

II300 - AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE FERTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM DUAS LAGOAS DE POLIMENTO COM OCORRÊNCIA DE MACRÓFITAS DO GÊNERO *WOLFFIA*

Marta Veronica Buss⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Campus de Videira (UNOESC/VDA). Engenheira Sanitarista e Ambiental (UNOESC/VDA). Mestranda em Ciência e Biotecnologia (UNOESC/VDA) e bolsista da Fundação Parque Tecnológico da ITAIPÚ.

Estela de Oliveira Nunes⁽²⁾

Farmacêutica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Química (UFSC). Doutorado em Engenharia Química UFSC). Atualmente é pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Jean Carlo Salome dos Santos Menezes⁽³⁾

Químico pela Universidade de Passo Fundo (UPF). Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia de Tecnologia Ambiental (UFRGS). Atualmente é professor e integrante do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Biotecnologia (UNOESC/VDA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Hercílio Borga, 95, - Universitário - Videira – Santa Catarina - CEP: 89560-000 - Brasil - Tel: (49) 91319493 - e-mail: martaveronicabuss@gmail.com.br

RESUMO

As estações de tratamento de efluentes provenientes da agroindústria de processamento de carnes instaladas na Região Meio Oeste Catarinense, normalmente empregam sistemas biológicos com lagoas de estabilização para realizar o tratamento das águas residuárias. Entretanto devido às elevadas concentrações nutricionais destas águas residuárias, devem ser empregadas algumas adaptações de polimento. Como alternativa para estes sistemas de tratamento em nível terciário podem ser utilizadas lagoas com macrófitas flutuantes do gênero *Wolffia*. Contudo ainda são escassos estudos da dinâmica das águas residuárias e do nível ideal de fertilização do ambiente que propicie um tratamento eficiente, com crescimento vegetal e produção de biomassa fresca. Este estudo teve por objetivo realizar a caracterização físico-química das águas de duas lagoas de tratamento de água residuária de uma agroindústria de abate de bovinos e suínos com ocorrência do gênero *Wolffia* e, a quantificação da produtividade da biomassa vegetal nestes ambientes construídos. Foram avaliados: pH; temperatura; demanda química de oxigênio; fósforo orgânico; nitrogênio amoniacal; nitrito e nitrato. Verificou-se uma produção representativa de biomassa vegetal nas duas lagoas em todas as estações do ano, de 36,44 ton.ano⁻¹ de massa fresca, as macrófitas do gênero *Wolffia* podem crescer em águas residuárias com variações de 33,30 à 80,05 mg.L⁻¹ de nitrogênio amoniacal e, de 30,35 à 68,60 mg.L⁻¹ de fósforo orgânico. Portanto o tratamento de efluentes com polimento em lagoas com *Wolffia* sp. é uma alternativa viável de biorremediação de nutrientes evitando a eutrofização dos ambientes aquáticos, com produção de biomassa vegetal que pode ser utilizada como matéria prima para obtenção de energias renováveis como etanol e biometano.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes agroindustriais, lagoas de estabilização, *Wolffia* sp., biomassa vegetal.

INTRODUÇÃO

A expansão demográfica a nível mundial aliada ao aumento do poder de compra demanda uma maior necessidade de alimentos, dentre os quais é destaque a proteína animal (bovina, suína e aves) e consequentemente proteína vegetal. A agropecuária é um dos setores que mais têm contribuído para o crescimento econômico do Brasil nos últimos anos e tem destaque na Região Sul do país (OLIVEIRA, 2006).

A Região Meio Oeste Catarinense também tem sua economia baseada nos setores de produção e processamento de proteína animal (aves suínos e bovinos) e vegetal (cultivo de milho e soja). Desta forma por questões estratégicas alguns frigoríficos estão instalados na região, estes por sua vez abatem e processam as

carnes de aves, suínos e bovinos. Durante as operações unitárias do processo produtivo são consumidas quantidades representativas de água, gerando águas residuárias cujas características como a carga e vazão tendem a variar conforme o processo produtivo empregado no abate e manufatura empregado na agroindústria.

Pela disponibilidade territorial e pela facilidade operacional, os sistemas de biológicos com lagoas de estabilização em série, são amplamente utilizados na Região Meio Oeste Catarinense. Geralmente o arranjo construtivo é composto por lagoas: anaeróbia; facultativa; aerada e decantação. Quando estes sistemas são empregados a tratar efluentes com elevadas concentração de nutrientes devem ser empregadas algumas adaptações de polimento e como alternativa para estes sistemas de tratamento em nível terciário de polimento podem ser utilizadas lagoas com macrófitas flutuantes (UYSAL, 2013).

