

A contribuição de sistemas de tratamento de esgotos por zonas de raízes para gestão de recursos hídricos na região metropolitana de Curitiba**The contribution of sewage treatment systems by root zones for water resource management in the metropolitan region of Curitiba**

DOI:10.34117/bjdv6n4-087

Recebimento dos originais: 01/03/2020

Aceitação para publicação: 06/04/2020

Altair Rosa

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Mestre em Gestão Urbana. Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho e graduação em Engenharia ambiental e Civil.

Contato: altair.rosa@pucpr.br

Daniele Campanharo Bizetto

Engenheira Ambiental pela PUCPR e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UTFPR.

Contato: danielebisetto@hotmail.com

Silvana Svenar

Química pela PUCPR e mestranda em Ciências e Tecnologias Ambientais pela UTFPR

Contato: silvana.svenar@gmail.com

Ana Paula Coelho Schimaleski

Mestre e doutoranda em Gestão Urbana e Engenheira ambiental;

Contato: anapaulaschim@gmail.com

Beatriz Larissa Pedro

Cursando Engenharia Civil pela PUCPR.

Contato: beatrizlarissap@yahoo.com.br

RESUMO

Zonas de raízes podem ser descritas como um sistema de tratamento de águas e efluentes, simulando ambientes naturais, como pântanos e banhados, também podem ser considerados como sistemas alternativos de tratamento. Sua construção pode ser basicamente composta por algumas etapas (camadas), plantas (macrófitas), filtros (pedras ou areia) e substrato (depende do projeto). Apresentam propriedades de retirar poluentes diversos presentes em ambientes naturais e efluentes, necessitando de poucos recursos e nenhuma energia externa. A pesquisa relata o monitoramento e avaliação da eficiência de uma zona de raízes construída em 2010 no Patronato Santo Antônio, localizado em São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba. Objetivando divulgar o sistema como um eficiente método de tratamento de esgoto alternativo. O sistema foi projetado para receber a contribuição de aproximadamente seiscentas pessoas. O sistema é composto por um reator anaeróbio e a zona de raízes, formada por dois tanques, compostos por pedra brita, areia, substrato e macrófitas das espécies *Typha domingensis* e *Hedychium coronariu*. O monitoramento da zona de raízes foi realizado mensalmente entre março e julho de 2012 e nos meses de maio de junho de 2019,. Os parâmetros analisados foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, fósforo, nitrato, nitrito e coliformes totais. Através de análises dos parâmetros foi possível fazer um diagnóstico da eficiência do tratamento, envolvendo comparativos com outros estudos e com a legislação pertinente. Os resultados

mais significativos para o ano de 2012 foram de coliformes totais com até 99,97% de eficiência de remoção, DBO com 98,90% e DQO com 98,04%. Já para o ano de 2019 nota-se que a eficiência não foi muito representativa, fato que pode ser comprovado por dois principais fatores, primeiro falta de manutenção do sistema e segundo pelo aumento da vazão de contribuição. Desse modo, a zona de raízes se mostra como uma alternativa eficaz e viável ao tratamento de esgoto, principalmente em comunidades sem acesso a rede de esgoto.

Palavras-Chave: Zona de raízes, Tratamento alternativo, Esgoto.

ABSTRACT

Root zones can be described as a water and effluent treatment system, simulating natural environments, such as swamps and wetlands, can also be considered as alternative treatment systems. Its construction can basically consist of some stages (layers), plants (macrophytes), filters (stones or sand) and substrate (depends on the project). They have properties to remove various pollutants present in natural and effluent environments, requiring few resources and no external energy. The research reports the monitoring and evaluation of the efficiency of a root zone built in 2010 in Patronato Santo Antônio, located in São José dos Pinhais, metropolitan region of Curitiba. Aiming to publicize the system as an efficient alternative sewage treatment method. The system was designed to receive input from approximately six hundred people. The system consists of an anaerobic reactor and the root zone, formed by two tanks, composed of gravel, sand, substrate and macrophytes of the species *Typha domingensis* and *Hedychium coronariu*. The root zone monitoring was carried out monthly between March and July 2012 and in the months of May of June 2019. The parameters analyzed were: biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (OD), pH, chemical oxygen demand (COD), ammoniacal nitrogen, phosphorus, nitrate, nitrite and total coliforms. Through analysis of the parameters it was possible to make a diagnosis of the efficiency of the treatment, involving comparisons with other studies and with the relevant legislation. The most significant results for the year 2012 were of total coliforms with up to 99.97% removal efficiency, BOD with 98.90% and COD with 98.04%. For the year 2019, it can be noted that efficiency was not very representative, a fact that can be proven by two main factors, first the lack of maintenance of the system and second, by the increase in the flow of contribution. In this way, the root zone is an effective and viable alternative to sewage treatment, especially in communities without access to the sewage network.

