



Gustavo Henrique Cepolini Ferreira
(Organizador)

Geografia, Políticas e Democracia 3

Atena
Editora

Ano 2019



Gustavo Henrique Cepolini Ferreira
(Organizador)

Geografia, Políticas e Democracia 3

Atena
Editora

Ano 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: Geraldo Alves
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 di 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 Federaci 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)	
G345	Geografia, políticas e democracia 3 [recurso eletrônico] / Organizador Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Geografia, Políticas e Democracia; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-720-8 DOI 10.22533/at.ed.208191710 1. Geografia física. 2. Geografia – Estudo e ensino. I. Ferreira, Gustavo Henrique Cepolini. II. Série. CDD 910.02
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

É com imensa satisfação que apresento a Coletânea intitulada – “Geografia: Políticas e Democracia – volume 3”, cujo título apresenta inúmeras possibilidades, e, sobretudo, provocações ao construirmos e desconstruirmos uma Geografia para o século XXI. Trata-se de uma leitura teórica e empírica oriunda de diferentes pesquisadores que dialogam com análises provenientes das diferentes subáreas da ciência geográfica e áreas afins.

Nesse sentido, ressalta-se a importância da pesquisa científica e os desafios hodiernos para o fomento na área de Geografia em consonância com a formação inicial e continuada de professores da Educação Básica.

A Coletânea está organizada a partir de diferentes enfoques temáticos, ou seja, reconhecendo as diferentes subáreas da Geografia, a saber: Ensino da Geografia, Geografia Urbana, História do Pensamento Geográfico e sua interface Econômica e Política, Geografia Econômica, Geografia Agrária e Regional conforme expresso nos nove capítulos que compõem a referida Coletânea.

Esperamos que as análises publicadas nessa Coletânea da Atena Editora propiciem uma leitura crítica e prazerosa, assim como despertem novos e frutíferos debates geográficos para desvendar os caminhos e descaminhos da realidade brasileira, latino-americano e mundial na emergência de práticas democráticas.

Gustavo Henrique Cepolini Ferreira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O CURRÍCULO E A PRÁTICA PEDAGÓGICA NAS ESCOLAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina de Figueiredo Azevedo Ana Claudia Ramos Sacramento	
DOI 10.22533/at.ed.2081917101	
CAPÍTULO 2	13
MINHA CASA... E A VIDA? OS SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS PÚBLICOS NOS CONJUNTOS HABITACIONAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB	
Rayssa Bernardino de Lacerda Maria de Lourdes Soares	
DOI 10.22533/at.ed.2081917102	
CAPÍTULO 3	25
INADAPTAÇÕES NA FRONTEIRA DA INFORMALIDADE: FAVELAS E CONJUNTOS	
Tales Lobosco	
DOI 10.22533/at.ed.2081917103	
CAPÍTULO 4	38
MICROALGAS: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR OS INDICADORES DE SANEAMENTO NO BRASIL	
Renan Barroso Soares Rodrigo Nunes Oss Márcio Ferreira Martins Ricardo Franci Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.2081917104	
CAPÍTULO 5	49
A GEOGRAFIA REGIONAL EM RICHARD HARTSHORNE	
Wesley de Souza Arcassa	
DOI 10.22533/at.ed.2081917105	
CAPÍTULO 6	60
ADVENTURE-TIME: O CRONOTOPO NO ESPÍRITO DO NEOLIBERALISMO DE HAYEK, KEYNES E MISES	
Marcus Antonio de Lyra Alves	
DOI 10.22533/at.ed.2081917106	
CAPÍTULO 7	77
A TERRITORIALIZAÇÃO DOS BANCOS EM PORTUGAL: UMA ANÁLISE PRELIMINAR	
Diego Paschoal de Senna Sandra Lúcia Videira	
DOI 10.22533/at.ed.2081917107	

CAPÍTULO 8	88
A FEIRA DE NOVA CRUZ/RN: UMA TRADIÇÃO COMERCIAL DE EXPRESSÃO REGIONAL	
Severino Alves Coutinho	
DOI 10.22533/at.ed.2081917108	
CAPÍTULO 9	99
A PRODUÇÃO ARTESANAL DA RAPADURA: UMA ANÁLISE GEOGRÁFICA BASEADA NA COMUNIDADE RURAL JOÃO MOREIRA, SÃO JOÃO DA PONTE - MG	
Gustavo Henrique Cepolini Ferreira	
Tayne Pereira da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.2081917109	
SOBRE O ORGANIZADOR	113
ÍNDICE REMISSIVO	114

MICROALGAS: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR OS INDICADORES DE SANEAMENTO NO BRASIL

Renan Barroso Soares

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Ambiental, Centro
Tecnológico, Vitória - Espírito Santo.
Faculdade Brasileira Multivix.