Dentre as várias espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, destacam-se as menores angiospermas conhecidas em todo o mundo, estas plantas são pertencentes à família Lemnaceae (LANDOLT, 1986), crescem em superfícies de águas doces, ricas em nutrientes, popularmente são denominadas no Brasil como “lentilha d’água”. A família Lemnaceae possui cinco gêneros: *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Landoltia* e *Wolffiella* (POTT, 2000). Conforme Pott e Cervi (1999), as plantas do gênero *Wolffia* encontram-se flutuantes livres na superfície da água ou levemente submersas na lâmina líquida, possuem frondes globosas, ovoides, cilíndricas, cônicas em forma de barco ou noz, com 1 ou 2 frondes unidas, não possuem raiz.

Entretanto ainda são escassos estudos sobre o tratamento de águas residuárias em lagoas de polimento com *Wolffia* sp., ainda não se sabe o nível ideal de fertilização do ambiente que propicie o crescimento vegetal com produção de biomassa vegetal de qualidade em teor de: carboidratos; proteínas, fibras e lipídios. Landolt e Kandeler (1987) relatam que a biomassa seca das duckweeds pode apresentar teor de lipídio de 1,8% a 9,2%, fibra bruta de 5,7% a 16,2% e proteína bruta de 6,8% a 45%. Portanto é evidente a possibilidade do aproveitamento desta biomassa para diversos usos como para alimentação animal (RODRIGUES e PRESTON, 1996) e, para produção de energias renováveis a partir da sua fermentação com produção de bioetanol ou ainda geração de biometano a partir de sua digestão anaeróbica (OBASA, 2010).

Diante deste cenário o presente estudo teve por objetivo realizar a caracterização físico-química das águas de duas lagoas de tratamento de água residuária de uma agroindústria de abate de bovinos e suínos com ocorrência da macrófita do gênero *Wolffia* e, quantificar a respectiva produtividade da biomassa vegetal nestes ambientes construídos.

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O monitoramento foi realizado em duas lagoas com ocorrência de macrófitas flutuantes do gênero *Wolffia*, estas lagoas são integrantes de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) constituída por lagoas de estabilização de um abatedouro de bovinos e suínos, localizado no interior do município de Pinheiro Preto, na Região Meio Oeste do estado de Santa Catarina.

O tratamento biológico é realizado nas quatro lagoas, instaladas em série com mistura completa, sendo respectivamente: lagoa anaeróbia; lagoa aerada (com um aerador flutuante de hélice); lagoa de decantação e lagoa de polimento; cuja ocorrência da *Wolffia* sp., foi registrado nas duas últimas (Figura 1).

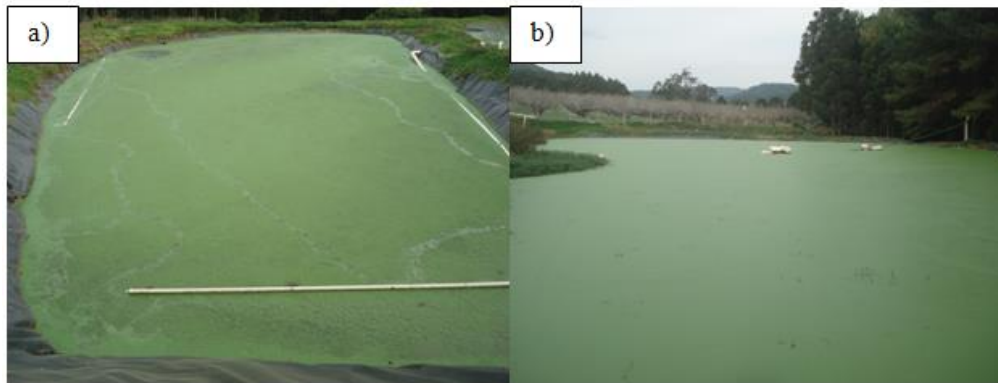


Figura1: Lagoas com ocorrência de *Wolffia* sp.: a) Lagoa de Decantação; b) Lagoa de Polimento.

DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE FERTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS

As concentrações nutricionais em que se desenvolvem as macrófitas do gênero *Wolffia* foram determinadas através da caracterização físico-química das águas residuárias da lagoa de decantação e da lagoa de polimento, realizadas nos meses de: Novembro/2013 (primavera); Fevereiro/2014 (verão); Abril/2014 (outono) e Junho/2014 (inverno).

