

Aplicação do *software* wrc stoat em estação de tratamento de águas residuárias de indústria de laticínios

Application of wrc stoat *software* in wastewater treatment plant of dairy industry

Karla Yumi Shingo

Acadêmica UTFPR– Londrina - Paraná

Rafael Montanhini Soares de Oliveira

Professor Doutor, UTFPR, Brasil
rafaeloliveira@utfpr.edu.br

Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi

Professora Doutoranda, UEL, Brasil
ibtmachado@gmail.com

RESUMO

Para melhor controle de sistemas de tratamento de águas residuárias são desenvolvidos vários softwares com a finalidade de modelar estes sistemas. Este trabalho visou a avaliação do comportamento de uma estação de tratamento de águas residuárias localizada no norte do estado do Paraná. Este sistema de tratamento é composto por um tanque de equalização, um flotador, um reator de lodos ativados e um decantador e foi analisado por meio da aplicação de dois parâmetros do efluente: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) no *software* WRc STOAT utilizando os modelos matemáticos ASAL1 e IAWQ#1, respectivamente. Depois das devidas configurações, os valores obtidos foram de 2,45mg/L para DBO sendo o valor real fornecido pela empresa foi de <3mg/L, e 3,84mg/L para DQO, com valor real fornecido pela empresa de <5mg/L. Por meio deste estudo, foi possível aplicar os modelos matemáticos no *software* de forma satisfatória, sem erros no processo e, assim como no sistema real, confirmando o atendimento a legislação CONAMA 430/2011 e CEMA 70/2009. Além disso, verificou-se a possibilidade de variar diversos parâmetros de entrada no *software* a fim de observar o comportamento dos sistemas de tratamento de águas residuárias.

PALAVRAS – CHAVE: simulação de ETAR, ASAL1, IAWQ #1, lodos ativados, indústria de laticínios.

ABSTRACT

For better control of wastewater treatment plants, several softwares are developed with the purpose of modeling treatment plants. This work aims to evaluate the behavior of a wastewater treatment plant of a dairy industry located in the north of the state of Paraná. This wastewater plant is composed of equalizing tank, a flotation tank, an activated sludge reactor and a settler and will be analyzed by the application of two sewage parameters: Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) in the WRc STOAT software using the ASAL1 and IAWQ#1 models, respectively. With the appropriate settings, the values were 2.45mg/L for BOD, with a real value of <3mg/L and 3.84mg/L for COD, with a real value of <5mg/L. By means of this study, it was possible to apply the mathematical models in software in a satisfactory way, without any process error and, as in the real system, confirming compliance with the CONAMA 430/2011 and CEMA 70/2009 legislation. In addition, it was verified the possibility of varying several input parameters in the software in order to observe the behavior of wastewater treatment systems.

Keywords: simulation of WTP, ASAL1, IAWQ #1, activated sludge, dairy industry.

RESUMEN

*Para un mejor control de sistemas de tratamiento de aguas residuales se desarrollan varios softwares con la finalidad de modelar estos sistemas. Este trabajo se centró en la evaluación del comportamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el norte del estado de Paraná. Este sistema de tratamiento está compuesto por un tanque de equalización, un flotador, un reactor de lodos activados y un decantador y fue analizado por medio de la aplicación de dos parámetros del efluente: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el *software* WRc STOAT utilizando los modelos matemáticos ASAL1 y IAWQ # 1, respectivamente. Los valores obtenidos fueron de 2,45mg / L para DBO, siendo el valor real proporcionado por la empresa fue de <3mg / L, y 3,84mg / L para DQO, con valor real proporcionado por la empresa de <5mg / L. Por medio de este estudio, fue posible aplicar los modelos matemáticos en el *software* de forma satisfactoria, sin errores en el proceso y, así como en el sistema real, confirmando la atención a la legislación CONAMA 430/2011 y CEMA 70/2009. Además, se verificó la posibilidad de variar diversos parámetros de entrada en el *software* para observar el comportamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.*

PALABRAS - CLAVE: simulación de ETAR, ASAL1, IAWQ # 1, lodos activados, industria láctea.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias consiste na estabilização do material orgânico e transformação das substâncias em moléculas mais simples e com menor teor energético (LEME, 2010).

