



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910 1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 628.362
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909101	
CAPÍTULO 2	17
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
DOI 10.22533/at.ed.9421909102	
CAPÍTULO 3	29
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909103	
CAPÍTULO 4	37
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9421909104	
CAPÍTULO 5	51
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.9421909105	
CAPÍTULO 6	61
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
DOI 10.22533/at.ed.9421909106	

CAPÍTULO 7	74
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
Maria Cristina Scarpari Juliana Ninov Márcia Antonia Bartolomeu Agustini Fabio Orssatto	
DOI 10.22533/at.ed.9421909107	
CAPÍTULO 8	92
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
Isadora Alves Lovo Ismail Angela Di Bernardo Dantas Luiz Di Bernardo Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato Mateus Ancheschi Roveda Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.9421909108	
CAPÍTULO 9	105
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
Nathalia Oliveira dos Santos Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.9421909109	
CAPÍTULO 10	118
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Luciano Dias Xavier Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.94219091010	
CAPÍTULO 11	131
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
Rafael Diego Barbosa Soares Carlos Ernando da Silva Ronne Wesley Lopes da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.94219091011	
CAPÍTULO 12	141
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Herbert Torres Gilson Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.94219091012	

CAPÍTULO 13	156
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.94219091013	
CAPÍTULO 14	168
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto Camila de Fátima Lustosa Gabriele Sabbadine André Augusto Gutierrez Fernandes Beati Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena Luciane de Souza Oliveira Valentim	
DOI 10.22533/at.ed.94219091014	
CAPÍTULO 15	180
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto Luciano Senff Simone Malutta Rubia Lana Britenbach Meert Bruno Borges Gentil	
DOI 10.22533/at.ed.94219091015	
CAPÍTULO 16	194
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo Aline Doria de Santi Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques Tadeu Fabrício Malheiros Natália Molina Cetrulo	
DOI 10.22533/at.ed.94219091016	
CAPÍTULO 17	203
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo Alexandre Saron	
DOI 10.22533/at.ed.94219091017	
CAPÍTULO 18	218
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão Ênio Pontes de Deus Antônio Eduardo Bezerra Cabral Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091018	

CAPÍTULO 19	231
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.94219091019	
CAPÍTULO 20	244
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris	
DOI 10.22533/at.ed.94219091020	
CAPÍTULO 21	254
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane	
DOI 10.22533/at.ed.94219091021	
CAPÍTULO 22	267
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.94219091022	
CAPÍTULO 23	276
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091023	

CAPÍTULO 24 287

ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS

Viviane Nascimento da Silva e Sá
Fabiana Valéria da Fonseca
Leila Yone Reznik
Tito Lívio Moitinho Alves

DOI 10.22533/at.ed.94219091024

CAPÍTULO 25 300

ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA

Ajadir Fazolo
Alisson Luiz Boeing
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann
Rafael Coelho Ciciliato
Rafaella Oliveira Baracho

DOI 10.22533/at.ed.94219091025

CAPÍTULO 26 311

GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ

Demian da Silveira Barcellos
Harry Alberto Bollmann

DOI 10.22533/at.ed.94219091026

CAPÍTULO 27 330

II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO

Evanildo Pereira de Lima
Helder Guimarães Aragão

DOI 10.22533/at.ed.94219091027

CAPÍTULO 28 339

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Juliana Guasti Lozer
Victor Correia Faustini
Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis
Nadja Lima Gorza
Renata Maia das Flores

DOI 10.22533/at.ed.94219091028

CAPÍTULO 29 351

O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima
Eduardo Ueslei de Souza Siqueira
Layse de Oliveira Portéglio
Mainara Generoso Faustino

DOI 10.22533/at.ed.94219091029

CAPÍTULO 30	363
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra Viktor Oswaldo Cárdenas Concha Reinaldo Gaspar Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.94219091030	
CAPÍTULO 31	379
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira Yldeney Silva Domingos Luara Musse de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.94219091031	
SOBRE O ORGANIZADOR	391
ÍNDICE REMISSIVO	392

ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA

Ajadir Fazolo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina - PR

Alisson Luiz Boeing

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina - PR

Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina - PR

Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina - PR

Rafael Coelho Ciciliato

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina - PR

Rafaella Oliveira Baracho

Universidade Federal de Goiás
Goiania – GO

RESUMO: Vários fatores influenciam o acúmulo de nitrito na nitrificação pela via curta, incluindo a concentração de oxigênio dissolvido, pH, temperatura, amônia livre e ácido nitroso livre. Neste trabalho operou-se um reator em bateladas seqüenciais, revestido internamente com espuma de poliuretano e alimentado com água residuária com cerca de $200 \text{ mgN-NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$. O sistema foi submetido a diferentes condições operacionais, conforme delineamento composto

central rotacional (DCCR). O objetivo principal foi estudar a influência da vazão de ar e do pH inicial no acúmulo de nitrito no reator, visando a desnitrificação pela via curta. Os principais resultados apontaram que, os níveis mais elevados de remoção do N-amoniaco e acúmulo de nitrito, avaliado pela relação N-nitrito/N-nitrito+N-nitrato, foram verificados em pH próximo a 8,0 e vazão de ar de 0,3 vvm, com valores na faixa 90% e 94%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: reator seqüencial em batelada, nitrificação parcial, acúmulo de nitrito.

NITRITE ACCUMULATION IN A SEQUENTIAL BATCH REACTOR FOR SHORTCUT NITROGEN REMOVAL

ABSTRACT: Several factors influence accumulation of nitrite in shortcut nitrification by including dissolved oxygen concentration, pH, temperature, free ammonia, and free nitrous acid. In this study, a sequential batch reactor was operated with its internal surfaces covered with polyurethane matrices and fed with wastewater of about $200 \text{ mgN-NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$. The system was submitted to different operational conditions, as central composite rotational design (CCRD). The main goal was to study the influence of air flow and initial pH on the short-cut nitrification. The main results indicated that the highest

levels of N-ammoniacal removal and nitrite accumulation, evaluated by the relation N-nitrite / N-nitrite+N-nitrate were found at pH levels of 8,0 and air flow of 0,3vvm, with values within the range of 90% and 94%, respectively.

KEYWORDS: sequential batch reactor, partial nitrification, nitrite accumulation.

1 | INTRODUÇÃO

A remoção biológica do nitrogênio é tradicionalmente alcançada em duas etapas sequenciais. Na nitrificação (primeira etapa), bactérias autotróficas oxidam o nitrogênio amoniacal a nitrito e nitrato, em meio ambiente com disponibilidade de oxigênio. Na segunda (desnitrificação), bactérias heterotróficas reduzem as formas oxidadas do nitrogênio a nitrogênio gasoso, utilizando uma fonte de carbono, em ambientes caracterizados pela ausência de oxigênio dissolvido (METCALF & EDDY, 2016).

Inúmeras pesquisas estão sendo desenvolvidas visando estudar formas alternativas para a remoção de nutrientes das águas residuárias, que possibilitem o aumento da eficiência dos processos e a redução dos custos operacionais Dawas et al. (2019). Neste contexto, a remoção biológica de nitrogênio pela via curta, se baseia na ocorrência de nitrito, como produto intermediário, tanto no processo de nitrificação quanto de desnitrificação (CIUDAD et al. 2005). Geralmente, a via curta é alcançada por meio da inibição da nitratação e, conseqüente, acúmulo de nitrito, sendo a desnitrificação efetuada a partir do nitrito. De acordo com Henze (1997), o acúmulo de nitrito no sistema tende a ocorrer apenas em condições desfavoráveis a nitrificação convencional, como a presença de substâncias inibidoras, tempo de detenção hidráulica inadequado, e temperatura e pH desfavoráveis.

Dentre os aspectos positivos do emprego da desnitrificação pela via curta, destacam-se: a menor demanda de oxigênio, que resulta em uma economia de 25% nos custos operacionais de aeração; redução de cerca de 40% dos substratos orgânicos para a desnitrificação heterotrófica; redução na produção de lodo de aproximadamente 40% e possível aumento da velocidade de desnitrificação (ZANG et al. 2015; GAO et al. 2009; METCALF & EDDY, 2016).