As amostras das águas foram coletadas em pontos aleatórios, a uma profundidade de 5 a 10 cm da superfície, dentro da região de atuação das macrófitas flutuantes, totalizando um volume de 2 litros, em frascos esterilizados, acondicionados em caixas térmicas com gelo reciclável mantendo uma temperatura de 4°C até o momento da análise. Os parâmetros foram avaliados com ensaios realizados em duplicata, sendo respectivamente: pH medido em phmetro de bancada da marca Gehaka modelo PG18000; temperatura (°C) em termômetro de mercúrio; demanda química de oxigênio (DQO em mg.L⁻¹) e fósforo orgânico (P-PO₄ mg.L⁻¹) determinados em espectrofotômetro da marca HACH modelo DR2800; nitrogênio amoniacal (NH₃-N mg.L⁻¹); nitrito (NO₂-N mg.L⁻¹); nitrato (NO₃-N mg.L⁻¹) em espectrofotômetro da marca HANNA modelo HI83099.

A temperatura das amostras foi aferida *in loco* e, os demais ensaios analíticos foram realizados imediatamente após a chegada das amostras, no Laboratório de Experimentação de Microbiologia Ambiental (LEMA) no Centro Biotecnológico da UNOESC do campus de Videira (SC). Todas as análises foram realizadas de acordo com os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os dados quantitativos foram reunidos em médias com seus respectivos desvios-padrão, a estatística *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* descritiva dos dados foi realizada por meio da planilha eletrônica Excel® 2007.

O nível de fertilização dos ambientes o foi calculado a partir da relação N:P, para realizar o cálculo o teor de nitrogênio foi obtido a partir da soma dos nutrientes que foram analisados (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) e o teor de fósforo foi avaliado a partir da concentração de ortofosfato, pois é esta a forma que está disponível na água para ser absorvido efetivamente pelas macrófitas, as relações calculadas foram comparadas à relação de 5:1, que conforme Iqbal (1999) é a relação nutricional ideal para o cultivo das *duckweeds*.

DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VEGETAL

O potencial de produção de biomassa do gênero *Wolffia* foi determinado a partir da mensuração da biomassa produzida nas duas lagoas monitoradas: lagoa de decantação e lagoa de polimento. O monitoramento foi realizado nos meses de Novembro/2013 (primavera), Fevereiro/2014 (verão), Abril/2014 (outono), e Junho/2014 (inverno).

Foram observadas e, aferidas *in loco*, a cobertura da vegetação em termos percentuais da área superficial da lagoa e espessura da camada de cobertura medida em régua milimetrada. Posteriormente, foram coletadas amostras para a determinação da produtividade da biomassa (PB), através da mensuração do peso fresco dos vegetais coletados em uma peneira com dimensão de área de 0,0177 m². A peneira foi colocada aleatoriamente

em três pontos distintos da superfície de cada local amostrado, a mesma era introduzida na água a uma profundidade média de ± 5 cm abaixo da cobertura vegetal e direcionada no sentido superior coletando a biomassa.

As amostras para verificação da produtividade de biomassa foram coletadas em três pontos de amostragem aleatórios, acondicionadas separadamente em sacos plásticos devidamente identificados e transportados, em caixas de poliestireno expandido, ao LEMA, no Centro Biotecnológico da UNOESC de Videira (SC), onde a biomassa fresca foi pesada, para a obtenção do peso úmido determinado pela média das três amostragens feitas em campo. Os cálculos da estimativa de produtividade de biomassa levaram em consideração a área superficial de cada lagoa, a porcentagem de cobertura por macrófitas e o peso úmido médio das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

NÍVEIS DE FERTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS

A lagoa de decantação apresentou a presença de *Wolffia* sp. cobrindo fortemente a superfície formando uma espessa, a caracterização deste ambiente que deu condição para o desenvolvimento vegetal encontra-se na Tabela 1. A temperatura da água apresentou amplitude térmica ($17,10^{\circ}\text{C} \pm 0,14$ à $24,50^{\circ}\text{C} \pm 0,45$), nas estações outono e inverno as respectivas temperaturas ($17,10^{\circ}\text{C} \pm 0,14$ e $17,20^{\circ}\text{C} \pm 0,28$) estavam abaixo de $17,5^{\circ}\text{C}$, que é a temperatura mínima ideal de $17,5^{\circ}\text{C}$ para o crescimento de macrófitas aquáticas flutuantes (SKILLICORN et al., 1993).

