

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESEMPENHO DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS
COM CAPIM-TIFTON 85 (*CYNODON* SPP.) NA REMOÇÃO DE CARGA
ORGÂNICA PRESENTE EM ESGOTO DOMÉSTICO**

WALISSON MARQUES OLIVEIRA

URUTAÍ - GO
OUTUBRO DE 2019

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESEMPENHO DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS
COM CAPIM-TIFTON 85 (*CYNODON SPP.*) NA REMOÇÃO DE CARGA
ORGÂNICA PRESENTE EM ESGOTO DOMÉSTICO**

WALISSON MARQUES OLIVEIRA

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Debora Astoni Moreira

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Agrícola do Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como requisito parcial
para a obtenção do título de (Bacharel em
Engenharia Agrícola), sob orientação da
Prof.^a. Dr.^a Debora Astoni Moreira

URUTAÍ - GO
OUTUBRO DE 2019

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

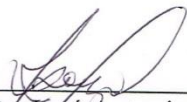
ALUNO: Walisson Marques Oliveira

ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Débora Astoni Moreira

Aprovado pela Comissão Examinadora



Prof^ª. Dr^ª. Débora Astoni Moreira



Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza



Mr. Carlos Bispo de Oliveira

Data da Realização: 31 de outubro de 2019



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC – Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Walisson Marques Oliveira

Matrícula: 2016101200683224

Título do Trabalho: Desempenho de sistemas Algodos construídos utilizando com lapins Tifton 85 (Cynodon spp.) na produção de urtiga orgânica presente em esgoto doméstico

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 19/11/19

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Walisson 31/10/19
Local Data

Walisson Marques Oliveira
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

[Assinatura]
Assinatura do(a) orientador(a)

DESEMPENHO DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM CAPIM-TIFTON 85 (*CYNODON SPP.*) NA REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA PRESENTE EM ESGOTO DOMÉSTICO

RESUMO: O cenário do saneamento básico no Brasil apresenta ainda diversas fragilidades, mesmo com a evolução nos índices de coleta e tratamento de efluentes líquidos. A falta de condições mínimas de saneamento é um sério problema, principalmente em sistemas de tratamento de esgoto doméstico e rural. As águas residuárias, quando lançadas diretamente em corpos hídricos, podem causar diversos impactos, diretamente à saúde pública, sendo que a água pode ser fonte de transmissão de doenças. Sendo assim o uso de sistemas alagados construídos vem sendo como uma boa alternativa para o tratamento de esgoto doméstico. Com isso, este trabalho, teve como objetivo avaliar a eficiência de sistemas alagados construídos cultivados com capim tifton 85 (*Cynodon sp*) na remoção de carga orgânica no tratamento de esgoto doméstico submetidos em diferentes taxas de aplicação de carga orgânica e tempo de detenção hidráulica. Foram aplicadas 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO de taxa de carga orgânica e 1,2 e 4 dias de diferentes tempos de detenção hidráulica. Foram implantadas 6 unidades experimentais constituídos por recipiente plástico (cochos) com 0,70 m de largura, 2,10 m de comprimento e 0,31 m de altura, usando como meios suportes brita n. 1. Cultivadas com capim tifton 85 (*Cynodon sp*). As eficiências máximas na remoção de sólidos totais, turbidez e DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) foram 43%, 96% e 76%, respectivamente.

Palavras-chave: Esgoto doméstico. Saneamento. Tratamento.

PERFORMANCE OF ALAGADOS SYSTEMS CONSTRUCTED CULTIVATED WITH GRASS-TIFTON 85 (*CYNODON SPP.*) IN THE REMOVAL OF ORGANIC LOAD PRESENT IN DOMESTIC SEWAGE

ABSTRACT: The scenario of basic sanitation in Brazil still presents several fragilities, even with the evolution in the indices of collection and treatment of liquid effluents. The lack of minimum sanitation conditions is a serious problem, especially in domestic and rural sewage treatment systems. Wastewater, when thrown directly into water bodies, can cause several impacts, directly to public health, and water can be a source of disease transmission. Therefore, the use of flooded systems has been a good alternative for the treatment of domestic sewage. The aim of this work was to evaluate the efficiency of flooded systems constructed with tifton 85 grass (*Cynodon sp*) in the removal of organic load in the treatment of domestic sewage submitted to different rates of application of organic load and time of hydraulic detention. 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ d⁻¹ of organic charge rate BOD and 1,2 and 4 days of different hydraulic holding times were applied. Six experimental units were built consisting of plastic containers (troughs), 0.70 m wide, 2.10 m long and 0.31 m high, using brass supports. 1. Cultivated with tifton 85 grass (*Cynodon sp*). The maximum efficiencies in removal of total solids, turbidity and BOD (Biochemical oxygen demand) were 43%, 96% and 76%, respectively.

Key Words: Domestic sewage. Sanitation. Treatment.

1- Introdução

O cenário do saneamento básico no Brasil apresenta ainda diversas fragilidades, mesmo com a evolução nos índices de coleta e tratamento de efluentes líquidos. Estes serviços ainda se encontram abaixo do esperado quando comparados aos mesmos índices de países mais desenvolvidos (COLARES et al., 2017). A falta de condições mínimas de saneamento é um sério problema, principalmente quando envolvem sistemas de tratamento de esgoto doméstico e rural. Doenças como a diarreia infecciosa, cólera, leptospirose, hepatite, esquistossomose entre diversas outras, apresentam relação direta com a incorreta disposição de esgoto doméstico em mananciais de água usado para o abastecimento humano, comprometendo a qualidade dos recursos naturais.

