

49^o

CONGRESSO
NACIONAL
DE SANEAMENTO
DA ASSEMAE

NOVOS DESAFIOS PARA A GESTÃO DO SANEAMENTO

06 A 10 DE MAIO DE 2019 | CUIABÁ - MT

ANAIIS

ISBN 978-85-99947-22-7

REALIZAÇÃO



Sobre a ASSEMAE

A Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (Assemæ) é uma organização não governamental, criada em 1984, que busca apoiar, representar e fortalecer os municípios brasileiros com serviços locais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

A entidade reúne quase dois mil municípios associados, que representam 25% da prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil. Atuando pelo protagonismo do saneamento municipal, a entidade possui reconhecimento nacional e internacional, com destaque para a conquista do Prêmio Lúcio Costa em 2017, uma das mais importantes honrarias concedidas pela Câmara dos Deputados.

Entre as atividades de atuação da Assemæ, destacam-se a realização de eventos nacionais e regionais para debater o panorama do saneamento básico no Brasil, a oferta de capacitações técnicas aos associados, o acompanhamento de projetos de leis no Congresso Nacional, a interlocução com os órgãos federais em apoio aos municípios, a promoção de cooperação técnica entre os associados, e a constante luta pela gestão pública eficiente do saneamento básico.

Saiba mais: www.assemæ.org.br

Aparecido Hojaj
Presidente da Assemæ

Apresentação da 23ª EEMS

A Exposição de Experiências Municipais em Saneamento (EEMS) integra a programação de atividades dos Congressos Nacionais de Saneamento realizados anualmente pela Assemae. A Exposição é composta por apresentações de trabalhos técnicos orais e em pôsteres, incluindo os diferentes temas que envolvem a gestão do setor de saneamento básico.

Com a apresentação de trabalhos técnicos, a Assemae pretende promover a troca de conhecimento entre os municípios, além de incentivar a prática de novos processos e tecnologias para a melhor gestão dos serviços públicos de saneamento básico. Ao longo de 23 edições da EEMS, já foram apresentados mais de dois mil trabalhos técnicos, incluindo experiências de todas as cinco regiões do Brasil.

Site: <http://sistema.trabalhosassemæ.com.br/>

Aparecido Hojaij
Presidente da Assemae

Paulo Sérgio Scalize
Coordenador da 23ª EEMS

Organizador: Paulo Sérgio Scalize (UFG)

Comissão Científica:

Avaliador

Adilson Ben da Costa
Adjane Damasceno de Oliveira
Adriano Luiz Tonetti
Alana De Almeida Valadares Pereira
Alexandre Kepler Soares
Andreia Cristina Fonseca Alves
Angela Di Bernardo Dantas
Antonio Albuquerque
Antonio Carlos de Azevedo Lobão
Arnaldo Sarti
Aurélio Picanço
Carlos Henrique de Melo
Dieter Wartchow
Dirceu Scaratti
Elaine Franciely dos Santos Barros
Eraldo Henriques de Carvalho
Francisco Javier Cuba Teran
Geraldo Basílio Sobrinho
Germán Sanz Lobón
Giovana Carla Elias Fleury
Hermelinda Maria Rocha Ferreira
Humberto Carlos Ruggeri Junior
Joel Roberto Guimarães Vasco
Jorge Luiz da Paixão Filho
José Vicente Granato de Araújo
Júlio César Teixeira
Jussanã Milograna
Karla Alcione da Silva Cruvinel
karla Emmanuela Ribeiro Hora
Katia Alcione Kopp
Katia Sakihama Ventura
Klebber Teodomiro Formiga
Lilian Cara Carneiro
Liliane Coelho de Carvalho
Luana Mattos de Oliveira Cruz
Luiz Roberto Santos Moraes
Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos
Nilson Clementino Ferreira
Nolan Ribeiro Bezerra
Nora Katia Saavedra
Osmar Mendes Ferreira
Oyana Rodrigues Santos
Patrícia Campos Borja
Paulo Vaz Filho
Paulo Sérgio Scalize
Poliana Nascimento Arruda
Rafaella Oliveira Baracho
Renata Medici Frayne Cuba
Renavan Andrade Sobrinho
Ricardo Reis
Ricardo Valadão de Carvalho
Roberta Vieira Nunes Pinheiro
Rodrigo Moruzzi
Rogério de Araújo Almeida
Rosana Gonçalves Barros
Samara Silva Soares
Sátiva Barbosa De Brito Lélis Villar Villar
Saulo Bruno Silveira e Souza
Sívio Fagundes de Sousa Junior
Sívio Roberto Orrico
Simone Costa Pfeiffer
Wellington Cyro de Almeida Leite

Instituição

UNISC
PUC Goiás
UNICAMP
UFG
UnB
UFG
Universiadde de Ribeirão Preto (UNAERP)
Universidade da Beira Interior - Portugal
PUC Campinas
IQ UNESP Araraquara
UFT
FUNASA
UFRGS
UNOESC
Prefeitura Itumbiara
UFG
UFG
Agência Reg. dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE)
UFG
UFG
UFG
APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima)
UFG
UFG
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Campinas.
UFG
UFJF
Instituto Fed de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
UFG
UFG
UFG
UFG
UFSCar
UFG
UFG
FAEMA (Faculdade de Educação e Meio Ambiente)
UNICAMP
UFBA
UNICAMP
UFG
Instituto Fed de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
UFG
PUC Goás
IFG Goiânia
UFBA
Faculdades Integradas de Araraquara (Logatti)
UFG
UFG
UFG
UFG
UFBA
UFG
UFG
UNESP Rio Claro
UFG
Instituto Fed de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
UFG
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
UFG
UFG
UEFS
UFG
Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)

Comissão Organizadora 49º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE

Aparecido Hojaij – Presidente Nacional da Assemae

Rodopiano Marques Evangelista – Coordenador Geral do 49º Congresso da Assemae

Darci Ervino Schitz – Diretor Financeiro da Assemae

Francisco Lopes – Secretário Executivo da Assemae

Paulo Sérgio Scalize – Coordenador da Exposição de Experiências Municipais em Saneamento

Francisco Gabriel Alves da Silva – Diretor de Assuntos Institucionais da Assemae

Francisco Ronaldo Nunes – Presidente da Assemae Regional Nordeste IV (CE/RN)

Alvaro Rogério Alencar Silva – Presidente da Assemae Regional Rio Grande do Sul

Hermes Ávila de Castro – Presidente da Assemae Regional Centro-Oeste / Sanear Rondonópolis

Raimundo Dantas de Souza Filho – Vice-Presidente da Assemae Regional Centro-Oeste / SAAE
Lucas do Rio Verde

Paulo Donizete da Costa – Diretor da Assemae Regional Centro-Oeste / Águas do Pantanal –
Cáceres

Francisco Antônio Vuolo - Secretário Municipal de Cultura, Esporte e Turismo de Cuiabá

Gilberto Gonçalo Gomes – Secretário Municipal de Agricultura, Trabalho e Desenvolvimento
Econômico de Cuiabá

Comissão Relatora da 23ª EEMS

Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalzie (UFG)

Prof. Dr. Dirceu Scaratti (UNIFEBE)

Profa. Dra. Katia Sakihama Ventura (UFSCar)

Prof. Dr. Aurélio Picanço (UFT)

Prof. Dr. Paulo Modesto Filho (UFMT)

Profa. Dra. Eliana Beatriz N. Rondon Lima (UFMT)

Temário

Tema

Abastecimento de Água

Descrição

Captação, tratamento, abastecimento e distribuição de água; resíduo de ETA.