De acordo com Jianlong & Ning (2004), são, geralmente, empregadas três estratégias para execução de nitrificação curta (via nitrito):

- 1) Promover a mudança no pH, pois este interfere nas concentrações de amônia e ácido nitroso livres, inibindo seletivamente as *Nitrobacter* (embora alguns autores descrevam a instabilidade deste processo pela adaptação dos microrganismos e restauração da nitrificação completa);

- 2) Manter a temperatura do meio mais elevada (acima de 25 °C), tendo em vista que, nesta faixa, as bactérias que oxidam o íon amônio têm maior velocidade de crescimento que as oxidadoras de nitrito;

- 3) Provocar a competição por oxigênio, uma vez que a maior afinidade das

bactérias que oxidam o N amoniacal diminuir e/ou restringir o crescimento das que oxidam o nitrato.

Assim, inúmeros pesquisadores tem demonstrado o efeito, principalmente, da temperatura, da concentração de oxigênio dissolvido e do pH no acúmulo de nitrito em sistemas de tratamento, entre eles Yan e Hu(2009), Zhang et al.(2015), Liu et al. (2017), Dawas et al. (2019), Wang et al. (2019).

O presente trabalho teve como objetivo estudar, a influência da vazão de ar e do pH inicial no acúmulo de nitrito em um reator operado em batelada, utilizando a metodologia de planejamento experimental fatorial associada à análise de superfície de resposta descrita por Rodrigues & lemma (2005).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Londrina-PR.

Instalações experimentais: Os experimentos foram realizados em um reator em batelada sequencial, contendo biomassa imobilizada em espuma de poliuretano, conforme apresentado na Figura 1.

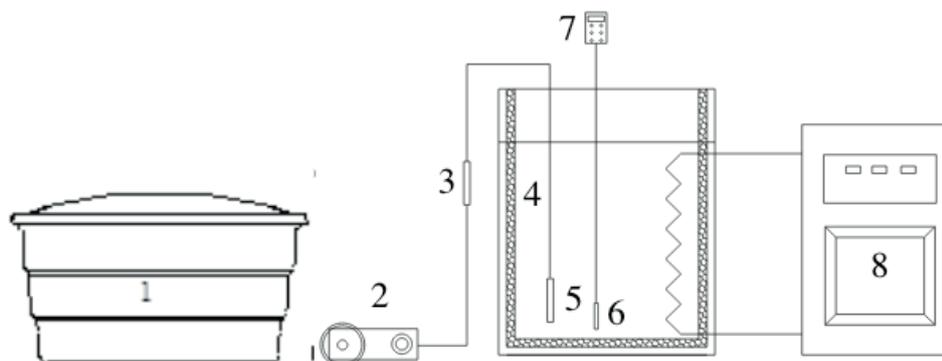


Figura 1. Fotografia e esquema das instalações experimentais: (1) reservatório de água residuária; (2) compressor de ar; (3) rotâmetro (4) espuma de poliuretano; (5) pedra difusora de ar; (6 e 7) eletrodo e medidor de pH; (8) banho ultratermostatizado.

O reator foi confeccionado em aço inox, com diâmetro de 20 cm e altura útil de 16 cm, resultando num volume útil de 5 L. As paredes internas foram revestidas com uma manta de espuma de poliuretano, com 1 cm de espessura, para possibilitar a adesão e a retenção da biomassa.

Funcionamento das unidades: O reator foi alimentado manualmente, no início de cada ensaio, e mantido sob condições operacionais controladas. Durante a fase experimental foram ajustados: o pH inicial, por meio da adição de **ácido sulfúrico** (H_2SO_4) para redução e hidróxido de sódio (NaOH) para elevação do pH inicial); a temperatura, mantida em 25°C por um banho ultratermostatizado e a vazão de ar, através da regulagem na válvula de controle do rotâmetro. Ao final, o efluente foi removido pelo fundo do reator por um sistema de sifão.