O problema se agrava quando a questão envolve o meio rural, devido as longas distâncias que as propriedades rurais apresentam em relação às Estações de Tratamento de Esgoto, o que inviabiliza a coleta e tratamento do esgoto sanitário, levando muitas famílias a usarem cursos d'água próximo à residência como meio de aporte para descarte de dejetos.

As águas residuárias, quando lançadas diretamente em corpos hídricos, podem causar diversos impactos ao ambiente aquático, como a elevação dos níveis de contaminantes. Assim, é necessária a implementação de técnicas que possibilitem seu tratamento, visando mitigar as possíveis alterações que a sua disposição venha causar nos meios físicos e bióticos. Em pequenas comunidades e agroindústrias, no tratamento descentralizado, é de suma importância que se alie eficiência na remoção de poluentes a baixos custos de instalação e operação (JESUS, 2016).

Em dados reportados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil, o índice total de tratamento dos esgotos gerados é de 40,8% e o índice total de tratamento dos esgotos coletados é de 70,9%. O volume de esgotos tratado saltou de 3,624 bilhões de m³ em 2013 para 3,764 bilhões de m³ em 2014, correspondendo a um incremento de 3,9% (BRASIL, 2014).

Diversos métodos de remoção de poluentes presentes em águas residuárias tem sido estudado (SOUZA et al, 2018). Sendo como uma das alternativas para minimizar o acúmulo de poluentes em águas residuárias, estão sendo os sistemas alagados construídos (SACs) ou também chamados de “*wetlands*”. Segundo Mendonça et al., (2015) e Mendonça *et al.*, 2012, este tipo de tratamento, vem ganhando popularidade uma vez que comparado com sistema convencional de tratamento.

Trata-se de um processo natural, que utiliza os recursos disponíveis como a vegetação da própria região, não requer mão de obra especializada, apresenta baixo custo energético e é menos suscetível às variações nas taxas de aplicação de esgoto, exige pouca mecanização, demanda menos energia e produtos químicos, aumento do habitat para a vida animal e disponibilidade de um elemento de estética paisagística (RAMOS et al., 2017).

Diversos trabalhos utilizando forrageiras vêm sendo aplicados no Brasil, como capins tifton 85 (*Cynodon*sp.) (Fia et al., 2011; Santos, et al. 2016, Jesus, 2016), grama esmeralda (Mendonça, 2017) capim elefante (*Pennisetum*sp.), (Matos, et al. 2010, Forgiarini&Rizzi, 2016), apresentando altas eficiências de remoção de nutrientes e poluentes de diversos tipos de águas residuárias.

Em função da baixa disponibilidade de informações quanto ao sistema de produção de plantas cultivadas em SACs, quando utilizado no tratamento de esgoto doméstico na remoção de matéria orgânica, no presente trabalho, objetivou-se avaliar a eficiência de remoção de sistemas alagado construído cultivados em capim tifton 85 (*Cynodon sp*) na remoção de carga orgânica de esgoto doméstico aplicado em diferentes taxas de aplicação de carga orgânica e tempo de detenção hidráulica.

2- Metodologia

O trabalho foi realizado no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí (IFGoiano), em Urutaí - GO, localizado a 17°29'6" S de latitude e 48°12'27" O de longitude e 712 m de altitude. De acordo com classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, e se caracteriza como tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura e precipitação médias, anuais, de 28°C e 2000 mm (SILVA, 2015).

Para condução dos ensaios experimentais, utilizou-se o esgoto doméstico bruto proveniente das instalações do IFGoiano, o qual foi aplicado, em diferentes tempos de detenção hidráulica (1, 2 e 4 dias) e taxas de aplicações (100, 200 e 300 kg DBO₅ dia⁻¹), em sistemas de tratamento do tipo alagado construído (SAC ou *wetland*) cultivados com gramínea forrageira da variedade Tifton 85 (*Cynodon spp.*). Na Tabela 1 estão apresentadas as características físicas, químicas e bioquímicas do esgoto doméstico (afluente), utilizados nos ensaios experimentais.

Tabela 1. Valores médios da caracterização do esgoto doméstico utilizado nos ensaios experimentais.

Parâmetros	Esgoto Bruto
pH a 25° C	7,14 ± 0,26
Turbidez (UNT)	300,45 ± 98
Condutividade elétrica a 25° C ($\mu\text{s m}^{-1}$)	1096,78 ± 167,40
Sólidos totais (mg L^{-1})	684,00 ± 62
DBO (mg L^{-1})	284,00 ± 119

Em que: pH = Potencial hidrogeniônico e DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

A utilização dessa espécie gramínea em lugar das macrófitas aquáticas, ocorreu pelo fato de apresentarem boas características de produção e elevada capacidade de crescimento, além do grande potencial de uso como forrageira nas condições subtropicais e tropicais a se integrarem à paisagem local.

O esgoto doméstico era bombeado até um reservatório de 1000 L por meio de um conjunto moto bomba de rotor semiaberto e acionado por meio de chave boia de nível, sendo, posteriormente, conduzido, por gravidade, aos diversos SACs. Para garantir que o sistema operasse sem entupimentos, uma válvula de pé com crivo, envolto por um recipiente plástico previamente perfurado, foi instalada na sucção do conjunto moto bomba.

