

ESTIMATIVA DA CARGA ORGÂNICA E MODELAGEM DA AUTODEPURAÇÃO DOS EFLUENTES DE UMA SUINOCULTURA NO RIBEIRÃO VALA DO SOUZA, JERÔNIMO MONTEIRO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Benvindo Sirtoli Gardiman Junior

Engenheiro Ambiental, mestre em Ciências Florestais
Universidade Federal do Espírito Santo
gardimanjunior@yahoo.com.br

Danilo Costa Fukunaga

Engenheiro Agrícola, mestre em Ciências Florestais
Universidade Federal do Espírito Santo
daniolfukunaga@hotmail.com

Giovanni de Oliveira Garcia

Engenheiro Agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola
Professor da Universidade Federal do Espírito Santo
giovanni.garcia@ufes.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de autodepuração do Ribeirão Vala do Souza em Jerônimo Monteiro, ES após o suposto lançamento do efluente de uma suinocultura. Para isso, foi quantificada a carga orgânica do efluente, as condições hidrológicas e físicas do corpo hídrico e posteriormente aplicadas ao programa computacional Ad'Água 2.0 e comparadas à resolução CONAMA 357/05. O tempo crítico ocorreu aos 1,77 dias e a distância crítica aos 50,97 km, apresentando uma DBO última da mistura de 16,36 mg.L⁻¹ e DBO5 da mistura de 14,53 mg L⁻¹. Constatou-se que do km 20 até aproximadamente aos 120 o OD do corpo hídrico apresentou concentrações inferiores às permitidas pelo padrão CONAMA 357/05 para rio classe 2, o que impossibilitaria a sobrevivência de espécies aeróbicas. A modelagem indicou, portanto, que o Ribeirão Vala do Souza não seria incapaz de autodepurar toda a carga de efluente estimada, caso a suinocultura não tivesse implantado o sistema de tratamento exigido pelos órgãos ambientais.

Palavras-chave: Suinocultura. Corpo hídrico. Autodepuração.

ESTIMATE OF ORGANIC CHARGE AND MODELING OF A DEPURATION WASTE OF A PIG IN THE RIBEIRÃO VALA DO SOUZA, JERÔNIMO MONTEIRO, STATE OF THE ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the process of self-purification of the Ribeirão Vala in Jerome Souza Monteiro, ES after the alleged release of effluent from a swine. For this, we quantified the organic load of the effluent, the hydrological conditions and the physical body water and subsequently applied to the computer program Ad'Água 2.0 and compared to the CONAMA Resolution 357/05. The critical time was 1.77 days and the critical distance to 50.97 km, with a BOD of the final mixture of 16.36 mg.L⁻¹ and BOD5 of the mixture of 14.53 mg.L⁻¹. It was found that the 20 km to about 120 to the OD of the water body showed concentrations lower than the standard allowed by CONAMA 357/05 for class 2 river, which would preclude the survival of aerobic species. The modeling indicated, therefore, that the Ribeirão Vala do Souza would be unable to autodepurar whole load of effluent estimated if the pig had not implemented the system of treatment required by environmental agencies.

Keywords: Swine. Water body. Depuration.

INTRODUÇÃO

A suinocultura, no Brasil, é uma atividade predominante de pequenas propriedades rurais. Cerca de 82% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares. Essa atividade se encontra presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constitui uma importante fonte de renda e de estabilidade social (OLIVEIRA, 1993).

Um dos principais fatores responsáveis pelas alterações dos ecossistemas aquáticos é o lançamento de efluentes orgânicos (CAMARGO et al., 1995). Para Assis e Muratora (2007) existe uma maior ou menor contaminação, que está na dependência de uma série de fatores, envolvendo discernimento do criador, aplicação de recursos, tamanho da propriedade, assistência de órgãos responsáveis, além de condições ambientais propícias, especialmente quando se trata da criação de animais confinados. O confinamento é uma prática utilizada na suinocultura para a qual, a proximidade de fontes de água torna-se imprescindível, determinando, na maioria das vezes, a sua contaminação.