Esgotamento Sanitário

Caracterização, coleta, tratamento, disposição, reuso, lodos e biossólidos.

Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos

Reciclagem, coleta, tratamento, disposição final e aterros, logística reversa.

Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

Manejo e drenagem de águas pluviais, hidrologia urbana, tratamento e gestão.

Recursos Hídricos

Mananciais superficiais e subterrâneos; planejamento, gestão e aproveitamento das águas; controle da poluição; políticas e estudos avaliativos; cobrança pelo uso da água.

Saúde Pública e Controle de Vetores

Doenças, controle de vetores, epidemiologia, vigilância sanitária e salubridade ambiental.

Política e Gestão dos Serviços de Saneamento Básico

Política, planejamento e gestão ambiental; política, planejamento e gestão de serviços públicos de saneamento básico, regulamentação, eficiência gerencial, organização e qualidade.

Educação Ambiental e Comunicação Social

Participação e controle social; educação ambiental, formação gestão e capacitação de pessoas em saneamento e meio ambiente.

Gestão e Redução de Perdas de Água; energia e eficiência energética

Gestão e perdas nos sistemas de abastecimento de água; energia e meio ambiente; conexão entre água e energia; eficiência energética em saneamento; gestão; controle e redução de consumo.

Planos Municipais, Regionais e Estaduais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Elaboração, implementação e manutenção de planos municipais, regionais e estaduais de saneamento básico; gestão dos resíduos sólidos, consórcios; plano de segurança hídrica.

Política Tarifária e Modelos Regulatórios

Estudos tarifários, sustentabilidade econômica-financeira, estudos de impacto regulatório, atuação de agências reguladoras, inadimplência e arrecadação, fiscalização, dívida ativa.

Saneamento Rural

Água, esgoto, drenagem, resíduos sólidos, gestão comunitária.

Organizador: Paulo Sérgio Scalize

Autores (as):

