

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – *CAMPUS* ARAQUARI

**BRUNA DA SILVA, GUILHERME FERREIRA, GUSTAVO HENRIQUE
RAMOS, RAFAELA V. DE LIMA, YASMIN G. GADOTTI**

**EFEITO DA CLORAÇÃO NA DESINFECÇÃO DE ÁGUAS
COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA
ORGÂNICA**

**ARAQUARI/SC
2019**

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – *CAMPUS* ARAQUARI

**BRUNA DA SILVA, GUILHERME FERREIRA; GUSTAVO HENRIQUE
RAMOS, RAFAELA V. DE LIMA, YASMIN G. GADOTTI**

**EFEITO DA CLORAÇÃO NA DESINFECÇÃO DE ÁGUAS
COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA
ORGÂNICA**

Trabalho de Fundamentação do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

**ARAQUARI/SC
2019**

RESUMO

Antigamente, acreditava-se que a contaminação de águas se revelava pelo seu odor e, desta forma, era necessário acabar com esta exalação. A desinfecção seria o método para retirar o odor da água - este odor pode estar presente em redes de abastecimento até redes de esgoto - e o cloro se mostrou um grande aliado para tal propósito. Antes da teoria de Pasteur sobre micro-organismos se consolidar em 1880, por tempos, a teoria de que as doenças eram atraídas pelo odor foi levada a sério e a desinfecção foi o método para controlar essas emanações. Depois que a ideia de Pasteur se consolidou, o cloro foi percebido como um grande agente para combater micro-organismos por sua ação antibacteriana e sua relação inversamente proporcional ao nível de contaminação. Sendo assim, este trabalho buscou compreender a eficiência da cloração de efluentes em termos de redução da atividade microbiológica global, relacionada as diferentes concentrações de matéria orgânica. A matéria orgânica foi analisada em termos de DQO e a atividade microbiológica via hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA). Os resultados demonstram haver dependência na eficiência da cloração em relação ao teor de matéria orgânica, isto é, a ação desinfectante do cloro foi reduzida nas amostras com maiores concentrações de compostos orgânicos. A desinfecção de efluentes por cloração, quando necessária, deverá levar em consideração a quantidade de matéria orgânica solúvel no meio a ser tratado. A hipótese de que o cloro atua sobre micro-organismos de forma eficiente independentemente das variações de concentração da matéria orgânica se evidenciou errônea.

Palavras-chave: Desinfecção; Tratamento de água; Cloração.

ABSTRACT

Formerly, it was believed that water contamination was revealed by its odor and thus it was necessary to stop this exhalation. Disinfection would be the method to remove the odor of this water- present in supply networks up to sewers- and chlorine proved to be a great ally for that purpose. Before Pasteur's theory of microorganisms being consolidated in 1880, for a time the theory that diseases was attracted to odor was taken serious and the disinfection was the method to control these emanations. After Pasteur's idea was consolidated, the chlorine was perceived as a great ally to fight microorganisms for its antibacterial action and its relationship inversely proportional to the level of contamination. Therefore, the present work seeks to work with Pasteur's consolidated theory in order to study water points that find in themselves different types of organic matter so that through the mechanism of FDA- mechanism that measures microbiological activity- Chlorine disinfectant (Cl_2) can be applied to analyze how it acts destroying the cellular arrangement of these microorganisms. in addition, the COD - Chemical Oxygen Demand- parameter will be analyzed, since, if the COD value is high, it indicates an insufficiency and consequently a high organic matter concentration. This work wants to conclude that chlorine acts efficiently on microorganisms, regardless of variations in organic matter concentration.

Keywords: Disinfection; Water treatment; Chlorination.

SUMÁRIO

1. TEMA	06
1.2 Delimitação do tema	06
2. OBJETIVO GERAL	07
2.1 Objetivo específicos	07
3.INTRODUÇÃO	08
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	09
5. METODOLOGIA.....	13
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
7. CONCLUSÃO.....	17
REFEÊNCIAS	19

1. TEMA

Efeito da cloração na desinfecção de águas residuárias com diferentes concentrações de matéria orgânica.

1.2 Delimitação do tema

Analisar o efeito da cloração na desinfecção de efluente agroindustrial (suinícola) do Instituto Federal Catarinense - *Campus* Araquari, rico em matéria orgânica e microbiologia, podendo tornar-se um modelo para aplicação do cloro em outros efluentes.