Tabela 1: Caracterização físico-química das águas residuárias da lagoa de decantação.

Parâmetro (Unidade)	Concentração \pm Desvio Padrão				Média
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
T ($^{\circ}\text{C}$)	20,15 \pm 0,50	24,50 \pm 0,45	17,10 \pm 0,14	17,20 \pm 0,28	19,74
pH	7,10 \pm 0,04	7,01 \pm 0,06	7,26 \pm 0,01	6,93 \pm 0,11	7,07
DQO (mg.L^{-1})	175,80 \pm 1,72	296,00 \pm 2,10	287,00 \pm 2,83	215 \pm 2,82	243,45
P-PO ₄ (mg.L^{-1})	46,20 \pm 1,13	53,10 \pm 1,26	39,95 \pm 0,35	68,60 \pm 1,13	51,96
NH ₃ -N (mg.L^{-1})	55,95 \pm 0,98	72,90 \pm 0,56	80,05 \pm 0,21	44,95 \pm 0,64	63,46
NO ₂ -N (mg.L^{-1})	34,15 \pm 1,23	44,00 \pm 1,17	43,00 \pm 1,41	59,00 \pm 3,07	45,04
NO ₃ -N (mg.L^{-1})	11,45 \pm 0,47	0,24 \pm 0,15	0,21 \pm 0,01	7,75 \pm 0,07	4,91
N ¹ : P ²	2,20	2,21	3,08	1,63	9,12

Legenda: ¹ NH₃ + NO₂ + NO₃; ² PO₄.

Dentre os nutrientes analisados, os de maior interesse por serem com mais facilidade absorvidos pelos vegetais (nitrogênio amoniacal e ortofosfato), apresentaram as concentrações mínimas de $44,95 \pm 0,64 \text{ mg.L}^{-1}$ de NH₃-N (inverno) e; $39,95 \pm 0,35 \text{ mg.L}^{-1}$ de P-PO₄ (outono). O nível de fertilização (N:P) da lagoa variou de 1,63 à 3,08, conforme a estação do ano, ambos os valores de fertilidade encontrados foram inferiores à relação ideal 5 apontada por Iqbal (1999).

As amostras apresentaram variação de pH de $6,93 \pm 0,11$ à $7,26 \pm 0,01$, em todas as estações o pH estava na faixa ideal (7,00 à 8,00) apontada por Skillicorn et al.(1993). A DQO apresentou variação de $175,80 \pm 2,10$ à $296,00 \pm 2,10$, cuja matéria orgânica tem origem no processo produtivo de abate de bovinos e suínos, esta variação se deve ao número de animais abatidos no período ao qual não tem-se conhecimento e ainda a eficiência na remoção prévia da mesma no tratamento que ocorreu à montante na lagoa de aeração e na lagoa anaeróbia.

A caracterização de suas águas residuárias da lagoa de decantação encontra-se na Tabela 2. A temperatura da água apresentou amplitude térmica ($16,6^{\circ}\text{C} \pm 0,21$ à $22,50^{\circ}\text{C} \pm 0,71$). As temperaturas na primavera ($21,45 \pm 0,07$) e no verão ($22,50 \pm 0,71$), assim como o pH médio (7,52) foram ideias para o promover o crescimento vegetal (SKILLICORN et al., 1993).

Tabela 2: Caracterização físico-química das águas residuárias da lagoa de polimento.

Parâmetro (Unidade)	Concentração ± Desvio Padrão				Média
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
T (°C)	21,45 ± 0,07	22,50 ± 0,71	16,90 ± 0,14	16,65 ± 0,21	19,38
pH	7,85 ± 0,04	7,83 ± 0,04	7,11 ± 0,03	7,29 ± 0,06	7,52
DQO (mg.L ⁻¹)	86,90 ± 1,27	132,00 ± 1,41	143,55 ± 2,19	82,00 ± 1,41	111,11
P-PO ₄ (mg.L ⁻¹)	30,35 ± 0,21	45,20 ± 0,23	63,00 ± 0,14	47,55 ± 3,61	46,53
NH ₃ -N (mg.L ⁻¹)	33,30 ± 0,42	65,00 ± 0,46	68,50 ± 0,71	46,75 ± 1,20	53,64
NO ₂ -N (mg.L ⁻¹)	0,04 ± 0,03	15,10 ± 0,14	21,50 ± 0,14	21,50 ± 1,71	14,54
NO ₃ -N (mg.L ⁻¹)	1,25 ± 0,21	0,09 ± 0,04	3,04 ± 0,06	3,30 ± 0,42	1,92
N ¹ : P ²	1,14	1,77	1,48	1,50	1,474

Legenda: ¹ NH₃ + NO₂ + NO₃; ² PO₄.