Os SACs, em escala piloto, foram constituídos por caixas plásticas (cochos em pvc de fundo plano), nas dimensões de 0,70 m de largura x 2,10 m de comprimento x 0,31 m de altura, assentado sobre o solo, em declividade longitudinal de $0,05 \text{ m m}^{-1}$, preenchidos com meio suporte (brita #1, D60=12 mm, coeficiente de uniformidade – CU D60/D10 = 3,8 e volume de vazios inicial de $0,520 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) até a altura de 0,25 m em relação à base.

Cada SAC possuía um sistema de drenagem localizado na parte oposta à entrada do esgoto, que ocupava toda largura da caixa, feito com tubo PVC de 0,032 m de diâmetro, com furos de aproximadamente 0,005 m de diâmetro. Utilizou-se o escoamento subsuperficial horizontal (0,20 m de lâmina de esgoto em escoamento no meio suporte de 0,25 m de altura), que foi garantindo por meio da instalação de tubulações reguladoras do nível do líquido foram instaladas na saída dos SACs

Após transplântio das mudas de capim na densidade de $14 \text{ propágulos m}^{-2}$, os SACs foram saturados com água e, após 15 dias, foram esgotados e preenchidos com esgoto doméstico, permanecendo-se, assim, por mais 45 dias, com a finalidade de adaptação

das plantas ao novo meio suporte e formação do biofilme neste. Depois desse período, foram iniciados os ensaios experimentais, com aplicação diária, de esgoto doméstico (bruto) nas taxas de 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO e no tempo de detenção hidráulico (1, 2 e 4 dias). Na Tabela 2 estão apresentados os diferentes tratamentos avaliados.

Tabela 2. Tratamentos avaliados para remoção da carga orgânica presente no esgoto doméstico.

Tratamentos	Taxa de carga orgânica	
	Taxa de aplicação (kg DBO ₅ dia ⁻¹)	Tempo de detenção (dias)
SAC 1	100	5,6
SAC 2	200	2,8
SAC 3	300	1,9
SAC 4	140,63	4,0
SAC 5	281,25	2,0
SAC 6	562,5	1,0

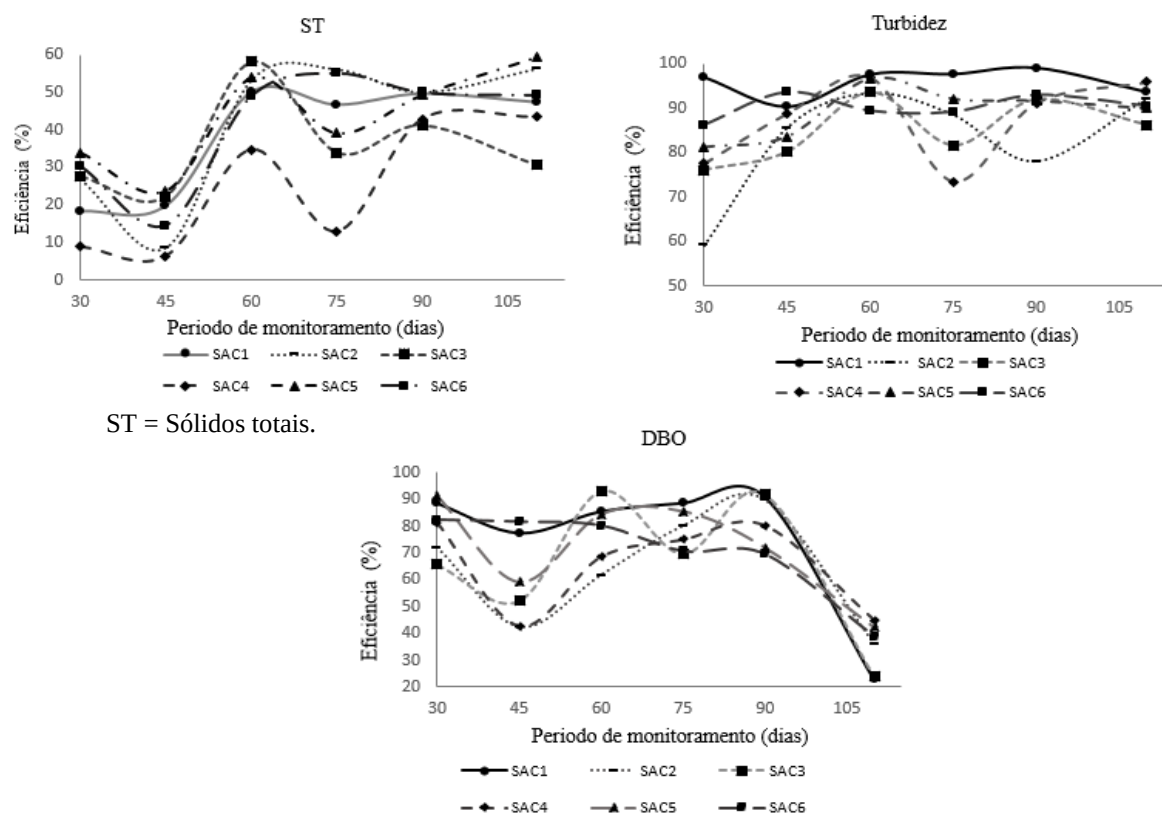
Para se determinar a eficiência do sistema na remoção de matéria orgânica, amostras do afluente e dos efluentes foram coletadas quinzenalmente, e conduzidas ao Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas do IFGoiano, para determinação da turbidez, sólidos totais e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), conforme metodologias descritas em American Public Health Association - APHA (2012).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente ao acaso com repetições no tempo. As análises estatísticas foram realizadas pelo software SAEG. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de média, adotando-se um nível de significância de até 5%.