2. OBJETIVO GERAL

Analisar se o método de cloração tem efeito sobre a água residuária com diferentes concentrações de matéria orgânica.

2.1 Objetivos específicos

- Mensurar a atividade microbiológica da água residuária utilizada.
- Quantificar a concentração de matéria orgânica, em termos de DQO, relacionando este parâmetro com a eficiência da cloração na desinfecção.
- Estabelecer a correlação entre a concentração de matéria orgânica e a eficiência da cloração na redução da atividade microbiológica.

3. INTRODUÇÃO

A vida humana depende do consumo da água e esta nem sempre está limpa e potável para consumo e manuseio, sendo o método de desinfecção necessário para que seja possível utilizá-la. "A desinfecção é o processo que visa remover ou inativar os micro-organismos e o cloro, em suas diversas formas, tornou-se o agente químico desinfetante mais difundido no tratamento de águas de abastecimento e residuárias em todo o planeta, devido à sua facilidade de obtenção, baixo custo e alta eficiência". (PAIXÃO *et al*, 2014). Além disto, a desinfecção pode ser utilizada para oxidar compostos inorgânicos, remover compostos orgânicos que promovem odor e cor para a água, prevenir o crescimento de algas e manter a estabilidade biológica dos sistemas que reservam e distribuem esta água. Paixão *et al* (2014 apud ALVARENGA, 2010).

Os principais fatores que devem ser considerados na eficiência da desinfecção são: tempo de contato, concentração e tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico, temperatura, número de organismos, tipos de organismos e natureza do efluente. Para Pianowski e Janissek (2003, apud METCALF e EDDY, 1991). A concentração de micro-organismos é um fator importante, já que uma elevada densidade significa uma maior demanda desinfetante, uma vez que a aglomeração de organismos pode criar uma barreira para a penetração do desinfetante. (MEYER, 1994). Além disto, é possível inferir que a morte de micro-organismos é proporcional à concentração de desinfetante e ao tempo de contato, deste modo, pode-se utilizar altas concentrações e pouco tempo ou baixas concentrações e tempo elevado. (MEYER, 1994).

Portanto, o presente trabalho busca compreender a relação da ação desinfetante do cloro com a concentração de matéria orgânica.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As águas naturais constituem um dos grandes reservatórios de carbono orgânico e inorgânico do planeta (GIOVANELA e BELIN, 1996). A MOD nas águas naturais apresenta propriedades óticas. Parte desse material absorve radiação luminosa e a reemite parcialmente em forma de fluorescência (GIOVANELA e BELIN, 1996).

A adição de matéria orgânica nos cursos d' água consome oxigênio através da oxidação química e principalmente da bioquímica, via respiração dos micro-organismos, depurando a matéria orgânica (VALENTE *et al*, oxidá-lo (VALENTE, *et al*, 1997). 1997). A poluição orgânica de um curso d' água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-lo (SILVA, *et al*, 1997). A DQO é um dos principais indicadores de poluição orgânica de águas, como explica:

Indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte. Esta técnica apenas estima a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido já que nos corpos d'águas as condições não são tão energéticas, além do fato de que algumas espécies inorgânicas, tais como nitritos, compostos reduzidos de enxofre e substâncias orgânicas - como hidrocarbonetos aromáticos, compostos alifáticos de cadeia aberta e piridinas - não são oxidadas. A principal vantagem da DQO é a rapidez, pouco mais de duas horas, enquanto que a DBO leva 5 dias. (VALENTE, *et al*, 1997, p.3).

Fora o método da DQO, o método de hidrólise de FDA (diacetato de fluoresceína) pode ser um método viável para a determinação da matéria orgânica biodegradável de amostras ambientais. Silveira (2010, apud (SCHNÜRER e ROSSWALL, 1982). O FDA é um método que avalia a atividade hidrolítica indiscriminada das bactérias e dos fungos. Silveira (2010, apud (SCHNÜRER e ROSSWALL, 1982).

Segundo Silveira (2010, apud SCHNÜRER e ROSSWALL, 1982, p.15)

explica:

A hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) é um método que avalia a atividade hidrolítica indiscriminada de microrganismos sobre a molécula de FDA, a qual é hidrolisada por várias enzimas (lipases, proteases e esterases) presentes nos microrganismos do meio onde se encontra a molécula do FDA.

A fórmula estrutural do FDA pode ser visualizada na figura 1.

