

II-79 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO COMPACTA DE UMA AUTARQUIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO – FASE DE PRÉ-OPERAÇÃO

Arlindo Soares Räder⁽¹⁾

Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Química e Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Responsável Técnico pelo tratamento de água e esgoto da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Luciana Paulo Gomes⁽²⁾

Engenheira Civil formada pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP. Professora do PPGEC/UNISINOS.

Aline Bauer Lacerda⁽³⁾

Engenheira Química formada pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Química Industrial formada pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Mestre em Materiais e Processos Industriais pela Universidade FEEVALE. Formação Técnica em Química pela Fundação Liberato. Responsável Técnica pelo tratamento de água e esgoto da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Ester Souza Lopes⁽⁴⁾

Bióloga formada pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Especialista em Vigilância em Saúde Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre e Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Responsável Técnica pelo tratamento de esgoto da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Geraldo Tadeu da Silva Thiesen⁽⁵⁾

Engenheiro Mecânico pelo Instituto Federal Sul-Riograndense (IFSUL). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialização em Gestão de Pessoas pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Formação Técnica em Química pela Fundação Liberato. Atuando há mais de 10 anos em Saneamento como Técnico em Tratamento de Água e Esgoto e atualmente como Encarregado de Tratamento de Água na COMUSA -Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Endereço⁽¹⁾: Av. Coronel Travassos, 287 – Bairro Rondônia – Novo Hamburgo – RS – Brasil – CEP 93.415-000 – Tel.: +55 (51) 3036 1124 – e-mail: arader@comusa.rs.gov.br

RESUMO

A proteção do meio ambiente e da saúde humana está intimamente ligada ao desenvolvimento de tecnologias viáveis para o tratamento de efluentes sanitários e industriais. Dentre as diversas tecnologias atualmente disponíveis no mercado, destaca-se a de lodos ativados (LA) e todas as suas variantes (convencional, aeração prolongada, aeração modificada, fluxo contínuo, fluxo intermitente ou batelada, entre outras). A tecnologia de LA evoluiu (melhorou muito) com o melhor entendimento do processo e desenvolvimento de equipamentos e novos materiais do tipo poliméricos, plásticos de engenharia, aços especiais, aços inoxidáveis, sistemas de automação e controle, entre outros. Recentemente, pode-se mencionar a tecnologia denominada *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), a qual foi desenvolvida na Noruega por volta de 1988 e tem se mostrado adequada ao tratamento de compostos orgânicos inclusive com remoção de nitrogênio e fósforo. Considerada uma variante recente e moderna da tecnologia de LA, combina biomassa suspensa e aderida em meios suportes móveis, simultaneamente no interior do reator. Nesse contexto, tem-se maior concentração de biomassa ativa no sistema, uma idade do lodo maior que o tempo de detenção hidráulico e, por consequência, maior capacidade e eficiência de tratamento. Devido a essas características, positivas ao tratamento, pode ser aplicada como tecnologia principal ou associada a outras tecnologias para promover o tratamento de efluentes líquidos domésticos e industriais em sistemas altamente compactos. O presente artigo tem por objetivo apresentar dados reais de processo, de uma Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários (ETE), constituída de pré-tratamento (gradeamento manual, peneira rotativa autolimpante, calha Parshall, removedor automático de espuma), dois reatores MBBR em série, dois floculadores mecanizados em série, decantador de alta taxa e

desinfecção física por radiação ultravioleta (UV), com ênfase à eficiência global do sistema. A contribuição do presente trabalho reside no fato de apresentar dados reais de processo, de uma ETE, responsável por receber e tratar adequadamente, o efluente sanitário gerado por uma comunidade de aproximadamente 5.411 habitantes. Ao final, percebe-se que a associação de tecnologias de tratamento do tipo biológica (reatores MBBR) e físico-química (floculadores mecanizados, decantador de alta taxa e desinfecção física por radiação UV), constituindo uma ETE moderna e compacta, quando adequadamente projetada, operada e monitorada, consegue atingir resultados técnicos satisfatórios atendendo plenamente ao estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, Resolução CONSEMA n.º 355/2017 e Licença Ambiental de Operação (LO) n.º 154/2021 – DLA com relação ao padrão de efluente sanitário tratado.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento biológico de efluentes sanitários, lodos ativados, *Moving Bed Biofilm Reactor*, MBBR, eficiência.