3- Resultados e discussões

Na Figura 1, estão apresentadas as eficiências de remoção da matéria orgânica, sólidos totais, turbidez e DBO, durante o período de monitoramento.

Figura 1. Variação das eficiências de remoção de Turbidez, ST e DBO₅, nos SACs, durante o período de monitoramento dos sistemas.



Verifica-se, na Figura 1, menor eficiência na remoção de Sólidos Totais (ST) durante os primeiros 45 dias de avaliação, para todos os tratamentos avaliados. Na fase inicial, a remoção de sólidos ocorre devido a utilização do meio suporte (brita), que promove a absorção de nutrientes necessários à sobrevivência dos biofilmes, como também, a filtragem do esgoto, já que a vegetação ainda está no estágio inicial de desenvolvimento vegetativo, principalmente crescimento radicular e adaptação das plantas ao sistema. Assim como observado por Mendonça (2015); Oliveira et al. (2018), os quais justificam que o maior tempo de contato entre a água e as raízes das plantas, propiciam melhores condições para a sedimentação de sólidos em suspensão e degradação de partículas orgânicas pelos microrganismos.

As oscilações observadas na eficiência de remoção de ST ao longo do período experimental, podem estar relacionadas às variações nas concentrações do afluente. A partir dos 75 dias, o sistema manteve um padrão de remoção superior a 30%, com exceção do SAC4 que apresentou a menor eficiência. E ao final do experimento, o SAC3 mostrou o pior desempenho. Sendo que ao final do experimento, todos os SACs

atenderam a legislação CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011) para descarte em corpos da água no que se diz ao parâmetro de sólidos totais.

Para Mendonça (2015), Matos (2015) e Lourenço (2017), os SACs são eficientes na remoção de sólidos suspensos totais, sendo os processos responsáveis por isso: sedimentação nos interstícios, adesão aos grânulos do material suporte e filtração, os quais apresentam essas características devido ao uso de maiores tempos de detenção hidráulicos, presença de meio suporte e vegetais.

No que se diz ao parâmetro de turbidez, observa-se que, apresentou uma tendência de eficiência na remoção de se manter constante durante os ensaios experimentais, a exceção do tratamento avaliado no SAC2, que demorou para ter uma boa eficiência. Tal fato pode ter ocorrido em virtude das condições das raízes deste SAC ainda não terem desenvolvidas. Tendo em vista que este parâmetro está associado aos sólidos totais, pode-se dizer que os sistemas plantados garantiram altas eficiências, ou seja, manteve uma tendência de remoção superior a 60%. Demonstrado por Almeida (2016), o qual pôde verificar que a remoção de sólidos interfere na remoção de turbidez, sendo estes decorrentes do processo de filtração pelo substrato e sistema radicular. Sendo que o SAC que houve melhor remoção de turbidez durante todo o período de monitoramento foi o SAC1.

Sendo que todos os SACs, ao final do experimento, apresentaram eficiência de remoção de turbidez que atendem a legislação da CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011), que solicita no máximo 100 UNT de turbidez.

A remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) durante o período de monitoramento, observa-se que o SACs apresenta bastante estáveis até os 90 dias de monitoração, após esse período houve um grande decréscimo. Podendo estar relacionado com o corte/poda das forrageiras nos SACs que foi feita 10 dias antes, (30/10/2017), do experimento completar 90 dias, (10/11/2017), de monitoramento. Assim como constatado por Lourenço (2017), o qual pôde verificar a baixa eficiência na remoção de DBO, nos períodos após poda relacionando esse fato aos restos vegetais em cima do leito e no seu interior (sistema radicular em decomposição).

Um dos fatores que provavelmente contribuíram para a rápida estabilização do sistema, foi o desenvolvimento do biofilme no meio suporte, gerado via aplicação de esgoto doméstico em todos os SACs, durante os 45 dias antes do início dos ensaios experimentais. Verificado por Saraiva (2016), aos 45 dias de aplicação de efluente,

possibilitando uma maior estabilização na remoção de poluentes, possivelmente por atingir maior grau de maturação do biofilme.

Verificando assim, que durante todo o experimento, o tratamento que teve menor eficiência foi o SAC2, porém, mesmo com a menor eficiência de remoção este tratamento ainda consegue atender a legislação da CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011), que exige no mínimo 60% remoção.

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios das concentrações de sólidos totais, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio, presentes no afluente e efluentes aos SACs submetidos aos diferentes tratamentos, bem como as respectivas eficiências de remoção.

Tabela 3. Valores médios das concentrações de sólidos totais (ST), turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) presentes no afluente e efluentes aos SACs submetidos aos diferentes tratamentos, respectivas eficiências de remoção (%).