As estações de tratamento de águas residuárias (ETAR) necessitam do devido controle e monitoramento dos parâmetros de qualidade a fim de tratar os efluentes de maneira satisfatória para atendimento a legislação ambiental, como a CONAMA 430/11, e CEMA 70/2009 no caso de indústrias.

Visto que para as indústrias é imprescindível que haja o planejamento e monitoramento dos efluentes gerados e lançados no meio ambiente, há necessidade de um controle maior dos sistemas de reatores para melhor cobertura de tratamento nas indústrias, maior entendimento e para manter a qualidade do efluente, atendendo aos padrões previstos em legislação, promovendo a operação e construção de estações mais eficientes. A partir dessa demanda iniciaram-se os estudos de modelagem destes processos de tratamento de esgotos.

Os modelos matemáticos utilizados para descrever o tratamento das águas residuárias dessa indústria de laticínios foram o modelo ASAL 1 e o IAWQ #1. Nesse projeto a ETAR foi modelada através dos dados obtidos das análises de rotina do ano de 2017 na própria indústria.

Através desses fatos, avalia-se que a modelagem da ETAR, temática desse estudo, pode ser de grande valia para uma verificação da atual situação operacional do sistema e um critério para tomada de futuras decisões acerca da estação.

Cada resultado obtido pela modelagem deve ser uma representação da realidade do comportamento do sistema em funcionamento para uma determinada situação. Sendo assim, por meio dos resultados é possível buscar a otimização da operação e a análise do projeto da estação (DEBIASI, 2012).

Dessa forma, este trabalho visou diminuir a carência de métodos de monitoramento por meio da análise do comportamento de um sistema de tratamento composto por um flotador por ar dissolvido, um tanque de aeração e um decantador secundário. Para essa avaliação utilizou-se o modelo ASAL1 para análise da remoção de DBO e o modelo IAWQ #1 para remoção de DQO.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A estação de tratamento de efluente industrial a ser estudada se localiza no Norte do estado do Paraná.

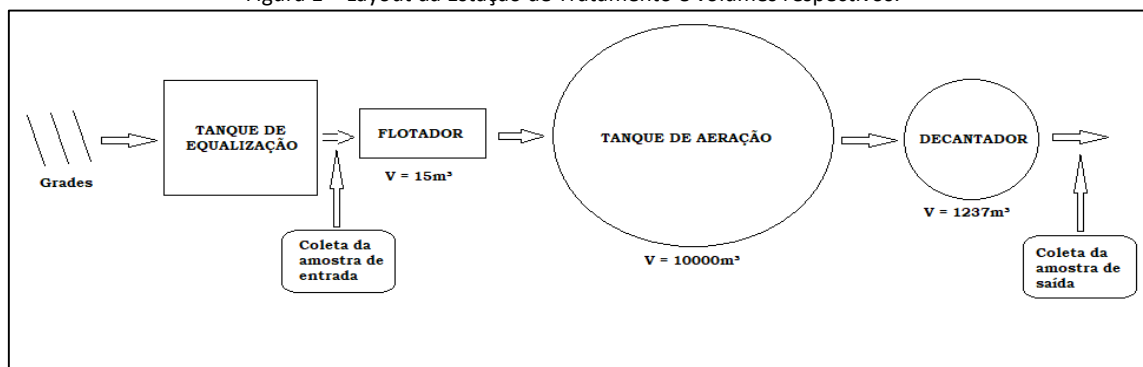
O efluente líquido inicial passa por grades a fim de reter resíduos maiores como plásticos e papéis melhorando o desempenho do tratamento e não danificar as próximas unidades de tratamento e depois por um tanque de equalização. O efluente passa então por remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica por meio de um flotador de ar dissolvido, constituindo tratamento físico químico. Como tratamento biológico, o efluente passa por um tanque de aeração seguido por um decantador (constituindo sistema de lodos ativados por aeração prolongada) e por últimas duas lagoas facultativas em série.

