



Gestão do tratamento de esgotos sanitários produzidos em universidades públicas federais no Nordeste do Brasil

Management of sanitary sewage treatment produced at federal public universities in Northeastern Brazil

Kerlia Roberta de Aquino Gama¹, Alana Ticiane Alves do Rêgo¹, Joseane Dunga da Costa¹, Gabriela Valones¹

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil.

Contato: gabivalones@gmail.com

Palavras-Chave

esgotos sanitários
tratamento de esgotos
universidades federais
Nordeste brasileiro
responsabilidade
socioambiental

Key-word

sanitary sewers
sewage treatment
federal universities
Brazilian Northeast
social and environmental
responsibility

RESUMO

O lançamento de esgoto não-tratado nos corpos d'água ou no solo é uma das fontes de maior degradação do meio ambiente, que atinge o espaço físico, biótico e a saúde pública. As universidades são locais de formação profissional humana e têm relevante papel no incentivo de ações que promovam a sustentabilidade, a preservação e a responsabilidade socioambiental. A partir dessa realidade, esta pesquisa teve como objetivo identificar e caracterizar a gestão do tratamento de esgotos sanitários produzidos em universidades públicas federais, na região Nordeste do Brasil. A pesquisa utilizou dados primários nas respostas de um questionário estruturado enviado aos docentes, atuantes na área sanitária e/ou ambiental, das supracitadas universidades e dados secundários obtidos da literatura. Avaliou-se 18 instituições federais no Nordeste brasileiro, dentre as quais 33% não aderiram a pesquisa, 33% não possuíam uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) nas dependências da universidade, 28% possuíam uma ETE no campus, e 6% estão em fase de implementação de um sistema para beneficiamento dos esgotos gerados. Os mecanismos, para o tratamento de efluentes adotados nas universidades que têm ETE, são do tipo biológico com uso de tecnologias como lodos ativados, reator anaeróbio, valo de oxidação e lagoas de estabilização.

ABSTRACT

The release of untreated sewage into bodies of water or soil is one of the sources of greatest degradation of the environment, which affects physical, biotic and public health. Universities are places of human professional training and have an important role in encouraging actions that promote sustainability, preservation and socio-environmental responsibility. Based on this reality, this research aimed to identify and characterize the management of sanitary sewage treatment produced at federal public universities, in the Northeast region of Brazil. The research used primary data in the responses to a structured questionnaire sent to teachers, active in the sanitary and / or environmental area, from the aforementioned universities and secondary data obtained from the literature. 18 federal institutions in Northeast Brazil were evaluated, among which 33% did not adhere to the survey, 33% did not have an Effluent Treatment Station (ETE) on the university premises, 28% had an ETE on the campus, and 6% are in the process of implementing a system to improve the sewage generated. The mechanisms for the treatment of effluents adopted in universities that have TEE are of the biological type with the use of technologies such as activated sludge, anaerobic reactor, oxidation ditch and stabilization ponds.

Informações do artigo

Recebido: 02 de novembro, 2019
Aceito: 16 de outubro, 2020
Publicado: 30 de dezembro, 2020

Introdução

De acordo com a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes para o saneamento básico, o esgotamento sanitário corresponde a todas as atividades de disponibilização e manutenção de infraestrutura que visam coletar, transportar, tratar e dispor adequadamente os esgotos sanitários desde as ligações residenciais até o lançamento final (BRASIL, 2007).

O acesso ao saneamento básico, em especial aos serviços de coleta e tratamento de águas residuárias, visam prevenir problemas de saúde e melhorar a qualidade de vida da população (SIMIYU et al., 2017; TRATA BRASIL, 2018).

Uma vez que, os efluentes líquidos produzidos pelo homem, se dispostos de forma inadequada, geram danos ao meio ambiente, à segurança e à salubridade ambiental, impedem o desenvolvimento sustentável da economia e da sociedade, como também, causam a degradação dos ecossistemas naturais (ALAGIDEDE e ALAGIDEDE, 2016; YANG et al., 2017 e SABEEN et al., 2018).

Após mais uma década da publicação da Lei do Saneamento Básico, houve melhoras no setor, mas cerca de metade dos brasileiros ainda vive sem acesso ao esgotamento sanitário. No Brasil, as estatísticas revelavam que 54% dos habitantes eram contemplados com rede coletora de esgoto e dos efluentes gerados, 46% eram tratados. No país, o equivalente a quase seis mil piscinas olímpicas de efluentes sem tratamento são lançadas, por dia, na natureza (TRATA BRASIL, 2019). Os índices de cobertura brasileiros mostram o déficit dos serviços sanitários básicos, como também, a exposição a ambientes insalubres que colocam em risco as pessoas e afetam a saúde pública.

Na região Nordeste, o serviço de recolhimento do efluente sanitário é restrito a 27% da população, dessa fração, 35% recebem tratamento (TRATA BRASIL, 2019). As condições climáticas dessa região, caracterizadas pela ocorrência de estiagens, escassez hídrica, má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, podem agravar as consequências da limitada infraestrutura sanitária acessível à população (CHAVES et al., 2017; ANASTASOPOULOU et al., 2018).

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2019), associada aos fatores peculiares da região nordestina brasileira, a falta de saneamento básico e a precariedade dos serviços ofertados, contribuem para a incidência de agravos de transmissão hídrica, bem como, para a contaminação e diminuição da qualidade da água disponível.

As universidades podem ser equiparadas com pequenos núcleos urbanos, tendo em vista que por meio do uso de seus espaços pela comunidade acadêmica, como restaurantes e centros de convivência, há uma grande geração de efluentes, pela utilização de água, nesses locais (SILVA, 2018). No Brasil há 61 universidades públicas federais distribuídas no Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país. Contabilizando 18 instituições na região Nordeste (MEC/INEP, 2018).

As universidades são instituições de ensino superior responsáveis pela formação profissional, como também, de formação de opinião e de cidadania, que possibilitam o desenvolvimento econômico, social, cultural e sustentável da sociedade. Têm ainda, relevante papel no incentivo de ações que promovam a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente. A adoção de medidas que demonstrem a responsabilidade socioambiental das universidades, ainda que isoladas, colaboram para o desenvolvimento sustentável (MAIO, 2017).

Para Medeiros et al. (2011), a responsabilidade ambiental é um caminho para a construção de novos pensamentos em instituições de ensino e a gestão ambiental é uma via para adoção de métodos sustentáveis que favorecem uma relação benéfica entre ensino, pesquisa, extensão e meio ambiente.

No que se refere a execução de práticas sustentáveis em universidades, a implantação de sistemas de tratamento de esgotos produzidos nos *campi* é uma proposta ambiental para a manutenção da saúde, da qualidade de vida e da proteção dos recursos naturais (CHAVES et al., 2017).

Mediante os impactos adversos causados pelo lançamento de águas residuárias *in natura* nos corpos receptores, bem como a responsabilidade socioambiental intrínsecas às instituições de ensino superior, o estudo em questão buscou identificar e caracterizar os procedimentos adotados, pelas universidades públicas federais do Nordeste do Brasil, para tratamento dos esgotos sanitários produzidos em seus *campis*.

Material e Métodos

Tipificação da pesquisa

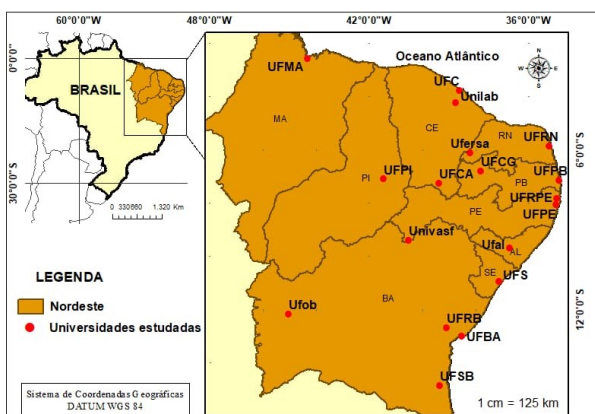
Este estudo é tipificado quanto à abordagem, à natureza, aos objetivos e aos procedimentos adotados.

Conforme a abordagem, a pesquisa é classificada como mista, pois os resultados são apresentados de forma qualitativa e quantitativa (SEVERINO, 2017).

O estudo possui natureza básica, tendo em vista que envolve verdades e interesses universais, buscando proporcionar conhecimentos novos e úteis como contribuição para o avanço da ciência (PRODANOV e FREITAS, 2013). A pesquisa é descritiva, onde por meio do detalhamento exibe as características de um determinado objeto de relações entre variáveis. Tem por finalidade descobrir como um fato ocorre, quais suas características e causas (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Por fim, de acordo com os procedimentos adotados é caracterizada como sendo uma pesquisa de levantamento (*survey*), em que envolve o questionamento direto aos objetos cujo comportamento procura-se conhecer através de algum questionário (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). O projeto de pesquisa e desenvolvimento do trabalho foi executado em aproximadamente nove meses, uma vez que teve início em novembro de 2018 e foi concluído em agosto de 2019. Foram identificadas nesse período 18 Universidades Federais no Nordeste Brasileiro. As respectivas localizações estão de acordo com a Figura 1.

Figura 1. Respectivas localizações das universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil que foram investigadas



Fonte: Autores (2019)

O NE ocupa 18,3% do território nacional e uma população de 53.081.950 habitantes (IBGE, 2011).

Em decorrência de sua extensão, o Nordeste é caracterizado pela presença de quatro climas predominantes, que variam de acordo com as subdivisões do território, tais climas correspondem ao semiárido (que inclui todo o sertão Nordestino), ao tropical (composto pelas áreas do estado da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí), ao litorâneo úmido (que engloba do litoral da Bahia ao Rio Grande do Norte) e ao equatorial úmido.

Em geral, a região Nordeste apresenta temperaturas médias entre 20°C e 28°C, com índice pluviométrico anual entre 300 a 2.200 mm (CAVALCANTI, 2016).

De acordo com Souza et al. (2004), por ser uma região com índices constantes de irradiação solar, no Nordeste é viável a utilização de sistemas biológicos como reatores anaeróbicos e wetlands, nesse último o processo fotossintético das macrófitas são favorecidos pela energia dos raios solares.

Seleção e dados das universidades

A totalidade das universidades públicas federais nordestinas foi identificada através de consulta ao censo da educação superior do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio – INEP do ano de 2018.

Após selecionadas as instituições, a obtenção das informações sobre os itens a serem abordados nesta pesquisa seguiu de três etapas distintas e aplicadas na seguinte ordem: (i) revisão sistemática simples da literatura, (ii) consulta aos gestores de infraestrutura das universidades e (iii) contato com docentes da área ambiental e/ou sanitária lotados nas respectivas universidades.

A investigação sistemática simples da literatura foi realizada a partir do uso de palavras pré-selecionadas como estratégia de busca na internet.

Os descritores utilizados foram “tratamento de esgoto” e “universidades públicas”, “esgotos sanitários” e “campi universitários”, na língua portuguesa; e “*sewage treatment*” and “*public universities*”, “*sanitary sewage*” and “*university campi*”, na língua inglesa.

Os buscadores empregados foram Google, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e os Bancos de Dissertações e Teses das universidades federais na região Nordeste do Brasil.

O critério de inclusão foi o refinamento por estudos, realizados em universidades públicas federais no Nordeste do Brasil, como artigos nacionais e internacionais publicados em periódicos revisados por pares, teses, dissertações.

Também foram admitidos, em menor proporção, trabalhos de conclusão de curso e anais de congressos especializados, cuja publicação ocorreu nos últimos 5 anos, e em casos específicos, nos últimos 10 anos.

Um banco de dados foi criado com as informações sobre a gestão e os sistemas de tratamento de esgotos sanitários das universidades públicas federais nordestinas.

Os resultados obtidos também foram expressos através de mapas que foram elaborados com uso do *Sistema de Informação Geográfica Quantum Gis (QGis)*, e foram agrupados em categorias das universidades que tratam completamente seus efluentes, que tratam parcialmente, que tratam e reusam e das que não tratam os esgotos.

A catalogação das universidades públicas federais na região Nordeste do Brasil, bem como a quantificação da comunidade acadêmica de cada instituição, em todos os seus *campi*, é apresentada na Tabela 1.

Os gestores dos setores de infraestrutura e engenharia das universidades foram consultados mediante formulário eletrônico, constituído de questões sobre a existência ou não de ETE nas dependências da instituição, o destino dos efluentes gerados e o sistema de tratamento de águas residuárias adotados, bem como, a eficiência de remoção dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do esgoto daquelas universidades.

Foi realizada uma busca sistemática nos portais das instituições para gerar uma lista com os nomes de todos os representantes e contatos de *e-mails* das prefeituras e gabinetes das reitorias das universidades.

Além do envio aos setores da estrutura organizacional das instituições, também foi enviado correio eletrônico para os docentes dos *campi* com experiência profissional e/ou pesquisa na área ambiental e/ou sanitária (conforme consulta pelo Currículo Lattes).

Tabela 1. Estado, Unidade Federativa (UF), Universidade – sigla, quantitativo da comunidade acadêmica. Universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil e respectiva quantificação de suas comunidades acadêmicas

Estado/UF	Universidade – Sigla	Quantitativo da Comunidade Acadêmica (pessoas)
Alagoas/AL	Universidade Federal de Alagoas – Ufal	29.621
Bahia/BA	Universidade Federal da Bahia – UFBA	41.376
	Universidade Federal do Sul da Bahia – UFSB	4.063
	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB	10.505
	Universidade Federal do Oeste da Bahia – Ufob	3.614
Ceará/CE	Universidade Federal da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab	5.576
	Universidade Federal do Cariri – UFCA	3.631
	Universidade Federal do Ceará – UFC	33.272
Paraíba/PB	Universidade Federal da Paraíba – UFPB	32.571
	Universidade Federal de Campina Grande – UFCG	18.510
Pernambuco/PE	Universidade Federal de Pernambuco – UFPE	16.026
	Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf	7.801
	Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE	17.605
Sergipe/SE	Universidade Federal de Sergipe – UFS	26.247
Maranhão/MA	Universidade Federal do Maranhão – UFMA	39.338
Piauí/PI	Universidade Federal do Piauí – UFPI	25.338
Rio Grande do Norte/RN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN	32.488
	Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Ufersa	11.011

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2018)

Os instrumentos de pesquisa utilizados para obtenção dos dados sobre a gestão do tratamento de esgotos sanitários produzidos nas universidades, assim como, a respectiva instituição em que foi usado cada um deles, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Instrumentos de pesquisa utilizados para a obtenção de dados sobre a gestão do tratamento de esgotos sanitários produzidos nas universidades e a respectiva instituição em que cada instrumento foi empregado

Instrumento de pesquisa	Instituição
Busca no portal da instituição	01 universidade (Ufob)
Uso de dados da literatura	01 universidade (UFC)
Questionário via e-mail aos docentes da área ambiental e/ou sanitária	09 docentes (UFBA, UFSB, UFRB, UFPB, UFPE, UFRPE, UFS, UFRN, Ufersa)
Formulário encaminhado à gestão	01 universidade (UFCA)

Fonte: Autores (2019)

Para fins de avaliação, da remoção dos esgotos pelas tecnologias de tratamento aplicadas nas universidades, foi analisada a classe do corpo hídrico ao qual são encaminhados os despejos líquidos, considerando os limites exigidos na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, e na Resolução do Conama nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências.

No entanto, diante da incerteza dos enquadramentos dos corpos receptores na região, foi

adotado as águas doces de classe II, por ser comumente a mais utilizada. Também foram consideradas as legislações estaduais pertinentes à localidade em que estava situada a universidade em questão.

Resultados e Discussões

Do total de 18 universidades públicas federais na região Nordeste do Brasil, 33% não aderiram a pesquisa, foram elas: Ufal, Unilab, UFCG, Univasf, UFMA, UFPI.

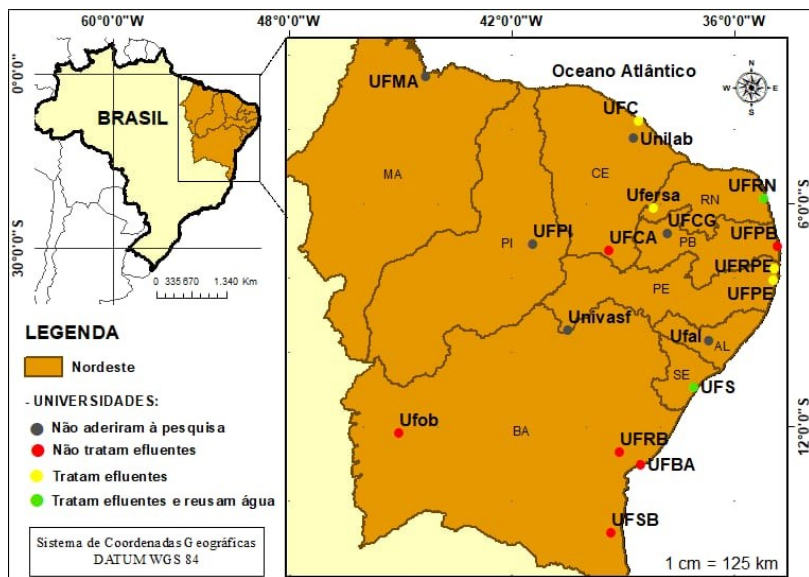
Em 33% (06) das universidades não existia uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) em suas dependências.

Desse total, 50% (03) não informaram qual a destinação das águas residuárias produzidas na inexistência da estação, 33% (02) são atendidas pela rede pública de esgoto e 17% (01) fazem uso de solução individual, como fossa séptica e sumidouro, para o tratamento dos seus dejetos.

Em 28% (05) das instituições há uma ETE no campus. Desse total, 60% (03) não informaram o destino do efluente tratado e 40% (02) reutilizam a água residuária pós-tratamento para a irrigação de paisagens no local. Em 6% (01) das universidades existe um sistema, para beneficiamento dos esgotos gerados, em fase de implantação.

Nessa perspectiva, a distribuição espacial das universidades públicas federais nordestinas, bem como, a adesão à pesquisa e a existência ou ausência de uma ETE nessas instituições e a prática de reúso são apresentadas na Figura 2.

Figura 2. Distribuição espacial dos dados obtidos em relação ao tratamento dos efluentes das universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil



Fonte: Autores (2019)

Considerando que o número de contribuições de despejos das universidades é relevante para o cenário de salubridade ambiental e saúde pública da região na qual encontra-se inserida, é importante analisar como a gestão dos dejetos produzidos nos *campi* universitários é feita, isto é, se havia ou não a implantação de uma ETE própria

nos *campi* e, em casos de existência, quais as vias e os mecanismos de tratamentos adotados. Dessa forma, foram investigadas 18 instituições e delas 12 *campus* deram retorno, cada *campus* correspondente a uma universidade diferente. Essas informações são apresentadas na Tabela 03.

Tabela 3. Gestão do tratamento dos esgotos sanitários produzidos em 12 *campus* de Universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil que retornaram a pesquisa

Universidade	Campus (Município)	Fonte	Ano	Possui ETE?	Vias
UFBA	Federação (Salvador)	Docente da área	2019	Não	Rede pública - Disposição oceânica
UFSB	Jorge Amado (Itabuna)	Docente da área	2019	Não	Destinação das águas residuárias produzidas na inexistência da estação não foi informada
UFRB	Cruz das Almas (Cruz das Almas)	Docente da área	2019	Não	Destinação das águas residuárias produzidas na inexistência da estação não foi informada
Ufob	Reitor Edgard Santos (Barreiras)	Portal institucional	2018	Em implantação	Destinação das águas residuárias produzidas não foi informada
UFCA	Juazeiro do Norte (Juazeiro do Norte)	Diretoria de Comunicação Institucional	2019	Não	Destinação das águas residuárias produzidas na inexistência da estação não foi informada
UFC	do Pici (Fortaleza)	PEIXOTO (artigo da literatura)	2008	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Lodo ativado + Decantador secundário + Cloração com hipoclorito de cálcio
UFPB	I (João Pessoa)	Docente da área	2019	Não	Rede pública
UFPE	Agreste (Caruaru)	Docente da área	2019	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Filtro anaeróbio + Lagoa facultativa
UFRPE	Sede (Recife)	Docente da área	2019	Não	Solução individual - Fossa séptica + Sumidouro
UFS	São Cristóvão (São Cristóvão)	Docente da área	2019	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão UASB + Reator aeróbio de lodos ativados
UFRN	Central (Natal)	Docente da área	2019	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Valo de oxidação + Decantador secundário + Filtro biológico + Leito de secagem + Tanque de cloração
Ufersa	Pau dos Ferros (Pau dos Ferros)	Docente da área	2019	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão UASB + Filtro biológico

Fonte: Autores (2019)

Por se tratar de unidades inseridas em estados distintos com peculiaridades geográficas e socioeconômicas, as tecnologias de tratamento dos esgotos adotadas pelas instituições variaram de acordo com a especificidade local, bem como, em função dos usos do efluente tratado.

O Nordeste é a região do Brasil que possui um dos esgotamentos sanitários mais deficitários do país, principalmente em relação à coleta e tratamento dos efluentes (TRATA BRASIL, 2019).

Este fato pode explicar o número alto de universidades com ETE em sua infraestrutura, uma vez que, a prestação do serviço de coleta de esgotos não é capaz de atender a região em totalidade, o que leva as instituições a buscarem alternativas para adequar suas condutas ambientais à legislação vigente.

Nos lugares que possuem cobertura da rede pública coletora, as águas residuárias são encaminhadas às ETEs das companhias de saneamento locais, como é o caso da UFBA e UFPB.

Na situação da UFBA, localizada em Salvador/BA, caracterizada por ser uma cidade provida de disposição oceânica dos esgotos, os mesmos são descartados através de dois emissários submarinos, um implantado no final da década de 1970 e o outro no fim da década de 1990.

Essa forma de destinar os efluentes sanitários (por emissários submarinos) se estende, praticamente, a todas as regiões do Brasil.

Ao analisar as tecnologias mais empregadas para tratamento de águas residuárias nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil, Chernicharo et al. (2017) concluíram que a disposição oceânica através de emissários submarinos é aplicada logo após o tratamento preliminar, implantada geralmente em ETEs de grande porte localizadas em municípios litorâneos, sendo utilizadas em 26% das estações analisadas em seus estudos.

Para Feitosa (2017), os emissários submarinos são uma eficiente alternativa para a disposição final de efluentes sanitários, em regiões costeiras densamente povoadas, em virtude da elevada capacidade de dispersão e depuração da matéria orgânica no ambiente marinho, e por demandar pequenas áreas para sua implementação.

De acordo com Jordão e Leitão (1990) a disposição por emissários submarinos corresponde a uma técnica que apresenta vantagens por ser uma alternativa economicamente viável para regiões com recursos financeiros limitados.

Apesar de ser uma alternativa viável, esse tipo de disposição dos esgotos (emissários submarinos), requer tratamento prévio e monitoramento constante, pois pode afetar a costa e acarretar impactos ambientais adversos, como eutrofização, inserção de patógenos e contaminação por substâncias que geram efeitos nocivos à biota e à saúde pública (ABESSA et al., 2012; NADIR et al., 2015 e LLANOS-RIVERA et al., 2018).

No caso da UFRPE, não há acesso à rede pública para coleta dos esgotos gerados, e por isso, são adotadas

alternativas individuais de recolhimento e tratamento dos efluentes, que é feito de forma parcial, através de 71 fossas sépticas seguidas de sumidouros.

Em decorrência, da importância da temática e da admissão do curso de engenharia ambiental na unidade, está em fase de desenvolvimento, o projeto de construção de uma ETE, para receber parte das águas residuárias produzidas no campus Recife (Sede).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1993), o sistema de fossa séptica só deve ser adotado em áreas com déficit no atendimento da rede pública de esgoto, isto é, localidades desprovidas de rede geral ou contempladas com rede de serviço local.

O conjunto tanque séptico e sumidouro tem eficiência de remoção de, aproximadamente, 90 a 98% de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, 65% de Nitrogênio e 50% de Fósforo total (SPERLING, 2014).

Segundo Silva, Morejon e Less (2014) o sistema fossa séptica/sumidouro se torna uma alternativa possível em decorrência da simplificação dos seus métodos construtivos e operacionais, sendo considerado uma alternativa de baixo custo.

Porém, ainda de acordo com o autor o sistema necessita de uma maior área para a implantação, bem como requer condições adequadas de construção, uma vez que esses critérios influem diretamente na eficiência de remoção dos parâmetros de poluição.

Em se tratando das universidades que têm ETEs próprias, o tratamento empregado para remoção da carga orgânica e nutrientes, em 100% das instituições, foi do tipo biológico, com uso de técnicas distintas como lodos ativados, reator anaeróbio e lagoas de estabilização (Tabela 04).

O tratamento de efluentes realizados com auxílio de lodos ativados apresentam uma maior eficiência no tratamento, além desse conjunto apresentar maior flexibilidade na operação e demandar de menores áreas. Em contrapartida, possuem uma operação bem mais delicada, associada com a necessidade de controle laboratorial e custos mais elevados (JORDÃO E PESSOA, 2015).

O reator anaeróbico (UASB) quando usado para o beneficiamento das águas residuárias, apresentam vantagens correspondentes ao baixo consumo de energia, baixos custos de implantação e operação, por ser um sistema compacto não necessita de grandes áreas, produz energia na forma de gás metano, porém possui partida lenta em decorrência da pequena velocidade do crescimento bacteriano, capacidade baixa de tolerar cargas tóxicas, geração de odor (CASEIRO, 2005).

As lagoas facultativas apresentam bom desempenho principalmente quando associada a um outro sistema, a grande vantagem desse processo é que não desprende maus odores, e reduz significativamente a carga orgânica e patogênica. Em contrapartida, necessitam de áreas extensas para a realização da estabilização do efluente (MENDONÇA, 2000).

Tabela 4. Eficiência da remoção de matéria orgânica e nutrientes com base na literatura revisada por pares sobre as tecnologias aplicadas nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários das universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil que foram investigadas

Sistema	Eficiência na remoção de matéria orgânica e nutrientes reportada na literatura	Referência
Lodo ativado/ Decantador/ Desinfecção	Em uma ETE com sistema de lodo ativado e decantador, o desempenho obtido foi remoção de 98% de DBO e 93% de Demanda Química de Oxigênio – DQO. O tratamento foi 95% eficaz na remoção de matéria orgânica.	Ferreira e Coraiola (2008).
Filtro anaeróbio/ Lagoa facultativa	As lagoas facultativas têm eficiência de remoção de 75 a 85% de DBO e 65 a 80% de DQO. No tratamento de esgotos, de uma cidade no estado de São Paulo, que fazia uso de lagoas de estabilização, do tipo facultativa, a eficiência do tratamento foi de 80% na remoção de DBO.	Sperling (2014); Gaspar, Michelam e Farah (2017).
Reator anaeróbio (UASB)/ Lodo ativado	O sistema composto por Upflow Anaerobic Sludge Blanket – UASB (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo de Fluxo Ascendente, em português) e lodo ativado possui eficiências de remoção de 83 a 93% de DBO, menor que 60% de Nitrogênio e menor que 35% de Fósforo. O monitoramento da ETE Betim Central, localizada em Minas Gerais, com essa configuração de sistema, obteve uma remoção de 94% de DBO e 91% de DQO, embora tenha apresentado menor eficiência na remoção de outros parâmetros como o Nitrogênio (30%) e Fósforo (34%).	Sperling (2014); Saliba (2016).

Legenda: DBO= Demanda bioquímica de oxigênio; DQO= Demanda química de oxigênio; UASB= Upflow anaerobic sludge blanket (Reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente).

Fonte: Autores (2019)

Além das instituições, acima listadas, realizarem o próprio beneficiamento dos efluentes sanitários gerados em seus *campi*, se faz necessário avaliar o potencial de remoção, das tecnologias adotadas, para atender aos parâmetros indicados pelos órgãos ambientais, que estão intimamente relacionados com a operação e manutenção dos sistemas.

Para isso, foi analisada a forma de tratamento das águas residuárias de uma das universidades públicas federais nordestinas consultadas.

A selecionada foi a UFRN Campus Central, em decorrência de ser a única instituição, com estação própria, a ceder dados de monitoramento do esgoto. A concentração do efluente tratado foi avaliada através de análises físico-químicas como Potencial hidrogeniônico – pH, Sólidos Dissolvidos Totais – SDT, Sólidos Suspensos Totais – SST, Turbidez (em Unidades Nefelométricas de Turbidez – UNT), Oxigênio Dissolvido – OD e DBO.

A concentração final dos efluentes da UFRN foi avaliada a partir de dados cedidos pela direção da ETE do Campus Central. O relatório disponibilizado contém resultados do monitoramento de 44 amostras, da água residuária tratada, realizadas de janeiro a dezembro de 2018. A média aritmética desses valores foi feita para analisar a concentração do esgoto pós-tratamento com os valores da legislação em vigor.

O sistema adotado pela instituição para tratamento dos efluentes sanitários do referido campus é composto por grade, Desarenador, medidor de vazão, valo de oxidação, decantador secundário, filtro biológico com brita como meio filtrante, leito de secagem e um tanque de cloração realizado com cloro gasoso.

A tabela 05 oferece em seu corpo a concentração do efluente final, bem como o valor permitido pela resolução vigente para o lançamento de efluentes.

Tabela 5. Eficiência do sistema de tratamento de efluentes da ETE da UFRN Campus Central

Parâmetros	Padrão Conama n° 430/2011 e Conama n° 357/2005	Unidades
pH = 7,12	pH = 5 a 9	
SDT = 410,26	SDT = 500	mg/L
SST = 8,53	SST = NE	mg/L
Turbidez = 3,09	Turbidez = 100	UNT
OD = 5,39	OD > 5	mg/L
DBO = 4,46	DBO = até 120	mg/L
P=NI	P= 0,030	mg/L

(*) média de 44 análises. Legenda: pH= Potencial hidrogeniônico; SDT= Sólidos dissolvidos totais; mg/L= Miligramas por litro; SST= Sólidos suspensos totais; OD= Oxigênio dissolvido; DBO= Demanda bioquímica de oxigênio; P= Fósforo; UNT= Nefelométricas de Turbidez; NI= Não informado; NE= Não estabelecido.

Fonte: Autores (2019)

Ao analisar os resultados do monitoramento na ETE da UFRN, para o parâmetro de pH, verifica-se o atendimento à Conama n° 430/2011, visto que se encontra na faixa permitida pela legislação vigente. Os valores deste e dos demais parâmetros estão disponibilizados na Tabela 05.

Em uma análise realizada por Marçal e Silva (2017) quanto à eficiência de uma ETE e o lançamento de seu esgoto tratado, sobre o Rio Parnaíba em Teresina no Piauí, foi observado quais os parâmetros indicavam o potencial de poluição de um corpo receptor de efluentes, o pH foi um deles.

O valor do pH próximo à neutralidade na água residuária final é um fator positivo, pois além de não comprometer a qualidade da água, se caracteriza como uma condição ótima para a manutenção da vida aquática.

A turbidez quando em níveis altos indica a presença de sólidos suspensos, algas e microrganismos nos esgotos que fornece aos efluentes, características de nebulosidade (RICHTER, 1994). Em análise a ETE da UFRN, concluiu-se que a mesma opera dentro dos limites impostos pela legislação quanto aos valores de turbidez (100 UNT).

Para Carvalho et al. (2017), a turbidez é influenciada pela presença de detritos orgânicos e outras substâncias de natureza inorgânica como o zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de escoamento superficial ou da ação antrópica, como lançamentos de esgotos sanitários e efluentes das atividades industriais.

Dessa forma, Marcelino et al. (2015) concluem que a turbidez pode interferir nas comunidades biológicas aquáticas, como também, pode afetar adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água.

Em relação aos sólidos, o valor do monitoramento na ETE da UFRN corresponde à 410,26 mg/L de SDT e 8,53 mg/L de SST. O resultado está em conformidade com o estabelecido em resolução, visto que o valor de SDT não ultrapassa 500 mg/L, valor máximo permitido, segundo a resolução Conama nº 430/2011. Deve-se atentar-se ainda que o excesso de sólidos no efluente, compromete a qualidade e eficiência do tratamento, induz a perda da biomassa do sistema e ainda causa danos à vida aquática (NOGUEIRA et al., 2015).

O oxigênio dissolvido também é um parâmetro avaliado que consiste em um fator essencial à vida em ambientes hídricos, visto que as espécies fazem uso desse gás para o desenvolvimento de suas atividades metabólicas (PARRON et al., 2011). Quanto à análise de OD no efluente final, a ETE da UFRN se enquadra como eficiente, tendo em vista que o valor de OD foi superior a 5 mg/L, como indica a legislação.

A concentração de DBO nos esgotos tratados da UFRN correspondeu a 4,46 mg/L, condição que não indica a contaminação do corpo receptor, pois o valor obtido não ultrapassa o limite máximo de 120 mg/L estabelecido pela Conama nº 430/2011.

Segundo Sperling (2014), a DBO retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos efluentes ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido. Dessa forma, para Oliveira (2016), entende-se que baixos valores de DBO indicam baixa concentração de matéria orgânica na água.

A prática do reaproveitamento das águas residuárias também foi verificada nas universidades públicas federais nordestinas que tratam os efluentes em ETEs situadas em suas dependências. A reutilização do esgoto pós-tratamento foi constatada em 40% das instituições, são elas: UFS e UFRN. A irrigação de paisagens foi a forma de reúso adotada em ambas.

O uso das águas residuais tratadas, para fins menos nobres, como nas lavagens de pisos e descargas sanitárias dos banheiros, nas instituições do Nordeste é uma opção

que fortalece a responsabilidade ambiental institucional, com a preservação de recursos naturais, e também proporciona ganhos financeiros, com a economia de água potável. Ademais, para as universidades situadas em regiões semiáridas, os benefícios podem ser ainda maiores, devido às condições climáticas e à escassez hídrica que acomete essas localidades.

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR nº 13969/1997 para fins de reúso, a água deve atender especificidades, que dependem das atividades a qual será destinada. No caso da UFRN, única universidade que disponibilizou dados de monitoramento da ETE e que faz reúso do efluente, a água residuária apresenta níveis aceitáveis quanto à turbidez para utilização em irrigação paisagística, cujos valores devem ser menores que 5 NTU.

Outras formas de reúso de esgoto tratado são observadas e recomendadas em universidades de outras regiões do Brasil. Botasso, Loureiro e Dias (2014) para propor programas de reaproveitamento de águas servidas no campus São Carlos da Universidade de São Paulo – USP, avaliaram o sistema de esgotamento sanitário da instituição e indicaram que a construção de edificações futuras incluísse a implementação da recirculação de águas das pias para os vasos sanitários, com a finalidade de reduzir a demanda de água potável para fins que não necessitam do recurso em sua qualidade máxima.

A Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, localizada na região Sul do país, usa mictórios sustentáveis nos sanitários masculinos do centro socioeconômico da instituição, onde as águas advindas dos lavatórios são reutilizadas na lavagem dos mictórios, com a finalidade de minimizar o uso de água potável. A prática de reaproveitamento resultou em uma economia de R\$ 438,66 reais (US\$ 80,90) e 55,83 m³ de água por mês (SILVEIRA et al., 2014).

O reúso de água em ambientes universitários é um método aplicado em instituições de ensino superior de localidades diversas do mundo. A Emory University, para reduzir sua demanda por água potável, foi pioneira nos Estados Unidos por desenvolver um projeto de tratamento ecológico dos esgotos produzidos no campus.

O sistema intitulado como WaterHub é composto por uma estufa de concreto e vidro e uma série de tanques, onde as águas provenientes do efluente são encaminhadas para a estufa, seguem por câmaras aeróbias, anóxicas e anaeróbias que contêm meios de suporte como raízes de plantas com o propósito de abrigar os microrganismos necessários a decomposição do esgoto. A água de reúso, obtida nesse processo, é empregada para alimentação de equipamentos de vapor e resfriadores, bem como para a descarga sanitária das residências (ALLISON, LOHAN e BALDWIN, 2018).

Na universidade de Kwame Nkrumah em Gana na África, há projetos que estudam o potencial de produção de biogás e possível reaproveitamento do recurso como fonte de energia, advindo da ETE do campus. A universidade faz uso de processos anaeróbios para beneficiamento dos efluentes, tecnologia propicia para a geração de gás metano (ARTHUR e BREW-HAMMOND, 2010).

Na China, especificamente na Faculdade de Tecnologia da Informação de Dalian, as águas residuárias tratadas no campus são reutilizadas para lavagens de espaços e irrigação, em busca da redução de consumo dos recursos hídricos (SUN, LIU e ZHOU, 2003).

O manejo dos esgotos produzidos a partir do uso de água nos *campi* universitários é um importante e desafiador aspecto de gestão da infraestrutura nas instituições de ensino superior. De modo especial, pela particularidade que cada efluente pode apresentar, a depender de sua origem, como aqueles gerados em laboratórios, hospitais para atendimento veterinário e humano, espaços esses utilizados para as práticas de formação profissional.

As águas residuárias produzidas, em unidades de ensino, possuem características variadas em decorrência dos tipos de atividades que são desenvolvidas nesses ambientes, e podem ser divididas em dois grupos: os efluentes com característica doméstica (águas servidas de banheiros e cantinas) e os efluentes dos laboratórios, cuja diferenciação está na maior concentração de poluentes encontradas nas amostras brutas que atingiram valores máximos de 900 mg/L de DBO, 101 mg/L de fósforo e 90 mg/L de amônia (NH₃), em uma pesquisa realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Limoeiro do Norte (PEIXOTO et al., 2012).

Em estudo feito na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, pôde-se concluir que os esgotos oriundos da utilização da água combinada ao uso de produtos químicos no setor de radiologia do Hospital Veterinário Universitário – Hovet, estavam sendo lançados, sem nenhum tratamento prévio, na rede de esgoto há mais de duas décadas. Os riscos advindos dessa prática irregular estão associados à contaminação da água superficial e dos lençóis freáticos, poluição do solo, danos à saúde do homem (como câncer e problemas dermatológicos) e dos animais (OLIVEIRA et al., 2014).

Conclusão

A consulta a 18 universidades públicas federais, localizadas na região Nordeste do Brasil, sobre a gestão do tratamento dos esgotos sanitários produzidos em seus *campi* foi realizada. Não houve adesão à pesquisa por 33% das instituições de ensino superior (Ufal, Unilab, UFCG, Univasf, UFMA, UFPI).

Na ausência de uma ETE, a destinação das águas residuárias, é a rede pública em duas das universidades (UFBA e UFPB), uma delas faz uso de solução individual, através de fossa séptica seguida de sumidouro (UFRPE), enquanto uma das instituições está em fase de implementação do seu sistema de tratamento (Ufob).

Há uma estação própria, para beneficiamento dos efluentes gerados, no campus de 28% das universidades avaliadas (UFC, UFPE, UFS, UFRN e Ufersa). Em todas as universidades que têm uma ETE, o tratamento empregado para remoção de carga orgânica e de nutrientes é do tipo biológico com aplicação de tecnologias como lodos ativados, reator anaeróbio, valo de oxidação e lagoas de estabilização.

Os sistemas de tratamento adotados e o reúso interno da água residuária tratada, nas instituições investigadas, variaram de acordo com a localidade em estão inseridas, especialmente quanto à cobertura dos serviços de coleta e tratamento de efluentes, oferecidos pelas prestadoras dos estados.

Recomenda-se ampliar a pesquisa para as demais instituições de ensino superior do país e respectivos *campi*, bem como, qualificar a geração e o destino dos efluentes produzidos pelo uso da água especificamente em laboratórios, clínicas e hospitais universitários, além dos lodos e gases gerados no tratamento dos esgotos nas universidades que tem ETE.

Referências

- ABESSA, Denis Moledo de Souza; RACHID, Bauer Rodarte de Figueredo; MOSER, Gleyci Aparecida de Oliveira; OLIVEIRA, Ana Júlia Fernandes Cardoso de. Efeitos ambientais da disposição oceânica de esgotos por meio de emissários submarinos: uma revisão. **O Mundo da Saúde**, v. 36(4), p. 643-661, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **O risco de escassez de água doce**. 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/o-risco-de-escassez-de-a-gua-doce.2019-03-15.4724785357>. Acesso em: 27 outubro 2019.
- ALAGIDEDE, Paul; ALAGIDEDE, Ann Nhwine. Meeting and missing targets: the public health dynamics of water and sanitation in Ghana. **Journal of Public Health**, v. 38(4), p. e425-e429, 2016.
- ALISSON, Daniel; LOHAN, Eric; BALDWIN, Tim. O WaterHub in Emory University: Campus resilience through decentralized reuse. **Water Environment Research**, p. 187-192, 2018.
- ANASTASOPOULOU, Aikaterini; KOLIOS, Athanasios; SOMORIN, Tosin; SOWALE, Ayodeji; JIANG, Ying; FIDALGO, Beatriz. PARKER, Alison; WILLIAMS, Leon; COLLINS, Matt; MCADAM, Ewan; TYRREL, Sean. Conceptual environmental impact assessment of a novel self-sustained sanitation system incorporating a quantitative microbial risk assessment approach. **Science of the Total Environment**, v. 15, p. 657-672, 2018.
- ARTHUR, Richard; BREW-HAMMOND, Abeeku. Potential biogas production from sewage sludge: A case study of the sewage treatment plant at Kwame Nkrumah university of science and technology, Ghana. **International Journal of Energy & Environment**, n. 6, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 15 p., 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Procedimento. Rio de Janeiro, 5 p., 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13969**: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 22 p., 1997.
- BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- BOTASSO, Aline Marcon; LOUREIRO, Eduardo Mayer Monteiro; DIAS, Pâmela Castilho. **Gestão da água na área I do Campus São Carlos – USP**, 2014.

- CAMPOS, Valquíria; FRACÁCIO, Renata, FRACETO, Leonardo; ROSA, André. Esteróis fecais em sedimentos estuarinos como marcadores de contaminação de esgotos na área de Cubatão, São Paulo, Brasil. **Aquatic Geochemistry**, v. 18, p. 433-443, 2012.
- CAVALCANTI, Iracema. **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2016.
- CARVALHO, Ana Paula Monteiro.; SILVA, Janeane Nascimento; SANTOS, Vagner Sales; FERRAZ, Rafael Rodrigues. Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, v. 7, n. 1, p. 35-51, 2017.
- CHAVES, Vanessa Silva; SCHNEIDER, Erwin Henrique Meneses; LIMA, Arthur Silva Passos; MENDONÇA, Luciana Coêlho. Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju. **Revista DAE**, v. 66, p. 51-58, 2017.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; RIBEIRO, Thiago Bressani; GARCIA, Guilherme Brugger; LERMONTOV, André; PLATZER, Christoph Julius; POSSETTI, COLLERE, Gustavo Rafael; ROSSETO, Mário Augusto. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. **Revista DAE**, v. 66, 2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - Conama. **Resolução nº 357, de 18 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 07 de julho de 2019.
- _____. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 07 de julho de 2019.
- FEITOSA, Renato Castiglia. Emissários submarinos de esgotos como alternativa à minimização de riscos à saúde humana e ambiental. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 22, n. 6, p. 2037-2048, 2017.
- FERREIRA, Fabiana Dian; CORAIOLA, Márcio. Eficiência do lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 6, n. 2, p. 256-279, 2008.
- GASPAR, Flávia Cristina; MICHELAM, Thiago Henrique; FARAH, Solange Pereira dos Santos. **Sistemas de tratamento de efluente sanitário utilizados no município de Bebedouro/SP**. 2017.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=oque-e>. Acesso em: 06 julho de 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2018**. Brasília: Inep, 2019. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>. Acesso em: 24 06.2020.
- LLANOS-RIVERA, Alejandra; CASTRO, Leonardo; VÁSQUEZ, Paulina; SILVA, Jeanette; BAY-SCHMITH, Enrique. The impact of kraft pulping effluent on egg survival and hatching success in two species of Clupeiformes (Teleostei). **Environmental Science and Pollution Research**, v 25, p. 25269–25279, 2018.
- MAIO, Gabriela Fonteles. **Práticas de Gestão Sustentável na Universidade Federal de Rondônia**. 2017. 95f. Dissertação para obtenção de Mestre ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Administração Pública pela Fundação Universidade Federal de Rondônia., Porto Velho, 2017.
- MARÇAL, Daniel Araújo; SILVA, Carlos Ernando. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Ambiental e Sanitária**, v.22(4), 2017.
- MARCELINO, A. A.; SANTOS, Manoela Antônio.; XAVIER, Vinicius ayter; BEZERRA, Cristiane Sousa; SILVA, Cleonilda Ribeiro; AMORIM, Marcelo Andrade; RODRIGUES, Rosa Pereira; ROGERIO, J. P. Diffusive emission of methane and carbon dioxide from two hydropower reservoirs in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.75(2), p. 331-338, 2015.
- MEDEIROS, Aurélia Barbosa, Mendonça, Maria José Silva Lemes, SOUSA, Gláucia Lourenço; OLIVEIRA, Itamar Pereira. A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 4(1), p. 1-17, 2011.
- NADIR, Maryem; AGNAOU, Mustapha; IDARDARE, Zaina; MOUKRIM, Abdellatif. Impact study of M'zar submarine emissary (Agadir Bay, Morocco): Trace metals accumulation (Cd, Pb and Hg) and biochemical response of marine Mollusk *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758). **Journal of Materials and Environmental Science**, v. 6 (8) (2015) 2292-2300
- NOGUEIRA, Fábio Fernandes; COSTA, Isabella Almeida; PEREIRA, Uendel Alves. **Análise de Parâmetros Físico-Químicos da Água e do Uso e Ocupação do Solo na Sub-bacia do Córrego da Água Branca no Município de Nerópolis-Goiás**. 2015. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- OLIVEIRA, Juciane de. **Verificação Parcial da qualidade da água do rio Curupi-SINOP-MT**. 2016. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Mato Grosso, SINOP, 2016.
- OLIVEIRA, Flávia Cristina Matos; MORAES, Luiz Guilherme; SILVA, Maria Socorro; BARBOSA, Natalia Guarino Souza. 2014. 8p. Estudo de caso. **Levantamento e sugestão de mitigação dos resíduos gerados pelo setor de radiologia do Hospital Veterinário da Universidade Federal Rural da Amazônia**. Progep – UFRA, 2014.
- PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc23_2ultima-versao.pdf. Acesso em: 26 outubro 2019.
- PEIXOTO, Francisca Socorro; DE LIMA, Bruna Gomes; BARROS, Antônio Ricardo Mendes; ANTUNES, Heraldo Filho; SANTOS, Elivânia Vasconcelos Moraes. Importância da Caracterização de Esgotos Gerados em Instituições de Ensino – Estudo de Caso – IFCE, Campus Limoeiro do Norte. VII CONNEPI. **Anais**. Palmas. 2012.
- PRODANOV, Kleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª edição. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul – Brasil, 2013.
- RAHMAN, Sheikh; ECKELMAN, Matthew; ONNIS-HAYDEN, Annalisa; GU, April. Life-Cycle Assessment of Advanced Nutrient Removal Technologies for Wastewater Treatment. **Environmental Science & Technology**, v. 50(6), p. 3020-3030, 2016.
- RICHTER, C. A.; JÜRGENSEN, D. Tratamento de Esgotos por Digestão Anaeróbia – Coagulação e Flotação. **SANARE**. Curitiba, v. 1(1), p. 19-20, 1994.

SABEEN, Ali Hussein; NOOR, Zainura Zainon; NGADI, Norzita; ALMURAISSY, Saqer; RAHEEM, Ademola Bolanle. Quantification of environmental impacts of domestic wastewater treatment using life cycle assessment: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, p.221-233, 2018.

SALIBA, Pollyane Diniz. **Avaliação do desempenho de sistema de tratamento de esgoto sanitário composto de reator UASB seguido de lodo ativado: estudo de caso da ETE Betim Central-MG**, 2016.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.

SILVA, Lydyene Nayara Nunes. **Plano de gerenciamento de resíduos sólidos: uma proposta para o centro de desenvolvimento sustentável do semiárido**. 2018. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Biosistemas do Centro e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido pela Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2018.

SILVEIRA, Maria Luiza Gesser da; COELHO, Tainá Terezinha; KLAES, Luís Salgado; Souza, Rafael de; LIZ, Luiz Gustavo Abou Hatem de. **Gestão universitária sustentável: estudo de caso de reuso de águas cinzas**, 2014.

SIMIYU, Sheillah; SWILLING, Mark; RHEINGANS, Richard; CAIRNCROSS, Sandy. Estimating the Cost and Payment for Sanitation in the Informal Settlements of Kisumu, Kenya: A Cross Sectional Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. v.14(1), p. 49, 2017.

SOUSA, J. T. D; VAN HAANDEL, A; LIMA, E. P. D. C; HENRIQUE, I. N. (2004). Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9(4), 285-290.

SUN, Zhong; LIU, Yong; ZHOU, Tao. Water reutilization in student dormitories. **Journal of Dalian Fisheries University**, 2003.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 4 ed. 472p.

TRATA BRASIL. **Universalização do saneamento básico e seus impactos**. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/02/22/universalizacao-saneamento-basico/>. Acesso em: 26 outubro 2019.

TRATA BRASIL. **Esgotos**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

YANG, Tong; LONG, Ruyin; CUI, Xiaotong; ZHU, Dandan; CHEN, Hong. Application of the public-private partnership model to urban sewage treatment. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 1065-1074, 2017.