



MARIA CECÍLIA VIEIRA TOTTI

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DE BOVINOCULTURA LEITEIRA
COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

INCONFIDENTES - MG

2017

MARIA CECÍLIA VIEIRA TOTTI

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DE BOVINOCULTURA LEITEIRA
COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do Curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, para obtenção do Título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof^ª. Dr. Gustavo Mackaitis

INCONFIDENTES - MG

2017

MARIA CECÍLIA VIEIRA TOTTI

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DE BOVINOCULTURA LEITEIRA
COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Data de aprovação: ____/____/2017

Orientador: Profº. Dr. Gustavo Mockaitis
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

Profº. Dr. Edu Max da Silva
IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*

Profº. Esp. Natalia Miranda Goulart
Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI

*“Força redenção e amor. Isso por direito,
Para o resto dá-se um jeito!”
(A banda mais bonita da cidade)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, provedor de todas as coisas;

Aos meus orientadores Gustavo Mockaitis e Edu Max, com paciência me ajudaram a escolher os rumos certos a serem tomados no meu trabalho.

À Natalia Goulart, minha mais que professora, amiga pessoal que ao seu modo ainda nova na área fez das tripas coração para que esse sonho fosse possível, me ajudando em tudo da melhor maneira possível.

Ao IFSULDEMINAS- Campus Inconfidentes e a todos os professores, incluindo Thais Aparecida, Luciana Colleta fizeram parte desta trajetória e contribuíram infinitamente para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus pais, Gilda Vieira e Pedro Totti, sempre estiveram ao meu lado, dando apoio e puxando minha orelha quando necessário, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus irmãos Alexandre e Pedro Henrique Totti, mesmo de longe não deixaram de me incentivar em nenhum momento, que me ouviram e me aconselharam quando precisei.

Aos meus padrinhos Elizabeth e Edmar, com tanta boa vontade me ajudaram e fizeram o meu sonho de graduação ser possível.

Ao Marcelo Felipe, não deixou de me colocar para cima e colocar um sorriso no meu rosto em todos os meus momentos de tristeza e desafios, e mesmo não sendo da minha área de estudo botou a mão na massa para me ajudar sem se hesitar.

A todos os meus familiares, incluindo meus padrinhos Celia e Miguel, sempre me deram força e me ajudaram a seguir em frente.

Aos meus amigos que posso considerar como minha “família de Inconfidentes” Joany, Gabriela, Milena, Thais, Alane, Natalia, José Augusto e Henrique, que foram meus companheiros de casa ou das batalhas diárias que enfrentamos, incluindo as palhaçadas, micos e bagunças. Amo vocês!

A Izabela, e a todo o pessoal do laboratório de saneamento da FEAGRI – UNICAMP, que com muito carinho e dedicação me ensinou e ajudou a fazer as análises que foram realizadas

Aos servidores do IFSULDEMINAS- Campus Inconfidentes, não mediram esforços para me ajudarem em tudo o que eu precisei.

RESUMO

As águas residuárias são um dos grandes problemas ambientais da atualidade, quando não tratada, principalmente a originária da bovinocultura. A mesma pode causar grandes danos aos cursos d'água, afetando toda sua característica natural. Assim, ocasionando desequilíbrios irreversíveis a este recurso natural de suma importância para a vida em nosso planeta. Existem vários tipos de tratamentos de águas residuais, cada um deles apresenta seu próprio índice de eficácia. Este estudo tem o objetivo de avaliar a eficiência das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* e *Pistia stratiotes* no tratamento do efluente proveniente da lavagem das instalações do setor bovinocultura de leite da Fazenda Escola do IFSULDEMINAS campus Inconfidentes-MG. O trabalho foi conduzido no município de Inconfidentes-MG e para isto, foram utilizadas as macrófitas *S. molesta* e *P. stratiotes*. As mesmas foram aclimatadas durante um período de dois meses em efluente simulado. Os recipientes foram colocados em duas fileiras em triplicatas, uma fileira com a macrófita *Salvinia molesta* (T1, com repetições a, b e c) e outra com a *Pistia stratiotes* (T2, com repetições a, b e c) com 30 litros do efluente simulado em cada. Durante um período de 18 dias foram avaliados: Biomassa, pH, Turbidez e Cor a cada dois dias e Serie Sólidos, DQO e Nitrogênio Total inicial e final. Como resultados, o estudo mostra que ambos os métodos são eficientes na remoção de nutrientes do efluente de bovinocultura, chegando a remoção de 65% do parâmetro DQO, no tratamento feito com a macrófita *Pistia stratiotes* e produção média de biomassa de 87,7g/m²/dia, também no tratamento feito com a *P. stratiotes*. Os experimentos mostram que houve o crescimento de macrófitas e diminuição da matéria orgânica. Assim, devem ser mais amplamente explorados para o tratamento de águas residuais.

Palavras – chave: qualidade da água, macrófitas aquáticas, efluente, bovinocultura, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*.

ABSTRACT

Wastewater is one of the major environmental problems of the nowadays, when untreated, especially that originating from bovine farming. It can cause severe damages to the waterways, affecting all its natural characteristic. Thus, causing irreversible imbalances to this natural resource of fundamental importance for life on our planet. There are several types of wastewater treatments, each of which has its own effectiveness index. The objective of this study is to evaluate the efficiency of the aquatic macrophyte species *Salvinia Molesta* and *Pistia Stratiotes* in the treatment of the effluent from the washing of the facilities of the dairy cattle sector of the Farm School at IFSULDEMINAS in Inconfidentes Campus. The work was developed in the municipality of Inconfidentes-MG and for the study, they were used the macrophytes *S. molesta* and *P. stratiotes*. They were acclimatized over a period of two months in simulated effluent environment. The containers were placed in two rows in triplicates. One row with the macrophyte *Salvinia molesta* (T1, with replicates a, b and c). Another row with *Pistia stratiotes* (T2, with replicates a, b and c). Both with 30 liters of the simulated effluent each. During a period of 18 days, they were evaluated: Biomass, pH, Turbidity and Color every two days and Solid Series, COD and Initial and Final Total Nitrogen. As a result, the study shows that both methods are efficient in the removal of nutrients from the bovine effluent, reaching the removal of 65% of the COD parameter, in the treatment with the macrophyte *Pistia stratiotes* and average biomass production of $87.7\text{g} / \text{m}^2 / \text{day}$. The experiments show that there was macrophyte growth and organic matter decrease. Thus, they should be more widely exploited for wastewater treatment.

Key-words: Water quality, aquatic macrophytes, effluent, bovine farming, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1 ÁREA DE ESTUDO	12
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	13
3.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	15
3.4 ANÁLISES	16
3.3.1 pH.....	16
3.3.2 Turbidez.....	17
3.3.3 Cor	18
3.3.4 Serie sólidos.....	19
3.3.4.1 Método Gravimétrico.....	19
3.3.4.2 Determinação dos sólidos totais (ST)	20
3.3.4.3 Determinação de sólidos totais fixos e voláteis (STF e STV)	21
3.3.4.4 Determinação de sólidos dissolvidos totais, fixos e voláteis (SDT, SDF, e SDV)...	21
3.3.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO) – Método espectrofotométrico.....	21
3.3.45.1 Determinação da concentração de DQO FRAÇÃO TOTAL	23
3.3.6 Nitrogênio Total kjeldahl	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 Caracterização do efluente inicial	25
4.2 Avaliação do tratamento	26
4.2.1 Produção de biomassa.....	26
4.2.2 Turbidez.....	27
4.2.3 pH.....	28
4.2.3 Cor	29
4.2.4 Demanda Química de nitrogênio (DQO).....	29
4.2.5 Série Sólidos	30
4.2.6 Sólidos Totais (ST)	31
4.2.7 Sólidos Totais fixos (STF)	31
4.2.7 Sólidos totais voláteis (STV)	31

4.2.8 Sólidos Totais Suspensos (SST)	32
4.2.9 Sólidos Suspensos Fixos (SSF)	32
4.2.10 Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	33
4.2.11 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	33
4.2.12 Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF).....	33
4.2.13 Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV)	33
4.2.14 Nitrogênio Total (NTK).....	34
5. CONCLUSÃO	35
6. RECOMENDAÇÃO	37
7. REFERÊNCIAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

A grande quantidade de matéria orgânica contida nos resíduos oriundos da produção leiteira, quando lançada em um corpo d'água limpo podem provocar alterações físicas, químicas e biológicas nos mananciais, assim, ocorrer a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido, pelo aporte de matéria orgânica no meio hídrico. Além disso, a presença de nutrientes nesses resíduos, principalmente nitrogênio e fósforo, acelera o crescimento de algas e consequente eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas. Como consequência, a disposição inadequada de tais efluentes oferece risco ao meio ambiente, à saúde pública e ao abastecimento.

Como alternativa para o tratamento da água residuária das instalações de bovinocultura de leite, o sistema de leitos cultivados e lagoas anaeróbias é uma alternativa interessante, na qual a matéria orgânica é degradada por processos microbianos anaeróbios, bem como na sedimentação e filtração de partículas de matéria orgânica presente no efluente em questão.

Os leitos cultivados são baseados nos alagados, nas várzeas naturais. Estes agem como filtros biológicos, os responsáveis pela remoção de poluentes são os mecanismos físico-químicos e reações de degradação biológica, e na absorção de nutrientes pela macrófita. É um tratamento natural, que tem capacidade de deixar a água residuária proveniente da produção de leite em condições de ser despejada em corpos d'água ou de reuso, de modo a evitar a eutrofização de rios, lagos e açudes. Estas alternativas também são interessantes pois podem ser de fácil acesso para pequenos, médios e grandes produtores rurais.

As lagoas anaeróbias consistem em uma técnica de intensificação de tratamentos naturais de resíduos líquidos em condições anaeróbias. Esta condição é alcançada através do lançamento de grande quantidade de matéria orgânica por unidade de volume da lagoa, faz com

que a velocidade de consumo de oxigênio, que fica dissolvida no meio aquoso, seja várias vezes superior à taxa de produção. No balanço de oxigênio, a produção pela fotossíntese e pela reaeração atmosférica são, neste caso, desprezíveis. As lagoas anaeróbias têm sido utilizadas para tratamento de esgotos domésticos, de confinamentos de animais e despejos industriais que sejam predominantemente orgânicos, com grande quantidade de matéria orgânica, como matadouros, laticínios, bebidas e confinamentos.