Os sistemas confinados constituem a base de expansão e da maior produtividade da suinocultura, porém, induzem a adoção de manejo de dejetos na forma líquida, favorecendo o lançamento de efluentes na natureza sem tratamento prévio (OLIVEIRA, 2000).

O lançamento desses efluentes, em especial os agroindustriais em corpos hídricos, pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido no meio, cuja magnitude depende da concentração de carga orgânica e da quantidade lançada, além da vazão do curso d'água receptor (MATOS, 2003). Esses fatores interferem proporcionalmente linear ao acréscimo da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea (VON SPERLING, 2005). Isto faz com que as águas receptoras se tornem impróprias a vários tipos de uso (abastecimento doméstico, comercial ou agrícola, recreação, etc.) (THEBALDI, et al., 2011).

O processo de estabilização, ou melhor, de autodepuração, está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. Em vista disso, Thebaldi et al. (2011) relata que é muito importante considerar a capacidade de assimilação dos rios e impedir o lançamento de efluentes tratados em vazão superior à que o corpo d'água possa suportar. Isso evitaria induzir ao processo de eutrofização do manancial, em decorrência do aumento da produtividade primária (GARCIA et al., 2011).

Diversos pesquisadores vêm estudando o assunto, alguns com abordagens sistemáticas através da modelagem matemática, como por exemplo, Santos (2010), Nunes (2007), Oppa (2007), Machado (2006), Von Sperling (2005), Santos (2001), entre outros, com abordagens mais holísticas e menos sistemáticas, como (2006) Nagali e Nemes (2009), Matos (2003) e Barros (2008).

A atividade suinícola é considerada pelos órgãos ambientais potencialmente causadoras de degradação ambiental, sendo enquadrada como de grande potencial poluidor (BELI et al., 2010). Pela Legislação Ambiental (Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais. Artigo 2º) o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais (BRASIL, 1998).

Dessa forma, após notificação dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização ambiental, a suinocultura estudada foi obrigada a tratar e dar disposição final aos efluentes produzidos. Para que esse tipo de efluente atinja o padrão requerido para ser lançado em corpos hídricos, deve-se proceder ao seu adequado tratamento. A evolução dos sistemas de tratamento de efluentes agroindustriais tem disponibilizado tecnologias eficientes para a remoção da carga orgânica (Naime; Garcia, 2005).

Portanto, este trabalho visa a simulação do processo de autodepuração no corpo hídrico receptor Ribeirão Vala do Souza em Jerônimo Monteiro, região sul do estado do Espírito Santo, após o suposto recebimento de carga de poluente proveniente de uma suinocultura ali localizada.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo compreende o Ribeirão Vala do Souza, localizado no município de Jerônimo Monteiro (JM), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, com localização de latitude 20° 47' 22" e longitude de 41° 23' 42". Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso.

Para avaliar a autodepuração do corpo hídrico receptor, foram realizados os levantamentos de dados no período de setembro a novembro de 2010, além de estudos para caracterizar o empreendimento e para a obtenção de dados que subsidiassem o cálculo da carga de poluente gerado. Posterior identificou-se aspectos que tangem à hidráulica e à qualidade da água do corpo hídrico além de levantados aspectos relativos ao fluxo da água no córrego, como geometria da seção transversal e vazão seguindo metodologia de Nagalli e Nemes (2009). Nesta etapa, por não ter dados fluviométricos para subsídio da modelagem, foram também estimada a vazão e velocidade média do corpo hídrico receptor através do método do flutuador segundo Azevedo Netto et al. (1998), uma vez que, esses parâmetros são obrigatórios na modelagem do perfil de oxigênio dissolvido (OD) ao longo do curso d'água.