| | | | |
|---|---|--|--------------------------------------|
| Adílio Campos Portugal | Edson Silva de Araujo | Joelina Silva dos Santos Lara | Murilo Ferracini |
| Adriana Eiko Unten | Eduardo Luis Santini | Joice Zink | Naiana Schultz Arisi |
| Adriano Almeida da Silva | Efraim Martins Araújo | Jorge Luis Koch | Natália Simões Pires da Costa |
| Adriano Conceição Machado | Eli Arlindo Fernandes Moreira | Jose Francineudo da Silva | Nathalia Santos Araújo |
| Alberto Luis Ramos | Elisabeth Ibi Frimm Krieger | José Gabriel Aboin Gomes Camargo | Neusa Isabel Gomes dos Santos |
| Alessandro Siqueira Tetzner | Elissandra Cheu Pereira do Nascimento | Jose Geraldo Ferreira | Nícolas de Aquino Araújo |
| Alex Eduardo Lopes | Ellen Flávia Moreira Gabriel | José Luis Costa | Nolan Ribeiro Bezerra |
| Alex Marques Ferreira | Elton Peters | José Yarley de Brito Gonçalves | Norbertho da Silveira Quindeler |
| Alexanderson Sena | Emanuel Sadal Santos Oliveira | Joseli Karina Forti | Ocimar Edson de Oliveira |
| Alexandre Araujo Godeiro Carlos | Eraldo Henriques de Carvalho | Josiane Silva Costa dos Santos | Olavo Costa de Castro Filho |
| Aliatir Silveira Filho | Erica Acioli Canamary | Juliana Ribeiro Costa | Otáciana Ribeiro Alves |
| Alice Borges Maestri | Ester Souza Lopes | Juliana Santos de Santana | Patrícia Silva Cáceres |
| Aline Bauer Lacerda | Eurípedes Batista de Paiva | Julian Anderson dos Santos | Patrícia Campos Borja |
| Aline Sales Gramarin Togno | Fabio Ribeiro Silva | Juliane Stella Martins Costa de Figueiredo | Patrícia Fernandes Gomes |
| Alisson Carraro Borges | Fernanda Fernandes Heleno | Julio Cesar Gomes da Silva | Patrícia Helena Ribeiro |
| Alvaro Ribeiro de Oliveira | Fernando Cesar Uzan | Karla Alcione da Silva Cruvinel | Paula Regina Padial Hirata |
| Amanara Potykytá de Sousa Dias Vieira | Fernando Lemes da Silva | Karla Emmanuela Ribeiro Hora | Pedro Albuquerque Holanda |
| Amanda Carvalhaes Souto Valim | Fernando Ribeiro Rossilho | Karoline Ferreira dos Santos | Poliana Nascimento Arruda |
| Amanda Moreira de Sá | Fernando Santos Lima | Katharine Taveira de Brito Medeiros | Rafael Naatz |
| Ana Carla da Silva | Fernando Schuh Rörig | Kleber do Espírito Santo Filho | Rafael Pazinato |
| Ana Claudia Hafemann | Fernando Seiji Kotani | Larissa da Silva Mattos | Rafaela de Lima |
| Ana Flavia Brancalion Costa | Fernando Silva Bustamante dos Santos | Larissa Lorraine de Oliveira Martins | Rainier Pedraça de Azevedo |
| Ana Júlia Ribeiro Moreira | Fernando Victor Galdino Ponte | Leandro Antonio Diniz Oliveira | Ramon da Silva Cerqueira |
| Ana Lúcia Floriano Rosa Vieira | Filomena Kotaka | Lêda Rita D'antonino Faroni | Raphael Ricardo da Silva |
| Ana Paula Mussulini Cherubin | Flávia Cristina da Silva Sousa Taleires | Leniany Patrícia Moreira | Rebeca Borges de Oliveira |
| Ana Tereza Barreto Torres | Flora Silva | Leonardo Dorninger Feitosa | Renata Barão Rossoni |
| Anderson de Oliveira Teles | Francisco Araujo | Leonardo Henrique Soares Damasceno | Renata Maria Marin |
| André Braga Galvão Silveira | Francisco das Chagas da Silva Júnior | Leticia de Jesus Ferreira | Renavan Andrade Sobrinho |
| André Felipe Araújo | Francisco de Assis Martins Ponce | Leticia Lacerda Freire | Ricardo Prado Abreu Reis |
| André Fernando Oliveira | Francisco Hiago Vieira Grangeiro | Lhaís Alves Maciel | Ricardo Hobold Venâncio |
| André Ferreira do Nascimento | Francisco Javier Cuba Teran | Lidiane Faria Santos | Ricardo Veira Silva |
| André Ramos de Souza | Francisco Lôbo Tavares | Lígia Conceição Tavares | Rodrigo Martins Souza e Silva |
| Andrea Portugal Fellows Kuhnert Dourado | Francisco Moraes Filho | Lila Shalamar Aquino de Oliveira | Rodrigo Vieira Bogéa Soares |
| Andreia Cristina Fonseca Alves | Frederico Kneipp Carvalho Ribeiro | Lilian Carla Carneiro | Rogério Borges Marques |
| Ângela Rosso | Gabriel Néia Eberhardt | Livia Arruda Castro | Rosália Correia da Silva Guedes |
| Angélica Luciana Barros de Campos | Gabriel Scholl Roballo | Lucas Fernandes | Rosemary de Matos Cordeiro |
| Anna Virgínia Muniz Machado | Gabriela Azevedo de Souza | Lucas Henrique Figueiredo Prates | Rosiene Nazário Xavier |
| Antonio Albuquerque | Gabriela Ribeiro de Sousa | Lucas Magalhães Carneiro Alves | Rosineide Aparecida Barbosa Pereira |
| Antônio Augusto Neves | Gabriela Vieira de Toledo Lisboa Ataide | Lucas Olegário Bueno | Rossana Santos de Castro |
| Antônio Clécio Fontelles Thomaz | Geisson Mesquita Silva | Lucas Zoccoli | Salvador Gonçalves de Menezes Júnior |
| Antonio de Almeida Nobre Júnior | Gidiane Scaratti | Luís Antonio dos Santos | Samara Silva Silveira |
| Arlindo Soares Räder | Giovana Carla Elias Fleury | Luís Felipe Costa Gouvêa | Samara Silva Soares |
| Arthur Jordan de Azevedo Toné | Giovana Peron | Luís Gustavo Alves de Lima | Sara Bursztejn |
| Breno Moreira de Almeida | Giovanni Batista da Silva Santos | Luiz Alberto Arend Filho | Sara Duarte Sacho |
| Bruna Baggio Giordani | Gláucia Chaves Cordeiro | Luiz Carlos Galli Neto | Sarah Deyse Mendes da Silva |
| Bruna Sacchetto Altran | Gláucia da Cruz Soares Valadao | Luiz de Souza Araújo | Saulo Bruno Silveira e Souza |
| Bruno de Medeiros Souza | Gláucia Tamayo Hassler Sugai | Luiz Eduardo Mendes | Sergio Luis da Silva Cotrim |
| Bruno Lopes de Assis | Gleisson Cavallieri Reis | Luiz Fernando Bellettato | Sérgio Queiroz de Almeida |
| Camila Acioli Marinho | Grazielle Wolff de Almeida Carvalho | Luiz Roberto Santos Moraes | Simone Costa Pfeiffer |
| Camila Santana da Rocha | Greicelene Jesus da Silva | Luiz Filipe Rodrigues Neto | Simone Malutta |
| Carla Moreira Siqueira | Greicielle Martins de Araújo | Lurda Timo Manfio | Sonia Maria dos Santos Souza |
| Carlos Roberto Belani Gravina | Guilherme de Oliveira Santos | Lurdemilla Sara S. B. Silva | Stéfany de Souza Carvalho |
| Carlos Roberto de Oliveira | Guilherme Gimenes | Magno dos Santos Pereira | Stella Maria Siste |
| Carolina Hamann | Guilherme Gonçalves | Marcel Andrade Berteges | Tara Duarte Brandão |
| Celme Torres Ferreira da Costa | Gustavo Arthur Mechlino Prado | Marcel Medina de Campos | Talita Teles Cavalcante |
| Cezarina Maria Nobre Souza | Hadrya Alves Maciel | Marciliu Luis Viana Correia | Tássio Gabriel Ribeiro Lopes |
| Cibebe Medeiros Brito Leite | Hélinah Cardoso Moreira | Márcio Henrique de Toledo | Tatiana Dumka da Silva |
| Cícero Santiago Barros | Herika Gonçalves | Marcondes Ribeiro Lima | Tatiane Lélia da Silva |
| Cícero Welton Pinto Vieira | Hermes Miguel Quintino Moreira Braga | Marcos Antônio de Brito | Tatiane Priscila Bastos Bandeira |
| Cíntia Maria Ribeiro Vilarinho | Hosmanny Mauro Goulart Coelho | Marcos Vinícius Rocha Miranda | Tatyane Souza Nunes Rodrigues |
| Clarice Lopes | Humberto Carlos Ruggeri Júnior | Margarida Marchetto | Thaynara Lorraine de Oliveira |
| Cleci Grzebieluckas | Ian Rocha de Almeida | Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz | Thiago Garcia da Silva Santim |
| Cleiton Franco | Iana Martins Moraes | Maria Silva Daltro Moura | Thiago Gonçalves Cardozo |
| Cleonice de Almeida Pinto | Ibraim Fantin-Cruz | Mariana de Paula Marques | Thiago Prado Viola |
| Cristiano Cardoso Gomes | Isabel Cristina Aleixo Dias | Mariana Silva | Thomás Correia Lins |
| Cristiano Ponzoni Ghinis | Isabella Almeida Costa | Marion Cunha Dias Ferreira | Túlio Resende Silva Santos |
| Cristine Diniz Santiago | Ivan Canale | Marilison Noronha Rosa | Valquíria Melo Souza Correia |
| Dagoberto Yukio Okada | Janice Maria de Jesus Rêgo | Marlla Efigênia Moreira de França | Vanessa Fernanda Schmitt |
| Dalto Favero Brochi | Jarbas Cleber Ferrari | Marta Akico Sato | Vinícius Rodrigues Cavalcante |
| Daniel Manzi | Jéssica Anastácia Alves | Matheus dos Santos Costa | Vitor Manuel Libardi |
| Daniel Vinicius de Lima | Jéssica da Silva | Maurilio Carvalho Junior | Vitor Zanella Junior |
| Débora de Lima Braga | Jéssica de Santana Macêdo | Maysa Silva Dias | Wagner José Silva Melillo |
| Denilson Teixeira | Jhonatan Barbosa Silva | Michael Espinosa Herreira | Wagner Henrique Lopes |
| Diana da Luz Figueiredo | Joabe Gomes de Melo | Michelle Stuy Rosada | Weberth Hortencio de Barros |
| Diego Fagner Simões Coqueiro | Joan Carlos Santos Silva | Monique Tatsch Baptista | Wellington Soares Junior |
| Dieter Wartchow | João Aparecido Mendes | | Willian Jucélio Goetten |
| Dirceu Scaratti | João de Oliveira Couto Neto | | Yasmin Barros Ataide |
| Domingos Sávio Barbosa | João Manoel Mundel de Souza | | Yasmin Goulart Campregher |
| Edenir Maria Serigatto | João Paulo Alves Sartorello | | |
| Édina Thomé | João Paulo Leite Félix | | |