SACs	ST		Turbidez		DBO	
	(mg L ⁻¹)	Rem. (%)	(UNT)	Rem. (%)	(mg L ⁻¹)	Rem. (%)
Afluente	684 ± 62		300 ± 98		284 ± 119	
SAC1	420 ± 105	39 ± 15 d	12 ± 8	96 ± 3 a	81 ± 118	76 ± 26 a
SAC2	398 ± 136	42 ± 20 b	47 ± 27	83 ± 13 f	101 ± 85	64 ± 21 f
SAC3	440 ± 90	36 ± 13 e	43 ± 19	85 ± 7 e	102 ± 109	66 ± 26 d
SAC4	519 ± 142	25 ± 17 f	38 ± 36	87 ± 10 d	100 ± 70	65 ± 17 e
SAC5	391 ± 102	43 ± 13 a	30 ± 11	89 ± 6 c	89 ± 85	73 ± 19 b
SAC6	401 ± 109	41 ± 16 c	29 ± 10	90 ± 3 b	96 ± 87	71 ± 17 c

Rem = Remoção em porcentagem (%) das variáveis; ST = Sólidos Totais; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verifica-se, na Tabela 3, que as eficiências de remoção de ST variam entre 25% a 43%. Conforme esses valores apresentados, os resultados obtidos atendem a resolução CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011) a qual preconiza uma eficiência de remoção mínima de 20% para sólidos em suspensão totais, assim o uso desses SACs pode ser considerado como uma boa alternativa para remoção de sólidos em esgoto doméstico.

Sendo que o SAC 5 com tempo de detenção hidráulica de 2 dias e taxa de carga orgânica de 281,25 Kg.ha⁻¹ de DBO foi o tratamento mais eficiente na remoção de sólidos totais, 43%. Podendo estar relacionado devido a uma taxa de carga orgânica

menor, possibilitando uma baixa velocidade de escoamento, assim ocorrendo a maior retenção das partículas orgânicas nas raízes além do crescimento de bactérias que se desenvolvem dispersas no meio líquido e ficam aderidas ao biofilme formado, promovendo a degradação desses poluentes como afirma Calijuri et al. (2009).

Podendo notar, que os SACs 1,2,4 e 5 com taxas menores, entre 100 a 280 Kg.ha⁻¹ de DBO, com exceção do SAC4, houveram remoções superiores a 30% e que segundo Correa (2018), processos físicos de filtração e sedimentação das partículas, tendem ter maior remoção nos SACs com menores taxas aplicadas; e Lourenço (2017), Ansari et al., (2016), atribuem maior remoção causada devido a retenção de partículas no meio poroso utilizado.

Em relação a turbidez, as eficiências de remoção variam entre 83% a 96%. Todos os SACs tiveram turbidez menor que 100 UNT após o tratamento, atendendo a legislação da CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011), que exige turbidez de no máximo 100 UNT no esgoto sanitário.

O SAC 1 com tempo de detenção hidráulica de 5,6 dias e taxa de carga orgânica de 100 Kg.ha⁻¹ de DBO foi o mais eficiente na remoção de turbidez, 96%. Tal eficiência pode estar relacionada com o alto tempo de detenção hidráulica de 5,6 dias, onde que o sistema pôde propiciar menor velocidade e vazão, e devido a isso tem-se maior sedimentação e filtração dos sólidos, que está relacionado diretamente com a turbidez. Assim como justifica Mendonça (2015); Oliveira et al. (2018), que o maior tempo de contato entre a água e as raízes das plantas, propiciam melhores condições para a sedimentação de sólidos em suspensão e consequentemente maior eficiência de remoção de turbidez.

Entretanto mesmo com um menor tempo em relação aos resultados estudados por Brasil et al. (2005), verificaram uma remoção de 80% em esgoto doméstico, considerando um tempo de detenção hidráulica de 1,9 dias e 86% para 3,8 dias.

Resultados aproximados encontrados neste estudo, onde o SAC 2 com um TDH de 2,8 dias, obteve uma eficiência de remoção de 83%, e o SAC4 com um TDH 4 dias, obteve 87% de remoção.

As elevadas remoções de turbidez, deste trabalho, superiores a 80%, corroboram com resultados obtidos em outros trabalhos, nos quais foram avaliados remoção de carga orgânica de esgoto doméstico por sistemas alagados construídos. Prata et.al, (2013), por exemplo, obtiveram remoções que variaram entre 83,7% a 88,4% em SAC's

cultivados com lírio-amarelo (*Hermerocallis flava*), enquanto Jesus (2016), encontrou valores entre 77% a 82% cultivando capim-tifton 85 (*Cynodon sp.*) e capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

Notou-se que durante a fase de aplicação do esgoto doméstico, que o capim tifton 85 (*Cynodon spp.*) não apresentou nenhum sinal de senescência e intoxicação mesmo com a maior taxa de DBO aplicada ($562,5 \text{ kg. ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$), no entanto Silva (2014), observou tal distúrbio após um período de intermitência na alimentação do sistema de aplicação de água residuária doméstica.

As média das concentrações de DBO do afluente ao longo do período de monitoramento foi de 284 mg.L^{-1} , aproximadamente semelhante ao encontrado por Correa (2018) com tratamento de água residuária de suinocultura o qual foi de 282 mg L^{-1} , assim essa carga não pode ser considerada como carga orgânica tão elevada, quando comparada à outros estudos (MATOS et al., 2012; SANTOS et al., 2016).

Quanto ao parâmetro de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), os resultados variam-se entre 64% a 76% de eficiência de remoção de DBO. De acordo com a CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011) os resultados obtidos atendem a legislação a qual preconiza uma eficiência de remoção mínima de 60% para demanda bioquímica de oxigênio, assim o uso desses SACs pode atender de forma excelente para o tratamento do esgoto doméstico.

O SAC com maior remoção de DBO, foi o SAC1 com um tempo de detenção hidráulica de 5,6 dias e taxa de carga orgânica de $100 \text{ Kg. há}^{-1}\text{dia}^{-1}$ de DBO, com remoção de 76%. Dentre os fatores que contribuíram para que se obtivesse esse desempenho no SAC1, pode se destacar o efeito do tempo de detenção hidráulica (TDH). Sendo este TDH, próximo ao encontrado por Baskar, Deeptha e Annadurai (2014), com TDH de 6 dias no tratamento de água residuária doméstica. Fato que pode ser constatado segundo FIA et al. (2010), o qual concluiu que TDH superiores a 100 horas (4,17 dias) proporcionam maiores eficiências na remoção de DQO e DBO_5 .