Inicialmente, o sistema foi pré-operado por cerca de 15 dias para desenvolvimento e adesão da biomassa nitrificante à espuma de poliuretano. Durante este período, o reator foi operado sem o controle das diversas variáveis envolvidas como pH inicial, temperatura, vazão de ar e alcalinidade.

A água residuária utilizada continha aproximadamente de 200 mgN L⁻¹ na forma amoniacal.

Planejamento estatístico: Foi utilizado o planejamento estatístico Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para avaliar a influência das variáveis independentes em uma superfície de resposta, conforme apresentado por Rodrigues & Iemma (2005). As variáveis independentes foram a vazão de ar e pH inicial. A vazão de ar (Q_{ar}) é apresentada na forma de volume de ar por minuto dividido pelo volume de líquido (VVM), para melhor comparação com outros sistemas de aeração. A faixa de valores de VVM foi estabelecida tomando por base em Andrade et al. (2010), variando na faixa de 0,10 e 0,50. Para o pH inicial, os valores testados cobrirão uma ampla faixa de 6,0 a 10,0.

A Tabela 1 apresenta o planejamento fatorial com os valores codificados e reais dos fatores avaliados nos experimentos.

Fatores	Valores Codificados	-1,414	-1	0	+1	+1,414
pH inicial	Valores Reais	6,0	6,6	8,0	9,4	10,0
Q_{ar} (vvm)		0,10	0,16	0,30	0,44	0,50

Tabela 1. Planejamento fatorial com os valores codificados e reais

Parâmetros calculados: Foram calculados parâmetros relacionados com a oxidação do N-amoniaco e acúmulo de N-nitrito.

O N-amoniaco oxidado, foi quantificado pela equação (1):

$$N - \text{amoniaco} (\%) = \frac{(N_i - N_f) \cdot 100}{N_i} \quad (1)$$

sendo: N-amoniacal (%) o percentual de N-amoniacal oxidado;
 N_i a concentração inicial de N-amoniacal;
 N_f a concentração final de N-amoniacal.

O acúmulo de N-nitrito foi estimado pela distribuição das formas oxidadas de nitrogênio, expressa, em termos percentuais, pela equação (2):

$$\frac{\text{N - nitrito}}{\text{N - oxidado}} (\%) = \frac{(\text{NO}_2^-)100}{(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-)} \quad (2)$$

Em que: N-nitrito / N-oxidado é a fração percentual de N-nitrito em relação a soma N-nitrito e N-nitrato.

N-NO_2^- é a concentração de N-nitrito ($\text{mg N-NO}_2^- \text{ L}^{-1}$)

N-NO_3^- é a concentração de N-nitrato ($\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$)

Os resultados serão avaliados pela Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), Análise de variância (ANOVA).

Parâmetros monitorados: Os parâmetros monitorados e os métodos utilizados são apresentados na Tabela 2, conforme preconizados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 2012). As análises foram realizadas no início e ao final de cada ciclo.

Parâmetro analisado	Método utilizado
pH	Potenciométrico
N-NH_4^+ (mgN L^{-1})	Espectrofotométrico
N-NO_2^- (mgN L^{-1})	Espectrofotométrico
N-NO_3^- (mgN L^{-1})	Espectrofotométrico
Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	Titulométrico

Tabela 2. Parâmetros de monitoramento e métodos utilizados

A concentração de amônia livre (NH_3) foi estimada pela equação (3) apresentada por Anthonisen *et al.* (1976).

$$\text{NH}_3 = \frac{17 \text{ N } 10^{\text{pH}}}{14 e^{\frac{6344}{(273+T)}} + 10^{\text{pH}}} \quad (3)$$

em que: NH_3 é concentração de amônia livre ($\text{mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$)

N é concentração de N como amônia total (mg N L⁻¹)

T é a temperatura (°C)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados experimentais para as variáveis resposta utilizadas no planejamento estatístico. O tempo de cada ciclo foi de 12 horas.