Von Sperling (2005) argumenta que uma das etapas da avaliação do impacto que um despejo causa em um corpo hídrico e da eficácia das medidas de controle é a quantificação das cargas poluidoras afluentes. Para tanto, foram necessários levantamentos de campo na área em estudo, incluindo caracterização do empreendimento e medição de vazões tanto do efluente, quanto do corpo receptor.

A suinocultura em estudo trabalha em dois módulos um de reprodução e um de engorda, respectivamente. No primeiro estão 539 matrizes e 14 varões (cachaços) e no segundo com 1600 leitões e 200 filhotes desmamados semanalmente. Os dois módulos são lavados diariamente, onde antigamente, toda essa carga de efluente era jogado diretamente nos córregos Caetés e Aliança, que passam ao lado dos dois módulos de produção da granja (Figura 1) cujas distâncias entre os mesmos estão na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Comprimento dos cursos d'água afluentes do Ribeirão Vala do Souza

Comprimentos dos Cursos D'água		
Nome	Descrição	Comprimento (m)
Córrego Caetés	Da reprodução da granja até o Cór. Aliança	550
Córrego Aliança	Do afluente Cór. Caetés até o Rib. Vala do Souza	2.800
Córrego Vala do Souza	Do afluente Cor. Aliança até o Rio Itapemirim	8.000

Como esses dois córregos, Caetés e Aliança, possuem vazões médias baixas, principalmente na época de seca, o que fazia com que todo o efluente e sua carga de poluentes chegassem diretamente ao Córrego Vala do Souza sem diluição alguma e sem remoção da carga orgânica. Somente este curso d'água, o Vala do Souza, teria vazão suficiente para diluir o efluente e, com seu potencial de autodepuração, diminuir a carga de poluentes proveniente da granja.

Para a determinação da carga total de DBO produzida, utilizou-se o método da Carga Per Capta (CPC) conforme apresentado por Matos (2003) e Von Sperling (2005), que representa a contribuição de cada indivíduo (expressa em termos de massa de poluente) por unidade de tempo. Dessa forma, a carga efluente pode ser estimada por meio da Equação 1 e a concentração do efluente pela Equação 2.

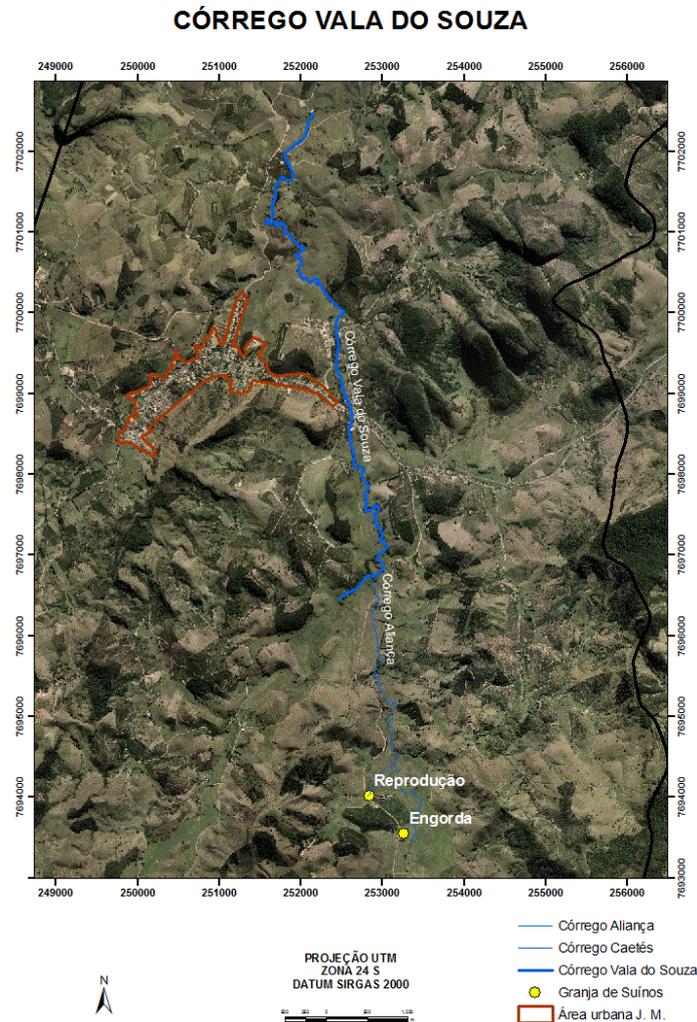
$$C = \frac{\text{Pop} \times \text{CPC}}{1000} \quad \text{Equação (1)}$$