SUMÁRIO

Apresentação Oral

Tema 1 - Abastecimento de Água: Captação, tratamento, abastecimento e distribuição de água; resíduo de ETA.

| | |
|--|-----|
| ADEQUAÇÃO DE POÇO COM ÁGUAS FERROMANGANOSAS ATRAVÉS DE INTERVENÇÕES FÍSICA, QUÍMICA E CONTROLE POR COMPLEXAÇÃO | 1 |
| ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ABASTECIMENTO: ESTUDO DE CASO EM CUIABÁ-MT | 15 |
| ANÁLISE HIDRÁULICA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE JARDIM/CE A PARTIR DE MODELO COMPUTACIONAL | 23 |
| APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) PARA DETECÇÃO DE ANOMALIAS NO CONTROLE DA QUALIDADE DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS DE CALDAS (MG) | 38 |
| AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS RASOS DO MUNICÍPIO DE SENADOR FIRMINO/MG | 47 |
| AVALIAÇÃO DAS AÇÕES ADOTADAS POR TANGARÁ DA SERRA – MT APÓS ESTIAGEM DE 2016 | 54 |
| CÁLCULO DO COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO K1 DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PONTAL DO PARANÁ-PR | 62 |
| CONTROLE DA FREQUÊNCIA EM CONJUNTOS MOTOBOMBAS ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DA PRESSÃO NO PONTO CRÍTICO – ESTUDO DE CASO DO SETOR NORMANDIA II E FORTALEZA EM GUARULHOS/SP | 72 |
| FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE SENADOR FIRMINO - MG | 79 |
| MENSURAÇÃO DO CUSTO DE TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE TANGARÁ DA SERRA - MT | 85 |
| MODELAGEM HIDRÁULICA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO DISTRITO DE VAZANTES/CE UTILIZANDO O <i>SOFTWARE</i> EPANET | 97 |
| MONITORAMENTO DA SATISFAÇÃO E PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES QUANTO QUALIDADE DE SERVIÇOS ABASTECIMENTO DE ÁGUA E COLETA DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DO CRATO-CE | 111 |
| O MONITORAMENTO DE <i>Cryptosporidium</i> spp. E <i>Giardia</i> spp. EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO | 127 |
| OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DE ÁGUA BRUTA COM BAIXA TURBIDEZ UTILIZANDO TANINO E PAC | 140 |
| PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA: IMPORTÂNCIA DA IMPLANTAÇÃO NOS SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO SAAE DE ALAGOINHAS-BA | 154 |
| PRESENÇA DE TRIHALOMETANOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SENADOR FIRMINO - MG | 162 |
| PROCEDIMENTOS DE GESTÃO DA QUALIDADE EM UM LABORATÓRIO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA | 168 |

| | |
|--|-----|
| UMA VISÃO GERAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE RESÍDUOS ALTERNATIVOS APLICADOS À REMOÇÃO DE FLÚOR DA ÁGUA | 181 |
| VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO DISTRITO DE LAGOA DO MATO–ITATIRA-CE..... | 192 |

Tema 2 - Esgotamento Sanitário: Caracterização, coleta, tratamento, disposição, reuso, lodos e biossólidos.

| | |
|---|-----|
| ANÁLISE DE VULNERABILIDADE À CARÊNCIA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL..... | 202 |
| AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA PLANTA DE LODOS ATIVADOS: ESTUDO DE CASO ETE PARQUE DAS CONSTELAÇÕES – SANASA CAMPINAS..... | 211 |
| COAGULAÇÃO QUÍMICA COMO PROPOSTA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ESTAMPARIAS | 225 |
| ESTUDO DE CASO: PARTIDA E OPERAÇÃO DOS REATORES UASB DA E.T.E. SOUSAS - SANASA..... | 234 |
| FLOTAÇÃO POR OZÔNIO DISSOLVIDO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS | 249 |
| PLANO DE AÇÕES ESTRATÉGICAS VISANDO TRATAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ . | 258 |
| REMOÇÃO DE POLUENTES DE UM EFLUENTE SINTÉTICO EM DIFERENTES CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DE ESCOAMENTO ATRAVÉS DE COLUNA DE SOLO RESIDUAL..... | 272 |
| UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CULTIVO DE GIRASSOL..... | 282 |
| VIABILIDADE DO USO DE LODO DE REATORES ANAERÓBIOS NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS NO MUNICÍPIO DE ITABIRITO - MG..... | 294 |

Tema 3 - Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos: Reciclagem, coleta, tratamento, disposição final e aterros, logística reversa.

| | |
|--|-----|
| A TRANSIÇÃO DOS LIXÕES PARA ATERROS SANITÁRIOS E SEU POTENCIAL IMPACTO NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS | 305 |
| APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA ESPECÍFICA - ADITIVO MICROBIOLÓGICO EFICAZ (AME) E SEUS EFEITOS, NO CHORUME, PROVENIENTE DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE TANGARÁ DA SERRA – MT | 321 |
| DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO DE NOVA MUTUM - MT | 329 |
| LEVANTAMENTO DE CUSTOS DO SERVIÇO DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, NOS ANOS 2014 A 2017, DO MUNICÍPIO DE LUCAS DO RIO VERDE – MT | 342 |
| O IMPACTO DA COMPOSTAGEM NA REDUÇÃO DE RESÍDUOS DISPOSTOS EM ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LIBERATO SALZANO | 347 |
| PANORAMA DA COLETA SELETIVA EM SALVADOR-BA E A EXPERIÊNCIA DAS COOPERATIVAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COM POSTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA | 358 |
| PROBLEMA DO CARTEIRO CHINÊS APLICADO NA OTIMIZAÇÃO DAS ROTAS DE COLETA CONVENCIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS | 368 |

REMOÇÃO DE POLUENTES DE UM EFLUENTE SINTÉTICO EM DIFERENTES CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DE ESCOAMENTO ATRAVÉS DE COLUNA DE SOLO RESIDUAL

Flora Silva⁽¹⁾

Doutora em Engenharia Civil. Professora-adjunta, Departamento de Construções Cívicas e Planeamento, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

António Albuquerque

Doutor em Engenharia Civil. Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.