As macrófitas usadas neste tipo de tratamento são plantas aquáticas flutuantes, ótimas absorvedoras de matéria orgânica dissolvida, que crescem conforme a sua disponibilidade. São também inibidoras do crescimento de algas, visto que são boas competidoras de nutrientes. A técnica tem sido muito utilizada no tratamento de água residuária *in natura*, como a da bovinocultura, que é potencial contaminante de cursos d'água quando lançado de maneira incorreta nos mesmos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* e *Pistia stratiotes* para o tratamento de efluente simulado que representa a água residuária proveniente da lavagem da sala de ordenha do setor bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, em um tratamento baseado em lagoa anaeróbia com macrófitas aquáticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A preocupação com a água, hoje, adquire complexidade, na medida em que a questão abrange aspectos ambientais, econômicos, políticos e sociais, envolvidos na questão pública. A degradação ambiental afeta a qualidade dos cursos d'água, decorrentes do acelerado e desorganizado desenvolvimento industrial, dos indicadores de abrangência da cobertura do saneamento básico do país (tratamento e disposição dos resíduos sólidos), são fatores que afetam um quadro dramático da situação atual do país (PEREIRA, 2006).

Segundo Merten (2002) o comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento doméstico é decorrente de poluição causada por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola. Os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais.

Conforme Almeida, (2015) o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução 357/05 define que as fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização. Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas do seu enquadramento.

Segundo Nass (2013) é comum confundir contaminação com sujeira. Uma água barrenta, de coloração acentuada, malcheirosa ou espumante é considerada impura ou nociva, por estar "suja". Entretanto, muitas vezes, trata-se de uma água que não faz mal à saúde. Já uma água realmente contaminada por germes patogênicos, mas inodora e de aparência límpida, não é rejeitada. Trata-se de um equívoco perigoso. Deixar de beber a água suja não traz nenhum risco. Pelo contrário, é uma atitude prudente. Já consumir a água que parece potável pode trazer graves consequências à saúde.

De acordo com Merten, (2002), a poluição causada pela agricultura pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual refere-se, por exemplo, à contaminação causada pela criação de animais em sistemas de confinamento, onde grandes quantidades de dejetos são produzidas e lançadas diretamente no ambiente ou aplicados nas lavouras. Já a poluição difusa é aquela causada principalmente pelo deflúvio superficial, a lixiviação e o fluxo de macropóros que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo como a infiltração e a porosidade. Assim, solos mais arenosos teriam o processo de lixiviação e fluxo de macropóros favorecidos. Já em situações onde os solos são manejados de forma incorreta (preparo excessivo do solo, associado ao insuficiente aporte de biomassa), poderá ocorrer a degradação de sua estrutura, favorecendo, então, o deflúvio superficial.

Os impactos ambientais da poluição de origem agrícola são os mais diversos. Menos visíveis que os efeitos locais, as implicações de longo alcance das atividades agrícolas têm se tornado cada vez mais importantes (Martini et al., 2001).

De acordo com Almeida et al., (2015) pesquisas realizadas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) apresentam uma taxa de crescimento anual de 1,9% na produção de leite, o que corresponderá a 41,3 bilhões de litros de leite cru no final de 2023. Regionalmente, verificou-se que o Sudeste foi responsável por 41% da aquisição nacional de leite, o Sul por 33,8% e o Centro-Oeste por 14,4% no 2º trimestre de 2014, fato que demonstra potencial de crescimento na região Sudeste (IBGE, 2014). A crescente produção de leite no Brasil demonstra a necessidade de maiores cuidados em relação ao efluente gerado pela criação de gado leiteiro.

Os efluentes gerados nas instalações de bovinocultura leiteira, quando mal gerenciados, originam impactos ambientais significativos, necessitando da implantação de alternativas tecnológicas com vistas à manutenção da qualidade dos cursos d'água (Pelissari et al., 2013).

A quantidade total de efluentes orgânicos produzidos por confinamentos de vacas leiteiras varia de 9,0% a 12,0% do peso vivo do rebanho por dia, e depende, também, do volume de água utilizado na limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção (CAMPOS et al., 2002).

Os efluentes provenientes das atividades de bovinocultura leiteira são compostos principalmente, por urina, esterco dos animais, detergentes provenientes da limpeza, resíduos de leite, águas de lavagem, células mortas e muco dos animais (HEALY, *et al.*, 2007;

SCHAFFASMA, *et al.*, 2000). Esses efluentes possuem altas concentrações de matéria orgânica carbonácea e, em especial, nutrientes, como nitrogênio e fósforo que são os principais causadores de impactos ambientais como a eutrofização. Essa situação agrava-se, sobretudo, em áreas relativamente pequenas, onde a disponibilidade de espaço é limitada e concentra-se uma grande quantidade de animais no local, como é o caso da sala de ordenha que recebe fluxo constante de bovinos (Pelissari et al., 2013).

Segundo Martini et al., (2001), duas causas concorrem para decréscimo nas características sensoriais: transporte de materiais suspensos/dissolvidos e enriquecimento das águas com nutrientes. No primeiro caso, afetam-se as propriedades turbidez e cor da água; no segundo, estimula-se a eutrofização acelerada, com significativos efeitos estéticos e de composição biológicaquímica do meio hídrico, como aumento na população de plantas aquáticas, depleção do oxigênio dissolvido na água, variabilidade no pH, efeitos na cadeia alimentar e na qualidade de espécies de plantas. As consequências do aumento da população de fitoplâncton pode ser o decréscimo da limpidez da água, acúmulo de substâncias não-oxidadas, anaerobiose, liberação de substâncias tóxicas aos peixes, odores desagradáveis, crescimento expressivo de macrófitas, entre outras.

Para Sperling (1998), os efluentes orgânicos oriundos de sistemas de produção leiteira confinada, quando lançados num corpo receptor, provocam alterações físicas e químicas nos mananciais, oferecem riscos à saúde pública e ao abastecimento, porque podem estar presentes na água potável elementos patogênicos e/ou tóxicos.

Outra grave consequência é a maior demanda de oxigênio no meio aquático provocada pela estabilização da matéria orgânica, que resulta na formação de pequenas quantidades de sais minerais dissolvidos na água, principalmente nitrogênio e fósforo, cuja presença leva ao desenvolvimento excessivo de algas e consequente eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (SPERLING, 1998).

Segundo Silva & Roston (2010) a produção intensiva na pecuária enfrenta grandes desafios para estabelecer o equilíbrio das estreitas relações que existem entre a produção intensiva, a saúde animal e a sustentabilidade ambiental. O tratamento de efluentes oriundos de confinamentos de animais domésticos, como forma de adequá-los a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente, está associado aos conceitos do nível e da eficiência do tratamento.

Segundo Costa, Luchesi e Fries (2010) uma alternativa é a utilização de plantas aquáticas. Entre as vantagens desse tipo de sistema biológico de tratamento, com macrófitas, destaca-se a alta eficiência e o baixo investimento.

Macrófitas são plantas aquáticas vasculares que apresentam partes do seu corpo submersas em água ou flutuantes em sua superfície (Más et al. 2008)

As macrófitas aquáticas colonizam, em diferentes graus, a maioria dos ecossistemas aquáticos lóticos e lênticos. Sua importância ecológica tem sido enfatizada por vários pesquisadores e está relacionada basicamente ao aumento da heterogeneidade espacial, que propicia a criação de habitats para macro invertebrados (Esteves e Camargo, 1986) citado por Thomaz, 2002).

Gaudet (1974), citado por Más et al (2008) incluiu entre as ações e funções desempenhadas pelas macrófitas nos complexos aquáticos: a estabilização de sedimentos; a produção primária e a de detritos; a absorção, a acumulação e a liberação de nutrientes (por morte ou excreção); a interferência com fitoplâncton e com outras macrófitas através do sombreamento e da competição por nutrientes; a diversificação de habitats, servindo inclusive de substrato para o perifíton e de refúgio e nidificação para animais aquáticos e terrestres, constituindo fonte de alimentos a peixes, aves e mamíferos.

A distribuição das macrófitas aquáticas e a formação de densas populações ou comunidades em lagos dependem de deposição de sedimentos e da ação das ondas, sendo que a distribuição da vegetação submersa está ainda associada à temperatura, ao tipo de substrato, à pressão e à luz (SPENCE, 1982; BEYRUTH,1992; FEILER *et al.*, 2006).

Por necessitarem de altas concentrações de nutrientes para seu desenvolvimento, as macrófitas aquáticas são utilizadas com sucesso na recuperação de rios e lagos poluídos, pois suas raízes podem absorver grandes quantidades de substâncias tóxicas, além de formarem uma densa rede capaz de reter as mais finas partículas em suspensão (JUNIOR et al., 2010).

As macrófitas aquáticas desempenham importante função na manutenção e equilíbrio dos ambientes aquáticos (RODELLA et al. 2006), contribuindo em transformações físicas, químicas e nos processos microbiológicos de remoção dos nutrientes, (SIPAÚBA-TAVARES; BARROS; BRAGA, 2003), sendo estes também armazenados em forma de vacúolos de reserva (ZANIBONIFILHO, 1997). O processo reduz parcialmente a carga de metabólicos proveniente do cultivo de organismos aquáticos, melhorando substancialmente a qualidade da água (SIPAÚBA-TAVARES; FAVERO; BRAGA, 2002 citados por Gentelini et al.,2008).

Apesar da inegável importância, o levantamento da ocorrência de espécies de plantas aquáticas ainda é um grande desafio, pois elas são de grupos bastante distintos (emersas, flutuantes, submersas) e ocorrem em ampla variação de ambientes (Más et al , 2008).

BRIX e SCHIERUP, (1989), salientam que os alagados artificiais podem ser classificados de acordo com o grupo ecológico da macrófita aquática predominante (Figura 1).

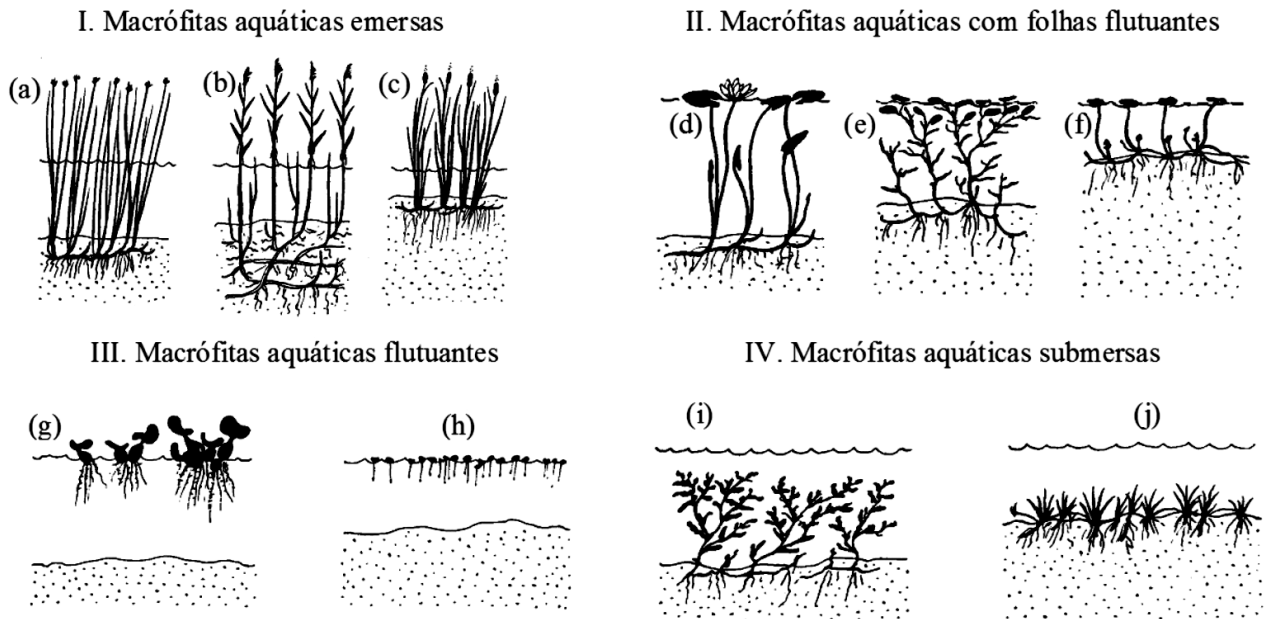


Figura 1: Tipos ecológicos de macrófitas aquáticas utilizadas em alagados artificiais. (a) *Scirpus lacustris*, (b) *Phragmites australis*, (c) *Typha latifolia*, (d) *Nymphaea alba*, (e) *Potamogeton gramineus*, (f) *Hydrocotyle vulgaris*, (g) *Eichhornia crassipes*, (h) *Lemna*.

Fonte: Brix e Schierup, (1989),

De acordo com Guntenspergen et al. (1989) as espécies mais utilizadas para tratamento de efluentes são as flutuantes, emersas e submersas (Tabela 1).

Tabela 1. Principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas no tratamento de efluentes.

Flutuantes	Emersas	Submersas
<i>Elchornia crassipes</i>	<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Egeria densa</i>
<i>Azolla caroliniana</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Typha domingensis</i>	<i>Elodea nuttallii</i>
<i>Lemna minor</i>	<i>Typha latifolia</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>
<i>Lagorsiphon major</i>	<i>Typha orientalis</i>	
<i>Salvinia rotundifolia</i>	<i>Canana flaccida</i>	
<i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Gyneria máxima</i>	
<i>Wolffia arrhiza</i>	<i>Eleocharis sphacelata</i>	
<i>Hydrocotyle umbellata</i>	<i>Íris pseudacorus</i>	
<i>Lemna gibba</i>	<i>Colocasia esculenta</i>	

Fonte: GUNTENSPERGEN *et al.* (1989).

Conforme Silva & Roston (2010) o Brasil é um dos países que oferecem excelentes condições climáticas e ambientais para a implantação de sistema no qual se incluem as lagoas de estabilização e os leitos cultivados (“*constructed wetlands*”). As lagoas anaeróbias tratam resíduos líquidos em condições estritamente anaeróbias, e são utilizadas para tratamento de resíduos líquidos predominantemente com alta carga orgânica, como efluentes de matadouros, laticínios, bebidas, confinamentos, etc.

Como sistemas de tratamento anaeróbio, são citados as lagoas de estabilização anaeróbias e os digestores anaeróbios. Essas lagoas são formas alternativas de tratamento, onde condições estritamente anaeróbias são essenciais. Este requisito é alcançado pelo lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume de lagoa, superando em várias vezes a taxa de produção de oxigênio. O tratamento anaeróbio não tem como objetivo a purificação da água e sim a destruição e estabilização da matéria orgânica para posterior tratamento secundário (VON SPERLING, 1996; OLIVEIRA, 1993; SILVA, 1979), citados por Silva, (2007)

Os sistemas de tratamento anaeróbios são mais apropriados como uma primeira etapa no tratamento de efluentes com elevadas concentrações de matéria orgânica. É o caso específico dos efluentes de confinamentos de vacas leiteiras. A remoção de DBO é satisfatória, ocorre sem gasto de energia elétrica e com a utilização de reduzidas áreas de implantação (VON SPERLING, 1998).

A tecnologia de tratamento de águas residuárias em lagoas anaeróbias tem crescido muito desde a década de 70. A técnica está baseada em processos bióticos e abióticos. Os processos bióticos contemplam a ação de microrganismos, que crescem aderidos à fração sólida do substrato ou na raiz e no colo das plantas, de mineralizar o material orgânico presente na água residuária, transformar formas químicas (ex. nitrificação-desnitrificação) e das plantas em absorver nutrientes colocados em solução no meio. Os processos abióticos incluem a precipitação química, sedimentação e adsorção de íons no substrato (LIN et al, 2005) citado por BRASIL, (2007).

Apesar de sua ampla utilização, muitos estudos estão sendo conduzidos a fim de identificar e aperfeiçoar o papel de cada elemento atuante no tratamento, destacando-se o tipo de fluxo empregado, o material filtrante, as macrófitas, os máximos carregamentos afluentes (tanto a nível hidráulico como orgânico), as cinéticas de depuração, a transferência de oxigênio, a estrutura e metabolismo do biofilme formado e a vida útil do sistema (SEZERINO, 2006).

As elevadas taxas de crescimento e a sensibilidade das plantas a diferentes agentes tóxicos justificam a sua utilização como bioindicadores de poluição em ecossistemas aquáticos (SUÑE et al., 2007). Contudo, há grande interesse não somente em detectar possíveis contaminações, como também em encontrar meios que possibilitem a recuperação do meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2001) citado por Wolff (2009).

De acordo com Henry-Silva e Camargo (2002), nas últimas décadas, diversos trabalhos têm comprovado a eficiência das macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes. Esse sucesso deve-se à elevada capacidade de algumas espécies em assimilar e estocar nutrientes e as suas altas taxas de produção primária. A macrófita *Eichhornia crassipes*, por exemplo, pode dobrar de peso em 12 dias e alcançar uma produtividade de 150 toneladas/hectare/ano, enquanto que *Salvinia molesta* pode apresentar uma produtividade de até 110 toneladas/hectare/ano.

A *Salvinia auriculata* é uma macrófita livre e flutuante, muito comum em água doce, sendo, sob condições favoráveis, rapidamente disseminada por propagação vegetativa; ela coloniza extensas superfícies de água em um tempo reduzido e apresenta ampla distribuição geográfica. Pode ser, por isso, considerada planta daninha, por proliferar de forma indesejada em diversos ecossistemas aquáticos (HENRY-SILVA et al., 2006).

Conforme Minozzo (2007), as espécies de *Salvinia* são plantas inferiores, pteridófitas, com estrutura simplificada. As plantas isoladas atingem cerca de 30 cm de comprimento. Estendem rizomas também flutuantes, no sentido horizontal, de cujas gemas se

formam folhas modificadas, denominadas frondes, sempre em grupo de três, das quais duas ficam expostas na superfície, para efetuar a fotossíntese, e uma fica submersa, fazendo a função das raízes.

Outra macrófita que vem gerando diversos estudos é a alface d'água, muito difundida. A *Pistia stratiotes* é considerada uma espécie cosmopolita tropical e subtropical, sendo amplamente distribuída no Brasil, ocorrendo tanto em ecossistemas aquáticos naturais como em ambientes aquáticos impactados por atividades antrópicas, como reservatórios e viveiros (HENRYSILVA e CAMARGO, 2000).

O gênero *Pistia*, constituído por apenas uma espécie *Pistia stratiotes*, ocorre em todo o globo em zonas tropicais e subtropicais, pois a baixa temperatura inibe principalmente a produção de sementes (DRAY e CENTRO, 1989; PIETERSE et al., 1981). *Pistia stratiotes*, conhecida popularmente como “alface-d'água”, é uma das macrófitas aquáticas mais importantes, por ter papel de bioindicadora de poluição. Atualmente ocorre em todos os continentes, exceto na Europa e na Antártica. Provavelmente a propagação inicial ocorreu através da água de lastro em navios da América do Sul (LABRADA e FORNASARI, 2002) citados por Barbosa (2013).

A ocorrência de *Pistia* no Brasil é registrada para a região Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (COELHO 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda-escola do Campus Inconfidentes do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, localizado na cidade de Inconfidentes, Minas Gerais, cuja coordenadas geográficas são: Latitude: 22° 19' 01" S; Longitude: 46° 19' 40" O; com altitude de 869 m. Para a instalação do experimento foi usada uma estufa do tipo arco com 48m² considerado plano e coberto com Plástico Filme de Polietileno Agrícola com 0,010cm de espessura, com 4,20 m de altura, e cobertura a partir de 1,6m de altura, conforme a figura 2:



Figura 2: Cobertura usada para o experimento
Fonte: Autor

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi baseado no tratamento de efluentes com lagoa anaeróbia e nos leitos cultivados.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram selecionados dois tipos de macrófitas aquáticas flutuantes presentes na região, são elas a macrófita *Pistia stratiotes* (figura 3) que foi coletada em uma lagoa do Campus, cujas coordenadas são latitude: 22°18'40,82" S e longitude: 46°20'01,07" O. A macrófita *Salvinia molesta* (figura 3) foi coletada em um açude de uma propriedade rural, no município de Alfenas-MG também da região do Sul de Minas, cuja coordenadas geográficas são: latitude: 21° 28' 51" S; longitude: 46° 04' 19" O.



Figura 3: Plantas usados na implantação do experimento.
a. macrófita *Salvinia molesta* b. macrófita *Pistia stratiotes*
Fonte: Katia Sendra Tavares

As macrófitas foram aclimatadas em efluente simulado a partir da diluição de 5 quilos de fezes de bovino frescas em 200 litros de água, durante um período de dois meses.

As plantas foram separadas do efluente com o auxílio de uma peneira e lavadas em água corrente para a retirada do excesso de sólidos deste efluente impregnado nas raízes das plantas. As macrófitas foram pesadas e separadas em 6 porções iguais de 400 gramas, uma por recipiente.

O efluente foi simulado para obter uma proporção próxima ao natural. Esta proporção foi de 200 litros de água para 5 Kg de fezes de bovino coletada na sala de ordenha da bovinocultura da Fazenda-Escola, na qual 30 vacas são ordenhadas em um tempo médio de 40 minutos por dois ordenhadores.

Os recipientes usados no experimento foram bombonas de perfil retangular de polietileno de alta densidade e alto peso molecular, com capacidade de 50L e dimensões de 39

x 32 x 56cm, com a parte superior cortada, para que ficassem com formato de baldes conforme a figura 4.

Para preparação do recipiente, foram colocados 13 Kg de pedra brita tipo 2, com altura de 13cm de brita (figura 4, d). Posteriormente foi adicionado aos recipientes 30 litros de efluente de bovinocultura simulado em cada recipiente, com total de 180 litros nos seis recipientes.

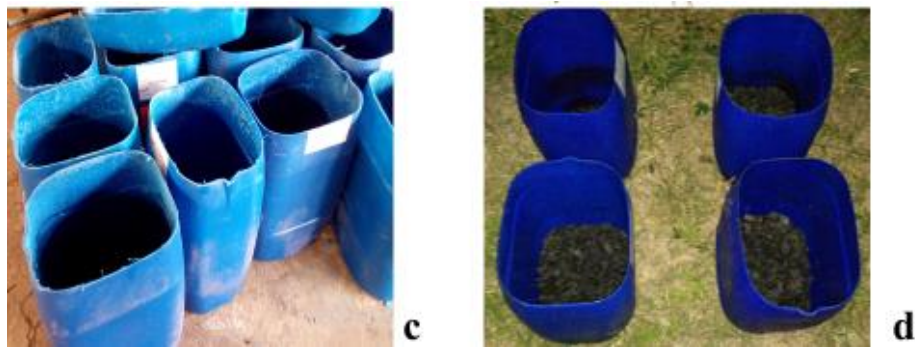


Figura 4: Recipientes usados na implantação do experimento, c. Galões cortados d. brita lavada no fundo do recipiente
Fonte: Autor

Os recipientes foram disponibilizados em triplicada em duas fileiras. A primeira fileira com o tratamento feito com a macrófita *Salvinia* (T1, com repetições *a*, *b* e *c*) e a outra com o tratamento feito com a macrófita *Pistia* (T2, com repetições *a*, *b* e *c*), conforme a figura 5 abaixo:

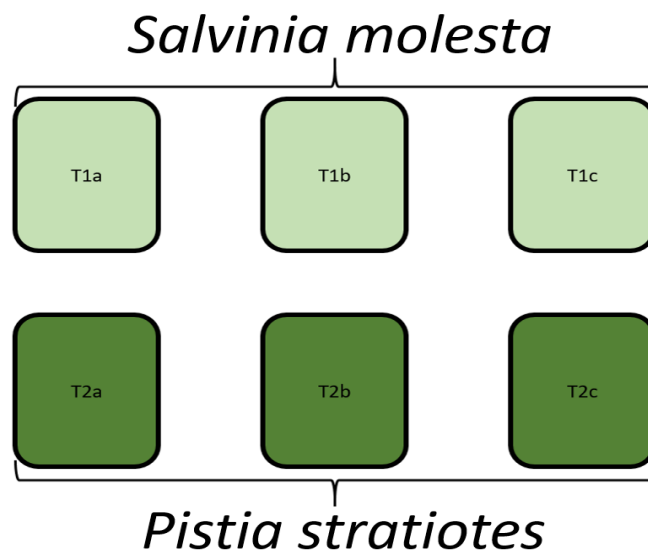


Figura 5: Croqui do experimento
Fonte: Autor

3.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Em sequência à montagem dos tratamentos, no dia 14-08, foram feitas nos laboratórios do Campus Inconfidentes do IFSULDEMINAS as análises do efluente simulado inicial, que chegou em todos os recipientes para saber a condição da água residuária antes de ser tratada.

Após a montagem do experimento e análise inicial do efluente, os parâmetros medidos no Laboratório de Qualidade de Águas, e no laboratório de Saneamento do Campus foram medidos três vezes por semana, sendo segunda, quarta e sexta-feira, durante um tempo de ciclo de 18 dias, com o propósito de mensurar o desenvolvimento de cada tratamento.

Já as análises realizadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola, Feagri, na Universidade Estadual de Campinas Unicamp, Campinas-SP, foram todas realizadas nos dias 4, 5, e 6 de setembro com as amostras que devidamente congeladas e armazenadas (figura 6).

Para a coleta das amostras de cada recipiente as macrófitas foram separadas da água com o auxílio de uma peneira plástica, e postas para escorrer o excesso de água durante 10 minutos em uma peneira de ferro (figura 6), enquanto o efluente acima da camada de brita foi misturado com a ajuda de um bastão de vidro. Foram coletadas e identificadas duas amostras de cada recipiente, sendo uma de 500mL, para as análises realizadas no Instituto Federal e outra de 20mL (figura 6) para as análises realizadas na Unicamp.

No dia 01-09 foram coletadas as últimas amostras para as análises, fechando o tempo de ciclo de 18 dias, e armazenadas as últimas amostras a serem levadas para a Unicamp, para serem realizadas as análises citadas no laboratório de saneamento do local nos dias 4, 5, e 6 de setembro.

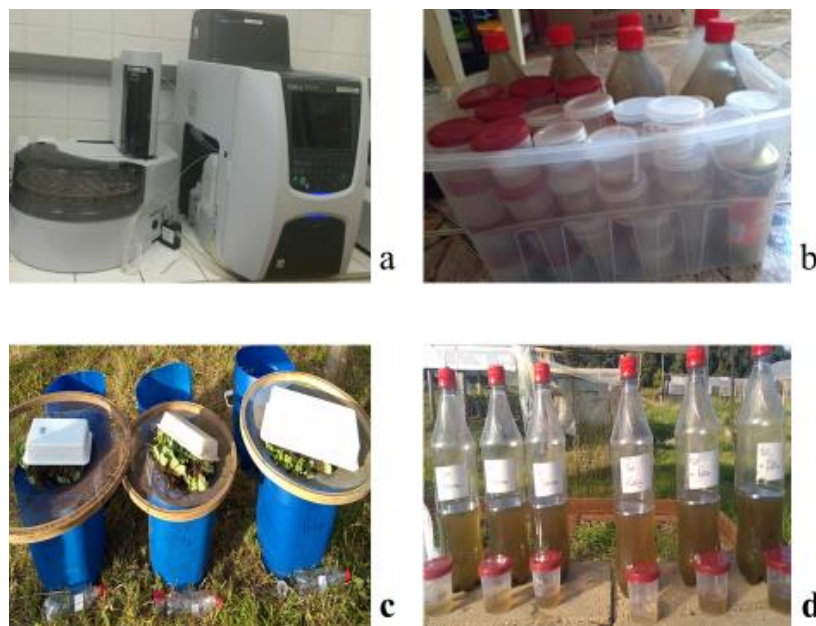


Figura 6: Processos experimentais. a. análise de NT em TOC.
b. amostras congeladas. c. plantas postas para escorrer.
d. amostras recém coletadas.
Fonte: Autor

3.4 ANÁLISES

As análises de pH, Cor e Turbidez foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Águas do IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes com metodologias próprias do laboratório baseadas nas instruções do livro “standard methods for the examination of water and wastewater”.

Já as análises de Sólidos, DQO e Nitrogênio total foram feitas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI da UNICAMP- Campinas-SP baseadas na metodologia de análises do Standard Methods.

Essas análises foram feitas das seguintes maneiras:

3.3.1 pH

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo de saneamento ambiental.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre

as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, de acordo com a legislação federal (Resolução nº 20 do CONAMA, de junho de 1986). Os critérios de proteção a vida aquática fixam o pH entre 6 e 9.

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgotos, o pH é também uma condição que influi decisivamente no processo. Normalmente, a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios. Nos reatores anaeróbios, a acidificação do meio é acusada pelo decréscimo do pH do lodo, indicando situação de desequilíbrio.

Para sua aferição é necessário:

Reagentes: solução tampão pH=10,0

Solução tampão pH= 7,0

Solução tampão pH= 4,0

Vidraria: Béquerde 50mL

Equipamento: pHômetro digital PG 1800 marca Gehaka.

Procedimento: com o equipamento já calibrado pelo responsável pelo laboratório, foi colocado a amostra (em temperatura ambiente 25°C) coletada no béquer de 50mL até enchê-lo, somente então deve-se colocar o eletrodo juntamente com o termopar dentro do béquer com a amostra e realizar a leitura, conforme figura 7.

3.3.2 Turbidez

A turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessa-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam a turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plânctons em geral, etc.

A alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água.

Para a sua aferição é necessário:

Reagente: água micro filtrada

Padrão de turbidez de 89 NTU \pm 10%

Vidraria: Cubetas especiais com tampa de plástico

Equipamento: Turbidímetro Plus marca Alfa Kit

Procedimento: com o equipamento já calibrado pelo responsável pelo laboratório, colocar a amostra (em temperatura ambiente 25°C) coletada na cubeta até enche-la, posteriormente tampá-la e limpá-la com papel, somente então deve colocar a cubeta no equipamento e realizar a leitura, anotando o valor em NTU da amostra, conforme a figura 7.

3.3.3 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessa-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico.

Dentre os coloides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos.

Para sua aferição é necessário:

Reagente: água micro filtrada

Vidraria: cubetas especiais com tampa de plástico

Equipamento: Colorímetro Plus Alfa Kit

Procedimento: com o equipamento já calibrado pelo responsável pelo laboratório, colocar a amostra (em temperatura ambiente 25°C) coletada na cubeta até enche-la, posteriormente tampá-la e limpá-la com papel, somente então deve colocar a cubeta no equipamento e realizar a leitura, anotando o valor em mg/L de Pt/Co da amostra, conforme a figura 7.



Figura 7: Análises feitas no efluente. **a.** pH **b.** Turbidez. **c.** Cor.
Fonte. Autor

3.3.4 Serie sólidos

3.3.4.1 Método Gravimétrico

Concentrações de sólidos dissolvidos e suspensos, orgânicos e inorgânicos, são ferramentas muito usadas na caracterização de águas residuárias (USP, 2016).

Essas determinações, baseadas em análise gravimétrica, utilizam massas de resíduos secos e calcinados presentes em amostras brutas e filtradas (USP, 2016).

A massa seca das células microbianas é, normalmente, expressa em termos de sólidos em suspensão (SS), uma vez que a biomassa é constituída de sólidos que se encontram suspensos no reator. No entanto, sólidos em suspensão representam os materiais particulados menores que $2,0 \mu$ orgânicos e inorgânicos, presentes nas amostras. Assim, a biomassa é também frequentemente, a fração expressa em termo de sólidos voláteis em suspensão (SSV). Estes representam, principalmente, a fração orgânica dos sólidos, eliminada através da combustão (oxidação) como gás carbônico e água, enquanto algumas substâncias inorgânicas passam por modificações (USP, 2016).

Além da consideração da atividade da biomassa, os sólidos voláteis podem ser interpretados também com relação a biodegradabilidade, podendo apresentar frações biodegradável e não biodegradável (USP, 2016).

Material:

- Balança analítica (precisão $\pm 0,0001$ g)
- Bomba de vácuo
- Dessecador contendo sílica anidra
- Estufa a 103-105 °C
- Forno tipo mufla, a 550°C
- Capsula de porcelana (modelos 05-50 ou n°.2 e 05-85 ou n°.4)
- Funil tipo Büchner para membrana com diâmetro de 47mm, kitassato de 250 mL e alonga de borracha para filtração a vácuo da *Milipore® (Nalgene®)* para membrana com diâmetro de 47 mm
- Pinças para capsula de porcelana (comprimento de 20 cm para uso na estufa, de 50 cm para uso na mufla e de 15 cm para transferir a membrana filtrante).
- Luvas para forno
- Proveta de 50 mL
- Membrana filtrante tipo microfibra de vidro, com tamanho nominal de abertura entre 0,45 – 1,5 μm e diâmetro de 47 mm.

3.3.4.2 Determinação dos sólidos totais (ST)

Inicialmente, preparar a capsula de porcelana que servirá de suporte para a amostra:

Calcinar a capsula de porcelana em mufla a 550°C até massa constante (cerca de 15 minutos). Aguardar a mufla atingir a temperatura de segurança para sua abertura (300°C) e transferir as capsulas para a estufa a 103 – 105°C, na qual deverão permanecer por tempo adequado para estabilização da temperatura. Resfriar as capsulas calcinadas em dessecador até a temperatura ambiente. Determinar a massa M_1 , em miligramas, em balança analítica;

Transferir um volume da amostra (V_1 , em mililitros) de tal forma que a quantidade de resíduo não supere 200 mg, para capsula de massa conhecida (M_1). Secar a amostra em estufa a 103 – 105°C, até massa constante e determinar a massa do conjunto após resfriamento em dessecador (M_2 , em miligramas);

Calcular ST pela Equação 1:

$$\text{mg de sólidos totais /L} = \frac{(M_2 - M_1) \times 1000}{V_1(\text{mL})} \quad \text{Equação 1}$$

3.3.4.3 Determinação de sólidos totais fixos e voláteis (STF e STV)

Após a determinação da concentração de sólidos totais, calcinar a capsula com a amostra em forno tipo mufla a 550°C por tempo suficiente para atingir massa constante. Após o resfriamento da mufla até, no mínimo 300°C, transferir as capsulas para a mufla a 103 – 105°C para estabilização da temperatura e resfria-las em dessecador até temperatura ambiente. Em seguida, determinar a massa do conjunto (M_3 , em mg) em balança analítica;

Calcular STF pela Equação 2 e STV pela Equação 3:

$$\text{mg de sólidos totais fixos/L} = \frac{(M_3 - M_1) \times 1000}{V^1(\text{mL})} \quad \text{Equação 2}$$

$$\text{mg de sólidos totais voláteis/L} = \frac{(M_2 - M_3) \times 1000}{V^1(\text{mL})} \quad \text{Equação 3}$$

3.3.4.4 Determinação de sólidos dissolvidos totais, fixos e voláteis (SDT, SDF, e SDV)

Os valores das concentrações de sólidos dissolvidos podem ser obtidos pelas diferenças entre as massas de sólidos totais e de sólidos suspensos, considerando-se as respectivas frações (totais, fixos e voláteis).

3.3.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO) – Método espectrofotométrico

A matéria orgânica de águas residuárias pode apresentar-se em solução, em sua maioria, rapidamente biodegradável, e em suspensão, de biodegradação mais lenta.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO), variável ligada à presença de espécies reduzidas em substâncias de uma amostra, representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidá-las totalmente (USP, 2016).

A partir de equação de reta de calibração, preparada com calibração, preparada com soluções de diferentes concentrações de ftalato ácido de potássio, a DQO é quantificada através da quantidade produzida de íons crômico (Cr^{3+}), de coloração azul.

Material:

- Agitador e barra magnética

- Balança analítica (precisão $\pm 0,0001$ g)
 - Bastão de vidro
 - Bomba de vácuo
 - Capela com exaustão
 - Centrifuga de bancada
 - Digestor de DQO
 - Dispensadores automáticos de 5,0 mL
 - Espectrofotômetro
 - Estufas a 60 °C a 103 – 105°C
 - Funil tipo Büchner para membrana com diâmetro de 47 mm, kitassato de 250 mL e alonga de borracha para filtração, ou conjunto de filtração a vácuo da Milipore® (*Nalgene*®) para membrana com diâmetro de 47 mm
 - Membranas de microfibra de vidro, com poros de 0,45 e 1,2 μm e diâmetro de 47 mm
 - Balões Volumétricos de 10,500 e 2.000 mL
 - Béquer de 100 mL
 - Erlenmeyer de 2.000 mL
 - Proveta de vidro graduada de 500 mL
 - Pipetas automáticas de 200, 1.000 e 5.000 μL
 - Tubos de DQO (padrão HACH®)
 - Tubos de centrifugação tipo *falcon* de 50 mL
 - Sulfato de Prata - Ag_2SO_4 P.A. ou grau técnico
 - Ácido Sulfúrico - H_2SO_4 concentrado 96 – 97% P.A.
 - Sulfato de mercúrio - HgSO_4 P.A.
 - Dicromato de potássio - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ P.A.
 - Ftalato Ácido de Potássio (KHP) - $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})\text{COOK}$ (202,22 g/mol) P.A.
 - Sulfato de Zinco (ZnSO_4) P.A. (para protocolo de remoção de sulfetos)
 - Nitrato de Prata (AgNO_3) P.A (para protocolo de remoção de cloretos em excesso).
- Algumas imagens do processo de mensuração dos sólidos estão disponíveis na

figura 8.

3.3.45.1 Determinação da concentração de DQO FRAÇÃO TOTAL

- Em tubos de borossilicato com tampas rosqueáveis (tubos de DQO padrão HACH®), com o auxílio de pipeta automática ou de vidro, adicionar 1,25 mL de amostra bruta ou diluída;
- Prepara um branco com água deionizada (1,25 mL) no lugar da amostra;
- Segurando o tubo próximo a rosca, adicionar, com o auxílio de dispensadores automáticos, 0,75 mL da solução de dicromato de potássio e, vagarosamente, 1,75 mL da solução de sulfato de prata em ácido sulfúrico concentrado;
- Fechar hermeticamente o tubo e agitar por inversão, segurando-o pela tampa;
- Colocar os tubos no digestor previamente aquecido à temperatura de 150°C e mantê-los durante 120 minutos;
- Ligar o espectrofotômetro e fixar o comprimento de onda em 600 nm;
- Após o resfriamento dos tubos, zerar o espectrofotômetro com o teste em branco e ler as absorvâncias das amostras;
- Para obtenção da reta de calibração, plotar as absorvâncias das soluções do padrão no eixo Y contra os valores de DQO em mg/L das soluções de KHP no eixo X, e determinar a equação da reta obtida.

Na figura 8, estão algumas imagens do processo de aferimento de DQO das amostras.

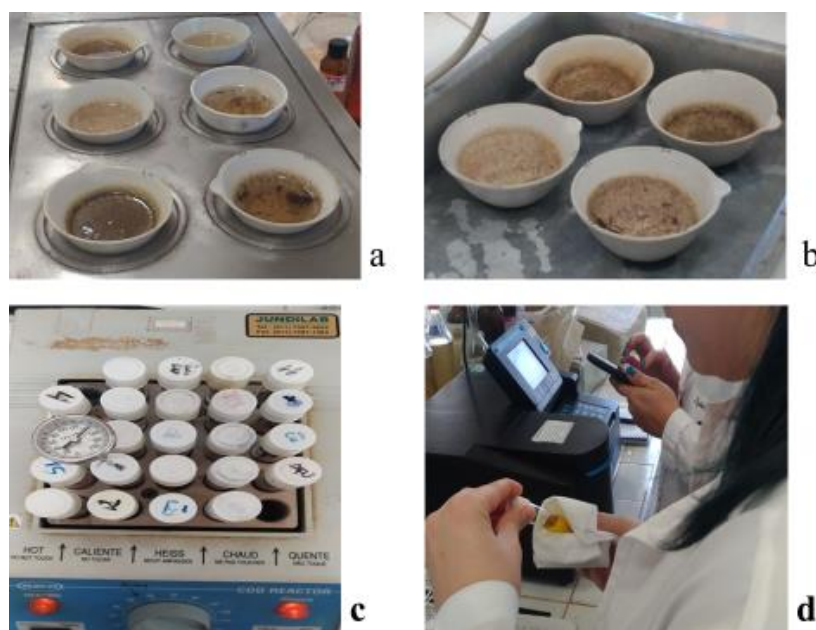


Figura 8: Análises realizadas nas amostras do efluente.

a. secagem das amostras. **b.** amostras secas **c.** digestão das amostras para DQO. **d.** limpeza dos frascos para leitura de DQO.

Fonte: Autor

3.3.6 Nitrogênio Total kjeldahl

A amônia representa parte da matéria nitrogenada inorgânica geralmente presente em águas superficiais e residuárias.

O nitrogênio orgânico inclui tanto os materiais naturais, como proteínas, peptídeos, ácidos nucleicos e ureia, assim como numerosos materiais orgânicos sintéticos. Concentrações típicas de nitrogênio orgânico variam de 100 µg/L, em alguns lagos oligotróficos, a 20 mg/L em águas naturais.

Para determinação deste parâmetro foi utilizado o equipamento TOC- Control L Report. Conforme a figura 6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do efluente inicial

Feitas as análises do efluente simulado inicial, foi possível fazer a caracterização do efluente a ser tratado, conforme a tabela 2:

Tabela 2: Caracterização do efluente produzido

PARAMETRO	VALOR
Peso de planta (g)	400
pH	7,37
Turbidez (NTU)	>1000
Cor (mg/L de Pt/Co)	>500
ST (mg/L)	1,694
STF (mg/L)	0,372
STV (mg/L)	1,322
SST (mg/L)	0,752
SSF (mg/L)	0,096
SSV (mg/L)	0,656
SDT (mg/L)	0,942
SDF (mg/L)	0,276
SDV (mg/L)	0,666
DQO (mg/L)	365,8
NT (mg/L)	14,17

Fonte: Autor

4.2 Avaliação do tratamento

4.2.1 Produção de biomassa

Com medições dos pesos das plantas a cada dois dias, foram obtidos os seguintes resultados (Figura 9):

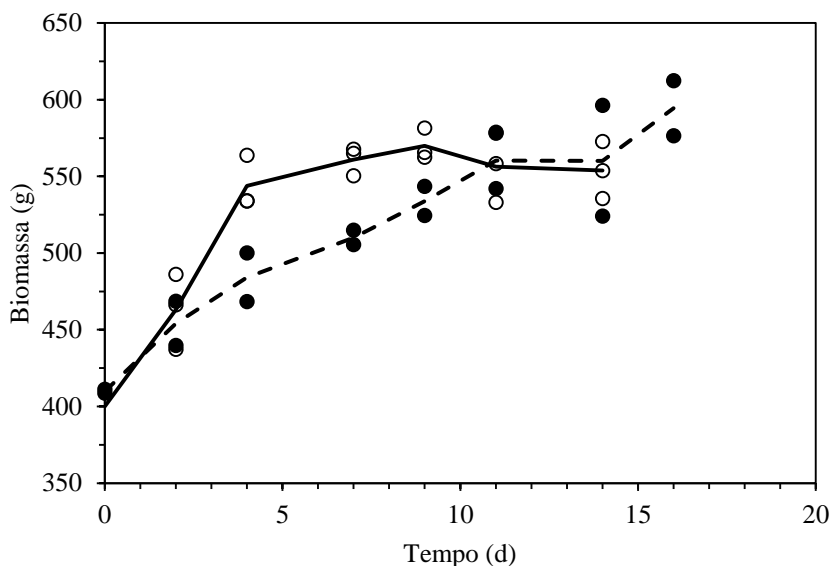


Figura 9: Crescimento das macrófitas *Pistia stratiotes* (●, ---) e *Salvinia molesta* (○, —).

Fonte: Autor

Conforme a Figura 9, observa-se o crescimento contínuo de ambas as macrófitas até o 9º dia de experimento, após este período apenas a *Pistia stratiotes* continua seu crescimento, havendo a estabilização do crescimento da *Salvinia molesta*.

A *Salvinia molesta* apresentou um crescimento médio de 35,1 g/m²/dia e demonstrou-se menos eficiente em produção de biomassa que a macrófita *Pistia*, que apresentou um crescimento médio de 87,7 g/m²/dia. Valores diferente dos encontrados por Costa et al. (2010) que, em efluente de suinocultura, a *Salvinia* sp. demonstrou-se mais eficiente para produção de biomassa, com produção de 158,6 g/m²/dia em relação a *P. stratiotes*, que apresentou valor médio de 96,4 g/m²/dia.

O crescimento das plantas pode ter sido afetado pelo tamanho do recipiente, como se pode observar na figura 10, as plantas crescem em toda a área dos recipientes.



Figura 10: crescimento das plantas
Fonte: Autor

4.2.2 Turbidez

As mensurações de turbidez foram feitas a cada dois dias durante 18 dias de experimento e chegou-se aos seguintes resultados expostos na figura 11:

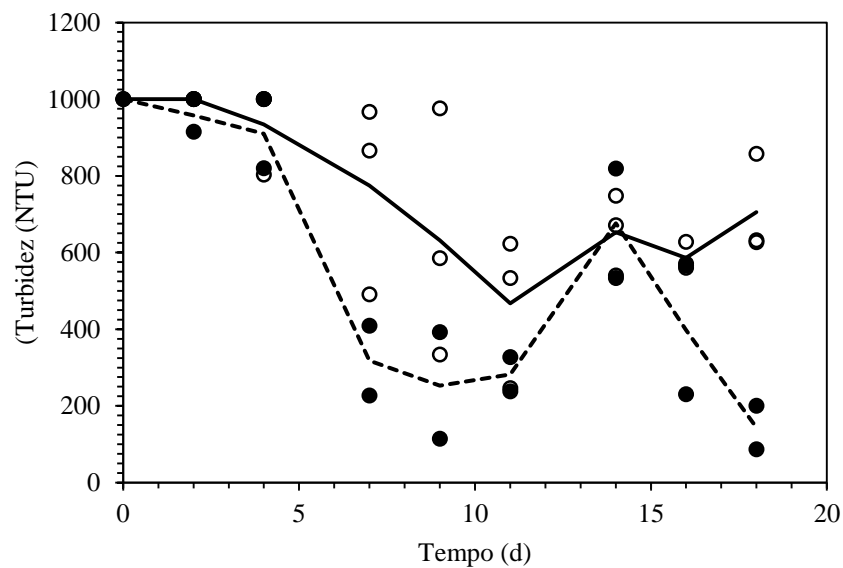


Figura 11: Comportamento de turbidez de efluente de bovinocultura tratado macrófitas *Pistia stratiotes* (●, ---) e *Salvinia molesta* (○, —).
Fonte: Autor

Como visto, ambas as macrófitas mantiveram o decréscimo da turbidez do efluente até metade do tempo de experimento, após este período houve grandes variações deste parâmetro, chegando a aumentar a turbidez em ambos tratamentos do 11º dia de tratamento até o 14º dia. Seguidamente a macrófita *Pistia* retorna o seu processo de diminuição deste

parâmetro até o termino do experimento, já a *Salvinia* apresenta variações até o fim do tempo de experimento.

Apesar das variações, em números, a macrófita *Salvinia* diminuiu 30% da turbidez, enquanto a *Pistia* diminuiu 86%, ambas em 18 dias.

4.2.3 pH

As medições do parâmetro pH também foram feitas a cada dois dias, que levou a seguinte projeção da figura 12:

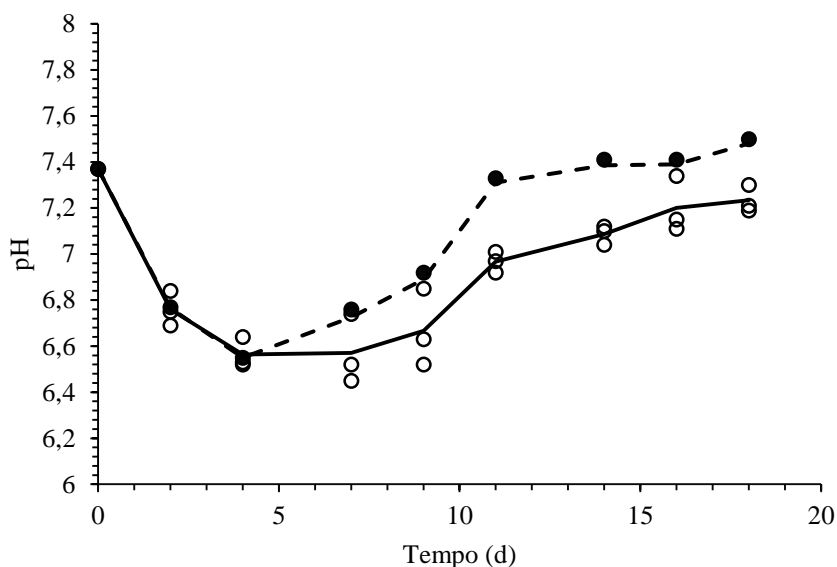


Figura 12: Comportamento de pH de efluente de bovinocultura tratado com macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* (●, ---) e *Salvinia molesta* (○, —).
Fonte: Autor

Como observa-se no gráfico da figura 12 acima, o pH do efluente nos dois tratamentos apresentou uma leve queda até o 4º dia de tratamento, após este período houve um leve aumento, mais sempre se manteve próximo da neutralidade, não apresentou grandes variações.

Esses resultados mostram que o efluente se mostrou levemente ácido, já que segundo Krophelová et al, (2010) citados por Pelissali, (2013) a faixa de pH ótimo para este tipo de efluente varia entre 7,5 e 8,6.

4.2.3 Cor

Não houve nenhuma alteração nos valores. Isso pode ser justificado pelas medições que foram feitas no efluente bruto, sem nenhuma diluição, no Colorímetro Plus Alfa Kit, que tem capacidade de medir até 500 mg/L de Pt/Co.

Como pode ser observado na figura 13, aparentemente aos olhos nus, houve a atenuação da cor, mas não é possível saber se houve alguma alteração na acima dos 500 mg/L de Pt/Co.

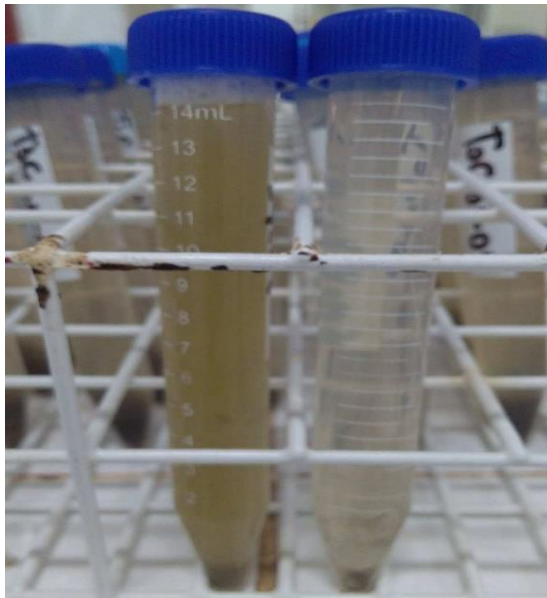


Figura13: comparação da cor do efluente. A esquerda o efluente bruto, a direita o efluente submetido a 18 dias de tratamento com a macrófita *P. stratiotes*.