Ensaio	Qar (vvm)	pH -	N-NH ₃ (mgN L ⁻¹)	N-amoniacal (%)	N-NO ₂ /N-NO ₂ +N-NO ₃ (%)
1	-1	-1	0,58	12,86	97,13
2	+1	-1	0,52	67,35	48,82
3	-1	1	139,34	42,69	47,01
4	+1	1	132,71	51,07	77,21
5	-1,41	0	11,97	65,51	78,77
6	+1,41	0	11,15	98,36	76,34
7	0	-1,41	0,12	68,64	66,47
8	0	+1,41	192,95	24,54	55,67
9	0	0	10,97	98,21	99,90
10	0	0	11,29	91,45	94,06
11	0	0	11,55	99,43	95,15

Tabela 3. Matriz do planejamento (DCCR) com os fatores codificados e resultados experimentais para amônia, oxidação de N-amoniacal e N-nitrito acumulado

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3 é possível verificar que os melhores resultados foram obtidos na região do ponto central do planejamento estatístico (ensaios 9, 10 e 11). Nessa condição, foram observadas conversão do N-amoniacal inicial e acúmulo de nitrito acima de 90%. No ensaio 1, o acúmulo de nitrito foi elevado, porém, a eficiência na conversão do N-amoniacal foi inferior a 13%, o que resultaria em uma pequena remoção de nitrogênio da água residuária.

Na Tabela 4, são apresentados os valores dos efeitos estimados para a oxidação do N-amoniacal e acúmulo de nitrito.

Parâmetro	Efeito	Erro padrão ¹	t	p-valor
-----------	--------	--------------------------	---	---------

a	Intercepto	96,4450	10,4356	9,2425	0,0002
	Qar (L)	27,3786	12,8002	2,1386	0,0854
	Qar (Q)	-24,9469	15,2740	-1,6333	0,1633
	pH (L)	-12,1940	12,8002	-0,9526	0,3845
	pH (Q)	-60,5035	15,2740	-3,9612	0,0107
	Qar x pH	-23,0550	18,0753	-1,2757	0,2581
b	Intercepto	96,3764	1,9488	49,7276	<0,0001
	Qar (L)	-5,4001	2,3904	-2,2716	0,0722
	Qar (Q)	-19,7428	2,8523	-6,9599	0,0009
	pH (L)	-9,2671	2,3904	-3,8983	0,0114
	pH (Q)	-36,3265	2,8523	-12,8061	<0,0001
	Qar x pH	39,2550	3,3755	11,6938	<0,0001

Tabela 4. Efeito estimado dos fatores para a) oxidação de N-amoniaco pela variável resposta N-Amoniaco (%), b) acúmulo de nitrito pela variável resposta N-NO₂/N-NO₂+N-NO₃ (%)

1 Erro padrão efeito; 2 Erro padrão do coeficiente; L: linear; Q: quadrático

Considerando-se o nível de confiança de 95% (p-valor < 0,05) e excluindo-se os parâmetros não significativos, foram obtidos modelos matemáticos reparametrizados, dos valores codificados, para as variáveis independentes (remoção de N-amoniaco e acúmulo de N-nitrito), conforme equações (4) e (5), respectivamente.

$$\text{N-amoniaco (\%)} = 96,44 + 13,69\text{Qar} - 30,25\text{pH}^2 \quad (4)$$

$$\text{N-Nitrito/N-oxidado(\%)} = 96,38 - 2,70\text{Qar} - 9,87\text{Qar}^2 - 4,63\text{pH} - 8,16\text{pH}^2 + 19,63\text{Qar}\text{pH} \quad (5)$$

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com a finalidade de verificar a validade dos modelos gerados e a construção de gráficos de superfícies de respostas. A Tabela 5 sumariza a ANOVA.