Já segundo MATOS et al. (2012), supõe se que além do TDH, a intensificação na formação de biofilme no meio suporte, proporcionada com o aumento na taxa de aplicação orgânica, também pode aumentar a capacidade do sistema em remover DBO_5 , notando se isso no SAC6 que teve maior taxa de aplicação orgânica, $562,5 \text{ Kg. há}^{-1}\text{dia}^{-1}$ de DBO, e obteve-se eficiência de remoção de 71%, atendendo a legislação da CONAMA n.430/2011 (Brasil, 2011).

Sendo assim, as eficiências na degradação e consequentemente, na remoção da matéria orgânica estão ligados a vários fatores: TDH, tipo de material suporte utilizado e granulometria, características do afluente, taxas orgânicas aplicadas, condições climáticas, espécies vegetais, assim estes fatores devem ser levados em consideração ao se comparar diferentes dados de literatura (SARAIVA, 2016).

4- Conclusão

Dentre os sistemas avaliados, os tratamentos com maior eficiência de remoção para cada parâmetro foram:

- Para o parâmetro Sólido Totais, o tratamento mais eficiente foi o SAC5 com tempo de detenção hidráulica de 2 dias e taxa de aplicação orgânica de 281,25 Kg. há⁻¹dia⁻¹ de DBO, com 43% de remoção.
- Para o parâmetro Turbidez, o tratamento mais eficiente foi o SAC1 com a menor taxa de aplicação orgânica de 100 Kg.ha⁻¹ de DBO e tempo de detenção hidráulica de 5,6 dias, com 96% de remoção.
- Para o parâmetro DBO, o tratamento mais eficiente foi o SAC1 com a menor taxa de aplicação orgânica de 100 Kg.ha⁻¹ de DBO e tempo de detenção hidráulica de 5,6 dias, com 76% de remoção.

Sendo assim, com os resultados obtidos pode-se concluir que os SACs se mostraram eficientes na remoção de carga orgânica do esgoto doméstico cultivados com capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.).

5- Referências

- ALMEIDA, G. V. Tratamento de água residuária de bovinocultura de leite, utilizando leitões cultivados. Dissertação (Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro Instituto De Tecnologia Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola E Ambiental. Seropédica- RJ. 2016.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 2012.
- ANSARI, A.A.; GILL, R.; GILL, S.S.; LANZA, G.R. Phytoremediation. Management of Environmental Contaminants, Volume 4. Suíça, Springer, 2016.
- BASKAR, G.; DEEPTHA, V.T.; ANNADURAI, R. (2014) Comparison of treatment performance between constructed wetlands with different plants. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, v. 3, p. 210-214.
- BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.133-137, 2005. Suplemento.
- BRASIL. (2014) Plano nacional de saneamento básico. Brasília: Ministério das Cidades, 220 p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/planSab/Plansab_texto_editado_para_download.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial [da] União, Brasília, 16 maio 2011.
- Colares, G.S.; Silva, F.P.; Celente, G.S.; Radkte, J.F.; Machado, E.L. Sistema integrado de tratamento de efluentes sanitários com reatores anaeróbios sequenciais em batelada e wetlands construídos de fluxos alternados. *Revista Tecno-Lógica*, v 22, n.1, 2018.
- FIA, F. R. L. Modelos de remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuárias da suinocultura em sistemas alagados construídos. Tese (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2009
- FIA, F. R. L., MATOS, A. T., FIA, R., BORGES, A. C., CECOM, P. R. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da

suinocultura. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da suinocultura. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2017, vol.22, n.2, pp.303-311. EpubNov 21, 2016. ISSN 1413-4152. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016123972>.

FIA, R. Desempenho de sistemas alagados construídos no Tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. Tese (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2008.

FORGIARINI, F.R.; RIZZI, E.S. Eficiência de diferentes macrófitas na remoção da matéria Orgânica biodegradável em “wetland” construído de fluxo Vertical em clima subtropical. *Ciência& Engenharia (Science &Engineering Journal)*, v. 25, n°2, p. 79 - 86, dezembro 2016.

JESUS, F.L.F. Desempenho e influência dos capins tifton 85 (*Cynodon sp.*) e capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) no tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos. Dissertação de mestrado. Viçosa-MG, 2016. 113p.

LOURENÇO, L. S. Remoção de matéria orgânica e nutrientes de esgoto doméstico por *wetland* na estação de tratamento aparecida – campos novos. Dissertação (Ciência do solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages-SC, 2017.

MATOS, A.T. Manual de análise de resíduos sólidos e águas residuárias. Editora UFV, 1a ed., Viçosa, MG. 2015, 149p.

Matos, A.T.; Abrahão, S.S. e LoMonaco, P.A.V. (2012a) – Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da indústria de laticínios. *Revista Engenharia Agrícola*, vol. 32, n. 6, p. 1144-1155. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000600016>.

MATOS, A.T.; ABRAHAO, S.S.; BORGES, A. C.; MATOS, M.P. Influencia da taxa de carga orgânica no desempenho de sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.15, n.01, p.83-92, 2010a.