Keywords: Root zone, Alternative treatment, Sewer.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital aos seres vivos, ao equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos e dos ecossistemas do planeta. Apesar da sua importância, está suscetível às condições do meio ambiente e a contaminação causada, principalmente, pela atividade antrópica. Podendo agregar características positivas ou negativas ao seu estado original, alterando-a tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, trazendo prejuízos ao meio ambiente e comprometendo as águas de abastecimento (KACZALA, 2005).

O Brasil enfrenta sérios problemas com relação a cobertura de coleta e tratamento de esgoto, devido à, principalmente, sua grande desigualdade social presente no país e falta de investimentos em infraestrutura. “Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), até o ano

de 2017, 50,3% dos brasileiros continuam sem a coleta de esgoto e somente 83,3 % dos habitantes têm acesso ao abastecimento de água” (Telles, 2018).

Segundo Telles (2018), mais de 100 milhões de brasileiros utilizam a fossa como alternativa para tratamento do esgoto proveniente de suas residências ou mesmo, ainda nos tempos atuais, o esgoto é direcionado para os rios. Essas práticas podem causar uma série de danos ambientais e problemas de saúde pública, então buscar alternativas de descarte e tratamento de esgoto é uma necessidade cada mais emergente para a sociedade atua.

Analisando essa temática, estudos vêm propondo técnicas alternativas às técnicas convencionais de tratamentos, cite-se, zonas de raízes. Essas práticas já vêm sendo utilizadas na Europa, Austrália e Estados Unidos desde o século XX, as zonas de raízes, capazes de tratar esgoto e água, simulam processos naturais que acontecem nos sistemas naturais de várzeas. Porém, podem superar os pontos fracos dos sistemas naturais através de um maior controle hidráulico e da seleção das espécies de vegetação que a compõe. Envolvem vegetação, substrato sólido e microrganismos associados, que atuam na remoção de poluentes (LAUTENSCHLAGER, 2001).

Em sistemas aquáticos, o efluente é tratado principalmente por meio de metabolismo bacteriano e sedimentação física. Sendo assim, há uma grande importância nos critérios de seleção das plantas que devem se estabelecer e crescer rapidamente, além de assimilar e estocar nutrientes na biomassa (TANNER, 1996). As plantas que reúnem essas características são as macrófitas que adquirirem ao longo dos anos propriedades de aproveitamento de luz, água e nutrientes e alta produção de sementes (ESTEVES, 1998). Suas raízes são capazes de formar um meio filtrante de absorção de sólidos e de fixação de microrganismos e os seus caules previnem o crescimento de algas e os efeitos do vento sobre o sistema (EPA, 1999). Dentre as plantas mais utilizadas em zonas de raízes estão a: *Typha spp*, *Juncos spp.*, *Carex spp.* Outros fatores importantes a serem considerados são a seleção do substrato (solo, areia, brita, cascalho) e a vazão do efluente, que pode sofrer variações diárias e sazonais influenciando na eficiência do sistema.

O objetivo do presente estudo foi analisar a eficiência de um sistema de zona de raízes instalado no Patronato Santo Antônio localizado no município de São José Dos Pinhais – Paraná – Brasil. O sistema foi construído há aproximadamente dez anos. Para isso foram realizadas duas coletas mensais no período de maio a junho de 2019 e comparadas com os resultados das análises de 2012.