	Fonte de Variação	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F _{calculado}	F _{tabelado}
a	Regressão	7530,54	2	3765,27	18,45	3,11
	Resíduo	1633,43	8	204,17		
	Total	9163,97	10			
b	Regressão	37546,75	5	749,35	65,49	3,45
	Resíduo	56,34	5	11,269		
	Total	3803,10	10			

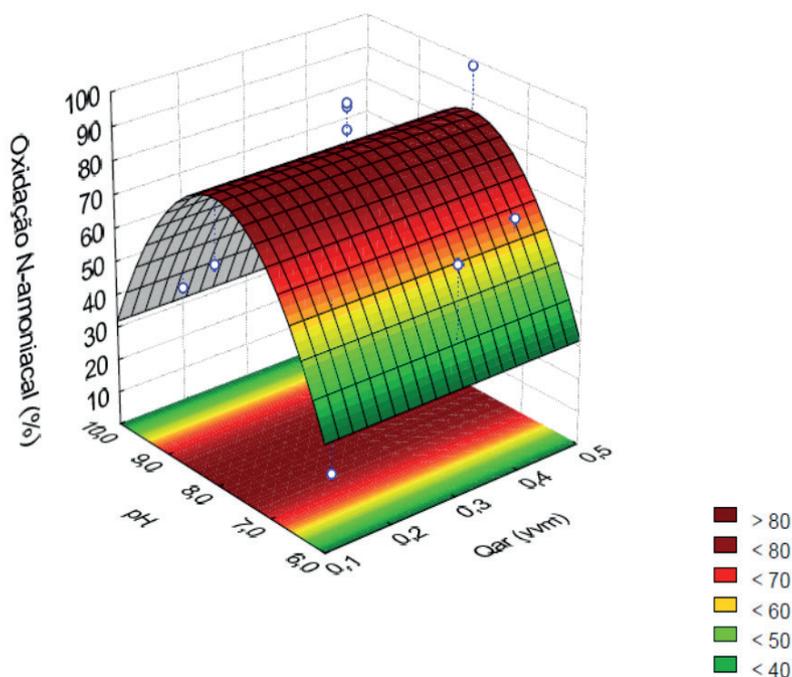
Tabela 5. Análise de variância para as variáveis resposta a) N-Amoniaco (%); b) N-Nitrito/ (N-NO₂ oxidado (%)).

Constata-se que os modelos matemáticos são significativos ao nível de significância de 5%, já que os valores dos F_{calculados} são maiores que os valores dos F_{tabelados}. Além disso, os modelos de regressão obtidos apresentaram porcentagens de variação explicada (R²) de 82,2% (oxidação do N-amoniaco) e R² igual a

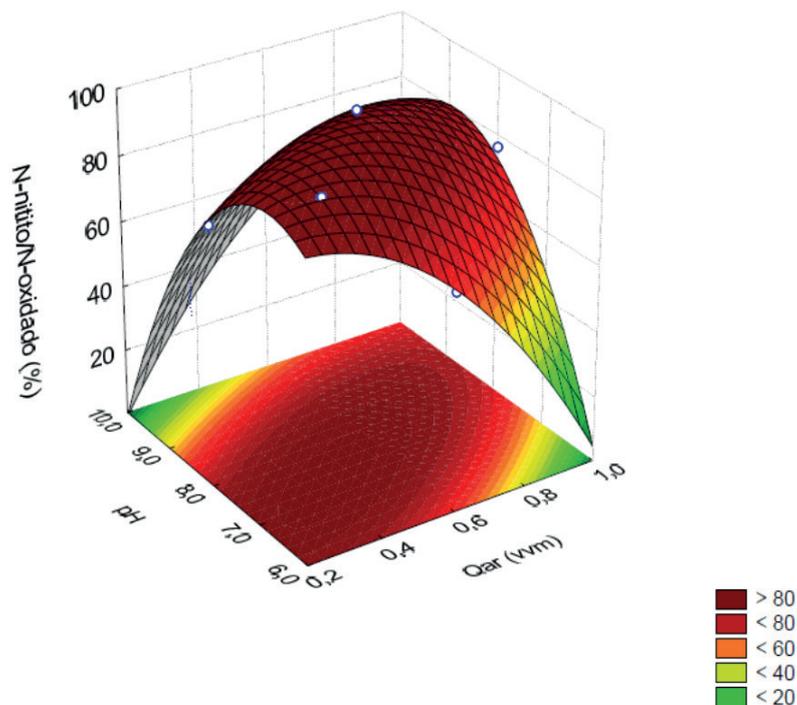
98,5% (acúmulo de N-nitrito) indicando que se ajustam satisfatoriamente aos dados experimentais.