MENDONÇA, A.A.J. Avaliação de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos em escala real composto por tanque séptico e *wetland* construída híbrida. Dissertação de mestrado. 209p. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2015.

MENDONÇA, H. V.; RIBEIRO, C. B. M.; NOGUEIRA, K. C. C. Remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuais de laticínios em sistemas alagados construídos. *Rev. de Ciências Agrárias*, vol.40, no.1. p 12-22 Lisboa. mar.(2017a).
<http://dx.doi.org/10.19084/RCA15154>.

Mendonça, H.V.M.; Ribeiro, C.B.M.; Borges, A.C. e Bastos, R.R. (2012) - Remoção de nitrogênio e fósforo de águas residuárias de laticínios por sistemas alagados construídos operando em bateladas. *Revista Ambiente e Água*, vol. 7, n. 2, p. 75-87.
<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.805>.

OLIVEIRA, L. P., SOUZA, M. B., SOARES, A. F. S., ANDRADE, I. C. M. Avaliação da eficiência de *Wetlands* na remoção de matéria orgânica de esgoto sanitário. *Revista NBC - Belo Horizonte – vol. 8, nº 15, junho de 2018*.

RAMOS, N. F. S., BORGES, A. C., GONÇALVES, G. C., DE MATOS, A. T. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em sistemas alagados construídos, com *Chrysopogon zizanioides* e *Polygonum punctatum* cultivadas em leito de argila expandida. *M EngSanit ambiental*. v.22. n.1. jan/fev 2017. pag 123-132. DOI: 10.1590/S1413-4152201687067

SANTOS, B.S.; COSTA, P.F.; EYNG, E.; CÂMARA, C.D. Avaliação da Eficiência de um Sistema de Tratamento por Wetland Construído Aplicado ao Efluente de um Frigorífico de Suínos. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*. v. 37. n. 2. p. 13-22, 2016.

SANTOS, V. K. S., COLARES, A. P. F., MARTINS, R. N., SILVA, V. V., SOUZA, M. A. R., RIBEIRO, D. P. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência –Universidade do Vale do Paraíba. 2016
(http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/RE_0534_0757_01.pdf).

SARAIVA, C. B. Tratamento de água residuária de tanque de resfriamento de leite utilizando sistema alagado construído com diferentes meios suporte e disposição das espécies vegetais cultivadas. Tese (Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2016.

SILVA, L. C. L. Sistema biológico combinado (wetlands+ biofiltros) para o tratamento de efluente doméstico bruto. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília. 2014.

SOUZA, M.L.C., SOUZA, J.A.R., MOREIRA, D.A., GUIMARÃES, J.J., SILVA, E.L., COSTA, J.V. Utilização de biossorvente no tratamento de águas residuárias ricas em cobre (II) e sua reutilização na produção de alface. Irriga, Botucatu. v. 1, n. 1, p. 155-170, Edição Especial 30 anos PG Irriga, 2018. ISSN 1808-3765.

ANEXO

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DA REVISTA DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (DMA), VERSÃO 2017.

Informações para submissão no sistema

O(s) nome(s) do(s) autor(es) NÃO deve(m) constar no arquivo do texto a ser submetido e serão inseridos no sistema durante o processo de submissão.

No “Passo 3. Metadados da submissão (Indexação)” do processo de submissão no sistema, as informações destacadas abaixo devem ser OBRIGATORIAMENTE preenchidas, para todos os autores, conforme orientação abaixo:

a) **Nome, nome do meio e sobrenome:** colocar o nome completo, sem abreviações, correspondente a cada campo.

b) **Email:** email de contato do autor e que será posteriormente disponibilizado no arquivo final da publicação.

c) **ORCID iD:** campo opcional, para o autor inserir seu identificador ORCID, caso desejado.

c) **URL:** neste campo pode-se colocar o endereço do Currículo Lattes (ex. <http://lattes.cnpq.br/4038470820319711>), ou outro link para o Currículo do Autor ou, ainda, deixar em branco.

d) **Instituição/Afiliação:** vínculo institucional do Autor.

e) **País:** país do vínculo institucional.

f) **Resumo da Biografia:** indicar a formação do autor (área e instituição em que concluiu o respectivo curso) da graduação e da última titulação (indicando se especialização, mestrado ou doutorado).

Estrutura e formatação

A Desenvolvimento e Meio Ambiente publica trabalhos em **português, inglês, espanhol e francês**. Os artigos devem ser enviados em sua língua original, **sendo obrigatório título, resumo e palavras-chave na língua original, em português e inglês**.

Devem ser digitados em OpenOffice ou MS Word (salvos na extensão .doc ou .docx), em tamanho de folha A4, margens superior e inferior de 2,5 cm e esquerda e direita de 3,0 cm, com 1,5 de espaço entre linhas, fonte Times New Roman tamanho 12, **texto alinhado à esquerda** e todas as páginas numeradas.

As **tabelas e figuras** devem estar numerados em algarismos arábicos, com legendas em fonte tamanho 10 e inseridos ao longo do texto, no primeiro ponto conveniente após sua primeira menção. São aceitas figuras coloridas, preferencialmente em formato JPEG,

embora também sejam aceitáveis os formatos GIF, TIFF, BMP e PNG. Mapas e fotos são considerados Figuras e assim devem estar denominados no trabalho. No arquivo com o artigo para submissão, a qualidade das figuras deve ser suficiente para avaliação, mas, se necessário, pode ser inferior à versão final, de modo que o arquivo não ultrapasse 5 MB. Se o artigo for aceito, as figuras poderão ser novamente fornecidas em melhor resolução para a versão de publicação (no mínimo 300 dpi), devendo ser enviadas separadamente com a respectiva identificação (ex. Figura 1).