Paulo Sérgio Scalize

Doutor em Engenharia Civil. Professor Associado, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Endereço⁽¹⁾: ESTiG - Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 - Bragança - Portugal - Tel: +351 273 303 000 – e-mail: flora@ipb.pt

RESUMO

Os efeitos das alterações climáticas e a crescente procura de água para atividades domésticas, industriais, agrícolas e recreativas vão levar à reutilização de águas residuais tratadas (ART) em muitas regiões do Mundo. A recarga artificial de aquíferos com ART pode constituir uma alternativa para o restabelecimento de volumes de água subterrânea que poderão ser utilizados para satisfazer parte daquelas atividades, em especial em regiões de escassez de água. Um solo residual da região da Beira Interior de Portugal, foi caracterizado e utilizado para avaliar a sua capacidade em remover poluentes residuais de efluentes de tratamento secundário. Utilizaram-se experiências em coluna laboratorial usando diferentes condições hidráulicas, tendo os resultados mostrado uma maior remoção de matéria orgânica, nitrogênio amoniacal e nítrico e também fosfato, nos ensaios com alimentação descontínua. O solo residual utilizado é adequado para a remoção de cargas residuais de matéria orgânica e nutrientes, podendo ser utilizado para a infiltração de ART.

Palavras-chave: Reutilização de águas residuais tratadas, recarga artificial de aquíferos, matéria orgânica, nutrientes, solo residual.

INTRODUÇÃO

A escassez de água para consumo humano é considerada um problema que tem vindo a aumentar em todo o Mundo, e conseqüentemente têm vindo a ser estudadas, origens de água alternativas, sobretudo através da reutilização de águas residuais tratadas (ART). Em situações de menor escassez de água, “a reutilização é praticada por imperativos de proteção ambiental dos meios receptores” (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010, p.vii), reduzindo a descarga de efluentes de estações de tratamento de esgoto (ETE). As estratégias globais sobre gestão da água incluem as ART como parte da solução para satisfazer as necessidades de água e para assegurar a sustentabilidade dos serviços de água. Assim, em Portugal, face à escassez de água que tem vindo a afetar todo o território, uma das estratégias de gestão integrada dos recursos hídricos passa por dinamizar a utilização deste recurso para usos não potáveis, como sejam a irrigação agrícola, a irrigação paisagística, a indústria, a recarga artificial de aquíferos ou os usos recreativos e ambientais, que representam a grande maioria dos consumos de água e cujos requisitos de qualidade são substancialmente inferiores aos da água para consumo humano.

A recarga artificial de aquíferos com ART é uma prática já muito comum a nível internacional (Voudouris, 2011; Díaz *et al.*, 2000; Lluria, 2009; Bensabat, 2006; Nojd *et al.*, 2009), mas pouco aplicada em Portugal, apesar de inúmeros estudos que apontam para a sua vantagem (p.e. Marecos do Monte e Albuquerque, 2010; Silva, 2015). Pode contribuir para a reposição de volumes de água no solo, o que pode ser muito vantajoso em áreas com deficit hídrico ou com sobre-exploração de águas subterrâneas. O tratamento complementar das águas residuais por meio do solo (Soil Aquifer Treatment – SAT) tem demonstrado ser uma alternativa técnica e economicamente viável para a afinação de efluentes secundários previamente à sua incorporação em aquíferos, como demonstram os estudos de Pescod (1992), Grunheid *et al.* (2005), Bdour *et al.* (2009), Essandoh *et al.* (2011) e Silva (2015). No entanto, caso o solo não apresente condições favoráveis para a infiltração de ART, as cargas residuais dessas águas, podem constituir uma desvantagem para a qualidade da água subterrânea.

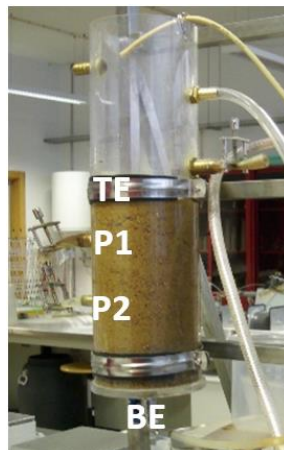
O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a capacidade de remoção de matéria orgânica e nutrientes (formas de nitrogênio e fósforo), em ensaios em coluna laboratorial usando diferentes condições hidráulicas, com um solo residual da Quinta de Gonçalo Martins (Guarda, Portugal), e identificar os mecanismos responsáveis pela remoção desses poluentes.

MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de solo, para os ensaios laboratoriais, foi coletada na Quinta de Gonçalo Martins, num dos locais selecionados para infiltração de ART provenientes da ETE de Vila Fernando (Guarda) (Silva, 2011; Silva *et al.*, 2017) e que poderiam ser utilizadas para recarga artificial de aquíferos. Para verificar a importância das propriedades do solo na remoção de poluentes, realizou-se a análise granulométrica do solo pelo método de peneiração seguindo a especificação do LNEC E 239 (1970) e a análise do fino do solo pelo método de sedimentação seguindo a especificação do LNEC E 196 (1966). A superfície específica foi determinada por difração laser, recorrendo ao equipamento *Coulter LS200*. A densidade das partículas sólidas foi determinada pelo método do picnómetro (NP 83:1965) e a porosidade e permeabilidade do solo usando os procedimentos descritos em Silva (2015). A composição mineralógica qualitativa do solo foi determinada através de Difração de Raios-X (DRX) com um difractómetro Rigaku, DMAX III/C, EUA. Para a análise morfológica e microestrutural, foi utilizado o Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM), Hitachi S-2700, EUA. A composição química (análise em óxidos), foi determinada com o Espectrómetro de Energia Dispersiva (EDS) que se encontra acoplado ao SEM. A matéria orgânica foi determinada pelo método de Walkley-Black, descrito por Nelson e Sommers (1996) e o pH do solo, determinado em H₂O e KCl pelo método potenciométrico, em suspensão (solo: água, 1:2,5), descrito por Van Reeuwijk (2002).

Realizaram-se vários ensaios laboratoriais com o solo e com um efluente sintético, cujas características são semelhantes ao efluente final produzido pela ETE, tendo sido utilizada uma coluna de secção circular em acrílico, de escoamento vertical e descendente, com 42 cm de altura por 14 cm de diâmetro (Figura 1). Utilizaram-se 3 tomas para a coleta de amostras líquidas (P1 a 5 cm, P2 a 15 cm e efluente ou base do enchimento (BE) a 25 cm), tendo também sido coletadas amostras no afluente (no topo do enchimento (TE)).

Figura 1 – Coluna de solo em operação.



O meio de enchimento ocupou uma altura total de 25 cm, sendo constituído por duas camadas distintas: uma superior com 20 cm (solo, massa = 4467,4 g) e uma inferior com 5 cm (areia de rio, massa = 891,4 g). O volume útil necessário para o enchimento ficar submerso foi de aproximadamente $V_u = 1,48$ L (TE-BE). Optou-se por uma altura de 20 cm de solo, porque de acordo com Essandoh *et al.* (2011), a remoção mais significativa de poluentes ocorre nos primeiros 10 cm de solo, tendo essa altura sido duplicada para avaliar a remoção da carga residual numa profundidade maior. A camada inferior de areia foi prevista como meio para a proteção da camada superior de solo, de forma a evitar a saída de partículas finas e perturbação do escoamento junto à saída.