em que: C é a carga de efluente em kg.d⁻¹, Pop é a população em cabeças e CPC e a carga per capta em g.P⁻¹.d⁻¹.

$$\text{Conc.} = \frac{C \times 1000}{Q} \quad \text{Equação (2)}$$

onde: Conc., em mg.L⁻¹ ou g.m⁻³ e Q, vazão em m³.d⁻¹

Figura 1. Localização do Córrego Vala do Souza do possível ponto de lançamento de efluente até o Rio Itapemirim.



Para a análise da autodepuração do curso d'água, foi utilizado o Software computacional público Ad'Água 2.0, desenvolvido por Braga et al. (2001) na Universidade Federal de Viçosa, que segue o princípio do modelo de desoxigenação proposto por Streeter-Phelps (1925) conforme descrito na Equação 3, visando analisar, teoricamente, como o consumo de oxigênio dissolvido, se comporta ao longo do espaço e do tempo, após o lançamento de efluente.

$$C = C_s - \left(\frac{K_1 \cdot L_0}{K_2 - K_1} \right) \cdot \left(e^{-K_1 \frac{X}{V}} - e^{-K_2 \frac{X}{V}} \right) + (C_s - C_0) \cdot e^{-K_2 \frac{X}{V}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde: C_s é a concentração de oxigênio para a saturação (mg.L), C_0 é a concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mg.L), C é a concentração de oxigênio existente em um tempo t (mg.L), L_0 é a DBO inicial em mg.L, X é a distância a jusante e V a velocidade do rio

Para isso, foi necessário conhecer alguns aspectos importantes para se aplicar corretamente o modelo. Os parâmetros K_1 e K_2 do corpo hídrico foram consultados na base de dados do próprio programa considerando água residuária concentrada, rio bastante limpo, altitude do local de 125 m (medido com GPS Garmin®) e temperatura mínima média anual de 22°C segundo a série histórica da Agência Nacional de Águas (ANA). Para Matos et al. (2011), os coeficientes de desoxigenação (K_1) e de reaeração (K_2) são variáveis de grande importância nos modelos de autodepuração de curso d'água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtiveram-se para o curso d'água receptor denominado Ribeirão Vala do Souza, as seguintes características físicas: velocidade média de escoamento: $0,3326 \text{ m.s}^{-1}$; largura da seção do canal: 10,2 m; profundidade média do canal: 0,25 m; área média da seção do canal: $5,95 \text{ m}^2$; fator de correção em função da parede irregular com vegetação de fundo: 0,70; vazão do canal: $1,97 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$; altitude média de 125 m; temperatura média do ar de $22 \text{ }^\circ\text{C}$; e, $\text{DBO}_{5-20^\circ\text{C}}$ de 1 mg.L^{-1} ,

Quanto à estimativa da carga orgânica do efluente, de acordo com a metodologia utilizada na estimação da geração dos poluentes produzidos, por dia, pelos suínos da suinocultura foi de DBO_5 de 11120 mg.L^{-1} e vazão total de $0,0024 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