Fonte: Autor

4.2.4 Demanda Química de nitrogênio (DQO)

Com amostragem e correto armazenamento a das amostras a cada dois dias e análises feitas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola, Feagri, na Universidade Estadual de Campinas Unicamp entre os dias 4, 5 e 6 de setembro de 2017 foi possível chegar os valores expostos na figura 14 abaixo:

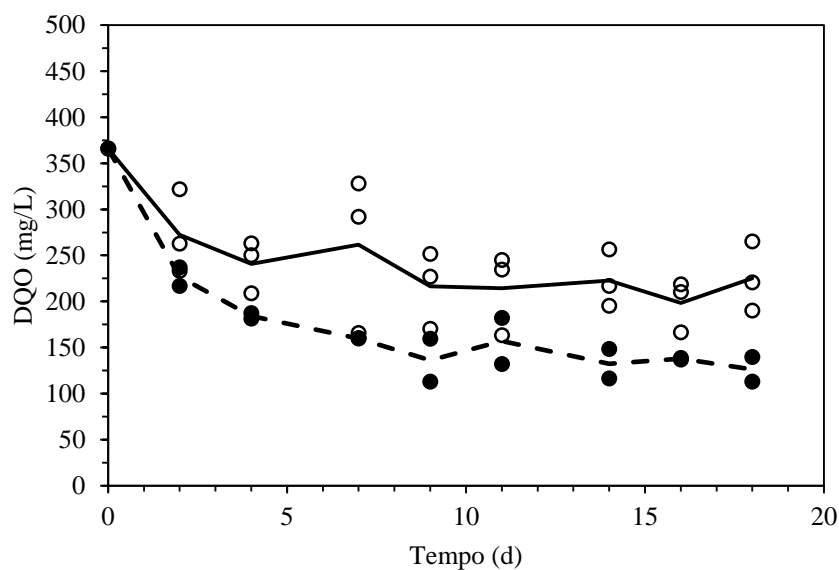


Figura14: Comportamento de DQO de efluente de bovinocultura em tratamento com macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* (●, ---) e *Salvinia molesta* (○, —).

Fonte: Autor

De acordo com o gráfico da figura 13, houve uma considerável diminuição do parâmetro em ambos os tratamentos até o final do ciclo de experimento, mesmo com pequenas variações.

Em números, a macrófita *Salvinia* reduziu 41% da DQO, enquanto a *Pistia* reduziu 65%, ambas durante 18 dias de tratamento.

4.2.5 Série Sólidos

Os valores da Série Sólidos foram analisados no primeiro e no último dia do experimento, e chegou aos seguintes resultados contidos na tabela 3:

Tabela 03: Análise de Série Sólidos de efluente de bovinocultura

Série sólidos			
Sólido	Inicial (mg/L)	Final <i>S. molesta</i> (mg/L)	Final <i>P. stratiotes</i> (mg/L)
ST	1,96	1,0	0,5
STF	0,32	0,4	0,2
STV	1,32	0,6	0,3
SST	0,75	0,5	0,3
SSF	0,096	0,2	0,1
SSV	0,66	0,4	0,2
SDT	0,94	0,5	0,2
SDF	0,28	0,2	0,1
SDV	0,67	0,3	0,1

Fonte: Autor

4.2.6 Sólidos Totais (ST)

O parâmetro analisado teve um decréscimo acentuado, onde a macrófita *Salvinia* chegou a uma absorção de 41% dos sólidos totais, já a *Pistia* alcançou a remoção de 74%, em um tempo de experimento de 18 dias.

4.2.7 Sólidos Totais fixos (STF)

Há contradição entre os tratamentos, a macrófita *Salvinia* apresenta um aumento de 7% nos sólidos totais fixos em seu tratamento, enquanto a *Pistia* apresenta uma remoção de 37% nos sólidos totais fixos em seu tratamento, mostrou-se mais eficiente em tratar este tipo de efluente que a macrófita *Salvinia molesta*.

4.2.7 Sólidos totais voláteis (STV)

Houve uma considerável diminuição dos sólidos totais voláteis em ambos os tratamentos, no tratamento feito com a *Salvinia* foi alcançada a remoção de 55% dos sólidos totais voláteis, já no tratamento feito com a macrófita *Pistia* houve o decréscimo de 77% da quantidade total de sólidos totais voláteis, considerando o tempo de tratamento de 18 dias. Resultados menores que os encontrados por Mendonça (2009) citado por Decezaro (2013), que com um biodigestor conseguiu diminuir cerca de 86% dos sólidos totais voláteis também de efluente de bovinocultura, com um tempo de tratamento de 15 dias.

4.2.8 Sólidos Totais Suspensos (SST)

Ambos os tratamentos houve a diminuição dos valores de sólidos totais suspensos, no tratamento feito com a macrófita *Salvinia* houve a diminuição de 34%, que foi menos eficiente que o tratamento feito com a macrófita *Pistia*, que removeu 60% dos sólidos totais suspensos do efluente.

4.2.9 Sólidos Suspensos Fixos (SSF)

Com o passar do tempo houve o aumento dos sólidos suspensos fixos das amostras. As amostras do tratamento feito com a macrófita *Salvinia* tiveram um aumento deste parâmetro em 108%, o que indica que a quantidade de sólidos suspensos totais dobrou neste tratamento, já no tratamento feito com a macrófita *Pistia* o aumento foi consideravelmente menor, de apenas 4%.

Este aumento pode se justificar pelo excesso de manutenção do tratamento, por retirar e revolver as plantas a cada dois dias para pesagem, o que provocou uma grande quebra de folhas e raízes das plantas, e aumento dos sólidos suspensos fixos dos tratamentos. Estes excessos de restos das plantas nas amostras podem ser observados na imagem 15 a seguir:

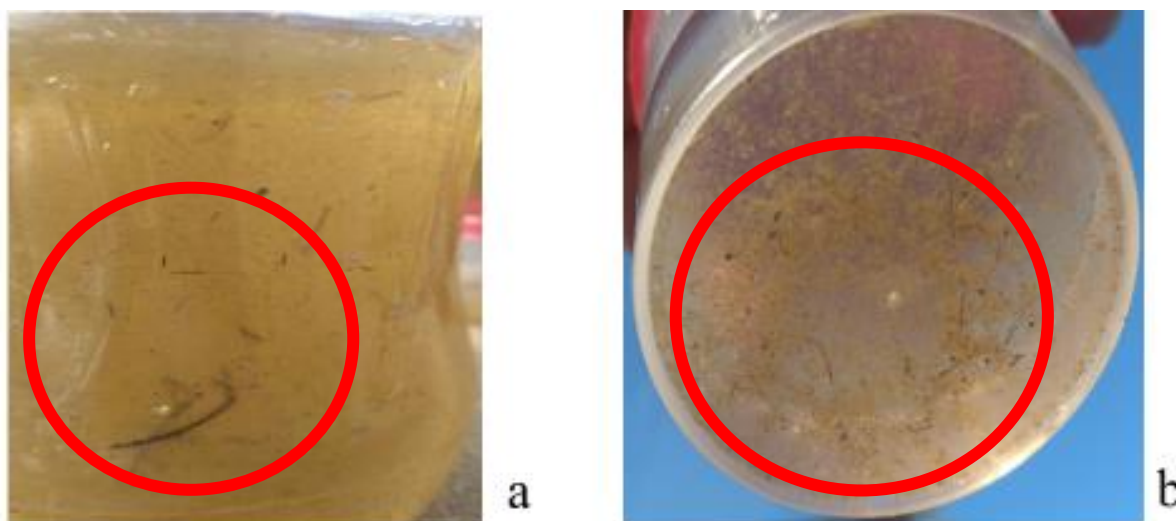


Figura 15: excesso de raízes nas amostras de efluente tratado. a. raízes nas amostras de 500mL
b. raízes nas amostras de 20mL.

Fonte: Autor

4.2.10 Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)

Os dois tratamentos obtiveram êxito na remoção de sólidos suspensos voláteis do efluente tratado, com o tratamento feito com a macrófita *Salvinia*, chegou a uma remoção total de sólidos suspensos voláteis de 39%, e a macrófita *Pistia* apresentou remoção de 70% do parâmetro em analisado em questão.

Esses valores de capacidade de remoção de sólidos suspensos voláteis, ao considerar o tempo de tratamento são valores consideráveis para um tratamento de efluentes, ao levar em conta o valor de redução de Mendonça (2002), que em seu tratamento de esgoto sanitário com reator anaeróbio de leito expandido chegou a uma redução dos sólidos suspensos voláteis de 17% em um tempo de tratamento de 18 horas.

4.2.11 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

A capacidade de remoção de sólidos dissolvidos totais foi de 47% no tratamento feito com a macrófita *Salvinia*, enquanto no tratamento feito com a macrófita *Pistia* foi de 79%, em um tempo de tratamento de 18 dias.

4.2.12 Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF)

Ambos os tratamentos são eficientes na remoção de sólidos dissolvidos fixos no tratamento do efluente, com decréscimo de 28% para o tratamento feito com a macrófita *Salvinia* e de 64% para o tratamento feito com a macrófita *Pistia*, mostra a mesma eficiência para ambos os tratamentos. Esses valores são superiores aos atingidos por Mendonça (2002), que em um sistema de tratamento de esgoto sanitário com reator anaeróbio de leito expandido chegou a uma redução de 3,1% em 18 horas de tratamento.

4.2.13 Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV)

Os dois tratamentos tiveram eficiência na remoção de sólidos dissolvidos voláteis do efluente em questão, o tratamento feito com a macrófita *S. molesta* alcançou uma remoção de 55% do parâmetro analisado, enquanto o tratamento feito com macrófita *P. stratiotes* alcançou remoção de 85% deste parâmetro.

4.2.14 Nitrogênio Total (NTK)

As medições de nitrogênio total foram feitas nas amostras de entrada e saída do efluente tratado, e chega aos seguintes valores expostos na tabela 4 a seguir.

Tabela 04: Análise de Nitrogênio Total de efluente de bovinocultura

Nitrogênio Total		
Inicial (mg/L)	Final <i>S. molesta</i> (mg/L)	Final <i>P. stratiotes</i> (mg/L)
14,17	9,4	5,0

Fonte: Autor

Com os valores da tabela acima é possível notar a redução do parâmetro das amostras finais em comparação com a inicial, com o tratamento feito com a macrófita *Salvinia* alcança absorção de 33,66%, e o tratamento proposto com a macrófita *Pistia* uma absorção de 96% do nitrogênio total do efluente, ambas as absorções aconteceram em 18 dias. Valores próximos aos de Decezaro (2010), que em 12 meses reduziu 40,12% do nitrogênio total do efluente de bovinocultura estudado por ela.