As Figuras 2(a) e 2(b), representam superfície de resposta para as variáveis resposta oxidação N-amoniacal (%) e N-nitrito/N-oxidado (%) em função da vazão de ar e do pH inicial. Observa-se que, os valores de maior eficiência encontram-se na faixa central, com vazão de ar próximo a 0,30 vvm e pH na faixa de 8,3.

Autores como Anthonisen et al.(1976), Kim et al. (2008), Gao et al. (2009), Zang et al. (2015), destacam o papel da amônia livre na inibição da nitratação e, conseqüentemente, no acúmulo do N-nitrito em sistemas de tratamento, que é fundamental para a remoção biológica de nitrogênio pela via curta.



(a)



(b)

Figura 2. Superfície de resposta (a) para a oxidação do nitrogênio amoniacal (%) e (b) proporção de N-nitrito em relação as formas oxidadas de nitrogênio em função do pH inicial e da vazão de ar, dada em volume de ar por volume de água residuária por minuto.

A explicação mais aceita é que os organismos oxidantes de N-nitrito (*Nitrobacter*) são mais sensíveis às concentrações de amônia livre e nitrito que os organismos oxidantes de N-amoniacal (*Nitrossomonas*). Segundo Anthonisen et al.(1976), a inibição das *Nitrobacters* por amônia Livre (NH_3) pode ocorrer em concentrações acima de $0,1 \text{ mgNH}_3\text{-N.L}^{-1}$ e a inibição das *Nitrossomonas* pode ocorrer no intervalo de 10 à $150 \text{ mgNH}_3\text{-N.L}^{-1}$.

Entretanto, verifica-se na Tabela 3, que os valores de N-NH_3 , calculados pela equação (3), resultaram em assentuada redução nas eficiências do acúmulo de N-nitrito e da oxidação do N-amoniacal (abaixo de 52%) em concentrações de amônia livre superiores à $130 \text{ mgNH}_3\text{-N L}^{-1}$.

Constata-se na Figura 2(b), que o acúmulo de nitrito é afetado pela aeração. Possivelmente, vazões de ar acima de 0,8 vvm, resultem em concentrações de oxigênio dissolvido que conduzam ao processo de nitratação, com a oxidação do nitrito em nitrato.

Ruiz et al. (2003) verificaram que concentrações de $5,7$ à $2,7 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ não foram efetivas para o acúmulo de N-nitrito em um sistema de lodos ativados com água residuária sintética. Com $0,7 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ os autores obtiveram 65% de acúmulo de N-nitrito e conversão de 98% do N-amoniacal. Ciudad et al. (2005), por sua vez, alcançaram 75% de acúmulo de N-nitrito e 90% de conversão de N-amoniacal com $1,4 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$.

Bae et al (2002) obtiveram condições ótimas para o acúmulo de N-nitrito com

pH igual à 8,0 e 1,5 mgO₂.L⁻¹ utilizando água residuária sintética com concentração de N-amoniaco de 50 mgN.L⁻¹. Nestas condições 77% do N-amoniaco convertido acumulou na forma de N-nitrito. Para Zang et al. (2014) as condições ótimas foram alcançadas com pH na faixa de 8,0 e concentração de OD de 0,5 mgO₂ L⁻¹ e temperatura de 30°C.

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 2(a) e 2(b), o acúmulo de N-nitrito no reator em batelada com biomassa imobilizada é favorecido nas condições previstas no ponto central (0,3 vvm e pH igual à 8,0) empregando águas residuárias com concentração de N-amoniaco por volta de 200 mgN.L⁻¹. Observa-se o declínio das eficiências da variável resposta e N-NO₂/N-NO₂+N-NO₃ (%) com a elevação ou redução dos parâmetros operacionais Qar e pH.

4 | CONCLUSÃO

Com base no trabalho desenvolvido, pode-se concluir que o pH e a aeração são duas variáveis importantes na conversão do nitrogênio amoniaco em nitrito.

Valores de pH acima de 9,5 e abaixo de 5,5, levam a redução da oxidação do nitrogênio amoniaco, possivelmente, pela inibição pela amônia e ácido nitroso. A vazão de ar não interferiu nesta etapa.