Foi utilizado um efluente sintético, semelhante aos usados por Albuquerque (2003) e Silva (2013), que incluiu como fonte de carbono, o acetato de sódio tri-hidratado ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), como fontes de nitrogênio, o cloreto de amônio (NH_4Cl) e o nitrato de potássio (KNO_3), como fonte de fósforo, o hidrogeno fosfato di-potássico tri-hidratado ($\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), soluções de oligoelementos, cloreto de ferro, sulfato de magnésio e cloreto de cálcio, de acordo com as proporções base e composição indicadas em Silva (2015). As cargas utilizadas foram até 150 mg/L de DQO (demanda química de oxigênio), 30 mg/L de N- NH_4 (nitrogênio amoniacal), 10 mg/L de N- NO_3 (nitrogênio nítrico) e 10 mg/L de P- PO_4 (fosfato), que são semelhantes às cargas observadas no efluente final da ETE.

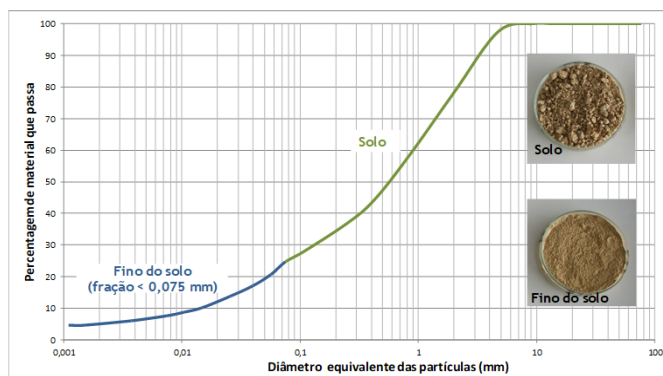
Numa primeira fase, a operação da coluna foi realizada de modo descontínuo, incluindo fases de enchimento com a solução de alimentação, reação durante 3,5 dias (totalizando 35 dias, 10 ciclos), drenagem e coleta de amostras, tal como sugerido por Opoku (2007). Numa segunda fase, a coluna operou em modo contínuo e o sistema de alimentação incluiu um sistema de tubos em Ismaprene de diâmetro variável, válvulas antirretorno e uma bomba peristáltica ISMATEC MCP CA4 (Suíça) para bombear o afluente para a entrada da coluna, com um caudal de 0,36 L/d e uma carga hidráulica de 2,34 cm/d, valores testados previamente em laboratório e que estão de acordo com os observados por Eliasson (2002), Jellali *et al.* (2009) e Pavelic *et al.* (2011). Embora seja um ensaio em contínuo, as amostras foram recolhidas a cada 3,5 dias, considerando esse tempo como sendo um ciclo (totalizando 35 dias, 10 ciclos). Para medição do pH e temperatura foi utilizada uma sonda SenTix 41 ligada a um medidor Multi 340i da WTW, Alemanha.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

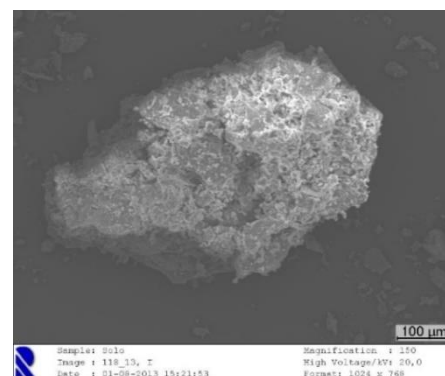
O solo residual tem cerca de 5% de argila e d_{50} (0,59 mm) (Figura 2-(a)). De acordo com Kallali *et al.* (2007), para evitar a colmatção dos solos e assegurar o tratamento da água residual, o solo não deve ter mais de 10% de argila. Tem porosidade de 38,5%, densidade das partículas sólidas

de 2,65, e superfície específica (na fração inferior a 0,075 mm) de 0,29 m²/g. Este solo tem uma superfície específica adequada para o desenvolvimento do biofilme com capacidade para remover poluentes por mecanismos de biodegradação (Silva, 2015). A permeabilidade do solo é média (coeficiente de permeabilidade *in situ* de 4,5x10⁻⁵ m/s). De referir que, solos com permeabilidade da ordem de 25 mm/h são apropriados para infiltração controlada de ART (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010). Contém essencialmente sílica (58,64%) e alumina (33,17%), com teores mais baixos de ferro (3,96%) e potássio (4,23%). O teor em matéria orgânica é muito baixo (0,25%), sendo o solo ácido (pH = 4,91). A Figura 2-(b) mostra a morfologia das partículas de solo e o difractograma da Figura 2-(c) mostra que, a composição mineralógica consiste essencialmente em quartzo, moscovite, ilite, caulinite e também esmectite, constituindo a caulinite cerca de 60% do mineral argiloso presente no solo. O complexo argilo-coloidal deste solo apresenta também propriedades reativas que lhe permitem remover poluentes por mecanismos de sorção (Silva, 2015).

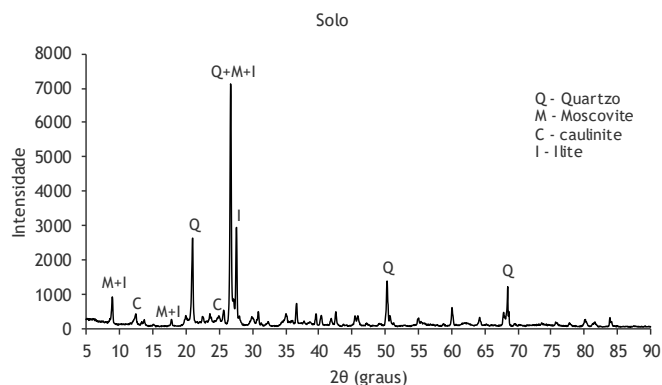
Figura 2 – Curva granulométrica do solo e fino do solo (a); Imagem SEM do solo, ampliação de 150x (b); Difractograma de raios-X do solo (c).