2 MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia de pesquisa empregada se caracterizou pelo seu caráter exploratório, pois se pretendeu uma maior aproximação e familiaridade com a realidade pesquisada, integrando

conhecimento empírico e literatura como instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável. O procedimento de coleta de informações necessárias à construção do raciocínio exposto foi o estudo de caso. As informações levantadas foram confrontadas com referências da bibliografia visando compreender a relevância e as dificuldades em praticar um monitoramento eficiente da zona de raízes construída. O estudo de caso obteve como análise o monitoramento da entrada e da saída do efluente no sistema, através de análises laboratoriais mensais, durante 5 meses no ano de 2012 e 2 meses no ano de 2019. Os parâmetros de monitoramento foram demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, fósforo, nitrato, nitrito e coliformes totais. O intervalo de tempo das análises laboratoriais teve como principal objetivo comprovar a eficiência do sistema com o passar dos anos.

3 LOCALIZAÇÃO

O sistema foi construído no ano de 2010 no Patronato Santo Antônio, localizado na Rua Benjamin Claudino Barbosa, nº 13600, em São José dos Pinhais – Paraná - Brasil (figura 01). A área não conta com cobertura de rede de coleta e tratamento de esgoto. O patronato é Instituição Filantrópica de Assistência Social, que desde 1949 atende em tempo integral, de forma totalmente gratuita, adolescentes e jovens em situação de vulnerabilidade social. Atualmente, atende 723 crianças e adolescentes, as quais estão na faixa etária de 5 a 18 anos, distribuídas em 28 projetos, incluindo cursos profissionalizantes. Na primeira fase da pesquisa, 2012, contava com aproximadamente 600 crianças e adolescentes.

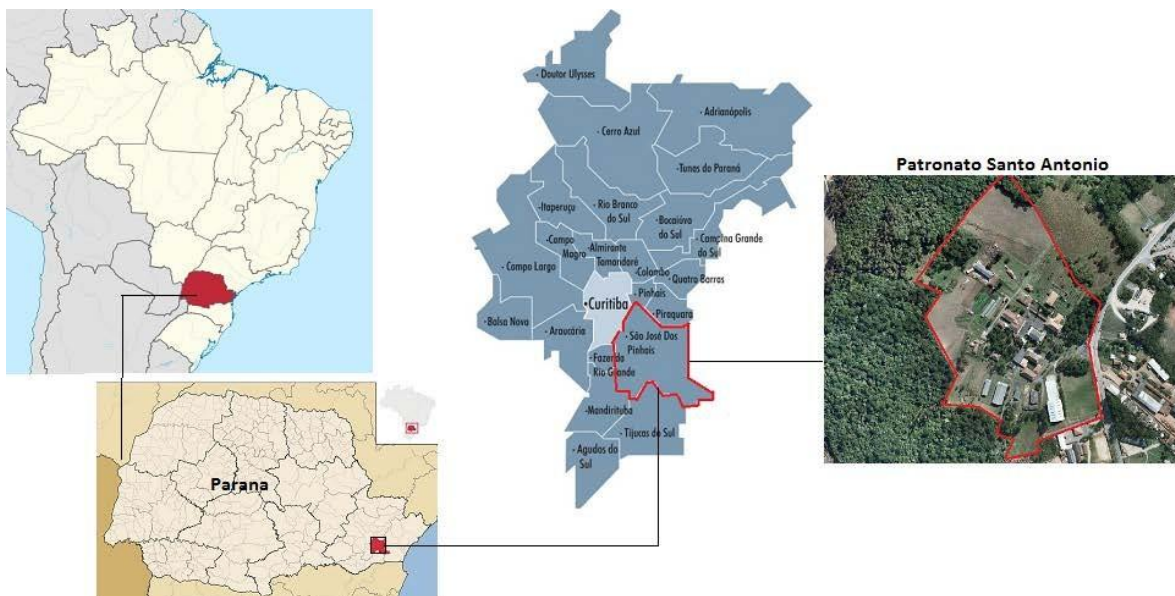


Figura 01: Localização da Área de Estudo Fonte: Autores

4 SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES

Concluído no ano de 2010, o sistema de tratamento foi construído para atender uma vazão sanitária de 0,85 L/s, correspondendo à contribuição de 600 habitantes por dia. O sistema é composto por uma fossa séptica, um reator anaeróbio e a zona de raízes. Em 2019 teria que atender uma vazão sanitária de aproximadamente 1,00 L/s, correspondendo a 723 habitantes.

O tratamento começa no reator anaeróbio, o qual possui 3 metros de diâmetro a sua respectiva fossa tem três estágios, decantando o material sólido, após esse processo o efluente é então encaminhado para uma espécie de “filtro prévio”, composto por 14,13 m³ de brita.

O efluente passa então pela zona de raízes, a qual possui dois tanques de 64 m², constituídos por 12,80 m³ de substrato e solo, 38,40 m³ de pedra brita e macrófitas das espécies *Taboa* e *Hedychium coronariu*. Porém, devido à falta de manutenção surgiram plantas hospedeiras que não são macrófitas, o que pode alterar a eficiência e a qualidade da wetland.

A *Taboa* é da família monotípica (*Typhaceae*), que contém o único gênero *Typha* (*Typha spp.*), onipresente em distribuição, forte, capaz de prosperar em condições ambientais diversas e de fácil propagação, representando, assim, uma espécie ideal de planta para zonas de raízes. Seu pH ideal está entre 4 e 10, e temperatura desejável entre 10 e 30 (EPA, 1999).

A *Hedychium coronariu* está distribuída ao longo do mundo inteiro. No Brasil, a espécie pode ser encontrada na costa e outras regiões. Tem por nome comum, lírio-do-brejo e pertence à família *Zingiberaceae*, recomenda-se sua poda nos meses de verão e antes da sua floração (SANTOS, 2005).

Por fim, O efluente tratado é encaminhado a um pequeno córrego paralelo ao sistema e que não possui denominação, contudo, sabe-se que suas águas desembocam no Rio Miringuava, afluente do Rio Iguaçu.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram divididos em duas etapas: os resultados preliminares (Tabela 1), obtidos através do estudo de eficiência realizado em 2012, e os resultados de 2019 (Tabela 2). Ambos realizados no laboratório de análises ambientais da PUCPR.

Tabela 01 – Resultado das análises em 2012

	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
T	23,8	19,5	19,5	16,5	19,5	16,9	16,8	15,1	16,9	14,4
pH	6,08	6,48	5,72	6,5	6,4	6,3	4,26	6,58	7,26	6,9
DBO	5320,0	74,0	1810,0	20,0	260,0	54,0	1110,0	34,0	970,0	446,0
DQO	12238,8	1645,16	1886,0	186,0	967,2	181,9	1369,5	28,9	76,8	22,3
OD	0,5	1,46	1,96	4,34	4,17	2,29	6,15	4,04	5,8	3,98

N	47,24	41,87	83,76	33,75	484,6	63,23	19,03	31,9	19,7	15,73
NO ₂	0,032	54,0	0,3	0,089	0,13	0,1	0,31	0,048	0,23	0,02
NO ₃	8,4	13,0	5,0	1,0	5,8	2,0	7	0,7	10,5	1,3
P	0,37	2,35	0,65	0,38	5,68	0,43	1,2615	4,75	1,75	1,22
CT										
	>241960000	325500000	139600000	3000000	61310000	20980	16160000	7760	19350000	27300
<i>E. coli</i>										
	579400000	31500000	3000000	1000000	19180000	10120	11980000	2750	3690000	4100

Legenda: T: Temperatura da amostra (°C); pH; DBO : Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹); DQO: Demanda Química Oxigênio (mg.L⁻¹); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹); N: Nitrogênio Amoniacal (mg.L⁻¹); NO₂ : Nitrito; NO₃: Nitrato; P: Fósforo (mg.L⁻¹); CT: Coliformes Totais (NMP.100 ml⁻¹); E.coli: *Escherichia coli* (NMP.100 ml⁻¹).

6 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA EM 2012

Ao analisar o parâmetro temperatura, considera-se que a eficiência foi relevante devido à redução da temperatura na saída do sistema em todas as coletas, fator positivo a vida aquática. O pH teve sensíveis mudanças, apresentando aumento nas duas primeiras coletas, o que, segundo Baird (2002), é uma situação benéfica para o desenvolvimento das plantas e retirada de poluentes do meio, além da destruição dos microrganismos prejudiciais ao sistema. Nas outras três coletas houve uma redução do pH devido a alta quantidade de precipitações, sendo que os resultados se assemelharam ao pH da chuva. Com relação à DBO e a DQO, houve melhoras significativas, principalmente nas primeiras coletas que apresentaram elevadas cargas de matéria orgânica, com uma eficiência média de 83%, 91% e 85,39%, respectivamente.

Nas duas primeiras coletas, o OD sofreu um aumento, uma condição importante para o estabelecimento da vida aquática. Contudo, nas coletas seguintes notou-se uma inversão na qual os resultados do OD da entrada estavam maiores que o da saída. A ocorrência dessa diminuição pode ser decorrente da mudança do ponto de coleta, que nas duas coletas iniciais ocorreram na primeira fase do reator anaeróbico e nas três seguintes na tampa de esgoto que leva o efluente ao sistema. Notou-se que na tampa de esgoto o efluente coletado possuía uma vazão maior com relação à primeira tampa do reator, podendo ter agregado resultados excessivamente positivos a entrada do sistema. O decréscimo de OD também pode ser explicado por um aumento do consumo de oxigênio pelas plantas do sistema.

Em termos de redução da carga de nitrogênio, o sistema mostrou resultados eficientes atingindo 86,95% de eficiência na terceira coleta, apresentando resultados negativos apenas na quarta. A maior taxa de nitrogênio na saída do sistema pode estar relacionada ao baixo tempo de detenção dele com relação à vazão do dia da coleta, que apresentava precipitação acima da média.

Tanto o nitrito quanto o nitrato apresentaram resultados eficientes de remoção em quase todas as coletas exceto na primeira, na qual o tempo de análise havia sido ultrapassado, podendo ter interferido no resultado. O fósforo apresentou eficiência negativa apenas na primeira e na quarta

coleta, o que pode estar associado à eventual morte de macrófitas ou a um possível acúmulo de fósforo nas plantas, que causou um retorno do nutriente ao sistema. Os coliformes totais e a *Escherichia coli* apresentaram resultados de alta eficiência, chegando a 99,97% e 99,98% respectivamente.

A eficiência negativa de alguns parâmetros pode estar relacionada com um aumento das cargas de poluentes da entrada, que, possivelmente, se acumularam no substrato e nas macrófitas, fazendo com que os poluentes filtrados previamente retornassem ao efluente.

7 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA EM 2019

Analisando os resultados obtidos na tabela 2, é possível fazer uma análise sobre a eficiência dos sistema. O ambiente de pior condição é da amostra P2, onde o efluente sai da fossa séptica e entra na zona de raízes, portanto é de extrema importância comparar esse ponto com o de saída da *wetland* (P3).

Tabela 02 - Resultado das análises em 2019

	Coleta 1		Coleta 2	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
PH	7,46	7,04	8,65	7,54
DBO	650	620	80	20
DQO	2400	1900	3900	900
OD	1,83	1,25	2,00	4,87
N	-	-	39,2	89,6
NO ₂	0,136	0,018	0,115	0,040
NO ₃	42,7	14,1	51,0	27,1
P	2,02	3,37	0,7	3,12
CT	23000	23000	70000	31000
E. coli	23000	23000	23000	23000

Legenda: pH; DBO : Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹); DQO: Demanda Química Oxigênio (mg.L⁻¹); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹); N: Nitrogênio Amoniacal (mg.L⁻¹); NO₂ : Nitrito; NO₃: Nitrato; P: Fósforo (mg.L⁻¹); CT: Coliformes Totais (NMP.100 ml⁻¹); E.coli: *Escherichia coli* (NMP.100 ml⁻¹).

O PH apresentou variações não muito significativas, porém o mais importante de se observar é que o valor de entrada da *wetland* se encontra elevado, fator que possibilita a vida aquática, auxilia na retirada de microrganismos e no crescimento das plantas, e conseqüentemente traz um resultado melhor para o sistema. A segunda coleta apresenta maior valor de PH no P1 devido ao horário da coleta, visto que uma maior quantidade de pessoas estava utilizando o local.

As demandas química e bioquímica de oxigênio estão diretamente relacionadas aos níveis de oxigênio dissolvido presente no meio, visto que a DQO e a DBO são a quantidade de OD necessário para a estabilização da matéria orgânica, sendo a primeira por via química e a segunda por via biológica. Portanto é necessário que ambos os resultados sejam inversamente proporcionais, ou seja, o oxigênio deve aumentar e as demandas devem diminuir.

Em ambas as coletas esse processo aconteceu, o que é de extrema importância para o sistema, já que a maior demanda química de oxigênio indica que existe mais matéria orgânica e conseqüentemente mais absorção de oxigênio dissolvido, o que dificulta o desenvolvimento das macrófitas da zona de raízes.

As análises de nitrogênio da primeira coleta apresentaram resultados muito fora do esperado, fato que pode ter ocorrido devido a erros laboratoriais, portanto os resultados foram desconsiderados. Porém, analisando as análises da segunda coleta é possível perceber uma eficiência na remoção do nitrogênio apresentando valor menor na saída do sistema em relação à sua entrada.

Os níveis de nitrato e nitrito apresentaram resultados extremamente favoráveis de remoção em ambas as coletas, apresentando diminuição gradativa entre os pontos de coleta. O fósforo apresentou eficiência negativa na primeira coleta, isso pode ser consequência da morte das macrófitas ou do acúmulo de fósforo nas plantas.

Os níveis de coliformes totais e de *Escherichia coli*, infelizmente não apresentaram resultados muito satisfatórios na primeira coleta, ficando a *E. coli* constante durante todo o processo, já na coleta 2 os resultados tiveram mais sucesso, porém também sem a eficiência esperada.

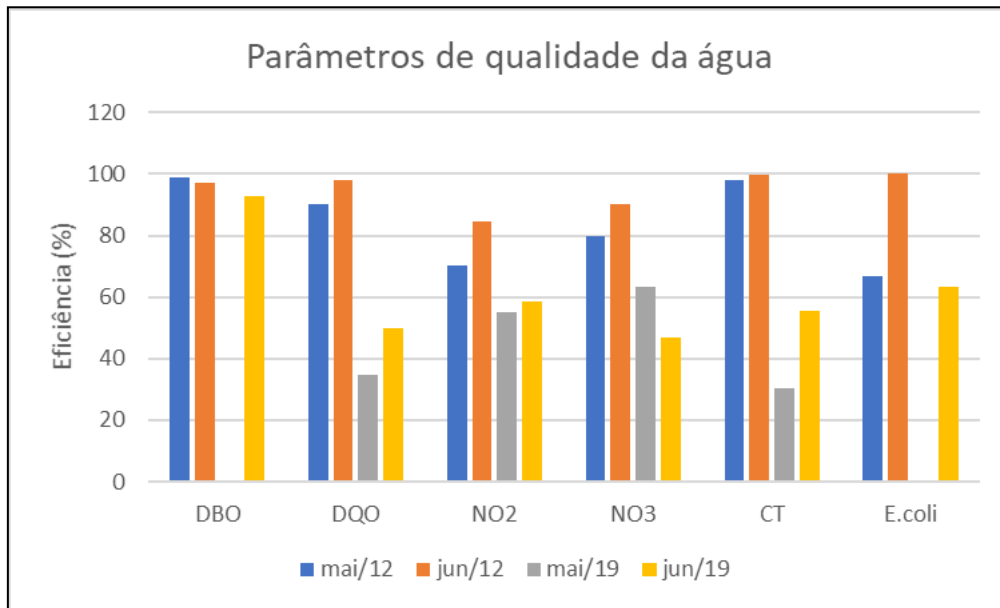
8 COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA NOS ANOS DE 2012 E 2019

No gráfico a seguir é possível observar a comparação da eficiência dos parâmetros de qualidade da água no sistema, nos meses de maio e junho de 2012 e 2019.

Em 2012, destacam-se os resultados de DBO e Coliformes totais, com valores médios de eficiência de 97,92% a 98,90%, valores muito satisfatórios, já no ano de 2019, os mesmos parâmetros não apresentaram a eficiência esperada, visto que a DBO e *E.coli* no mês de maio não apresentaram eficiência, porém no mês de junho foram satisfatórios. Os melhores resultados de 2019 foram de nitrito e nitrato com valores médios de 56,88% e 55,11% respectivamente.