Após a modelagem utilizando o referido programa, obteve-se para a variável oxigênio dissolvido – OD, no curso d'água antes do lançamento, considerando as características apresentadas anteriormente, o valor de $7,68 \text{ mg.L}^{-1}$. Para Sanchés et al. (2007) o OD é fortemente influenciado pela combinação de características físicas, químicas e biológicas das correntes substâncias que demandam oxigênio, incluindo a biomassa das algas, material orgânico dissolvido, amônia, sólidos suspensos voláteis e demanda de oxigênio de sedimentos. Os valores encontrados foram superiores ao limite mínimo de OD estabelecido em Brasil (2005), considerando a regulamentação que para corpos hídricos classe 2 recomenda-se valores maiores que 5 mg.L^{-1} .

Para Thebaldi et al. (2011), o oxigênio dissolvido não é apenas essencial para os organismos aeróbios, mas também o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Von Sperling (2005) ainda acrescenta que durante a estabilização da matéria orgânica as bactérias utilizam oxigênio em seus processos respiratórios, podendo reduzir sua concentração nos esgotos tratados ou em cursos d'água. Sardinha et al. (2008) encontraram valores de OD próximos ao estudado (média de $6,5 \text{ mg.L}^{-1}$) quando analisaram a qualidade da água do Ribeirão do Meio, em Leme, SP em um ponto de coleta localizado antes da cidade.

Quanto ao coeficiente de reaeração K_2 , o obtido para o curso d'água analisado foi de $0,63 \text{ d}^{-1}$. Este coeficiente correlaciona a taxa de absorção de oxigênio ao déficit existente. Para Von Sperling (2005, 2007), em um curso d'água, no entanto, a determinação de K_2 é bastante complexa, podendo estar em função das características hidráulicas do corpo d'água, com a vazão, cascadeamentos e quedas d'água além da temperatura. Nagalli e Nemes (2009) acrescentam que conhecê-lo permite modelar a característica da qualidade da água de um córrego, por exemplo, através de modelos matemáticos. Para Fair et al. (1973) e Arceivala (1981), citados por Von Sperling (1995), os valores de K_2 variam de 0,12 a até mais de 1,61 d^{-1} , o que depende da profundidade e velocidade do curso d'água. No que se refere às características hidráulicas, para Thomann e Mueller (1987) apud Von Sperling (2007), as equações de Tsvoglou e Wallace para pequenos cursos d'água com velocidade e declividade de 0,3 e 0,1, respectivamente, apresentam valores de K_2 de 0,6, bem próximos aos encontrados no estudo. Von Sperling (1983) obteve para rios tributários da região da grande Belo Horizonte (até $10 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$), valores de K_2 próximos a 1 unidade de reaeração por dia.

O coeficiente de desoxigenação (K_1) está intimamente relacionado às características da matéria orgânica lançada no corpo hídrico, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras. Para o efluente de suinocultura, o K_1 determinado à temperatura de $22 \text{ }^\circ\text{C}$ foi de $0,44 \text{ d}^{-1}$. Para Fair et al (1973) e Arceivala (1981) citados em Braga et al (2001), efluentes primários e esgotos brutos de baixa concentração possuem valores de K_1 em torno de 0,3 a $0,4 \text{ d}^{-1}$.