(a)



(b)



(c)

Nas Tabelas 1 e 2 apresenta-se a variação da concentração de DQO, N-NH₄, N-NO₃ e P-PO₄, em termos médios, nos pontos de coleta de amostras, bem como a variação de pH e temperatura, nos ensaios com alimentação descontínua e contínua, respetivamente.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios em coluna com alimentação descontínua de efluente sintético.

| Parâmetro | TE ¹⁾ (Afluente) | P1 ²⁾ | P2 ³⁾ | BE ⁴⁾ (Efluente) |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| pH | 6,67 – 7,32 | 6,68 – 7,20 | 5,26 – 6,71 | 4,90 – 6,78 |
| Temperatura (°C) | 21,96 ± 0,37 | 22,58 ± 0,39 | 22,64 ± 0,41 | 21,80 ± 0,23 |
| DQO (mg/L) | 154,70 ± 11,57 | 55,56 ± 14,10 | 39,96 ± 12,23 | 36,01 ± 10,84 |
| N-NH ₄ (mg/L) | 33,73 ± 2,31 | 16,35 ± 4,72 | 13,97 ± 2,66 | 2,20 ± 1,13 |
| N-NO ₃ (mg/L) | 9,95 ± 0,59 | 1,81 ± 0,68 | 1,70 ± 0,71 | 1,61 ± 0,82 |
| P-PO ₄ (mg/L) | 10,28 ± 0,22 | 7,70 ± 1,45 | 2,13 ± 0,68 | 0,33 ± 0,29 |

Considerando um nível de confiança de 95%, para os seguintes tamanhos de amostra:

¹⁾ 10 (DQO); 10 (N-NH₄); 9 (N-NO₃); 8 (P-PO₄); ²⁾ 10 (DQO); 7 (N-NH₄); 9 (N-NO₃); 8 (P-PO₄);

³⁾ 10 (DQO); 10 (N-NH₄); 6 (N-NO₃); 8 (P-PO₄); ⁴⁾ 9 (DQO); 8 (N-NH₄); 6 (N-NO₃); 8 (P-PO₄).

Tabela 2 – Resultados dos ensaios em coluna com alimentação contínua de efluente sintético.

| Parâmetro | TE ¹⁾ (Afluente) | P1 ²⁾ | P2 ³⁾ | BE ⁴⁾ (Efluente) |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| pH | 7,31 – 8,17 | 7,05 – 7,68 | 5,43 – 7,21 | 5,38 – 6,97 |
| Temperatura (°C) | 22,38 ± 0,40 | 22,39 ± 0,44 | 22,46 ± 0,45 | 22,07 ± 0,41 |
| DQO (mg/L) | 93,78 ± 13,89 | 72,58 ± 9,65 | 71,36 ± 11,89 | 24,69 ± 4,54 |
| N-NH ₄ (mg/L) | 26,84 ± 1,12 | 17,18 ± 2,14 | 9,97 ± 2,91 | 5,64 ± 2,48 |
| N-NO ₃ (mg/L) | 10,94 ± 0,49 | 7,24 ± 0,47 | 4,32 ± 0,51 | 2,24 ± 0,63 |
| P-PO ₄ (mg/L) | 10,51 ± 0,40 | 7,24 ± 0,75 | 5,17 ± 0,82 | 3,05 ± 0,88 |

Considerando um nível de confiança de 95%, para os seguintes tamanhos de amostra:

¹⁾ 10 (DQO); 10 (N-NH₄); 10 (N-NO₃); 10 (P-PO₄); ²⁾ 6 (DQO); 10 (N-NH₄); 10 (N-NO₃); 10 (P-PO₄);

³⁾ 7 (DQO); 10 (N-NH₄); 10 (N-NO₃); 10 (P-PO₄); ⁴⁾ 10 (DQO); 10 (N-NH₄); 10 (N-NO₃); 10 (P-PO₄).

Da análise das Tabelas 1 e 2 verificou-se, na generalidade, uma descida do pH do TE para os pontos de amostragem P1, P2 e BE, com algumas oscilações. A temperatura média manteve-se praticamente constante ao longo de todos os ciclos. Nos ensaios com alimentação descontínua (Tabela 1) para o troço TE-BE, foram observadas, em média, remoções em concentração de 122,99 mg DQO/L, 31,83 mg N-NH₄/L, 8,23 mg N-NO₃/L e 9,94 mg P-PO₄/L, a que correspondem

remoções mássicas de 182,23 mg de DQO, 47,16 mg de N-NH₄, 12,19 mg de N-NO₃ e 14,73 mg de P-PO₄ e eficiências de remoção (ER) de 76,94% de DQO, 93,48% de N-NH₄, 84,10% de N-NO₃ e 96,79% de P-PO₄. Relativamente aos ensaios com alimentação contínua (Tabela 2) e no troço TE-BE, foram observadas, em média, remoções em concentração de 69,09 mg DQO/L, 21,20 mg N-NH₄/L, 8,70 mg N-NO₃/L e 7,46 mg P-PO₄/L, a que correspondem remoções mássicas de 102,37 mg de DQO, 31,41 mg de N-NH₄, 12,89 mg de N-NO₃ e 11,05 mg P-PO₄ e ER de 71% de DQO, 78,57% de N-NH₄, 79,57% de N-NO₃ e 71,17% de P-PO₄.

A remoção destes poluentes é ainda superior, quando se utiliza a componente fina (fração inferior a 0,075 mm) deste solo residual (Silva, 2015).

Tanto nos ensaios em descontínuo, como em contínuo, a remoção carbonácea terá ocorrido, quer na presença de oxigênio (mais próximo da superfície da coluna), por mecanismos de remoção aeróbia como a respiração aeróbia e a nitrificação, quer na ausência de oxigênio, por mecanismos de remoção anaeróbios, como a respiração anaeróbia, desnitrificação e processos fermentativos.

A oxidação do nitrogênio amoniacal terá ocorrido mais próximo da superfície, onde o oxigênio se consegue dissolver na massa hídrica por difusão, tal como admitido por Tchobanoglous *et al.* (2003).

A remoção de nitrogênio nítrico foi muito significativa, tanto nos ensaios em descontínuo como em contínuo, uma vez que, além da concentração que foi introduzida no afluente, houve produção de nitrogênio nítrico devido à nitrificação. A diminuição de pH indica que houve mais consumo de alcalinidade, o que é característico do mecanismo de nitrificação, do que produção, que é característico do mecanismo de desnitrificação, tal como referido por Grady *et al.* (1999). A variação de pH observada (de cerca de 7 para próximo de 5) é também favorável à presença de mecanismos de remoção não convencionais, como mencionado por Paredes *et al.* (2007).

A remoção de fosfato também foi significativa. No entanto, contrariamente ao que terá ocorrido com a matéria orgânica, nitrogênio amoniacal e nítrico, a remoção biológica de fosfato no solo é baixa (Asano *et al.*, 2007) e, normalmente ocorre por biosorção (i.e. fica adsorvido nos polímeros que constituem o biofilme) e por complexação e precipitação a pH baixo (normalmente complexa com o alumínio e o ferro, precipitando na forma de fosfatos), tal como referido por Costa (2011) e Ruan e Gilkes (1996).