A concentração de NH₃ variou de 33,30±0,42 à 68,50±0,71, em todas as amostragens as concentrações ficaram abaixo da concentração de 100 mg.L⁻¹ de NH₃-N que em pH>8,00 seria tóxica e prejudicial para o crescimento vegetal, sendo que o pH variou de 7,11 ± 0,03 (outono) à 7,83±0,04 (primavera) permanecendo sempre dentro da faixa ideal (7,00 à 8,00) apontada por Skillicorn et al.(1993).

A concentração de P-PO₄ variou de 30,35±0,21 à 63,00±0,14, sendo que para os parâmetros de nitrogênio amoniacal e ortofosfato as menores concentrações foram registradas na primavera e as maiores concentrações no inverno. O nível de fertilização (N:P) deste ambiente construído variou de 1,14 à 1,77, conforme a estação do ano, e portanto neste ambiente assim como nos demais monitorados todos os níveis de fertilidade encontrados foram inferiores à relação ideal 5 apontada por Iqbal (1999).

As águas residuárias na lagoa de polimento apresentaram variação da DQO de 82±1,41 à 143,55±2,19. Comparando as concentrações médias dos parâmetros determinados na lagoa de polimento com os valores na lagoa de decantação verificam-se as eficiências de remoção: 54,36% em DQO; 10,45% em PO₄; 15,45% em NH₃; 67,72% em NO₂ e 60,90% em NO₃.

PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VEGETAL

A Tabela 3 apresenta a produtividade de biomassa registrada na lagoa de decantação. A maior produtividade foi registrada em fevereiro/14 (7,98 kg.m⁻²) e estima-se que esta lagoa que possui uma área superficial de 215,25 m² tenham sido produzidas até 1,72 ton de biomassa vegetal neste mês.

Tabela 3: Produção de biomassa de *Wolffia* sp. na lagoa de decantação.

Estação do ano	Cobertura (%)	Espessura (cm)	Produção Biomassa (Kg.m ⁻²)
Primavera	100	5,0	7,04
Verão	100	5,0	7,98
Outono	100	2,0	3,23
Inverno	100	2,5	4,75
Média	100	3,6	5,75

Nas estações de outono (3,23 kg.m⁻²) e inverno (4,75 kg.m⁻²) foram mensuradas as menores produtividades, em decorrência de uma remoção parcial da biomassa excedente que foi realizada pela equipe de manutenção da agroindústria para evitar a reintrodução dos nutrientes que já haviam sido absorvidos pelos vegetais que encontravam-se em fase de senescência cíclica (CARIS; NUNES; PHILIPPI, 2007), entretanto pela capacidade de crescimento rápido, a porcentagem de cobertura da lagoa não diminuiu de 100% .

Considerando a produtividade média de 5,75 Kg.m⁻², com colheita de 50% realizada uma vez ao mês esta lagoa tem potencial de produção de 7,42 ton.ano⁻¹ de biomassa fresca. Enquanto estima-se que a produção de duas safras de milho nesta mesma área (se drenada) produziria apenas 0,239 ton.ano⁻¹, portanto verifica-se que o cultivo da *Wolffia* sp. é da ordem de 7,18 superior ao rendimento da cultura energética de milho.

A lagoa de polimento possui área superficial de 850 m², apresentou 100% de cobertura vegetal durante o período de monitoramento, cuja esta e as demais informações da produtividade de biomassa, medida neste ambiente encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4: Produção de biomassa de *Wolffia* sp. na lagoa de polimento.

Estação do ano	Cobertura (%)	Espessura (cm)	Produção Biomassa (Kg.m ⁻²)
Primavera	60	2,5	8,63
Verão	100	2,0	7,33
Outono	100	1,0	3,71
Inverno	100	0,8	3,08
Média	90	1,32	5,69

A lagoa de polimento apresentou variação de: cobertura de 60% à 100%; espessura de 0,8 à 2,5; 3,08 Kg.m⁻² à 8,63 Kg.m⁻², considerando a maior produtividade registrada em novembro/2013, estima-se que este ambiente com área superficial de 850 m² tenha produzido neste mês 7,33 ton de biomassa vegetal respectivamente.

Considerando-se a produtividade média (5,69 Kg.m⁻²), se fosse realizada uma colheita de 50% da biomassa a cada mês, em um ano estima-se que a lagoa de polimento poderia produzir 29,02 ton.ano⁻¹ de biomassa. Enquanto estima-se que a produção de duas safras de milho nesta mesma área tem potencial de produzir até 0,87 ton.ano⁻¹. Sendo assim, contata-se que a produção de biomassa de *Wolffia* sp., comparado à produção de milho nesta mesma área é 97% superior.

CONCLUSÕES

Verificou-se uma produção representativa de biomassa vegetal nas duas lagoas em todas as estações do ano, que juntas podem produzir até 36,44 ton.ano⁻¹ de massa fresca. Com base nas concentrações de nutrientes presentes nos meios monitorados, pode-se afirmar que as macrófitas do gênero *Wolffia* podem crescer em águas residuárias com variações de 33,30 à 80,05 mg.L⁻¹ de nitrogênio amoniacal e, de 30,35 à 68,60 mg.L⁻¹ de fósforo orgânico.

Portanto o meio ideal de cultivo deve levar em consideração essas concentrações nutricionais para potencializar a absorção e remoção de nutrientes com produção de biomassa, quanto ao nível de fertilização obtido pela relação N:P, quanto mais próximo de 5 maior o desenvolvimento vegetal.

As águas residuárias de abatedouros e de outros processos produtivos integrantes da cadeia produtiva de proteína animal, para serem lançadas em corpos hídricos receptores, devem ser devidamente tratadas em sistemas eficientes que propiciem a remoção dos compostos, pois os efluentes tratados devem estar de acordo com os padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais. O tratamento destes com polimento em lagoas com macrófitas do gênero *Wolffia* é uma alternativa viável de biorremoção de nutrientes evitando a eutrofização dos ambientes aquáticos.

Entretanto pela complexidade da temática, recomenda-se a continuidade dos estudos a fim de viabilizar usos alternativos para a biomassa produzida, agregando valor a mesma e ainda mitigando impactos ambientais causados pela agroindústria.

AGRADECIMENTOS: À Fundação Parque Tecnológico ITAIPÚ pelo auxílio financeiro com custeio da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. American Public Health Association/ American Water Works Association / Water Environment Federation: Washintong, p.1496, 2005.

2. CETESB, Companhia de tecnologia de Saneamento ambiental. Frigoríficos: Industrialização da carne Bovina e Suína. São Paulo: Editora CETESB, p.85, 2006.
3. IQBAL, S. Duckweed aquaculture, potentials, possibilities and limitations, for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries. Switzerland. SANDEC, p.91, 1999.
4. LANDOLT, E. The family of Lemnaceae. A monographic study (v.1) Geobotanischen Instititres Stiftung Rubel, Zurich, p. 566, 1986.
5. LANDOLT, E. e KANDELER. The family of Lemnaceae. A monographic study (v.2) Phitochemistry, physiology, application, bibliography. Geobotanischen Instititres Stiftung Rubel, Zurich, p. 638, 1987.
6. LENG, R. A. DUCKWEED: A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment. Collation, 1999, p.108.
7. OBASA, J. O. Utilization of biomass (water hyacinth, phragmites karka and cow dung) in the production of biogas. Department of civil engineering, College of engineering, University of Agricultures, Abeokuta, Nigéria, 2010, p. 50.
8. OLIVEIRA, P. A. V. As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, 2006, p.40.
9. POTT, J. V. e CERVI, A. C. A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil. Revista brasileira de Botânica, São Paulo, v.22, n.2, p.153-174, 1999.
10. POTT, J. V. Plantas aquáticas do pantanal. Corumbá, MS. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. EMPRAPA, p. 404, 2000.
11. RODRIGUEZ, L. e PRESTON, T. R., Manual para uso de resíduos bovinos em biodigestores com produção posterior de lentilhas em lagoas. Fundação Universidade de Agricultura Tropical, Chácara Ecológica, da Universidade de Agricultura e Florestas, Vietnã, p. 1996.
12. SKILLICORN, P.; SPIRA, W. e JOURNEY, W. Duckweed aquaculture: a new aquatic farming system for developing countries. Washington, D.C., The World Bank. p. 76, 1993.
13. UYSAL, Y., Removal of chromium ions from wastewater by duckweed Lemna minor. by using a pilot system with continuous flow. Journal of Hazardous Materials, v.253, p.486-492, 2013.