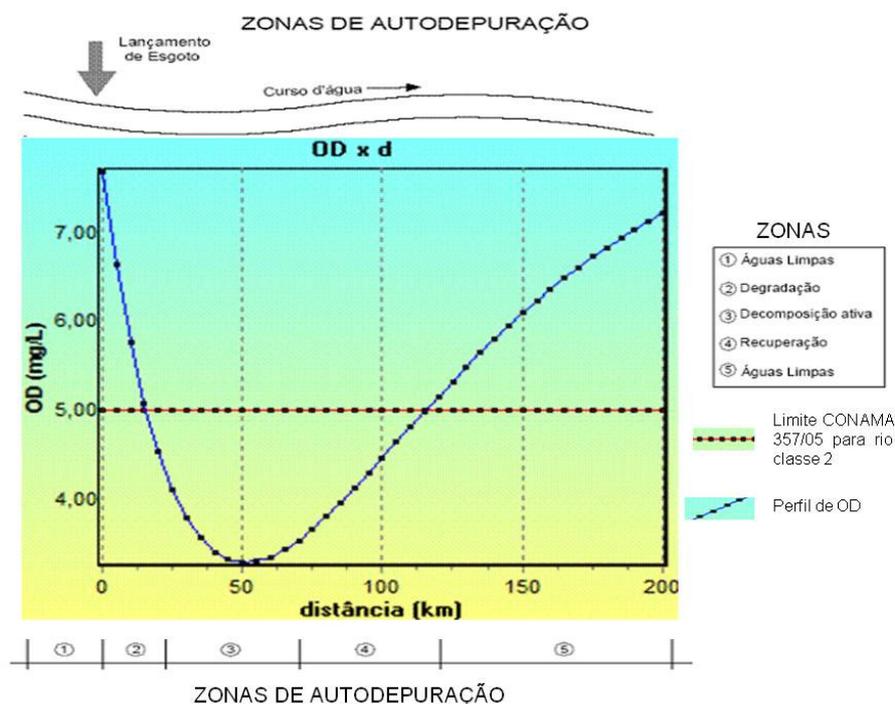
Diversos são os modelos desenvolvidos e aplicados na compreensão do processo de autodepuração, em sua maioria, os modelos estão fundamentados nos trabalhos de Streeter e Phelps (1925). Trata-se de um modelo determinístico e estático, que se utiliza da relação entre OD e DBO, apresentando como parâmetros principais do modelo o coeficiente de desoxigenação (K_1) e o coeficiente de reaeração (K_2).

De posse dos valores de K_1 , K_2 , OD do efluente, além das características físicas, hidráulicas e hidrológicas do curso d'água Ribeirão Vala do Souza, aplicados ao Software Ad'Água 2.0, que

segue os dois principais fenômenos integrantes no balanço de OD, a desoxigenação e a reaeração, obteve-se a Figura 2.

Por meio da Figura 2 pode-se visualizar as zonas de autodepuração e o perfil de oxigênio dissolvido ao longo da distância percorrida pelo curso d'água.

Figura 2 - Perfil de oxigênio dissolvido ao longo da distância do Córrego Ribeirão Vala do Souza.



Observa-se que o parâmetro OD mantinha-se aproximadamente constante ($7,68 \text{ mg.L}^{-1}$) até o ponto de suposto lançamento do efluente considerado zona de águas limpas caracterizada pelo seu equilíbrio ecológico e elevada qualidade da água. Após este ponto, o valor do OD diminuiu chegando à distância crítica aos 50,97 km. Essa redução drástica no valor do OD ocasionou um déficit de O_2 na mistura de $0,85 \text{ mg.L}^{-1}$, isso devido às altas taxas cargas orgânicas que o efluente da suinocultura apresenta, isto é, valores significativos de DBO_5 , o que imediatamente ao lançamento, consomem o oxigênio livre disponível (Krüger, 2004).

Para Sinhorini (2005), através do OD é possível avaliar o efeito de despejos oxidáveis (de origem orgânica) nos corpos hídricos, e o processo de autodepuração, servindo também como indicador das condições de vida na água.

Nas zonas de autodepuração 2 e 3 representadas por zonas de decomposição e decomposição ativa, respectivamente (Figura 2) observa-se uma intensa biodegradação da matéria orgânica e uma considerável depleção do OD, caracterizando como zona de degradação da matéria orgânica. Nessas zonas, o consumo do oxigênio nos processos de estabilização da matéria orgânica faz com que as concentrações do meio líquido estejam abaixo da saturação (NAGALLI; NEMES, 2009). Von Sperling (2007) ainda intera descrevendo como uma completa desordem em relação a comunidade estável antes existente além da alta proliferação de bactérias e microorganismos decompositores.

Após as zonas 2 e 3 que estão próximas ao ponto crítico que ocorre à 1,77 dias, a recuperação segue lenta tanto na zona 3 (decomposição ativa) quanto na zona 4 (recuperação), uma vez que, a DBO última da mistura foi de $16,36 \text{ mg L}^{-1}$ e DBO_5 da mistura de $14,53 \text{ mg L}^{-1}$, mantendo o OD abaixo do limite, estabelecidos pela CONAMA 357/05 para rio Classe II que é de 5 mg L^{-1} .

Para Rech et al. (2008), a entrada de materiais externos, provavelmente dejetos de suínos, tendem a decrescer o oxigênio dissolvido da mistura, resultado do consumo pela comunidade aquática.

Detecta-se na Figura 2 que do quilômetro 20 até aproximadamente ao 120, distância pela qual se encontra vários usuários desse recurso hídrico, o nível de oxigênio dissolvido se apresenta abaixo do recomendado pela resolução. Isso significa que algumas formas de vida predominantemente aquáticas e aeróbicas, possivelmente encontrarão extintas ou em comunidades com população menores, caso não se adaptem a essas condições anóxicas. Matos (2003) afirma que, em caso de lançamento de grandes cargas orgânicas em corpos hídricos, pode ocorrer a extinção de formas superiores de vida aquática (peixes e outros animais), exalação de odores fétidos e de gases agressivos, dificuldade para se tratar água para o abastecimento, etc.

Observa-se ainda na Figura 2, que as zonas de degradação, decomposição ativa e recuperação acontecem justamente próximas ao perímetro urbano da cidade de Jerônimo Monteiro que localiza-se cerca de 20 km abaixo do ponto de lançamento. Não levando em consideração as descargas de efluente doméstico dessa cidade, ao qual não foi objetivo desse trabalho. As condições desse local permanecerão com um déficit de oxigênio nessas zonas exclusivamente pelo lançamento do efluente da suinocultura.

Como o Córrego Vala do Souza só tem aproximadamente 8 km de percurso, toda carga orgânica não seria degradada e o equilíbrio do OD não seria restabelecido, antes que ele desaguasse no Rio Itapemirim que possui características mais propícias para autodepuração desse efluente. Por esse motivo que o órgão ambiental competente autuou o proprietário da suinocultura obrigando-o a instalar equipamentos de tratamento de efluentes.

CONCLUSÕES

Por meio dos parâmetros analisados fica evidenciado a importância do tratamento de efluentes agroindustriais antes do lançamento no corpo hídrico e seu monitoramento, pois caso não houvesse sistema de tratamento de efluentes, a suinocultura seria grande fonte poluidora, não só do Córrego Vala do Souza, mas também do Rio Itapemirim.

Seria necessário que o Córrego Vala do Souza tivesse aproximadamente cerca de 120 km de extensão, após o suposto ponto de lançamento de efluente, para que voltasse a apresentar concentração de oxigênio dissolvido satisfatoriamente para atender ao CONAMA 357/05.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, F. O.; MURATORI, A. M. Poluição hídrica por despejos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina. **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v.2, n.1, p.42-59, jan./jun. 2007.
- AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulica**, 8 ed.. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p.
- BARROS, A. M. L. **Modelagem da poluição pontual e difusa**: aplicação do modelo moneris à bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, Pernambuco. 2008. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- BELI, E.; HUSSAR, G. J.; HUSSAR, D. H. Redução de DQO e turbidez de efluente de uma unidade suinícola empregando reator anaeróbico compartimentado (RAC) seguido de filtro biológico e filtro de areia. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 1, p. 005-019, jan./mar. 2010.
- BRAGA, J. C.; SANTOS, A. R.; MATOS, A. T.; SEDIYANA, G. C.; SILVA, D. D.; PEZZOPANE, J. E. M. Ad' **Sistema para simulação de autodepuração de corpos d'água - Ad' Água 2.0**. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2001.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. Artigo 2. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 13 set. 2011.
- CAMARGO, A. F. M.; BINI, L. M.; SCHIAVETTI, A. Avaliação dos impactos provocados pelas descargas de esgotos orgânicos em alguns corpos d'água no município de Rio Claro. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 395-406, 1995.

GARCIA, G. O.; SOUZA, G. B.; PORTELLA, M. B. S.; RIGO, M. M.; PAULA, H.; CARDOSO, M. S. N. Caracterização do processo de contaminação das águas do Rio Cristal no município de Jerônimo Monteiro. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 8, n. 2, p. 243-251, abr./jun. 2011.

KRÜGER, N. **O Sudoeste do Paraná, História de bravura, trabalho e fé**. Ed. Posigraf. Curitiba, 2004, 186 p.

MACHADO, M. B. **Modelagem tridimensional da dispersão de poluentes em rios**. 2006. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

MATOS, A. T.. **Manejo e Tratamento de Resíduos Agroindustriais I**. Viçosa: 2003. 132 p.

MATOS, A. T.; ALMEIDA, T. V.; SILVA, D. D.; FARAGE, J. A. P. Coeficiente de reaeração em três trechos do Rio Pomba (MG), obtidos nos períodos chuvosos e seco. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.19 n.4, jul. / ago 2011.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes Agroindustriais. **Estudos Tecnológicos**, v.1, p.9-20, 2005.

NAGALLI, A.; NEMES, P. D.; Estudo da qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 131-144, abr./jun. 2009.

NUNES, D. G. **Modelagem da autodepuração e qualidade da água do Rio Sujo**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos despejos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1993, 188p.

_____. Produção de suínos em sistemas *Deep Bedding*: experiência brasileira. São Paulo. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 5, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Emprapa Suínos e Aves; Concórdia: 2000. P. 89 – 100.

OPPA, L. F. **Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do Rio Vacacaí Mirim**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ROPPA, L. **Carne suína: mitos e verdades**. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br>. Acesso em 04 mar. 2010.

RECH, C.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C. Influência da suinocultura na qualidade da água em microbacia agrícola no sudoeste do estado do Paraná. **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**. v. 5, n. 3, p. 254 – 273, set. / dez 2008.

SÁNCHEZ, E.; COLMENAREJO, M. F.; VICENTE, J.; RUBIO, A.; GARCIA, M. G.; TRAVIESO, L.; BORJA, R. Use of the water quality index and oxygen deficit as a simple indicators of the water sheds pollution. **Ecological indicators**. v.7, p. 315-328. 2007.

SANTOS, A. R. **Ad' Água 2.0 - Sistema para simulação de autodepuração de cursos d'água**: manual do usuário. Alegre, ES. CAUFES, 2010. 31 p.

_____. **Caracterização Morfológica, Hidrológica e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo, Micro-Região de Viçosa**, MG. 2001. 120f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JÚLIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, p.329-338, 2008.

SINHORINI, M. R. **Avaliação dos dados obtidos através das análises físico-químicas realizadas no rio Mandurim pelo PNMA**. Monografia (Curso de Tecnologia em Química Ambiental – UTFPR). Curitiba, 2005, 76 p.

STREETER, H. W.; PHELPS, E. B. **A study of the natural purification of the Ohio River**. Washington: Public Health Service, 1925.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; NETO, S. A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.302–309, 2011.

VON SPERLING, M. **Autodepuração dos cursos d'água**. 1983. 366 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 1983.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v.1, 2ª ed. Belo Horizonte: DESA/ UFMG, 1995, 240p.

_____. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. Volume 7. 1ª Ed. UFMG. 2007. 588 p.

_____. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. 3ª Ed. UFMG. 2005. 452 p.