Os títulos das **seções** devem estar numerados em algarismos arábicos, destacados em negrito e itálico (ex. **1. Introdução**), e as subseções, em qualquer nível, numeradas e apenas em itálico. **Os artigos e ensaios não podem passar de 30 páginas, as resenhas de 5 páginas e as conferências de 20 páginas, incluindo figuras, tabelas e referências.**

A estrutura dos **artigos e ensaios** deve ser a seguinte:

- a) Título na língua original, português e inglês.
- b) Resumo (com no máximo 300 palavras) na língua original, português e inglês, acompanhados de três a cinco palavras-chaves em cada um dos idiomas.
- c) Introdução.
- d) Corpo do artigo, com as seções julgadas pertinentes pelos autores.
- e) Agradecimentos (opcional).
- f) Referências.

As **resenhas e conferências** não necessitam apresentar a estrutura acima. No caso das resenhas, deve ser apresentada no início a referência completa da obra (conforme as normas para as referências abaixo) na língua original. Nas conferências deve ser indicado o evento, o local e a data em que foi proferida.

As **notas de rodapé** devem estar no fim da página (e não do documento) e numeradas em algarismos arábicos, fonte Times New Roman tamanho 10, alinhado à esquerda.

Citações e referências

Deve-se evitar a citação de monografias, dissertações, teses, resumos e artigos completos publicados em anais de eventos, bem como relatórios de difícil acesso. Sempre que houver um número de DOI (*Digital Object Identifier*), indicá-lo ao final da referência. No caso de artigos sem DOI, mas disponíveis em endereços eletrônicos de **revistas de livre acesso**, indicar o link (“Disponível em: link”) ao final da referência.

As citações e referências devem seguir exemplos abaixo. As citações devem estar ordenadas pelo ano. Exemplos para as citações: “segundo Deléage (2007), Toledo & Barrera-Bassols (2009) e Pinheiro *et al.* (2010)...”; (Deléage, 2007; Toledo & Barrera-Bassols, 2009; Pinheiro *et al.*, 2010); (Moran, 1994, p. 17); (Deléage, 2007a; 2007b). A lista de referências deve estar em ordem alfabética dos autores.

Livro

Vinha, V. (Org.). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

Ostrom, E. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, 1990.

Almeida, J. R. de; Bastos, A. C. S.; Malheiros, T. M.; Silva, M. da D. *Política e planejamento ambiental*. Rio de Janeiro: THEX Editora, 3. ed., 2004.

Capítulo de livro

Faria, C. A. P. de. A multidisciplinaridade no estudo das políticas públicas. In: Marques, E.; Faria, C. A. P. de F. (Orgs.). *A política pública como campo multidisciplinar*. São Paulo: Editora Unesp; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p. 11-21, 2013.

Davidson-Hunt, I. L.; Berkes, F. Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective. In: Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. (Eds.) *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, 2003. p. 53-82.

Artigos de periódico

Gadda, T. M. C.; Marcotullio, P. J. Changes in Marine Seafood Consumption in Tokyo, Japan. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 26, 11-33, 2012. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/made/article/view/26043/19669>

Walker, P. A. Political ecology: where is the politics? *Progress in Human Geography*, 31(3), 363-369, 2007. doi: 10.1177/0309132507077086

Teses e Dissertações

Bitencourt, N. de L. da R. *A problemática da conservação ambiental dos terrenos de marinha: o caso da Orla do Canal da Barra da Lagoa, Ilha de Santa Catarina, Brasil*. Florianópolis, Tese (Doutorado em Geografia) – UFSC, 2005.

Documentos em formato eletrônico

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo*, 2007. Disponível em: <www.mct.gov.br/upd_blob/7844.pdf>. Acesso em: jan. 2008.

Constituição, Leis, Decretos e Resoluções

Brasil. *Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988*. 11. ed. São Paulo, Atlas 1998.

Brasil. *Lei n.º 10.406, de 10 de janeiro de 2002*. Institui o Código Civil. Brasília: DOU de 11/1/2002.

Brasil. *Decreto n.º 5.300, de 7 de dezembro de 2004*. Regulamenta a Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Brasília: DOU de 8/12/2004.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 004, de 18 de setembro de 1985*. Brasília: DOU de 20/1/1986.

Trabalhos em anais de congresso

Moura, R.; Kleinke, M. de L. U. Espacialidades e institucionalidades: uma leitura do arranjo sócio-espacial e do modelo de gestão das regiões metropolitanas do sul do Brasil. In: *Anais do Encontro Anual da ANPOCS*. Petrópolis, 24 de out., 2000.

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. O trabalho submetido é original e inédito, e não está sendo avaliado para publicação em outra revista; caso contrário, justificar em “Comentários ao Editor”
2. O arquivo submetido não contém o(s) nome(s) do(s) autor(es), garantindo, portanto, o processo de revisão duplo-cego
3. O arquivo submetido atende rigorosamente as regras, políticas, estrutura e formatação exigida pela revista, apresentadas nas NORMAS DE PUBLICAÇÃO
4. No arquivo submetido foram verificadas se todas as citações bibliográficas constam nas Referências e vice-versa, bem como se as referências estão no formato exigido pela revista, conforme apresentado nas NORMAS DE PUBLICAÇÃO.

Outras informações pelo site da revista:

<https://revistas.ufpr.br/made/about/submissions#authorGuidelines>