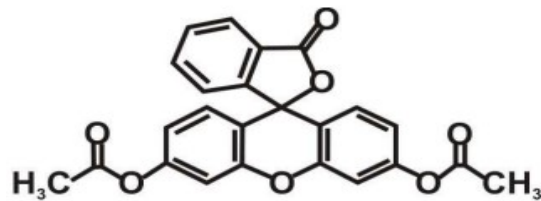


Figura 1: Fórmula estrutural do Diacetato de Fluoresceína.

Fonte: Silveira (2010).

O método de hidrólise de diacetato de fluoresceína pode medir a taxa de desenvolvimento da biomassa microbiana através da coloração desenvolvida pela fluoresceína, o que pode ser quantificada espectrofotometricamente. (Figura 2) Silveira (2010, apud (SCHNÜRER e ROSSWALL, 1982).

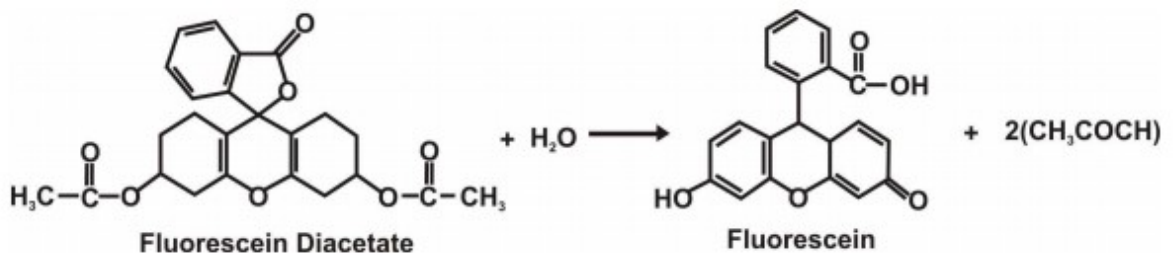


Figura 2: Reação de hidrólise do FDA.

Fonte: Silveira (2010).

Segundo Tonon (2007, apud WHITE, 1999), para escolher qual método de desinfecção será usado, é necessário levar em consideração aspectos físico-químicos, concentração de organismos patogênicos, efetividade do desinfetante (...) entre outros. Se o método de desinfecção escolhido é a cloração, existem três objetivos:

A desinfecção (destruição dos micro-organismos patogênicos), a oxidação (alteração da características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações ao mesmo tempo. Tonon (2007, apud MEYER, 1994 e ZARPELON 2001, p.25).

Portanto, o princípio de cloração ocorre como explica:

O cloro utilizado comercialmente está sob três formas: líquido, sólido ou gasoso. Em contato com a água, o cloro gasoso se hidrolisa rapidamente para formar os íons hidrogênio, cloreto e o ácido hipocloroso. Este ácido se dissocia gerando íons hidrogênio e hipoclorito. O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são os principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica indesejada e a soma de suas concentrações é conhecida como cloro residual livre, que varia com a temperatura e pH da água, sendo de importância vital na inibição do crescimento bacteriano. (APHA, 2005).

Complementado por:

Os principais mecanismos de ação de desinfetantes químicos como o cloro para a inativação de organismos patogênicos são a destruição ou desarranjo estrutural da organização celular por ataque aos principais constituintes da célula, interferência no metabolismo energético, tornando as enzimas não funcionais e interferência na biossíntese e no crescimento, pelo prejuízo à síntese (DANIEL, A.L; 2001, p. 29).

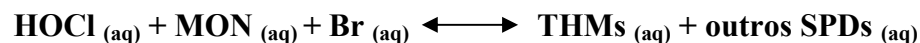
As reações descritas por Apha (2005) podem ser vistas nas reações a seguir por Meyer (1994, apud DEGRÉMONT, 1979):



A ação desinfetante do cloro é controlada pelo ácido hipocloroso, um ácido fraco. Para pH próximos a 5, a predominância será de HOCl (MEYER, 1994). Porém, o íon hipoclorito também atua desinfetando a água e estudos com águas de pH naturais encontraram a presença tanto de ácido hipocloroso, como do íon hipoclorito (SANCHES *et al*, 2003). Dependendo do pH, o ácido hipocloroso se ioniza formando o íon hipoclorito (SANCHES, *et al*, 2003).



Todavia, além dos produtos formados no processo de desinfecção (cloro mais água), produtos como THMs também podem ser formados. A reação a seguir mostra como essa formação ocorre (SANCHES *et al*, 2003).



O problema da formação está em:

Alguns trihalometanos, tais como o clorofórmio, têm sido identificados como substâncias cancerígenas, segundo dados do Instituto Nacional de Câncer dos EUA. De acordo com as normas e o padrão de potabilidade da água para o consumo humano vigentes no Brasil, a concentração máxima permitida de trihalometanos é de 100 mg. L⁻¹. (SANCHES *et al*, 2003, p. 9).

A partir dos estudos teóricos apresentados, foi possível verificar a importância da análise da cloração da água pelo método da DQO e do FDA. Este trabalho pretende indicar a necessidade da desinfecção de efluentes pensando que o descarte desta água e o manejo dela

deve ser segura para todos. De outro modo, este projeto indica a necessidade de estudar como o cloro atua sobre os micro-organismos e assim identificar a quantidade necessária para a desinfecção, uma vez que um dos seus subprodutos pode ser cancerígeno.

5. METODOLOGIA

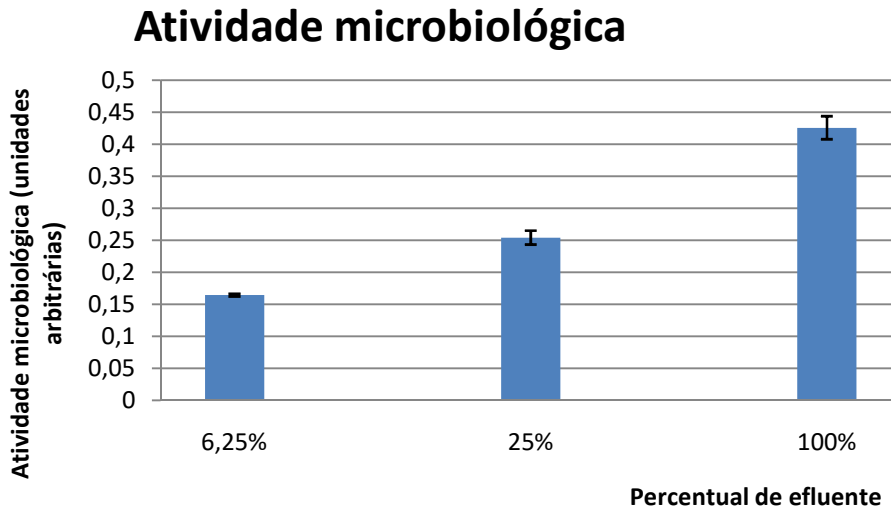
Para a realização deste projeto foi necessária a coleta de um efluente da suíno, localizado no Instituto Federal Catarinense - *Campus* Araquari. A amostra foi levada ao laboratório de química pertencente ao mesmo campus, realizado uma filtração para a separação de qualquer sólido com a amostra líquida e realizada sobre ela três diluições respectivamente de: 6,25%, 25% e 100%, sobre essas diluições foram realizadas triplicatas de cada uma. Em cada triplicata dos três pontos foram realizadas soluções contendo 3,5 mL da amostra diluída, 3,5 mL de uma solução tampão e 200 micro litros de FDA. Depois deste processo, tais amostras foram colocadas e deixadas por 1 hora em 37°C e após, centrifugadas. Por fim, as amostras foram avaliadas espectrofotometricamente em um comprimento de onda equivalente a 490 nm.

Após a avaliação de absorvância do FDA, foi realizado sobre as amostras o estudo de DQO. Os tubos foram previamente limpos com H₂SO₄ e, na capela, realizada a seguinte solução contendo 1,5 mL da solução digestão, 2,5 mL da amostra e 3,5 mL de ácido sulfúrico. Os tubos foram fechados e agitados, colocados no bloco digestor por 2 horas em 150°C. Os estudos sobre DQO e FDA envolveram o cloro para que o grupo de pesquisa pudesse controlar como este estava agindo sobre a solução, o cloro foi adicionado em 10 ppm em cada amostra e deixado por 40 minutos a 60 minutos, depois analisados da forma explicada anteriormente nos dois processos. Por fim, esses dois testes foram analisados numericamente e transpassados para gráficos que serão analisados nos resultados e discussões.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

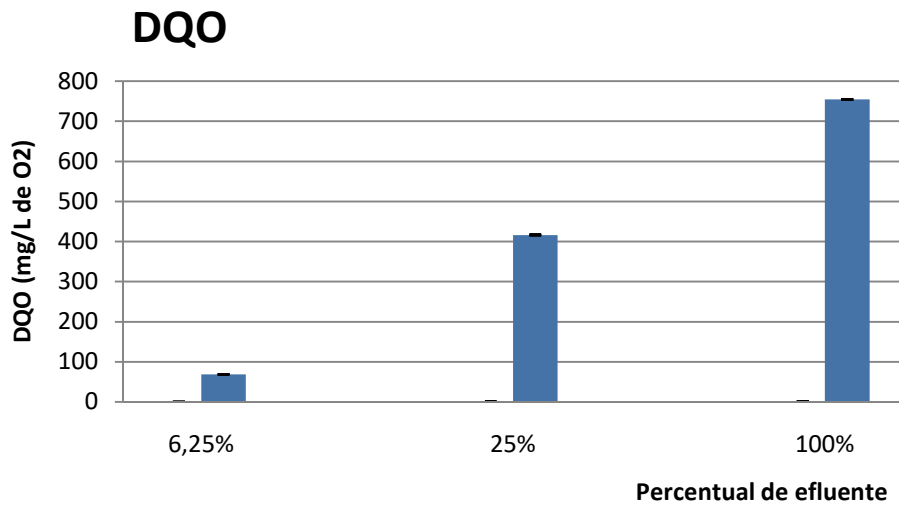
Após a execução de todas as análises com o efluente da suíno, obtivemos os seguintes dados:

Gráfico 01:



Ao relacionarmos a atividade microbiológica das amostras com seu grau de diluição, fica evidente que quanto mais diluída a solução estiver menos micro-organismos ela contém, o que se comprova quando comparamos a amostra que não sofreu diluição, ou seja, contém 100% do efluente, com a amostra que apresenta somente 6,25% do efluente. Esta comparação é importante para verificação da análise de hidrólise do FDA, segundo o conteúdo microbiológico da amostra. A atividade microbiológica pode estar diretamente ligada à quantidade de matéria orgânica na solução, já que os micro-organismos atuam diretamente na decomposição dessa matéria, sendo assim a quantidade de matéria orgânica segue a mesma proporção que a atividade microbiológica, conforme gráfico 2.

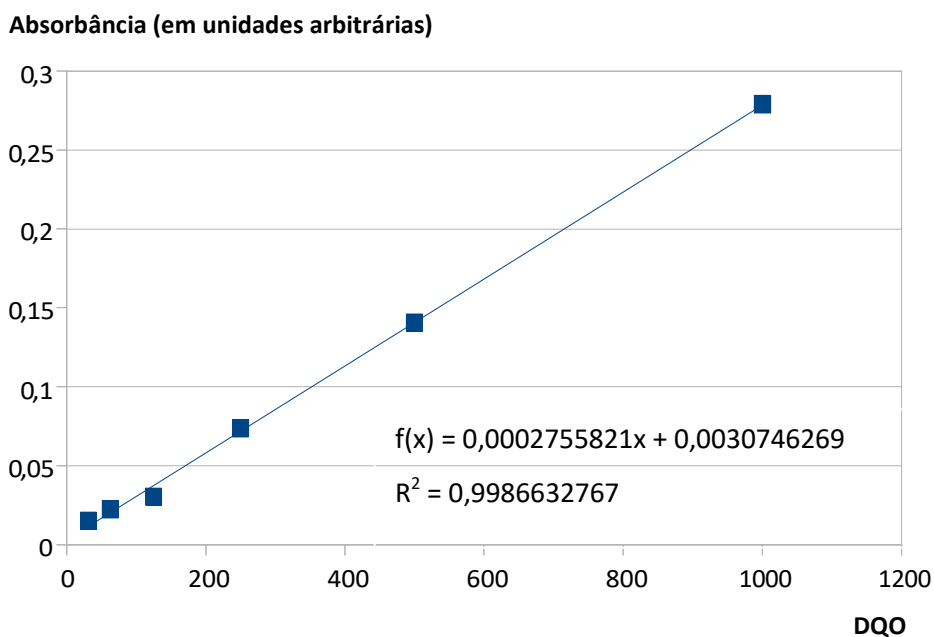
Gráfico 02:



A análise do gráfico permite evidenciar a relação entre a concentração de efluente e a demanda química de oxigênio. Quanto maior a quantidade de efluente - menor diluição - na solução maior será a quantidade de matéria orgânica e a atividade microbológica, necessitando de uma demanda maior de oxigênio na solução. A DQO foi mensurada a partir da curva de calibração, conforme o gráfico 3.

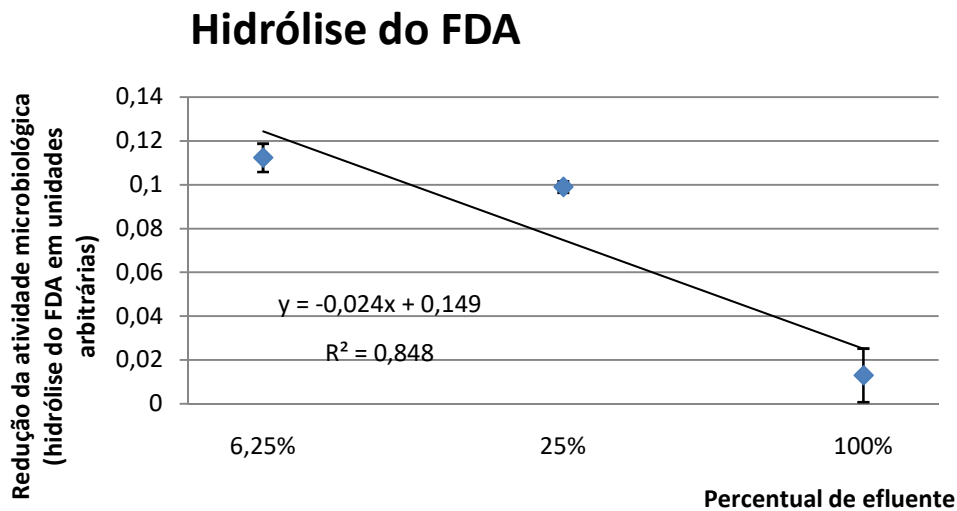
Gráfico 03:

Curva de Calibração



A eficiência da cloração em soluções com diferentes concentrações de matéria orgânica, principal proposta do estudo, é representada no gráfico.

Gráfico 04:



É esperado que a adição de cloro no efluente diminua a concentração de micro-organismos na solução, o que podemos observar que ocorreu e que a sua eficiência foi muito superior nas amostras que apresentavam um percentual de efluente menor, ou seja, estavam mais diluídas e com uma atividade microbiológica menor. Já na amostra que não sofreu diluição, a sua eficiência foi extremamente baixa e fora do esperado pelo senso comum, isso ocorre pelo alto percentual de matéria orgânica que as soluções apresentavam, o que dificultou a atuação do cloro no combate aos micro-organismos, pois eles se "escondem" no material orgânico do efluente. A partir desses dados e da linearidade da linha de tendência, chegamos à seguinte equação da reta:

$$y = -0,024x + 0,149 \quad R^2 = 0,848$$

A partir desta equação, pode-se fazer a predição da eficiência da cloração na concentração testada em efluentes com concentrações de matéria orgânica diversas.

7. CONCLUSÃO

A partir da utilização do método do FDA, foi possível a análise da atividade microbiológica nas amostras com diferentes percentuais de diluição do efluente que abastece a suinocultura, fazendo um paralelo com a quantidade de matéria orgânica presente nas soluções, já que essas duas variáveis estão diretamente ligadas e possuem uma proporcionalidade direta entre si. Complementamos esses resultados com a DQO nas amostras, constituindo um trio de fatores primordiais para a determinação da eficiência da cloração no efluente da suíno. Um alto valor de atividade microbiológica significa que a disponibilidade de matéria orgânica no meio é alta e que a demanda de oxigênio necessária para que essa decomposição seja efetuada também é elevada. Sendo assim, o parâmetro de FDA será alto e a DQO também.

Fica evidente a ineficiência da cloração em efluentes muito concentrados e com altos níveis de matéria orgânica, ocasionados pela capacidade de que uma alta densidade de micro-organismos pode criar uma barreira, impossibilitando a entrada do cloro e, portanto, fazendo com que o método seja restrito em algumas situações de combate a micro-organismos. Todavia, levando em consideração o tempo de contato que o grupo utilizou nas amostras, o cloro se mostrou muito eficiente para extermínio rápido.

Normalmente, o método de cloração é mais utilizado em águas de consumo para que não haja problemas de saúde na população consumidora e, sendo assim, o método de cloração em águas de efluentes, como as da suinocultura, não são interpretadas para uma desinfecção, mas é necessário pensar que em uma rede de abastecimento, como a estudada neste projeto, promove as possibilidades de contaminação do seres que os ocupam, além do mais deve haver o questionamento da quantidade de cloro a ser utilizada, pois, mesmo que o cloro seja de fato evidente, ainda assim ele não deve ser empregado sem valores específicos para o efluente que está sendo tratado, como vimos os micro-organismos criam barreiras e a cloração pode criar produtos cancerígenos. Outro fator a ser considerado, a contaminação por conta da falta de desinfecção em grande escala, o que poderia provocar uma perda dos animais, a contaminação humana e até problemas de saúde - que são evitados somente em águas de consumo direto. Mas, além disso o projeto se mostra como inovador por relacionar análises que se relacionam e indicam parâmetros essenciais para um bom tratamento, além de abordar o método de FDA, pouco usado em grande escala e que indicou bons resultados para este projeto.

Desse modo, conclui-se que, mesmo avaliando a ineficiência do cloro, é também importante avaliar as condições das águas em geral, mesmo quando não são de uso direto. Ficou evidente a necessidade de avaliar a quantidade necessária do desinfetante para o tipo de

efluente, uma vez que nem sempre ele atua 100%. Fora isso, através da equação da reta formada a partir do gráfico, pode-se trabalhar matematicamente nela para um aprimoramento que relacione o percentual de redução da atividade microbiológica (eixo y) com o percentual de concentração de atividade microbiológica (eixo x). Neste projeto, a redução da atividade microbiológica é baseada em 10 ppm de cloro, porém estudos futuros na área indicam a criação de uma equação geral para aplicação com diferentes concentrações de cloro para determinados tipos de efluente.

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20 ed, 1998.

ALQUINO et al. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (dco) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Nova Técnica**, Minas Gerais, v.11, n. 04, out/dez. 2006. Disponível em:

[https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6455/1/ARTIGO_AConsidera%
a3oesPr%a1ticasTeste.pdf](https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6455/1/ARTIGO_AConsidera%c3%a7%c3%a3oesPr%c3%a1ticasTeste.pdf). Acesso em: 17.out.2019.

DANIEL, A. L. PROSAB. Rede Cooperativa De Pesquisas. **Métodos Alternativos de Desinfecção da Água**. São Carlos, 2001.

GIOVANELA e BELIN. A UTILIZAÇÃO ESPECTROPIA DA FLUORESCÊNCIA NO ESTUDO DA MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA NAS ÁGUAS NATURAIS: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 03, out. 1996.

Disponível em:

http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n3/v19_n3_12.pdf. Acesso em: 02.out.2019.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.10, n.01, jan/mar. 1994. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1994000100011.

Acesso: 25.10.2019.

PAIXÃO et al. A CLORAÇÃO E A FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS. **Iniciação Científica Cesumar**, Maringá, v.16, n.2, jul/dez. 2014. Disponível em:

<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/icesumar/article/view/3649/2414>. Acesso em: 29.out. 2019.

PIANOWSKY e JANISSEK. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Sanare. Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v. 20, n.20, jul/dez. 2003. Disponível em: <http://sanepar.com.br/sanepar/sanare/v20/art01.pdf>. Acesso em: 05.out.2019.

SANCHES et al. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento da água. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 03, n.17, p. 8-9, mai. 2003.

SILVEIRA, A. R. **PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA MENSURAÇÃO DO POTENCIAL DE BIODEGRADAÇÃO INTRÍNSECA DE AMOSTRAS LÍQUIDAS INDUSTRIAIS/AMBIENTAIS**, Itajaí. 2010. Dissertação (Mestrado em

Ciência e Tecnologia). Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2010.

Tonon, D. **DESINFECÇÃO DE EFLUENTES SANITÁRIOS POR CLORAÇÃO VISANDO O USO NA AGRICULTURA**, Campinas. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, na Área de Concentração de Saneamento e Ambiente) - Setor de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

VALENTE et al. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Revista Eclética Química**, São Paulo, v.22, n.01. 1997. Disponível em: <http://revista.iq.unesp.br/ojs/index.php/ecletica/article/view/608/508>. Acesso em: 10.out.2019.