CONCLUSÃO

O solo residual apresenta propriedades que permitem uma boa remoção de matéria orgânica, nitrogênio amoniacal e nítrico, por mecanismos de biodegradação, e de fosfato por mecanismos de sorção. No geral, a remoção desses poluentes ocorreu logo nos primeiros 5 cm de solo, e foi

superior nos ensaios em descontínuo. Assim, este solo é adequado para a remoção de cargas residuais de matéria orgânica e nutrientes, podendo ser utilizado para a infiltração de águas residuais tratadas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. (2003). Contribuição para o estudo da remoção de residuais de carbono em filtros biológicos de leito imerso e fluxo descendente. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 469p.
- ASANO, T.; BURTON, F. L.; LEVERENZ, H. L.; TSUCHIHASHI, R.; TCHOBANOGLOUS, G. (2007). Water Reuse: Issues, Technologies and Applications, Metcalf & Eddy, McGraw-Hill, New York, EUA.
- BDOUR, A.; HAMDÍ, M.; TARAWNEH, Z. (2009). Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, v. 237, n. 1-3, 162-174.
- BENSABAT, J. (2006). Artificial recharge in Israel. AQUA2006, Water Science and Technology Integrated Management of Water Resources, Athens, Hellas.
- COSTA, J. (2011). Caracterização e constituição do solo. 8ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 527p.
- DÍAZ, J.; GOMEZ, J.; ARMAYOR, J.; CASTANO, S. (2000). Recarga artificial de aquíferos. Síntesis metodológica. Estudio de actuaciones realizadas en la Provincia de Alicante, Madrid: J.A. Hernández (Edt). Edições López Geta, Geological and Mining Institute of Spain.
- ELIASSON, J. (2002). Rule Development Committee Issue Research Report-Draft: Hydraulic Loading. Washington State Department of Health, Washington, EUA, 31p.
- ESPECIFICAÇÃO LNEC E 196 (1966). Solos. Análise granulométrica. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- ESPECIFICAÇÃO LNEC E 239. (1970). Solos. Análise granulométrica por peneiração húmida. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- ESSANDOH, H.; TIZAOUI, C.; MOHAMED, M.; AMY, G.; BRDJANOVIC, D. (2011). Soil aquifer treatment of artificial wastewater under saturated conditions. *Water Research*, v. 45, n. 14, p. 4211-4226.
- GRADY, JR W.; DAIGGER, G.; LIM, H. (1999). Biological wastewater treatment. 2ª Edição, Marcel Decker, Basel, Suíça, 1076p.
- GRUNHEID, S.; AMY, G.; JEKEL, M. (2005). Removal of bulk dissolved organic carbon (DOC) and trace organic compounds by bank filtration and artificial recharge. *Water Research*, v. 39, n. 14, p. 3219-3228.

- JELLALI S.; SEDIRI T.; KALLALI H.; ANANE M.; JEDIDI N. (2009). Analysis of hydraulic conditions and HRT on the basis of experiments and simulations on soil column. *Desalination*, v. 246, n. 1-3, p. 435-443.
- KALLALI, H.; ANANE, M.; JELLALI, S.; TARHOUNI, J. (2007). GIS-Based multi-criteria analysis for potencial wastewater aquifer recharge sites. *Desalination*, v. 215, n. 1-3, p. 111-119.
- LLURIA, M. (2009). Successful application of managed aquifer recharge in the improvement of the water resources management of semi-arid regions: Examples from Arizona and the Southwestern USA. *Boletín Geológico y Minero*, v. 120, n. 2, p. 111-120.
- MARECOS DO MONTE, H.; ALBUQUERQUE, A. (2010). Reutilização de águas residuais: Guia Técnico nº 14, ERSAR, Lisboa, Portugal, 339p.
- NELSON, D.; SOMMERS, L. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter: In *Methods of soil analysis, Part 3, Chemical Methods - SSSA*, vol. Book series 5, p. 961-1010.
- NOJD, P.; LINDROOS, A.; SMOLANDER, A.; DEROME, J.; LUMME, I.; HELMISAARI, H. (2009). Artificial recharge of groundwater through sprinkling infiltration: Impacts on forest soil and the nutrient status and growth of Scots pine. *Science of the Total Environment*, v. 407, n. 10, p. 3365-3371.
- NP 83 (1965). Solos. Determinação da densidade das partículas, Lisbon: IGPAL.
- OPOKU, B. (2007). Suitability of different reactive filter media for onsite wastewater. *Dissertação de Mestrado*, KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suécia.
- PAREDES D.; KUSCHK P.; MBWETTE T.; STANGE F.; MUELLER R.; KOESER H. (2007). New aspects of microbial nitrogen transformations in the context of wastewater treatment - A review. *Engineering in Life Sciences* v. 7, n. 1, p. 13-25.
- PAVELIC P.; DILLON P.; MUCHA M.; NAKAI T.; BARRY K.; BESTLAND, E. (2011). Laboratory Assessment of Factors Affecting Soil Clogging of Soil Aquifer Treatment Systems. *Water Research*, v. 45, n. 10, p. 3153-3163.
- PESCOD, M. (1992). Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Natural Resources Management and Environment Department.
- RUAN, H.; GILKES R. (1996). Kinetics of phosphate sorption and desorption by synthetic aluminous goethite before and after thermal transformation to hematite. *Clay Minerals*, v. 31, n. 1, p. 63-74.
- SILVA, F. (2011). Estudo do Potencial de Recarga de Aquíferos com Águas Residuais Tratadas utilizando Sistemas de Informação Geográfica. *Dissertação de Mestrado*, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 87p.

- SILVA, F. (2015). Avaliação da capacidade reativa de solos residuais destinados à infiltração de águas residuais tratadas. Tese de Doutorado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 490p.
- SILVA, F.; SCALIZE, P.; CRUVINEL, K.; ALBUQUERQUE, A. (2017). Caracterização de solos residuais para infiltração de efluente de estação de tratamento de esgoto [Characterization of residual soils for infiltration of reclaimed water]. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 95-102.
- SILVA, I. (2013). Desenvolvimento de Agregados Artificiais por Ativação Alcalina de Lamas Residuais para Utilização no Tratamento de Águas Residuais. Tese de Doutorado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 231p.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4ª Edição, Metcalf & Eddy, Inc., McGraw-Hill, Nova Iorque, EUA.
- VAN REEUWIJK (2002). Procedures for soil analysis (6ª Edição), ISRIC, FAO.
- VOUDOURIS, K. (2011). Artificial recharge via boreholes using treated wastewater: Possibilities and prospects. Water, v. 3, n. 4, p. 964-975.



**49° CONGRESSO NACIONAL
DE SANEAMENTO DA ASSEMAE**
NOVOS DESAFIOS PARA A GESTÃO DO SANEAMENTO

06 A 10 DE MAIO DE 2019 | CUIABÁ - MT

Patrocínio Associado Ouro:



Patrocínio Associado Prata:



Patrocínio Bronze:



Patrocínio Prata:



Apoio:



Realização:



Elaboração do Material:

