após realização do cálculo para vazão de diluição, verificou-se que há disponibilidade hídrica para diluição dos três pontos outorgados. Contudo, aplicou-se o cálculo de autodepuração para determinar o perfil de oxigênio dissolvido no trecho dos lançamentos no Ponto 1, levando em consideração as somas das vazões lançadas, bem como as características físico-químicas do efluente e do corpo hídrico para comparação dos resultados das duas metodologias.

A figura 5 mostra a dinâmica do OD no trecho referente ao lançamento de efluentes do Ponto 1 ao que concerne a concentração de DBO deste efluente. A alta concentração de DBO pode ser associada à alta quantidade de matéria orgânica do efluente e consequente aumento de comunidade de bactérias que por sua vez consomem oxigênio, diminuindo gradativamente o OD do corpo hídrico. Assim, a figura 5 evidencia a baixa qualidade do rio em questão até o ponto de mistura no rio principal.

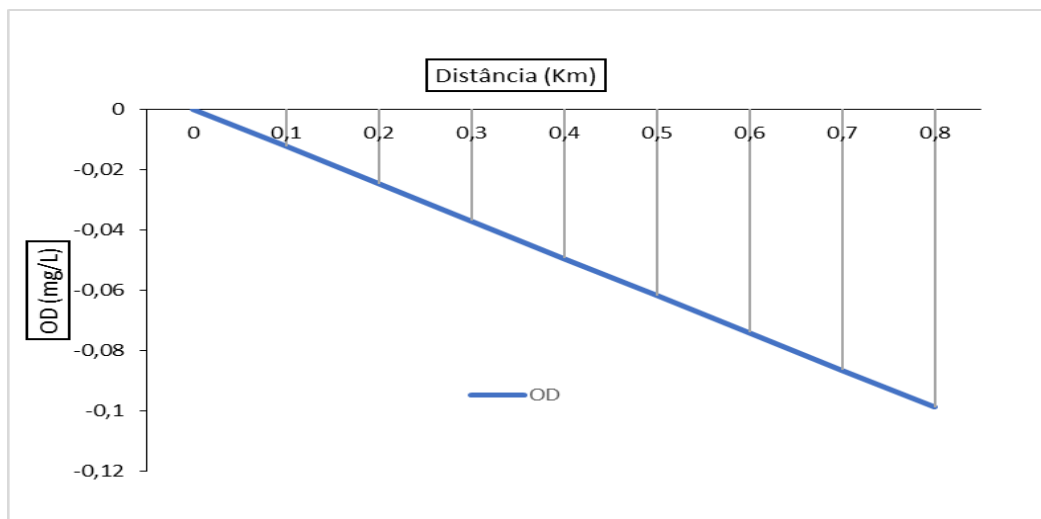


Figura 5- Oxigênio dissolvido no trecho da bacia do Paracuri, influenciado pelo lançamento do Ponto1, 2018.

Verifica-se que mesmo após percorridos cerca de 1,0 quilometro, referente ao tamanho total do trecho, o OD continua no processo de depleção. Contudo, a vazão do rio principal no ponto de mistura estando este em condições naturais contribui para que o OD se eleve. No trecho, conforme figura 5, o OD ainda não atingiu seu ponto crítico (-1,90) até a distância de 0,8 Km, estando desta forma na zona de degradação,

considerado o primeiro estágio da sucessão ecológica do rio.

Este cenário pode ser prevenido se em cada processo de lançamento de efluentes em corpos hídricos houvesse o monitoramento do perfil de oxigênio dissolvido à jusante, de modo que se conheçam as zonas de autodepuração do trecho em que ocorre o lançamento, não se permitindo a emissão de títulos na zona de degradação à zona de

recuperação, conforme ilustrado na figura 6, referente ao exemplo utilizado para lançamentos múltiplos na bacia hidrográfica.

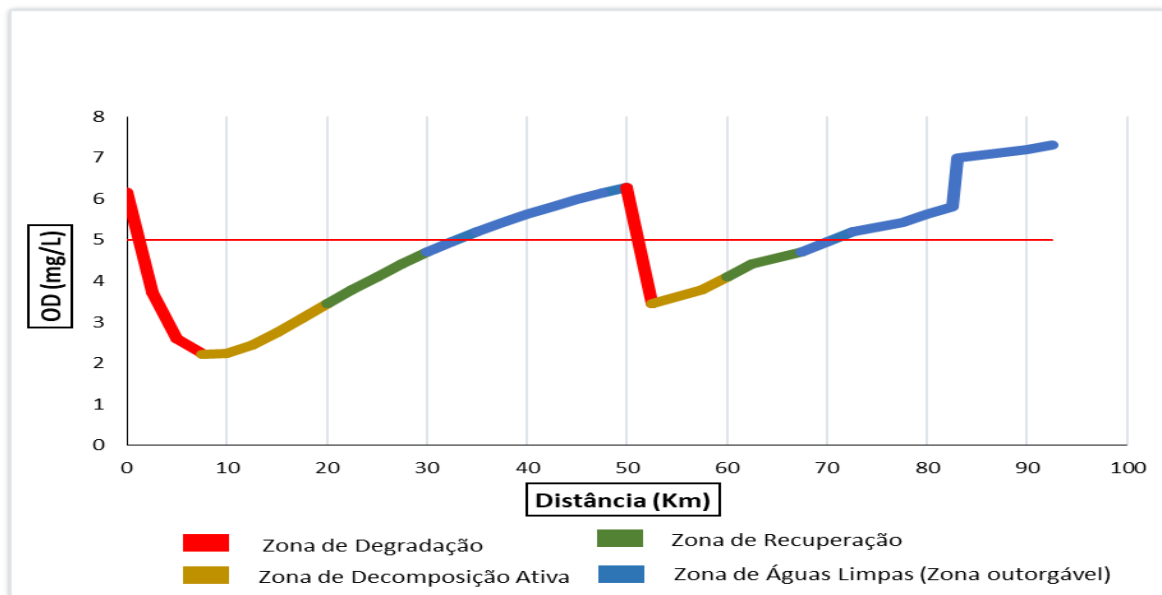


Figura 6 - Zonas de autodepuração e Zona Outorgável, conforme proposta, 2018.

Visto que a qualidade do corpo hídrico se encontra deteriorada, do ponto de lançamento até a confluência com o rio principal, as atividades para recreação, bem como captação superficial para as variadas finalidades podem apresentar risco a saúde humana. Os lançamentos de efluentes devem ser realizados de forma a considerar além da vazão necessária para diluição de determinado parâmetro de qualidade como a demanda bioquímica de oxigênio, a variação de oxigênio dissolvido, uma vez que a ocorrência de um influencia na diminuição do outro. Ao adotar as zonas de águas limpas como a zona viável emissão de outorga para diluição de lançamentos de efluentes a sucessão ecológica do rio tende a ser mais rápida e as zonas de degradação, degradação ativa e recuperação teriam concentrações aceitáveis para recreação e captação superficial para suprir as necessidades de determinada população.

Conclusão

A falta de recursos financeiros e alta rotatividade de recursos humanos, bem como as dificuldades encontradas no Conselho Estadual de Recursos Hídricos, inviabilizam a implementação dos instrumentos de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará, apresentando reflexos direto no que se refere ao aperfeiçoamento de técnicas de análise, tais como a proposta apresentada neste trabalho. Pois,

instrumentos como o Plano Estadual de Recursos Hídricos e o enquadramento dos corpos de água segundo seus usos preponderantes são imprescindíveis para que tal proposta seja mais bem elaborada e futuramente utilizada para melhoria dos corpos hídricos do estado.

A recreação e os eventos de enchentes foram considerados os fatores de exposição ao risco dessa forma se verificaram que a bacia hidrográfica do Paracuri não apresenta alta propensão a enchentes. Assim, a qualidade de vida da população local é diminuída principalmente pela ocupação inadequada de áreas inundáveis na bacia, baixo saneamento ambiental como ao afastamento do esgoto e técnicas para autorização de lançamentos de efluentes que não consideram a qualidade do corpo hídrico local e às contribuições a montante.

Conforme verificado, apenas a equação da vazão de diluição não garante a qualidade do corpo hídrico, uma vez que a partir do aumento da área de drenagem do ponto de lançamento, aumenta a vazão, favorecendo a emissão de outorga para diluição de lançamento de efluentes em pontos de um mesmo trecho de rio. O estudo epidemiológico se apresentou fundamental para caracterização do município de Belém enquanto ao saneamento ambiental. Observou-se que a fração de impacto é mais sensível ao índice de abastecimento por rede de esgoto, que ao abastecimento de água. Assim, os investimentos por parte do poder público devem ser direcionados ao afastamento e tratamento dos esgotos domésticos principalmente.

Contudo a metodologia de (Silva, 2016), apresenta algumas fragilidades no que se refere às fontes de dados consultados, uma vez que as concessionárias regionais de abastecimento de água e esgoto são as responsáveis pelo preenchimento das informações que o Ministério das Cidades, por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento divulgam, sendo tais informações a realidade que a concessionária acredita que o município se encontra.

A proposta metodológica para aperfeiçoamento das análises de outorga para diluição de lançamentos de efluentes, somadas a atual metodologia, apresenta um importante passo para melhoria da qualidade dos recursos hídricos da bacia do Paracuri e do Estado em geral. Uma vez que por este método considera a poluição natural do rio e eventuais lançamentos a montante. Ao se utilizar da proposta apresentada, as emissões de títulos de outorgas para lançamentos de efluentes em um mesmo trecho de rio, tende a diminuir, pois caso haja lançamento a montante não serão emitidos outros pontos nas zonas de degradação, de degradação ativa e recuperação deste ponto que podem ser de trechos longos. Forçando consequentemente que os empreendimentos que pretendam lançar efluentes busquem alternativas tais como a melhoria de suas estações de tratamento de efluentes ou mesmo reutilização no processo produtivo e conscientização para redução da vazão a ser lançada.

Agradecimentos

Ao Centro de Tecnologia Agropecuária – CTA, do Instituto Sociambiental e dos Recursos Hídricos, ISARH da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Referências

- ANA. Agência Nacional das Águas, 2012. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. São Paulo.
- BRASIL, 1997. Lei n. 9.433 de 8 de janeiro.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2005. Resolução 357. Brasília.
- Corrêa, F.; Silva, D.; Silva Santos, M. 2014. Problemas socioambientais no espaço urbano e regional da bacia hidrográfica do Paracuri II. CIAETA. P. 1146-1164.
- Fewtrell, L.; Pruss-ustun, A. Bos, R.; Gore, F.; Bartram, J. 2007, Water sanitation and hygiene.. WHO, Gênova.
- Morais, J.L.M; Fadul, E; Cerqueira, L. S., 2018. Limites e Desafios na Gestão de Recursos Hídricos por Comitês de Bacias Hidrográficas: Um Estudo nos Estados do Nordeste do Brasil. REAd. Rev. eletrôn.

adm. v. 24, n. 1, p. 238-264. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-23112018000100238&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 03 março. 2020.

- PARÁ, 2009. Instrução Normativa n. 31 de 7 de outubro.
- PARÁ, 2015. Lei Estadual n. 8.096, de 1º janeiro.
- Pelletier, Greg; Chapra, S., 2006. A modeling framework for simulating river and stream water quality. Environmental Assessment Program: Olympia, Washington, p. 98504-7710.
- Pinheiro, J. A. C. et al., 2019 . Processos hidrológicos na bacia hidrográfica do Córrego Zerede em Timóteo - MG. Ciênc. Florest., v. 29, n. 4, p. 1658-1671. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982019000401658&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 03 mar. 2020. Epub Feb 10, 2020.
- Rossi, R. A.; Santos, E., 2018. Conflito E Regulação Das Águas No Brasil – a experiência do Salitre. Cad. CRH, v. 31, n. 82, p. 151-167. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-49792018000100151&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 03 março. 2020
- SEMAS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2014. Lei nº 6.381/01 e legislação complementar. Belém.
- Silva, L. F., 2016. Epidemiologia ambiental: fundamentos para engenharia. 1. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Siqueira, V. A. et al., 2016. IPH-Hydro Tools: uma ferramenta open source para determinação de informações topológicas em bacias hidrográficas integrada a um ambiente SIG. RBRH, v. 21, n. 1, p. 274-287. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312016000100274&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 03 mar. 2020.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2015. Diagnóstico dos serviços de águas e esgotos – 2015. Ministério das Cidades, Brasília.
- Streeter, H. W.; Phelps, E. B., 1958. A study of the pollution and natural purification of the Ohio River. Public Health Bulletin, 146. Washington.
- Trentin, R; Robaina, L. E. S., 2016. Classificação Das Unidades De Relevância Através De

Parâmetros Geomorfométricos. Mercator.
v. 15, n. 3, p. 53-66,. Disponível em:
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-)
[arttext&pid=S1984-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-)

22012016000300053&lng=en&nrm=iso>.

Acesso em 03 mar. 2020.

Von Sperling, M., 2014. Estudos e modelagem da
qualidade da água de rios. 2. Ed. Editora
UFMG. Belo Horizonte.