Para o acúmulo de nitrito, a aeração mais elevada, acima de 0,8 vvm, favorece a conversão do nitrito em nitrato.

Os ensaios 9, 10 e 11 apresentaram os melhores resultados, com elevadas eficiências de conversão do N-amoniaco (91% e 99%, respectivamente) e acúmulo de nitrito com eficiência de 94% e 95% para as variáveis resposta N-NO₂/N-NO₂+N-NO₃ (%), respectivamente.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22.ed., Washington, 2012.

ANDRADE, L.; KUMMER, A C. B.; FAZOLO A.; GOMES, S.D.; HASAN, S. D. M. **Influência de nitrogênio amoniaco e vazão de ar no processo de nitrificação, etapa de tratamento de efluente de abatedouro de peixe**. Engenharia Agrícola, v. 30, n.1, p. 160-167. 2010.

ANTHONISEN, A.C.; LOEHR, R. C.; PRAKASAM, T. B. S.; SRINATH, E.G. **Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid**. Journal of Water Pollution Control Federation, v. 48, n. 5, p. 835 – 852, mai. 1976.

CIUDAD, G.; RUBILAR, O.; MUNOZ, P.; RUIZ,G.; CHAMY, R.; JEISON,D. **Partial nitrification of high ammonia concentration wastewater as a part of shortcur biological nitrogen removal process**. Process Biochemistry, v.40, p.1715-1719, 2005.

DAWAS, A.; ABU-SALIH, S.; SABBAAH, I.; NEJIDAT, A.; DOSORETZ, C. G. **Controlling nitrification in a continuous split-feed/aeration biofilm nitrifying bioreactor**. Bioresource Technology, Volume 288,

121599, 2019.

GAO, D.; PENG, Y.; LI, B., LIANG, H. **Shortcut nitrification–denitrification by real-time control strategies.** *Bioresource Technology*, v. 100 P. 2298–2300. 2009.

WANG, H.; KIM, M.; LI, K.; SHAO, Y.; ZHU, J.; NAKHLA, G. **Effective partial nitrification of ammonia in a fluidized bed bioreactor.** *Environmental Technology*, 40:1, 94-101, 2019.

HENZE, M. **Basic biological processes.** In: FORSTNER, U.; MURPHY, R.J. RULKNES, W.H. **Wastewater treatment: biological and chemical processes.** 2^a ed. Berlin: Springer, 1997.

JIANLONG, W.; NING, Y. **Partial nitrification under limited dissolved oxygen conditions.** *Process Biochemistry*, v. 39, p. 1223–1229, 2004.

LIU, X., KIM, M. & NAKHLA, G. **A model for determination of operational conditions for successful shortcut nitrification.** *Environmental Science and Pollution Research*, Volume 24, Issue 4, pp 3539–3549. 2017.

METCALF, L. & EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos.** Ed. Casa do Pão. 326 p., 2005.

RUIZ, G.; JEISON, D.; CHAMY, R. **Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of wastewater with high ammonia concentration.** *Water Research*, Oxford, v. 37, p. 1371 - 1377, 2003.

YAN, J.; HU, Y.Y. **Partial nitrification to nitrite for treating ammonium-rich organic wastewater by immobilized biomass system.** *Bioresource Technology* v. 100 p. 2341–2347. 2009.

ZHANG, C., ZHANG, S., ZHANG, L., RONG, H., ZHANG, K. **Effects of constant pH and unsteady pH at different free ammonia concentrations on shortcut nitrification for landfill leachate treatment.** *Applied Microbiology. Biotechnology* 99 (8), 3707–3713, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182
Água pluvial 168, 172, 176, 247
Água salina 118, 119
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390
Água subterrânea 37, 383, 384, 390
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179
Análise ambiental 141
Análise envoltória de dados 194, 196

B

Belém do Pará 29, 30, 31
Benchmarking métrico 194, 196
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

E

Eficiência de operadoras 194
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129

G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

L

Lodo de ETA 180, 192, 193

M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942