Rodrigo Nunes Oss

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Ambiental, Centro
Tecnológico, Vitória - Espírito Santo.

Márcio Ferreira Martins

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Mecânica, Centro
Tecnológico, Vitória - Espírito Santo.

Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Ambiental, Centro
Tecnológico, Vitória - Espírito Santo.

RESUMO: O esgoto sanitário, tradicionalmente visto como fonte de despesas e problemas, passou a ser visto como oportunidade e fonte de recursos. Isso porque das três maiores demandas atuais da sociedade moderna, duas podem ser extraídas diretamente do esgoto (água e energia), e uma (alimento) pode ser beneficiada com a recuperação de nutrientes importantes para a agricultura, como o fósforo. Novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que vão além do tratamento em si e reaproveitam subprodutos, para melhorar o seu

desempenho energético e econômico, estão sendo cada vez mais estudadas. Este trabalho discute o reaproveitamento de microalgas em ETE, como forma de tornar o tratamento de esgoto mais atrativo para investimentos e, conseqüentemente, melhorar os indicadores de saneamento do país. Apesar dos grandes desafios que ainda precisam ser superados para tornar esta possibilidade economicamente viável, as oportunidades são enormes e continuam motivando novos estudos.

PALAVRAS-CHAVE: Microalgas, saneamento, esgoto, UASB, lagoa.

MICROALGAS: AN OPPORTUNITY TO IMPROVE SANITATION INDICATORS IN BRAZIL

ABSTRACT: Wastewater, traditionally seen as a source of expenses and problems, has come to be seen as an opportunity and source of resources. This is because of the current three major demands of modern society, two can be extracted directly from the sewer (water and energy), and one (food) can benefit from the recovery of important nutrients such as phosphorus. New Wastewater Treatment Plants (WWTPs), which go beyond the treatment itself, and reuse by-products, to improve their energy and economic performance, are being increasingly studied. This work discusses the

reuse of microalgae in WWTPs as a way to make it more attractive for investments and, consequently, to improve the country's sanitation indicators. Despite the great challenges that still need to be overcome to make this possibility economically viable, the opportunities are enormous and continue to motivate further studies.

KEYWORDS: Microalgae, sanitation, wastewater, UASB, pond.

1 | INTRODUÇÃO

O saneamento básico previne o contato humano com resíduos, sendo importante para a saúde da população, o meio ambiente e para a economia do país (FUNASA, 2004). Mesmo assim, segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2014), o índice de coleta de esgoto no país é de apenas 49,36 %. As condições econômicas da população limitam o repasse integral do custo dos serviços para a tarifa, sobretudo nas cidades mais pobres, inviabilizando os investimentos necessários para o setor (PROSAB, 2003). Os problemas de saneamento poderão ser superados se a tecnologia adotada apresentar retorno econômico atrativo. Para isso, uma das tendências é a recuperação de energia a partir do tratamento de esgoto (SIAESPH, 2016). Tornar uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) autossustentável em energia pode melhorar a rentabilidade dos projetos e atrair investimentos para o setor (METCALF; EDDY, 2014).

Uma possibilidade de recuperação de energia na ETE envolve o biogás produzido em sistemas de tratamento anaeróbios (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994). Somente para o estado do Espírito Santo, estima-se um potencial de produção de 18,5 MW de energia, caso 60 % do esgoto gerado venha a ser tratado por sistemas anaeróbios (ASPE, 2013). Dentre os sistemas de tratamento anaeróbios, os reatores de fluxo ascendente e manta de lodo UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) são os preferidos e amplamente difundidos no Brasil. No entanto, para atender os padrões ambientais, em muitos casos esses processos requerem uma etapa adicional de tratamento, de forma a reduzir a matéria orgânica remanescente e os nutrientes (SILVEIRA et al., 2015). As lagoas de alta taxa (LAT) podem ser usadas como pós-tratamento do efluente do UASB, sendo uma alternativa interessante do ponto de vista técnico, econômico e ambiental. Esses sistemas ganharam uma motivação extra nos últimos anos, uma vez que a grande produção de microalgas observada deixou de ser vista como um problema e passou a ser vislumbrada como matéria prima para a obtenção de biocombustíveis (WAN et al., 2015). Atualmente, mais de 150 empresas no mundo, incluindo grandes petroleiras como ExxonMobil e Shell, estão interessadas em produzir biocombustível a partir de microalgas (PENG et al., 2017).

Dentro da ETE, o uso de microalgas para produzir energia é uma alternativa que pode aumentar a eficiência e reduzir os custos do processo (LONGO et al., 2016; WAKEEL et al., 2016). Neste contexto, sistemas de tratamento de esgoto, compostos pela associação em série de reatores UASB e LAT, representam uma alternativa

interessante para o desenvolvimento de uma ETE mais econômica e autossustentável em energia.

AZEREDO (2016) avaliou este novo modelo integrado de ETE e demonstrou um desempenho superavitário em energia, além de reportar simplicidade operacional, atuação no nível terciário do tratamento do esgoto sanitário, possibilidade de recuperação de nutrientes nitrogênio e fósforo e sequestro de CO₂. Ao lado da recuperação de biogás, a produção de biomassa de microalgas poderia ser valorizada em processos termoquímicos, uma vez que seu poder calorífico está na faixa de 14 a 21 MJ/Kg (DEMIRBAS, 2004). Outra possibilidade de uso seria a introdução das microalgas no próprio reator UASB, para codigestão e elevação da produção de biogás do sistema. Neste caso, a conversão termoquímica se aplicaria ao lodo codigerido, obtido nos descartes periódicos de lodo do reator UASB. Esta configuração pode ser vantajosa, uma vez que o uso do lodo produzido no reator UASB, sem a codigestão de microalgas, não é atrativa para os processos termoquímicos, pelo seu poder calorífico baixo, em torno de 8,7 MJ/Kg (ROSA et al., 2016). Quando não aproveitada, esta parcela de energia não só deixa de ser recuperada, como também acrescenta custos com os sistemas convencionais de destinação final do lodo.

Um aproveitamento adicional das microalgas ainda pode ser feito com suas cinzas, obtidas após a etapa de geração de energia. Devido ao seu teor de fósforo, cálcio, potássio e outros minerais, há um interesse de valorização das cinzas como fertilizante para a agricultura. Vale ressaltar que alguns autores estimam uma disponibilidade limitada de nutrientes para as próximas gerações. As reservas de fósforo, por exemplo, estão em declínio e poderão estar limitadas já nas próximas décadas (PATZELT et al., 2015).

Por tudo isso, as microalgas deixaram de ser um estorvo nas ETE e passaram a ser vistas como uma possibilidade de agregar valor ao processo. A possibilidade de produzir água de reuso, energia e nutrientes vai de encontro as três maiores necessidades do ser humano na atualidade e o número de pesquisas na área vêm crescendo nos últimos anos. Para universalizar o saneamento básico no Brasil, estima-se investimentos na ordem de 500 bilhões de reais para os próximos anos. Mais do que ampliar os percentuais de coleta e tratamento de esgoto, a eficiência das ETE deve ser maximizada continuamente (SILVEIRA et al., 2015). O grande déficit de saneamento no país hoje constitui um considerável mercado de investimentos e uma excelente oportunidade para colocar o setor em um novo patamar de serviços, ancorado na sustentabilidade ambiental e econômica. Esse olhar de futuro envolve novos rumos tecnológicos, que o setor deve e pode trilhar (PROBIOGAS, 2016). Assim motivado, este trabalho discute o reaproveitamento de microalgas em ETE e apresenta a ETE piloto construída dentro da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), em parceria com a empresa Fluir Engenharia Ambiental e com recursos do FINEP, onde um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) está trabalhando.

2 | O POTENCIAL DAS MICROALGAS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

As microalgas compreendem a um vasto e diversificado grupo de organismos, com cerca de 35.000 espécies identificadas, embora seja estimada a existência de 200.000 a 800.000 espécies (BIRIS-DORHOI et al., 2016). Estão distribuídas em toda a biosfera, sendo encontradas em lugares úmidos ou corpos d'água, podendo se desenvolver em ambientes de água doce, salobra e salina, crescendo em rochas, solos, em relações simbióticas com outros organismos (JIA; YUAN, 2016) e, mais comumente, em sistemas aquáticos frescos e marinhos, bem como em fluxos de águas residuais de uma variedade de fontes (RIBEIRO et al., 2015; SINGH; SHARMA, 2012; SLADE; BAUEN, 2013). De forma geral, microalgas são organismos que usam a luz do sol, água e o CO₂ atmosférico para crescer. Sua estrutura não apresenta raiz, folhas e caules, como nas outras plantas (VANDAMME; FOUBERT; MUYLAERT, 2013).

A biomassa de microalgas é considerada a alternativa mais promissora para a produção de energia (VANDAMME; FOUBERT; MUYLAERT, 2013) e está inserida na terceira geração dos biocombustíveis. A primeira geração foi obtida a partir de produtos alimentícios, tal como soja, cana-de-açúcar e milho, causando competição indesejável com a produção de alimentos. A segunda geração superou este problema, ao cultivar lignocelulose como matéria prima do processo. Contudo, muitos obstáculos foram observados, como baixa produtividade de biomassa, demanda excessiva de água e terras agrícolas e a necessidade de um pré-tratamento eficiente, de baixo consumo de energia. A terceira geração surgiu nos últimos anos e está baseada na produção a partir de microalgas, de modo a superar os desafios encontrados nas gerações anteriores (JANKOWSKA; SAHU; OLESKOWICZ-POPIEL, 2017).

As vantagens desses biocombustíveis em relação aos de primeira e segunda geração são dadas por várias características do cultivo das microalgas, dentre elas: elevada eficiência fotossintética; rápida taxa de crescimento, podendo dobrar a sua biomassa a cada 24 h; resistência à vários tipos de contaminação; baixo requerimento de terra, podendo ser cultivada em áreas impróprias para outras culturas; capacidade de produzir uma grande variedade de matérias-primas para produção de biocombustíveis e outros bioprodutos; distinta biorremediação ambiental, como fixação de CO₂ da atmosfera e outros gases de combustão, depuração da água e tratamento de esgoto (JIA; YUAN, 2016; MEYER; WEISS, 2014; RAS et al., 2011; RAZZAK et al., 2013; THIANATHIT; KEENER; KHANG, 2015; ZENG et al., 2011; RIBEIRO et al., 2015).

A partir da biomassa de microalgas é possível produzir biodiesel, bioetanol e gases combustíveis (JACOB; XIA; MURPHY, 2015). Apesar do foco inicial das pesquisas terem sido na produção de biodiesel, os custos envolvidos no processo, como a secagem, a extração dos lipídios e o processo de esterificação, tornaram-

se um gargalo na viabilidade econômica dessa opção tecnológica (JACOB; XIA; MURPHY, 2015). Já o bioetanol, que é obtido pela fermentação dos carboidratos constituintes da biomassa, ainda não mostra viabilidade econômica (LEE et al., 2015). A produção de gases combustíveis tem sido apontada como a alternativa mais viável, tendo em vista que não depende de macromoléculas específicas (PERAZZOLI et al., 2016). Processos como a gaseificação, por exemplo, são descritos na literatura com potencial (SOARES; GONÇALVES, 2018).

De uma maneira geral, as microalgas demandam mais nutrientes para seu metabolismo do que as plantas terrestres, o que intensifica o uso de energia embutido no cultivo (MINOWA; SAWAYAMA, 1999). A produção de microalgas com o uso de nutrientes tradicionais é vista como insustentável. Diversos autores realizaram análise de ciclo de vida (ACV), para processos com microalgas, e apontaram o uso de nutrientes no cultivo como um importante colaborador para os impactos ambientais do processo (PÉREZ-LÓPEZ; GONZÁLEZ-GARCÍA; JEFFRYES; et al., 2014; PÉREZ-LÓPEZ; GONZÁLEZ-GARCÍA; ALLEWAERT; et al., 2014). Por outro lado, quando o transporte de nutrientes e água não é necessário, uma quantidade significativa de energia pode ser salva (DUMAN et al., 2014). Isso tem despertado o interesse em usar águas residuárias como meio nutricional, oferecendo uma importante economia no cultivo (RAHEEM et al., 2015). As águas residuárias possuem altas concentrações de nutrientes, como nitrogênio e fósforo (JEBALI et al., 2015; RAZZAK et al., 2013), e a combinação de tratamento de esgoto com a produção de biocombustível tem sido apontada como o cenário mais plausível para a aplicação comercial de microalgas no curto prazo. Microalgas cultivadas a partir de esgoto têm sido reportadas com alta produtividade, sugerindo uma ótima alternativa para a produção de biocombustível de forma econômica e sustentável (MANARA; ZABANIOTOU, 2012).

A utilização de microalgas no tratamento de águas residuárias, em lagoas de estabilização, ocorre há mais de 3000 anos no mundo e foi empregado em larga escala nos EUA no ano de 1901 (JIA; YUAN, 2016; QUIROZ ARITA; PEEBLES; BRADLEY, 2015). Entretanto, sua aplicação no tratamento de esgoto começou a ganhar importância nos últimos 50 anos, sendo hoje amplamente aceita. Esses sistemas são tão eficazes quanto os sistemas de tratamento convencionais (BIRIS-DORHOI et al., 2016).

O cultivo de microalgas em LAT, utilizando como meio de cultura o efluente de reatores UASB, apresenta vantagens importantes, como a predominância do nitrogênio na forma amoniacal e de fosfatos, que facilita a assimilação pelas microalgas, e a baixa turbidez do efluente, que melhora a penetração da luz solar (PEREIRA et al., 2018). Além disso, este tipo de configuração de ETE possibilita a integração de água, energia e alimento. Com a produção de um efluente final com qualidade e a recuperação de energia e nutrientes para a agricultura, através das microalgas, esse sistema contempla o conceito NEXUS apresentado na Conferência de Bonn 2011, apontado como uma alternativa para se alcançar os objetivos de desenvolvimento

3 | OS DESAFIOS PARA APROVEITAR MICROALGAS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Atualmente, a produção de microalgas para a geração de biocombustível não é economicamente viável e o principal motivo está no alto custo de colheita, estimado em 30 % do custo total de produção da biomassa (GERCHMAN et al., 2017), podendo chegar a 60 % do custo total do biocombustível produzido (CASTRILLO et al., 2013). A etapa de colheita é considerada o principal obstáculo para a produção de microalgas e a dificuldade está associada com a diluição da cultura. Normalmente em grande escala, a produção de biomassa mista não excede 0,5 g/L (DAS et al., 2016). The cost of the coagulant and biomass contamination are two critical issues that need to be considered. In this study, ferric chloride (72-96 mg/L, o que significa processar um enorme volume para se obter uma quantidade de biomassa significativa.

Dentre todos os métodos de separação de microalgas, a coagulação-floculação ainda é o mais eficiente em grande escala (ANTHONY et al., 2013). Baseado na economia de operação, eficiência da colheita e nas possibilidades tecnológicas, este processo é considerado o mais adequado (UMMALYMA et al., 2017; WAN et al., 2015), com melhor custo benefício, já que permite o tratamento rápido de grandes volumes (GERCHMAN et al., 2017). Todavia, qualquer coagulante usado na colheita estará presente na biomassa, podendo influenciar no uso final do produto (VANDAMME; FOUBERT; MUYLAERT, 2013). Cloretos de alumínio, por exemplo, podem inibir as reações de transesterificação e prejudicar a produção de biodiesel (WAN et al., 2015). Sulfato de alumínio e cloreto férrico podem afetar a digestão anaeróbia, prejudicando a geração de biogás (ANTHONY et al., 2013).

Para os processos termoquímicos, como a gaseificação, a adição de frações inorgânicas na biomassa reduz o seu poder calorífico. Isso foi recentemente comprovado em nosso último estudo, intitulado “Avaliação do poder calorífico da biomassa algal obtida por coagulação-floculação”, que quantificou a redução no poder calorífico da biomassa, após a adição de todos os coagulantes que foram testados (o artigo será publicado na revista DAE nos próximos meses). Em alguns casos, a redução no potencial energético da biomassa foi insignificante, em outros, porém, o coagulante inviabilizaria os processos de conversão termoquímica da biomassa. Portanto, a contaminação da biomassa produzida é um assunto crítico que precisa ser considerado (DAS et al., 2016). Coagulantes alternativos, como polímeros sintéticos e compostos orgânicos têm despertado maior interesse recentemente (LANANAN et al., 2016).

Para avaliar o efeito dos coagulantes na composição das cinzas, e assim verificar o seu verdadeiro potencial de aproveitamento como fertilizante, também é necessário

um estudo criterioso para definir o melhor coagulante. Novos estudos realizados na UFES e ainda em andamento, indicam uma redução significativa nos teores de cálcio, potássio e fósforo nas cinzas, quando coagulantes são incorporados às microalgas. Em sua ausência, porém, observa-se uma grande variedade de elementos químicos, 19 no total, sendo que a fração mássica dos elementos cálcio, potássio e fósforo corresponde a quase 74 % das cinzas. Efeitos sinérgicos entre coagulantes e a biomassa no processo de conversão termoquímica também têm sido observados. A presença de cloro nas cinzas, por exemplo, é alterada conforme o tipo de coagulante adicionado. Considerando que a liberação de cloro nos processos de conversão termoquímica pode ser prejudicial aos equipamentos ou limitar a aplicação das cinzas como fertilizante, a escolha do coagulante poderia ser pautada nos processos subsequentes de utilização da biomassa e/ou de suas cinzas.

De fato, o reaproveitamento de microalgas parece ser um caminho promissor para elevar a eficiência da ETE. Muitas questões, no entanto, ainda precisam ser respondidas para que isso se torne economicamente viável. A Figura 1 apresenta a ETE piloto construída para fins de pesquisa na cidade de Vila Velha, localizada no Estado do Espírito Santo, no Brasil. A ETE é composta por um reator UASB com diâmetro de 1,0 m, altura útil de 4,8 m, volume útil total de 3,8 m³ e vazão média de operação de 0,14 L/s. O esgoto bruto passa por um gradeamento, preliminar ao reator UASB, para remover os sólidos grosseiros do esgoto bruto. Após o tratamento no reator UASB, o efluente alimenta duas lagoas de alta taxa (Figura 2), cada uma com volume útil total de 13,7 m³, com dois canais com 10 m de comprimento, 2,4 m de largura e área de 22,8 m². As microalgas são então obtidas em uma unidade de coagulação-floculação para reaproveitamento (Figura 3).



Figura 1. ETE piloto



Figura 2. Lagoas de alta taxa da ETE Piloto



Figura 3. Sistema de coagulação-floculação da ETE Piloto

4 | CONCLUSÃO

O grande déficit de saneamento no país é uma ótima oportunidade para colocar o setor em um novo patamar de serviços, ancorado na sustentabilidade ambiental e econômica. Para isso, novos rumos tecnológicos precisam ser avaliados. Uma possibilidade é o reaproveitamento de microalgas em estações de tratamento de esgoto. Microalgas não só melhoram a qualidade do produto final da ETE, como também podem ser convertidas em energia. Ao final do processo de conversão termoquímica, suas cinzas também poderiam ser valorizadas como fonte de nutrientes para a agricultura. Desse modo, as microalgas podem ser vistas como um elo no NEXUS água-energia-nutriente e uma alternativa promissora para a ETE, capaz de tornar o processo mais econômico e atrair investimentos para o setor, que melhorariam os indicadores de saneamento no país.

REFERÊNCIAS

ANTHONY, Renil J. et al. **Effect of coagulant/flocculants on bioproducts from microalgae.** *Bioresource Technology*, v. 149, p. 65–70, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.028>>.

ASPE, Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo, **Atlas de bioenergia do Espírito Santo**, Vitória, 2013.

AZEREDO, L.Z. **Potencial energético da co-digestão da biomassa de microalgas no tratamento de esgoto sanitário em reatores UASB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento

Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

BIRIS-DORHOI, E. et al. **Applications of microalgae in wastewater treatments : a review.** ProEnvironment, v. 9, p. 459–463, 2016.

CASTRILLO, M. et al. **High pH-induced flocculation-sedimentation and effect of supernatant reuse on growth rate and lipid productivity of *Scenedesmus obliquus* and *Chlorella vulgaris*.** Bioresource Technology, v. 128, p. 324–329, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.114>>.

DAS, Probir et al. **Microalgae harvesting by pH adjusted coagulation-flocculation, recycling of the coagulant and the growth media.** Bioresource Technology, v. 216, p. 824–829, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.06.014>>.

DEMIRBAS, Ayhan. **Combustion characteristics of different biomass fuels.** Progress in energy and combustion science, v. 30, n. 2, p. 219–230, 2004.

DUMAN, G.; UDDIN, M.A.; YANIK, J. **Hydrogen production from algal biomass via steam gasification.** Bioresource Technology, v. 166, 2014.

FUNASA: **Manual de Saneamento.** Engenharia de Saúde Pública–Orientações Técnicas. Brasília-DF: Ministério da Saúde–Fundação Nacional da Saúde, 2004.

GERCHMAN, Yoram et al. **Effective harvesting of microalgae: Comparison of different polymeric flocculants.** Bioresource Technology, v. 228, p. 141–146, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.040>>.

JACOB, A.; XIA, A.; MURPHY, J. D. **A perspective on gaseous biofuel production from microalgae generated from CO₂ from a coal-fired power plant.** Applied Energy, 2015.

JANKOWSKA, Ewelina; SAHU, Ashish K.; OLESKOWICZ-POPIEL, Piotr. **Biogas from microalgae: Review on microalgae's cultivation, harvesting and pretreatment for anaerobic digestion.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 75, n. October 2015, p. 692–709, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.045>>.

JEBALI, A. et al. **Bioresource Technology Selection of native Tunisian microalgae for simultaneous wastewater treatment and biofuel production.** Bioresource Technology, v. 198, p. 424–430, 2015.

JIA, H.; YUAN, Q. **Removal of nitrogen from wastewater using microalgae and microalgae bacteria consortia.** Cogent Environmental Science, v. 2, n. 1, p. 1–15, 2016.

LANANAN, Fathurrahman et al. **Optimization of biomass harvesting of microalgae, *Chlorella sp.* utilizing auto-flocculating microalgae, *Ankistrodesmus sp.* as bio-flocculant.** International Biodeterioration and Biodegradation, v. 113, p. 391–396, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.04.022>>.

LEE, O. K. et al. **Sustainable production of liquid biofuels from renewable microalgae biomass.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015.

LONGO, Stefano et al. **Monitoring and diagnosis of energy consumption in wastewater treatment plants. A state of the art and proposals for improvement.** Applied Energy, v. 179, p. 1251–1268, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.043>>.

MANARA, P.; ZABANIOTOU, A. **Towards sewage sludge based biofuels via thermochemical conversion - A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 5, p. 2566–2582, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.074>>.

- MARTINEZ-HERNANDEZ, E.; SAMSATLI, S. **Biorefineries and the food, energy, water nexus – towards a whole systems approach to design and planning**. Current Opinion in Chemical Engineering, 2017.
- METCALF, Eddy; EDDY, M. **Wastewater engineering: treatment and Resource recovery**. Mic Graw-Hill, USA, p. 1530–1533, 2014.
- MEYER, M. A.; WEISS, A. **Life cycle costs for the optimized production of hydrogen and biogas from microalgae**. Energy, v. 78, p. 84–93, 2014.
- MINOWA, T; SAWAYAMA, S. **A novel microalgal system for energy production with nitrogen cycling**. Fuel, v. 78, n. 10, p. 1213–1215, 1999.
- PATZELT, D.J. et al. **Hydrothermal gasification of Acutodesmus obliquus for renewable energy production and nutrient recycling of microalgal mass cultures**. Journal of Applied Phycology, v. 27, n. 6, p. 2239–2250, 2015.
- PENG, G. et al. **Catalytic Supercritical Water Gasification: Continuous Methanization of Chlorella vulgaris**. Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 56, n. 21, p. 6256–6265, 2017.
- PERAZZOLI, S. et al. **International Biodeterioration & Biodegradation Optimizing biomethane production from anaerobic degradation of Scenedesmus spp . biomass harvested from algae-based swine digestate treatment**. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 109, p. 23–28, 2016.
- PEREIRA, Marcos Vinicius et al. **Indigenous microalgae biomass cultivation in continuous reactor with anaerobic effluent : effect of dilution rate on productivity , nutrient removal and bioindicators**. Environmental Technology, v. 0, n. 0, p. 1–13, 2018.
- PÉREZ-LÓPEZ, P.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; ALLEWAERT, C.; et al. Environmental evaluation of eicosapentaenoic acid production by Phaeodactylum tricornutum. Science of the Total Environment, v. 466–467, 2014.
- PÉREZ-LÓPEZ, P.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; JEFFRYES, C.; et al. **Life cycle assessment of the production of the red antioxidant carotenoid astaxanthin by microalgae: From lab to pilot scale**. Journal of Cleaner Production, v. 64, 2014.
- PROBIOGAS - Projeto Brasil - Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil. **Viabilidade técnico-econômica de produção de energia elétrica em ETes a partir do biogás**, Brasília, 2016.
- PROSAB, Programa Nacional de Saneamento e Pesquisa. **Digestão de resíduos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Coordenador CASSINI, S. T. Vitória, 2003. Editora ABES, Rio de Janeiro, 2003.
- QUIROZ ARITA, C. E.; PEEBLES, C.; BRADLEY, T. H. **Scalability of combining microalgae-based biofuels with wastewater facilities: A review**. Algal Research, 2015.
- RAHEEM, A. et al. **Thermochemical conversion of microalgal biomass for biofuel production**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 49, 2015.
- RAS, M. et al. **Experimental study on a coupled process of production and anaerobic digestion of Chlorella vulgaris**. Bioresource Technology, v. 102, n. 1, p. 200–206, 2011.
- RAZZAK, S. A. et al. **Integrated CO₂ capture , wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing – A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 27, p. 622–653,

2013.

RIBEIRO, L. A. et al. **Prospects of using microalgae for biofuels production: Results of a Delphi study**. *Renewable Energy*, 2015.

ROSA, André Pereira et al. **Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso Estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira)**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, p. 315–328, 2016.

SIAESPH, Sulabh International Academy of Environmental Sanitation and Public Health, em colaboração com a Sulabh International Centre for Action Sociology, **Sanitation and Energy**, Índia. Disponível em: <http://www.sulabhacademy.org/download/Sanitation-and-Energy.pdf>.

SILVEIRA, Bruno et al. **Guia Técnica De Aproveitamento De Biogás Em Estatacoes De Tratamento De Esgoto**. [S.l.: s.n.], 2015.

SINGH, R. N.; SHARMA, S. **Development of suitable photobioreactor for algae production - A review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012.

SLADE, R.; BAUEN, A. **Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects**. *Biomass and Bioenergy*, 2013.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação de Diagnósticos dos serviços de água e esgoto 2010**. [S.l.]: Ministério das Cidades Brasília, 2014.

SOARES, R. B; GONÇALVES, R. F. **Recuperação de bioprodutos a partir da gaseificação do lodo de esgoto sanitário**. Capítulo 21 do E-book Avanços científicos e tecnológicos em bioprocessos. Organizador Alberdan Silva Santos. Ponta Grossa (PR). Atena Editora, 2018.

THIANSATHIT, W.; KEENER, T. C.; KHANG. **The kinetics of Scenedesmus obliquus microalgae growth utilizing carbon dioxide gas from biogas**. *Biomass and Bioenergy*, v. 76, p. 79–85, 2015.

UMMALYMA, Sabeela Beevi et al. **Bioflocculation: An alternative strategy for harvesting of microalgae – An overview**. *Bioresource Technology*, v. 242, p. 227–235, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.097>>.

VAN HAANDEL, Adrianus C; LETTINGA, Gatzé. **Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1994.

VANDAMME, Dries; FOUBERT, Imogen; MUYLAERT, Koenraad. **Flocculation as a low-cost method for harvesting microalgae for bulk biomass production**. *Trends in Biotechnology*, v. 31, n. 4, p. 233–239, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.12.005>>.

ZENG, X. et al. **Microalgae bioengineering : From CO2 fixation to biofuel production**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 6, p. 3252–3260, 2011.

WAKEEL, Muhammad et al. **Energy consumption for water use cycles in different countries: A review**. *Applied Energy*, v. 178, n. 19, p. 868–885, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261916308893>>.

WAN, Chun et al. **Current progress and future prospect of microalgal biomass harvest using various flocculation technologies**. *Bioresource Technology*, v. 184, p. 251–257, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.081>>.

SOBRE O ORGANIZADOR

Gustavo Henrique Cepolini Ferreira - Graduado em Geografia (Bacharelado e Licenciatura) pela PUC-Campinas, Mestre e Doutor em Geografia Humana pela Universidade de São Paulo. Pós-doutorando em Geografia – USP. Atualmente é Professor do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo na Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), onde coordena o Núcleo de Estudos e Pesquisas Regionais e Agrários (NEPRA-UNIMONTES) e o Subprojeto de Geografia - "Cinema, comunicação e regionalização" no âmbito do PIBID/CAPES. Exerce também a função de Coordenador Didático do Curso de Bacharelado em Geografia - UNIMONTES. Tem experiência na área de Geografia Humana, atuando principalmente nos seguintes temas: Geografia Agrária, Regularização Fundiária, Amazônia, Ensino de Geografia, Educação do Campo e Conflitos Socioambientais e Territoriais. Participação como avaliador no Programa Nacional do Livro e do Material Didático - PNLD de Geografia e no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), vinculado ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). É autor e organizador das seguintes obras: *No chão e na Educação: o MST e suas reformas* (2011), *Neoliberalismo, Agronegócio e a Luta Camponesa no Brasil* (2011), *Cenas & cenários geográficos e históricos no processo de ensino e aprendizagem* (2013), *Agroecologia, Alimentação e Saúde* (2014), *Gestão Ambiental* (2015), *Práticas de Ensino: Teoria e Prática em Ambientes Formais e Informais* (2016), *Geografia Agrária no Brasil: disputas, conflitos e alternativas territoriais* (2016), *Geografia Agrária em debate: das lutas históricas às práticas agroecológicas* (2017), *Atlas de Conflitos na Amazônia* (2017), *Serra da Canastra território em disputa: uma análise sobre a regularização fundiária do Parque e a expropriação camponesa* (2018), *Conflitos e Convergências da Geografia - Volumes 1 e 2* (2019), *Geografia Agrária* (2019), entre outras publicações. E-mail: gustavo.cepolini@unimontes.br

ÍNDICE REMISSIVO

B

Bancos 77, 78, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 93

C

Campesinato 99, 106, 109

Cronotopo 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 74

Currículo 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12

D

Direito à cidade 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23

Direito à moradia digna 13, 14, 15, 22, 23

Discurso 60, 61, 64, 68, 69, 72, 73, 74

E

Ensino de geografia 1, 5, 8, 11, 12, 113

Esgoto 22, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48

F

Favela 25, 26, 28, 30, 32, 33, 37

Feira 83, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98

G

Geografia financeira 77, 78

Geografia regional 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58

H

História do pensamento geográfico 49, 50

I

Ideologia 11, 60, 74

L

Lagoa 38, 93

M

Microalgas 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Modernidade 25, 26, 33, 37, 58, 64, 89

N

Neoliberalismo 60, 61, 74, 113

Norte de Minas Gerais 99, 106, 107, 112

Nova Cruz 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98

P

Política 4, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 60, 61, 62, 64, 66, 70, 71, 73, 75, 76, 89, 95

Portugal 77, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Prática pedagógica 1, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12

Produção do espaço 19, 25, 26, 36, 37

Programa Minha Casa Minha Vida 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24

R

Rapadura artesanal 99

Richard Hartshorne 49, 50, 51, 52, 57, 58

S

Saneamento 18, 38, 39, 40, 45, 46, 47

Serviços e equipamentos públicos 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23

T

Tradição 51, 88, 91, 92, 94, 97, 105

U

UASB 38, 39, 40, 42, 44, 45, 48

Urbanização 25, 30, 98

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-720-8



9 788572 477208