5. CONCLUSÃO

Com base no experimento feito a partir da montagem de dois tipos de tratamentos de efluente de bovinocultura de leite com as espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* e a *Pistia stratiotes* e equiparação da capacidade de tratar o efluente através da mensuração dos parâmetros: produção de biomassa, turbidez, pH, cor, DQO, ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF, SDV e NT. Através da comparação dos resultados, foi possível concluir que:

A *S. molesta* não reduziu apenas os parâmetros sólidos suspensos fixos (SSF), e sólidos totais fixos (STF).

A *P. stratiotes* não reduziu apenas os sólidos suspensos fixos (SSF).

Para a aferição dos dados foi excluída a repetição 3 do tratamento 2 (T2c) feito com a macrófita *Pistia stratiotes*, decorrente de um erro experimental ocorrido na montagem do experimento.

O aumento da turbidez juntamente com a queda do pH e da produção de biomassa observados próximos do 10º dia de tratamento indicam, supostamente, o momento em que o efluente em tratamento passa a ser anaeróbico, o que acontece com efluentes com alta carga orgânica, quando a velocidade de consumo de oxigênio usado na decomposição da matéria é várias vezes mais alta que a velocidade de produção do mesmo.

O aumento da turbidez se justifica pela liberação de gás ocasionada pela decomposição anaeróbia, que arrasta partículas ainda não decompostas para o meio, aumentando este parâmetro.

Mesmo com o tempo de experimento inferior aos demais tempos de tratamento citados, os tratamentos propostos se mostram eficientes na remoção de nutrientes do efluente de bovinocultura de leite.

As macrófitas alcançaram grande produção de biomassa assim como removeram os nutrientes oferecidos pelo efluente.

6. RECOMENDAÇÃO

Com base nas informações citadas sobre a ocorrência de quebra de folhas e raízes das plantas devido ao excesso de manuseio, recomenda-se que o experimento seja refeito com o menor manuseio possível das plantas, para evitar a quebra das folhas, raízes e potencializar a capacidade das plantas no tratamento do efluente em questão.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gilda Vieira de et al. **Avaliação da remoção de nitrogênio em água residuária de bovinocultura ao longo da estação piloto de tratamento contendo leitos cultivados. in: 2º simpósio brasileiro sobre wetlands construídos**, 2., 2015, Curitiba. avaliação da remoção de nitrogênio em água residuária de bovinocultura ao longo da estação piloto de tratamento contendo leitos cultivados. Curitiba: Ufpr, 2015. p. 1 - 9.

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

BARBOSA, Gabriela Costa. **Morfologia e germinação de sementes de pistia stratiotes**. I. Parnaíba: Cnpq, 2013. 3 p.

BEYRUTH, Z. **Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim**, São Paulo, Brasil. Rev. Saúde Pública, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 72-78, 1992.

BRASIL, Mozart da Silva; MATOS, Antonio Teixeira de; soares, antônio alves. **Plantio e desempenho fenológico da taboa (thypha sp.) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído**. 2007. 12 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária Ambiental, Escola Agrotécnica Federal de Colorado do Oeste, Castelo do Oeste, 2007.

BRASIL. Assembleia Legislativa. **Resolução Conama Nº 20**, de 18 de Junho de 1986. Brasília, BR

BRIX, H. and SCHIERUP, H.H. 1989 **The use of aquatic macrophytes in water – pollution control**. *Ambio*, 15: 100-107.

CAMPOS, A.T.de; FERREIRA, W.A.; PACCOLA, A.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ULBANERE, R.C.; CARDOSO, R.M.; CAMPOS, A.T. **Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.26, n.2, p.426-438, 2002.

COELHO, M.A.N. 2014. Pistia. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5069>>. Acess em: 2 Jul. 2017

COSTA, Juliana Mara; LUCHESE, Júnior Dasoler; FRIES, Edionei Maico. **Tratamento de efluente de suinocultura com as macrófitas aquáticas Pistia stratiotes e Salvinia sp.** 2010. 7 f. Dissertação (Mestrado) - **Curso de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca**, Campus de Toledo, Unioeste, Toledo, 2010.

DECEZARO, Samara Terezinha. **Tratamento de águas residuárias de bovinocultura de leite no Brasil – situação atual e possibilidades.** 2013. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2013.

DRAY, F.A; CENTRO T.D. **Produção de sementes por Pistia stratiotes.** Botanica. v.33, p. 155-160. 1989.

FEILER, U. et al.. **Aquatic plant bioassays used in the assessment of water quality in German rivers.** Hydrobiologia, v. 570, n. 0, p. 67-71, out. 2006.

GENTELINI, André Luis; GOMES, Simone Damasceno; FEIDEN, Aldi. **Produção de biomassa das macrófitas aquáticas Eichhornia crassipes (aguapé) e Egeria densa (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica.** 2008. 8 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Agrícola, Unioeste, Londrina, 2008. Cap. 14.

GUNTENSPERGEN, F.; STEARNS, F.; KADLEC, J.A. 1989 **Wetland vegetation.** In: HAMER, D.A. **Constructed wetlands for wastewater treatments**, Michigan, Lewis Publishers. p.73-88.

HEALY, M.G.; RODGERS, M.; MULQUEEN, J. **Treatment of dairy wastewater using constructed wetlands and intermittent sand filters.** *Bioresource Technology*, v. 98, p. 2268-2281, 2007.

HENRY SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. **Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas.** *Naturalia*, v.26, p.111-125, 2000.

HENRY SILVA; CAMARGO. **Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura.** 2006. 24 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M **Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas.** *Naturalia*, São Paulo, v. 25, p. 111-125, 2002.

IBGE. . **Região Sul ultrapassa a Sudeste e se torna a principal produtora de leite.** 2014. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/10086-ppm-2014-rebanho-bovino-alcanca-212-3-milhoes-de-cabecas.html>>.

JÚNIOR LEITÃO, Artur Monteiro; SOARES, Dayane Zandonadi; GUIMARÃES, Alfredo Arantes. **Sistema de tratamento alternativo de efluentes utilizando macrófitas aquáticas: um estudo de caso do tratamento de efluentes frigoríficos por Pistia stratiotes e Eichhornia crassipes.** 2005. 8 v. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geografia Ufu Programa de Pós-graduação em Geografia, Uberlândia, 2005.

MAPA. **Pecuária leiteira no Brasil.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

MARTINI, Luiz Carlos Pittol. **Medidas compensatórias aplicáveis à questão da poluição hídrica de origem agrícola.** Florianópolis: Abrh, 2001.

MÁS, Bruna Antunes et al. **Ocorrência de Macrófitas na Estação de Tratamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Sorocaba-SP.** Revista Eletrônica de Biologia, Sorocaba, v. 1, n. 4, p.1-16, 16 jan. 2008.

MENDONÇA, Luciana Coelho. **Microbiologia e cinética de lodos ativados como pos tratamento de efluente de reator anaerobio de leito expandido.** 2002. 240 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

MERTEN et al. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p.33-38, dez. 2002.

MINOZZO, Karina Paz. **Biorremediação: retenção de óleo com macrófita aquática Salvinia sp.** 2007. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Unilasalle, Canoas, 2007 n. 36, p. 12-15, 1982.

NASS, D. P. **O Conceito de Poluição.** Revista Eletrônica de Ciências. Número 13, Novembro de 2002. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_13/poluicao.html>. Acesso em 23 de Agosto de 2013.

PELLISSALI, Catiane. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construídos de escoamento subsuperficial.** 2013. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

PELLISSARI, Catiane et al. **Wetlands construídos de fluxo vertical empregado no tratamento de efluente de bovinocultura leiteira.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (gesta), Florianópolis, v. 1, n. 2, p.223-233, jul. 2013.

PEREIRA, Edilaine Regina. **Qualidade da água residual em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suíno e de reuso ambiental agrícola.** 2006. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Irrigação e Drenagem, Usp, Piracicaba, 2006.

RODELLA, R. A.; COSTA, N. V.; COSTA, L. D. N. C.; MARTINS, D. **Diferenciação entre Egeria densa e Egeria najas pelos caracteres anatômicos foliares.** Planta Daninha, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 211-220, 2006.

RODRIGUES, Luciano S. et al. **Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 14, n. 1, p.94-100, jan. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662010000100013>.

SCHAAFSMA, J.A.; BALDWIN, A.H.; STREB, C.A. **An evaluation of a constructed wetland to treat wastewater from a dairy farm in Maryland, USA.** Ecological Engineering, v. 14, p. 199-206, 2000.

SEZARINO, Pablo Heleno. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical.** 2006. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SILVA, Edu M. da; ROSTON, Denis M.. **Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado.** Jaboticabal, v. 30, n. 1, p.67-73, fev. 2010.

SILVA, Edu Max da. **Avaliação de um sistema piloto para o tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura.** 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Feagri, Unicamp, Campinas, 2007.

SILVA, Edu Max da. **Sistemas naturais para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite.** 2013. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2013.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FAVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. **Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. floating plant.** Brazilian Journal Biology, São Carlos, v. 62, n. 4a, p. 713-723, 2002.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FAVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. **Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. floating plant.** Brazilian Journal Biology, São Carlos, v. 62, n. 4a, p. 713-723, 2002.

SPENCE, D. H. N. **The zonation of plants in freshwater lakes.** Ecol. Res., v. 12, Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 88 p.

SUÑE, N. et al. **Cadmium and chromium removal kinetics from solution by two aquatic macrophytes.** Environ. Poll., v. 145, p. 467-473, 2007.

TAVARES, Katia Sendra. **Macrófitas aquáticas que ocorrem nos reservatórios do Rio Tietê e lagoas do Rio Doce**. 2006. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~probio/macrof_des.html>. Acesso em: 05 ago. 2017.

THOMAZ M., S.. **Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo**. Viçosa: Sscpo, 2002. 20 v.

USP. **Métodos de rotina para análises físico-químicas de águas residuárias tratadas por processos biológicos**. São Paulo: Eesc. Usp, 2016

VON SPERLING, M. **Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 1998. 452 p.

WOLFF. **Efeitos da toxicidade do zinco em folhas de salvinia auriculata cultivadas em solução nutritiva**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia Aplicada, Ufla, Viçosa, 2009.

ZANIBONI-FILHO, E. **Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura**. Revista UNIMAR, Maringá, v. 19, n. 2, p. 537-548, 1997.