Como o software não dispõe de modelo para tratamento por meio de lagoas, o efluente foi analisado até a saída do decantador. Segundo a empresa as lagoas tem como função principal o resfriamento de águas quentes provenientes das caldeiras do que para tratamento, uma vez que na saída do decantador o efluente já sai satisfatoriamente tratado segundo as normas citadas.

O corpo receptor desse efluente tratado é de classe 2 (LONDRINA, 2015).

A figura 1 apresenta o layout simplificado da estação de tratamento de efluente industrial.

Figura 1 – Layout da Estação de Tratamento e volumes respectivos.



Fonte: Autoria própria.

Dados mais detalhados a respeito do sistema de tratamento são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Dados vazão e análises de DBO e DQO.

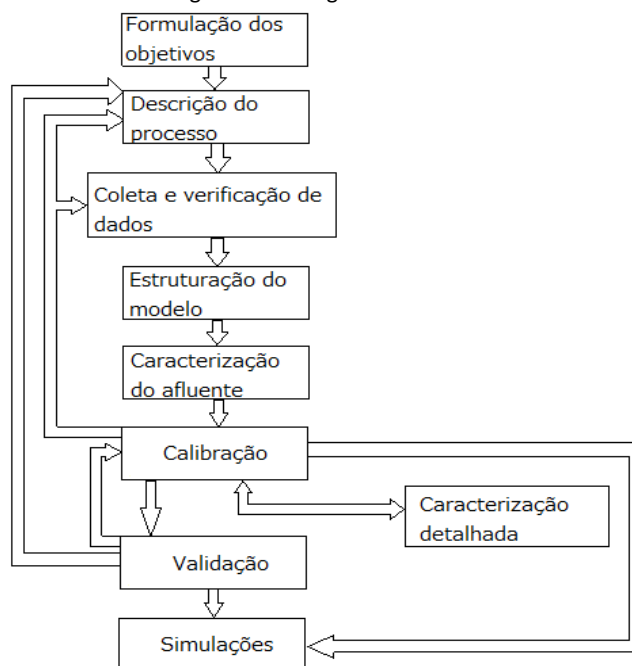
Dados	Valores
Vazão de entrada (m³/h)	56,0
DBO de entrada no flotador (mg/L)	1400,0
DBO de saída do flotador (mg/L)	181,00
DQO de entrada do flotador (mg/L)	2630,0
DQO de saída do flotador (mg/L)	273,00

Fonte: Autoria própria.

3. APLICAÇÃO DE MODELAGEM POR MEIO DO SOFTWARE STOAT

Este estudo seguirá a seguinte metodologia de modelagem da estação de tratamento. Esta estrutura está baseada, principalmente, nas recomendações de Hulsbeek et al. (2002) e Makinia (2009) representada na Figura 3, além de contribuições de outros autores.

Figura 3 - Estrutura da metodologia de modelagem do sistema de tratamento de efluentes.



Fonte: Adaptado de HULSBEEK et al. (2002).

O modelo matemático utilizado foi calibrado e validado e foram feitas simulações com o objetivo de analisar o comportamento da estação em outros dois cenários de estudo: maior vazão do afluente e aumento de vazão de recirculação para o tanque de aeração.

Marquot (2007) comenta a importância da consideração de que os resultados obtidos serão resultados de uma modelagem, podendo ser influenciados pelo processo de calibração ou até limitações do software ou de dados.

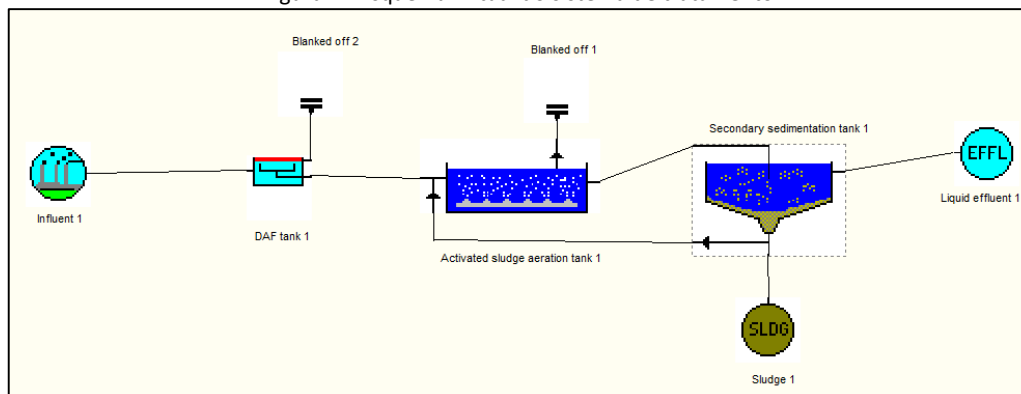
Os resultados devem ser interpretados cuidadosamente, como uma simples avaliação do sistema e de como o modelo pode produzir e prever informações.

Foram analisadas as seguintes variáveis ao longo do tratamento: demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e o impacto da variação de vazão no desempenho do tanque de aeração.

4 CALIBRAÇÃO

Primeiramente criou-se um novo trabalho no software STOAT adicionando-se as estruturas a serem analisadas e interligando-as por meio de *streams*. Foram adicionados então o afluente, o flotador de ar dissolvido (FAD) e sua saída de resíduos, o tanque de aeração e sua saída de lodo, o decantador secundário a saída de lodo e a recirculação de lodo e o efluente. Isso pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema virtual do sistema de tratamento.



Fonte: autoria própria.

O próximo passo foi verificar se todas as conexões estavam corretas e informar ao *software* as dimensões dos equipamentos e alguns parâmetros de funcionamento.

O modelo escolhido foi o industrial, sendo este o modelo utilizado na estação, com um volume de 15m³ e profundidade aproximada de 1,5m.

Nas configurações do tanque de aerção devem ser inseridos nome, modelo de processo, volume, número de estágios, números de reciclo de *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS).

Como não há descarte de lodo no sistema, foi selecionada a opção “nenhum” (Figura 9).

O modelo matemático ASAL1, segundo os desenvolvedores do *software*, é o modelo padrão para a modelagem de lodos ativados. Incorpora oxidação, nitrificação e desnitrificação, mas não considera a solubilização da DBO, assumindo que a DBO é hidrolisada rapidamente. Sendo o modelo mais simples entre os ASAL's, o ASAL1 foi escolhido para análise da DBO.

Terminados os ajustes preliminares, criou-se um *run* ou corrida com 20 dias de duração, que foi o tempo de detenção hidráulico total estimado pela empresa. O restante dos dados foi mantido como padrão do software são mantidos.

Dentro dessa corrida foi configurado o afluente do sistema com os dados fornecidos pela empresa. Primeiro foi realizado o teste para DBO, onde foram adicionados os valores de vazão de entrada e concentração de DBO, deixando outros valores no padrão, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Criação do Afluente.

Influent pattern [Default]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	Soluble BOD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
Mean:	56.000000	15.000000	1400.000000	0.000000	180.000000	60.000000	0.000000	0.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Fonte: autoria própria.

Assim, foi criado esse perfil com 480 horas de duração (20 dias). Para o modelo de perfil foi selecionado o senoidal, que permite que seja criada uma curva senoidal repetida de valores, ao longo das horas decorridas, podendo ser alterados fase, amplitude e frequência.

O próximo passo foi configurar cada equipamento dentro da corrida.

As condições iniciais do flotador foram mantidas no padrão do *software*, como indicado pelo manual, já que com tempo suficiente de execução o equilíbrio deve ser atingido.

Quanto a operação do flotador foram adicionados os valores de descarte de material e recirculação, sem nenhuma alteração posterior (Figura 6).

Figura 6 - Operação do flotador.

Operation data

		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Desludge rate (% of inflow):	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Recycle flow (% of full flow):	15.63	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Fonte: autoria própria.

Como dados de calibração do efluente, o *software* pede o tamanho dos flocos em microns (μm) e indica ainda uma faixa de 500 a 1000 μm como sendo típica. Sendo assim utilizou-se a média de 750 μm , sendo a média entre os valores mínimo e máximo propostos pelo *software*.

As configurações de distribuição de fluxo do tanque de aeração foram deixadas no padrão já que são calculados de acordo com o número de estágios do tanque.

Em relação ao reciclo de *MLSS*, foi adicionado o valor de recirculação de 120 m^3/h

Diferentemente das condições iniciais do flotador, para melhor calibração do processo, no caso do tanque de aeração foi adicionado a concentração de DBO de entrada no tanque, já que esse dado foi fornecido pela empresa e o restante dos dados foram mantidos no valor padrão.

As condições de calibração do processo e do efluente foram mantidas no padrão do *software*.

Os dados de operação do decantador dependem do descarte de lodo e da recirculação de parte dele para o tanque de aeração.

As condições iniciais, calibração do efluente e do processo foram deixados no padrão.

Nas mesmas condições do sistema foi feito uma simulação com a DQO também, porém utilizando o modelo IAWQ #1 para lodos ativados que, segundo os desenvolvedores do *software* é o modelo de lodos ativados padrão internacional baseado em DQO, sendo recomendado quando a DQO for o dado de entrada para as simulações.

Como pode ser visto na Figura 7, foi criado um novo perfil de afluente com foco na DQO.

Figura 7 - Afluente para simulação de DQO.

Influent pattern [afluente 06out 2]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble biodegradable COD	Soluble nondegradable COD	Particulate biodegradable COD	Particulate nondegradable COD	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)
Mean:	56.000000	15.000000	5.000000	2630.000000	0.000000	0.000000	0.000000	180.000000	60.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Close Save Save As Reset Help

Fonte: autoria própria.

As configurações do flotador e do decantador foram as mesmas do teste com DBO. Já as configurações do tanque de aeração foram feitas da mesma forma, porém, especificando a DQO de entrada no tanque de aeração.

Para o terceiro teste, utilizou-se a mesma base do teste para DBO, porém com vazão de $112\text{m}^3/\text{h}$ de entrada e para um quarto teste foi utilizado uma vazão de recirculação de $240\text{m}^3/\text{h}$ ao invés de $120\text{m}^3/\text{h}$.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A análise dos dados, que consistiu em modelar a DBO e a DQO no efluente da indústria de laticínios, resultou em dados bem próximos da realidade como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados Reais x Dados da Simulação.

	Concentração inicial (mg/L)	Concentração final real (mg/L)	Concentração final simulado (mg/L)
DBO	1400	<3	2,45
DQO	2630	<5	3,84

Fonte: autoria própria.

Considerando valores de 3mg/L e 5mg/L como sendo a pior hipótese, já que o valor real da análise é menor e por isso não foi detectado pelo método utilizado pela empresa, as discrepâncias foram de $0,55\text{mg/L}$ para DBO e de $1,16\text{mg/L}$ para DQO. Significando uma redução de 18% para DBO e 23% para DQO nos valores obtidos pelo *software* em relação a concentração final “real”.

O processo ao longo dos 20 dias pode ser observado na Figura 22, para a DBO e na Figura 23 para a DQO. Pode-se notar um comportamento sinusoidal em ambos, devido ao modelo de entrada do afluente no sistema, que foi configurado como sinusoidal, retratando maior realidade no processo, uma vez que a carga não é constante, dependendo muito dos produtos feitos no momento.

Vale ressaltar que o tempo no final do decantador não é de 20 dias, pois este tempo considera as lagoas ao final do sistema. Portanto, como mostram os gráficos, os valores de DBO e DQO ao final do decantador seria ainda menor.

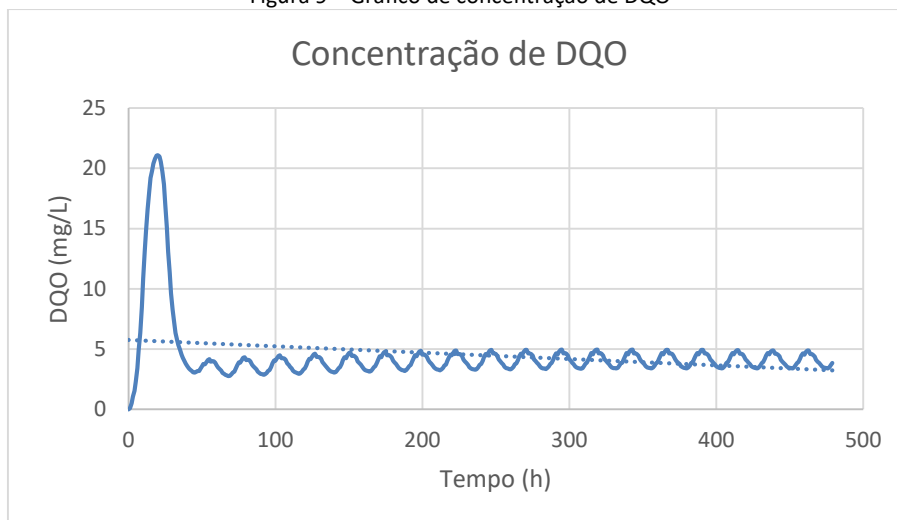
Nota-se um aumento nas últimas médias de DBO, o que pode ter ocorrido devido ao fato do modelo utilizado não prever descarte de lodo do tanque de aeração, causando acúmulo do mesmo, resultando na queda da redução geral do parâmetro com o passar do tempo.

Figura 8 – Gráfico de concentração de DBO



Fonte: autoria própria.

Figura 9 – Gráfico de concentração de DQO



Fonte: autoria própria.

Os picos nos dois gráficos ocorrem porque a primeira simulação considera que o sistema está começando do zero, então o sistema enche primeiro para depois começar o tratamento.

Como os dados obtidos nas simulações foram satisfatórios, não foi necessário calibrar nem adaptar os modelos utilizados. O único parâmetro que precisou de atenção foi a vazão de recirculação de lodo do decantador secundário para o tanque de aeração que, quando testado um valor muito alto, resultava em erro de simulação e o software fechava sem maiores detalhes sobre o erro.

No teste que foi feito dobrando a vazão de entrada, o *software* apresentou a mesma quantidade de DBO final obtida no teste com a vazão real do sistema. Isso pode ter acontecido devido ao volume do tanque de aeração que pode estar superestimado para a vazão atual de efluente produzido pela indústria.

Já no teste com dobro da vazão de recirculação de lodo o STOAT apresentou um erro e fechou quando foi clicado em “ok”. Uma causa provável seria a carga orgânica excessiva inserida no tanque de aeração com relação a seu volume.

Foi verificada melhor eficácia nas simulações quando foram analisados os parâmetros isoladamente, um em cada modelo mais adequado, como DBO no modelo ASAL1 e DQO no modelo IAWQ #1, criando um novo afluente para cada análise ao invés de criar um afluente só com todas as características.

Uma ferramenta útil durante o desenvolvimento do trabalho foi a descoberta da possibilidade de salvamento e envio de simulações de um computador para outro, via e-mail, através da compactação da pasta “database” localizada dentro da pasta de instalação do STOAT.

Neste trabalho foi constatado que a concentração de DBO no final do sistema provavelmente está dentro dos parâmetros estabelecidos pela CONAMA Nº 430/2011, sendo o máximo permitido de 120mg/L e pela CEMA 70/2009 com máximo de 50mg/L. Uma vez que o *software* considera apenas a DBO solúvel na simulação, o valor final de DBO também é apenas a DBO solúvel. O valor de 120mg/L que consta nas resoluções do CONAMA e CEMA considera a DBO total, ou seja, DBO solúvel somada a DBO particulada. Porém, sendo o valor final do *software* de 3mg/L, é muito provável que mesmo somando ao valor de DBO particulada, não ultrapasse 120 e 50mg/L, respectivamente.

Foram feitos outros dois trabalhos no Brasil a respeito deste *software* também pelas condições mais facilitadas de aquisição.

A monografia intitulada “Análise da aplicabilidade do *software* WRc STOAT em um sistema de tratamento de esgoto”, visou verificar a aplicabilidade do *software* na análise de um sistema de lodos ativados real e obteve valores próximos no parâmetro DBO, mas alegou a necessidade de mais testes devido a dificuldade na apropriação do *software*. A simulação para DBO, avaliando apenas o tanque de aeração no *software* resultou em um valor 151,3mg/L menor que o valor do sistema real utilizado como base, sendo o valor do *software* 62,7mg/L e do sistema real, de 214mg/L.

A autora ressalta que foram feitos vários testes anteriores tendo como entrada todos os dados disponíveis a respeito do efluente (DBO solúvel, amônia, sólidos voláteis sedimentáveis e não sedimentáveis, sólidos não-voláteis sedimentáveis e não sedimentáveis) e que isso teria gerado erros não detalhados pelo *software*, por isso foram realizados testes com menos alterações e verificando os equipamentos de forma isolada (Souza, 2016).

Segundo Leite (2016), o *software* se demonstra mais efetivo quando utilizados os valores padrões sem estimar valores, adaptando empiricamente os valores até a calibração.

A dissertação “Aplicação de modelagem dinâmica ASAL1 e ADM1 em estações de tratamento de esgotos por lodo ativado e reatores UASB” de Moraes (2018) objetivou testar o modelo ASAL1 para lodos ativados e ADM1 para Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) variando (Tempo de Detenção Hidráulico) TDH, vazão e concentração de poluentes. O sistema de lodos ativados utilizado foi o mesmo do trabalho de Souza (2016) e o sistema UASB estava localizado no município de Andará-PR em escala real e em operação.

Avaliando apenas a modelagem do sistema de lodos ativados, a fim de comparar o presente estudo, o autor configurou o afluente com dados de vazão, temperatura, pH, DBO, DQO, sólidos voláteis, sólidos não voláteis, amônia e oxigênio dissolvido, deixando os outros parâmetros como padrão. O autor repetiu o valor de DBO no campo DQO e justificou a decisão no fato de que existe outro modelo (IAWQ #1) para análise da DQO.

O valor de DBO total simulado foi de 59mg/L, próximo aos valores médios de 67mg/L resultantes do monitoramento do sistema piloto real. Porém os valores para sólidos suspensos tiveram discrepância de 30mg/L para menos em relação ao sistema real e as concentrações de amônia e nitrato resultaram em valores 15 e 5mg/L acima dos valores reais, respectivamente. O estudo ainda frisou que o *software* possui muitos parâmetros limitados que podem ser avaliados devido aos modelos matemáticos utilizados (MORAIS, 2018).

O artigo “Dynamic simulation of activated sludge based wastewater treatment processes: Case studies with Titagarh Sewage Treatment Plant, India” por Sarkar et al. (2010) objetivou, na sua primeira parte, utilizar o *software* STOAT para simular o tratamento de esgoto real da cidade de Titagarh, na Índia e validar a simulação com os dados reais (temperatura, DQO solúvel e particulada, sólidos voláteis e não voláteis, amônia, nitratos, nitrogênio solúvel e fósforo solúvel) da análise do efluente da estação. O sistema real é formado por um sistema de lodos ativados com um tanque de aeração com dois estágios e um decantador secundário e foi testado com os modelos IAWQ #1 para o tanque de aeração (os modelos ASAL não suportam a modelagem de afluentes com fósforo em sua composição) e o modelo Tacacs para o decantador secundário.

Na segunda parte, os autores sugeriram outros 4 sistemas de tratamentos para o mesmo afluente: por processo Bardenpho, processo Bardenpho modificado com zona aeróbica dividida em 3 partes, um sistema formado pelo processo Bardenpho com pré separação entre uma zona puramente autotrófica a fim de diminuir o aumento posterior de amônia e um último sistema da mesma forma que o anterior, porém, com dois processos Bardenpho em paralelo. Com a simulação dessas 4 hipóteses, os autores encontraram como a melhor alternativa ao tratamento atual, o último teste (SARKAR et al., 2010).

O estudo foi o primeiro a validar o uso do *software* em um local de clima tropical, uma vez que ele foi desenvolvido para o clima do Reino Unido. Com base neste estudo, percebe-se a viabilidade de utilizar o *software* e os modelos citados para o clima subtropical também.

6 CONCLUSÕES

Com este estudo foi possível verificar a viabilidade da utilização dos modelos ASAL1 e IAWQ #1 na modelagem do sistema de lodos ativados estudado, por meio da obtenção de valores finais dos parâmetros DBO e DQO satisfatórios.

Sugere-se, contudo, para estudos brasileiros, a análise de sistemas de lodos ativados com mais parâmetros a fim de observar a interação entre eles e verificar a eficácia do *software* nesse contexto, além de estudar os modelos a fundo de forma a utilizar com propriedade os parâmetros pedidos pelo *software*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, **Resolução CONAMA nº430**, de 13 de maio de 2011. Condições e padrões de lançamentos de efluentes. Publicado no D.O.U.

BRIÃO, V. B. **Estudo de Prevenção à Poluição de Resíduos Líquidos em uma Indústria de Laticínios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2000.

CETESB. **Guia Técnico Ambiental de Produtos Lácteos** – Série P + L. 2006.

DEBIASI, Ronaldo. **Aplicação do Modelo ASM1 em uma ETE de Lodos Ativados**. 2012. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GERNAEY K. V., LOOSDRECHT M. C. M., HENZE M., LIND M., JØRGENSEN S. B. **Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art** Environmental Modelling & Software, v.19, 763–783, 2004.

HULSBEEK, J.J.W., KRUIT, J., ROELEVELD, P.J., VAN LOOSDRECHT, M.C.M. A practical protocol for dynamic modelling of activated sludge systems. **Water Science Technology**, v.45, n. 6, 127–136, 2002.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG. **Clima – Estado do Paraná**. Disponível em: <www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2017.

IWA PUBLISHING. **Activated Sludge Process**. Disponível em: <<https://www.iwapublishing.com/news/activated-sludge-process>>. Acesso em: 21 set 2018.

LACERDA, R. S., MARQUES, S.F.S, BRANDÃO, C.C.S. (1998). **A influência do pH de coagulação e do tempo de floculação na flotação por ar dissolvido de águas de baixa turbidez e com presença de algas**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

LEITE, Laís Daleffe. **Simulação de um Sistema de Tratamento de Águas Residuais de Lamas Ativadas**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2016

LEME, Edson José de Arruda. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

LONDRINA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR**. Renovação do PMSB – 2015.

MAGANHA, M. F. B. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos**. São Paulo. CETESB, 2006; p. 95. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2018.

MAKINIA, J. **Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems**. IWA Publishing, London, UK, 2009, 387 p.

MARQUOT A. **Modelling nitrogen removal by activated sludge on fullscale plants: Calibration and evaluation of ASM1**. 2006. 307p. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e suas Aplicações - Cemagref de Bordeaux REBX – UPPA).

MORAIS, Thiago A. **Aplicação de modelagem dinâmica ASAL1 e ADM1 em estações de tratamento de esgotos por lodo ativado e reatores UASB**. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovações Tecnológicas) – Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

PARANÁ, **Resolução CEMA nº70**, de 11 de agosto de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para Empreendimentos Industriais.

SARKAR, Ujjaini; DASGUPTA, Dwaipayan; BHATTACHARYA, Trina; PAL Sandip; CHAKROBORTY, Tamaghna. Dynamic simulation of activated sludge based wastewater treatment processes: Case studies with Titagarh Sewage Treatment Plant, India. **Desalination**. v. 252, p. 120-126, 2010.

SILVA, D. J. P., **Resíduos na Indústria de Laticínios**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos, 20 p. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

SOUZA, Thais Padilha de. **Análise da aplicabilidade do software WRc STOAT em um sistema de tratamento de esgoto.** 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

Stokes, A. J.; Forster, C. F.; West, J. R. e Davies, W. J. Stomat and the Oxygen Requirements of an Activated Sludge Plant, **Environmental Technology**, 1223-1231, 2010.

VON SPERLING, Marcos von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.