Levando em consideração que o sistema estava sem a manutenção necessária e recebendo uma carga maior de esgoto do que estimado, o sistema ainda apresentou eficiência para os parâmetros de qualidade da água. Portanto, analisando os gráficos, nota-se que o ano de 2012 apresentou maior eficiência quando comparado a 2019, porém, mesmo não apresentando o desenvolvimento esperado, o sistema está funcionando dentro das normas estabelecidas.

Gráfico 01 – Comparação da eficiência dos parâmetros 2012 e 2019



9 CONCLUSÃO

Em 2012 a pesquisa revelava o quão promissor está o ramo de tecnologias alternativas para a melhoria da qualidade do meio ambiente. O sistema de zona de raízes do Patronato, de modo geral, apresentou resultados eficientes de remoção de poluentes alcançando 99,98% de remoção de *Escherichia coli*, além de bons resultados na DBO e na DQO alcançando mais de 98% em algumas coletas, apresentando resultados positivos na maior parte das coletas.

Também em 2012 foi constatado que a eficiência da zona de raízes poderia ser melhorada se houvesse uma melhor manutenção no sistema através da poda frequente das macrófitas, geralmente recomendada após o surgimento das primeiras flores. Isso evitaria a disseminação de sementes, responsáveis por causar uma dispersão excessiva de taboas, podendo comprometer a remoção de poluentes (DORNELAS, 2008). Outra adaptação seria a eventual instalação de uma lagoa de estabilização que aumentaria o tempo de detenção do sistema, permitindo que o nitrogênio pudesse atingir todos os seus estágios de oxidação.

Em 2019 a partir de resultados de análises laboratoriais, é possível concluir que o sistema instalado no Patronato Santo Antônio em São José dos Pinhais não apresentou a eficiência esperada para o tratamento de zona de raízes. Em visita técnica ao local para a realização das coletas foi possível perceber a falta de manutenção, isso pode ser um dos fatores que corrobora para que o sistema não obtivesse os resultados esperados.

A falta de manutenção proporciona um ambiente favorável para plantas hospedeiras que não fazem parte da zona de raízes se proliferem, o que faz com que o funcionamento do sistema seja alterado, muitas vezes impedindo a retirada de microrganismos do efluente da forma correta.

Portanto, para que o sistema se torne eficiente é importante realizar a manutenção periódica do local, possibilitando assim um funcionamento perfeito do sistema.

Através da bibliografia destaca-se que o sucesso ou não do sistema é suscetível a diversas variáveis como o dimensionamento, o clima da região, as plantas utilizadas e a manutenção feita no sistema. O clima também pode ter prejudicado o funcionamento da zona de raízes, pois as variações das temperaturas podem ter afetado as taxas de reações e dos processos envolvidos no funcionamento do sistema. A ocorrência frequente de precipitações nas últimas coletas pode ter afetado o balanço hídrico da zona de raízes, diluindo excessivamente o poluente, sendo considerada prejudicial à falta de matéria orgânica no sistema (LAUTENSCHLAGER, 2001). Pode ocorrer ainda um aumento da vazão do afluente, na qual parte do esgoto pode ser transferida diretamente ao corpo receptor, não passando por um período de detenção no sistema (VON SPERLING, 1996).

Através da colaboração dos autores é possível constatar que houve um aumento expressivo na vazão de contribuição de entrada de esgoto no sistema, passando de 0,85 L/s, correspondendo à 600 habitantes por dia em 2012, para aproximadamente 1,00 L/s, correspondendo a 723 habitantes. Fator que também pode ter sobrecarregado o sistema e interferido na eficiência do sistema como um todo.

REFERÊNCIAS

- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 498-508.
- DORNELAS, F. L. **Avaliação do desempenho de wetlands horizontais subsuperficiais como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- EPA. **Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters**. EPA/625/R/010, Cincinnati, Ohio, U.S.A, 1999.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010: sinopse**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2011.
- KACZALA, F. **Viabilidade do uso de efluentes tratados por zonas de raízes na irrigação: Estudo de Caso na Vila Dois Rios – Ilha Grande – RJ**. Rio de Janeiro, 2005. Dissertação de mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- LAUTENSCHLAGER, S. R. **Modelagem do desempenho de “wetlands” construídas**. São Paulo, 2001. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.
- SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

- SILVA, S. C. **Wetlands Construídos de Fluxo Vertical com Meio de Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos**. 2007. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.
- TANNER, C. C. **Plants for constructed wetland treatment systems** – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. *Ecological Engineering*, 1996.
- VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA; UFMG, 1996. 243 p.
- KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment wetlands**. Boca Raton, Lewis Publishers, 1996. 893p.
- KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment Wetlands**. 2nd ed. Boca Raton: Lewis Publishers. 2009.
- SALATTI, E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. *Biológica*, v. 62, n.1/2, p. 113-116, 2003.
- Wetlands* construídos. Disponível em: <<https://www.wetlands.com.br/>>. Acesso em: 2 out. 2018.
- HAGLUND, LaDawn. **New Forms of Environmental Governance in Sao Paulo**: Implications for Human Rights. *LATIN AMERICAN PERSPECTIVES*, [S.I.], v. 3, n. 2, p. 116-134, mar. 2016.
- SALATTI, E. FILHO; SALATI E. **Secondary and terciary treatment of urban sewage utilizing the HDS systems with up flow transport**. In: International Conference on *Wetland System for Water Polution Control*, 5. Vienna, Austria. 1996.
- REED, S. Constructed *wetland* design: the first generation. **Water Environmental Research**. v.64, n. 6, p. 776-781, 1992.
- VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 452 p., 2005.
- ISAE BRASIL. Disponível em: <<http://www.isaebrasil.com.br/wetlands-sistemas-sustentaveis-para-tratamento-de-esgoto-e-recuperacao-de-rios-urbanos/>>. Acesso em: 2 out. 2018.
- ZEFERINO, P.H.; BENTO, A.P.; DECEZARO, S.T.; MAGRI, M.E.; PHILIPPI, L.S.. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais**. *Eng. Sanit. Ambient.* vol.20 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2015.
- SEZERINO, Pablo Heleno et al. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais**. *Eng. Sanit. Ambient.* 2015, vol.20, n.1, pp.151-158.
- LEONETI, A.B.; PRADO, E.L.; OLIVEIRA, S.V.W.B.. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. 2010.

Saneamento ambiental. Disponível em: <<http://www.sambiental.com.br/noticias/o-saneamento-b%C3%A1sico-no-brasil>>. Acesso em: 2 out. 2018.

POÇAS, C.D. **Utilização da tecnologia de *wetlands* para tratamento terciário: controle de nutrientes.** 2015

SALATI, E. **Controle de qualidade de água através de sistemas de *wetlands* construídos.** 2003.

BULLER, L.S.; TEIXEIRA, M. B.; ORTEGA, E. ***Wetlands* naturais e construídas para tratamento de resíduos da suinocultura.** 2010.

TAVARES, S.R.L. **Uso de *Wetlands* e Tecnologias Associadas.** Cap.3. 2008.

WEBER, A. S. and TCHOBANOGLOUS, G. **Prediction of nitrification in water hyacinth treatment systems, *J. Water Pollut. Control Fed.* 58:376, 1986.**

BRIX, H. **Treatment of wastewater in the rhizosphere of *wetland* plants - the root- zone method, *Water Sci. Tech.* 19:107, 1987.**

A última arca de noé. Disponível em: <<http://www.ultimaarcadenoe.com.br/tag/wetlands-of-brazil/>>. Acesso em: 3 out. 2018.

Rosa, A. **Sistemas de tratamento por zona de raízes (*wetlands*) – princípios fundamentais e exemplos de sistemas.** 2011.

Esgotamento sanitário: Processos de tratamento de esgoto. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-PTE.1.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2018.

ROSA, C. D. **Projeto de dimensionamento de um Sistema *wetland* construído em residência unifamiliar no município de Chapecó – SC.** 2014.

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.** Jun 2018.

ROUSSO, B.Z. **Avaliação de um sistema híbrido de *wetlands* construídos empregado no tratamento de esgoto sanitário.** 2017.

SILVA, C.S; RAMOS, M.L.G.; BERNARDES, R.S. **Removal of salts in built *wetlands* in primary domestic sewage treatment.** *Gesta*, v. 6, n. 1. 2018.