INTRODUÇÃO

Segundo JORDÃO e PESSÔA (2017), a tecnologia MBBR foi desenvolvida na Noruega por volta de 1988 e se mostra versátil na remoção de compostos orgânicos, podendo apresentar diversas configurações e ser associada a outros processos de tratamento de natureza biológica, e/ou físico-química, com remoção de nitrogênio e fósforo, quando projetada para tal. A maioria dos trabalhos relacionados aos sistemas MBBR, com meios suportes confeccionados em materiais poliméricos, foi desenvolvida na Universidade de Ciências e Tecnologia da Noruega (NTNU), *Trondheim*, com o objetivo de disponibilizar um sistema compacto para a remoção biológica de nitrogênio, visando à redução das emissões pontuais no Mar do Norte. Em 1989, a empresa norueguesa *Kaldnes Miljøteknologi A/S* efetuou o registro da patente e iniciou a comercialização de sistemas MBBR com meios suportes em materiais poliméricos de vários fabricantes, embora a maioria dos sistemas instalados no mundo use o meio suporte *Kaldnes* (METCALF e EDDY, 2016). A título de informação, a principal diferença entre o processo MBBR e o *Integrated Fixed Film Activated Sludge* (IFAS) reside na recirculação de lodo que ocorre apenas no IFAS. Essa recirculação de lodo tem a mesma função que no processo de lodos ativados (LA), ou seja, aumentar a concentração de sólidos (biomassa ativa) no sistema e possibilitar uma idade do lodo maior que o tempo de detenção hidráulico e, por consequência, aumentar a capacidade e eficiência do sistema. De acordo com VON SPERLING (2014), METCALF e EDDY (2016) e JORDÃO e PESSÔA (2017), na tecnologia MBBR há o crescimento de biomassa aderida (biofilme) em um meio suporte adequado constituído de pequenos anéis de materiais inertes, normalmente polímeros de engenharia (polietileno, por exemplo), vazados, de baixa densidade, com elevada relação área/volume. Esses, movem-se livremente no interior do reator, em constante agitação, proporcionando completa aeração e mistura, devido a introdução de ar difuso ou pela presença de agitadores mecanizados. Esse movimento possibilita adequadas condições para o transporte de substratos ao interior do biofilme aderido, o qual constitui um sistema complexo com possibilidade de presença de microambientes distintos contendo zonas aeróbias, interface biofilme massa líquida a ser tratada (efluente líquido); zonas anóxicas e/ou até mesmo anaeróbias, interface biofilme meio suporte, dependendo da espessura (profundidade) do biofilme e do transporte de substrato, nutrientes e oxigênio ao longo da espessura do biofilme e da especialização de microrganismos presentes igualmente ao longo da espessura desse biofilme aderido. Assim sendo, tem-se a soma das biomassas aderida e suspensa no interior do reator. A Figura 1 ilustra esquematicamente e de modo simplificado o perfil da biomassa aderida, o consumo de substrato e a geração de subprodutos decorrentes das reações bioquímicas.

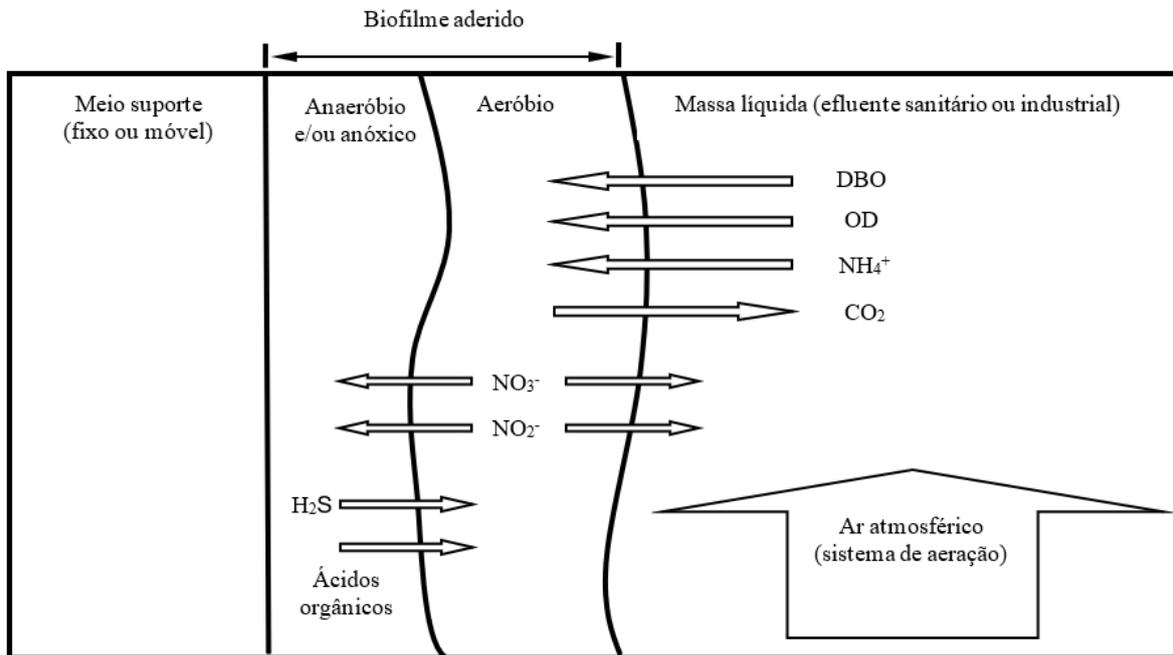


Figura 1: Perfil da biomassa aderida. Fonte: adaptado de VON SPERLING (1996, 2012) e JORDÃO e PESSÔA (2017).

Com relação ao meio suporte, deve-se ter especial atenção em dois fatores básicos: a superfície específica de cada peça (relação área/volume unitária, medida em $m^2.m^{-3}$) e a quantidade total de peças no interior do reator. Normalmente os fabricantes dos meios suportes oferecem peças com relação área/volume da ordem de 300 a $600m^2.m^{-3}$ ou superiores. Embora a biomassa possa aderir a ranhuras (ou reentrâncias) na área externa, com o movimento aleatório e o cisalhamento entre as peças, a biomassa aderida se desprende e, por questões de segurança do projeto, essa área externa não deveria ser computada para fins de cálculo e dimensionamento do sistema (VON SPERLING 2014 e JORDÃO e PESSÔA, 2017). De acordo com a NBR 12209, item 6.7.5, o meio suporte deve apresentar superfície específica interna superior a $250m^2.m^{-3}$ e densidade entre 0,92 e 0,98. E, em seu item 6.7.8, que a massa de sólidos suspensos voláteis (SSV) aderida não pode ser considerada superior a $12gSSV.m^{-2}$ (área superficial específica). O excesso de biomassa (biofilme) que se desprende naturalmente dos meios suportes, disponibilizando superfície livre para ocupação de novos microrganismos (renovação do biofilme), bem como fragmentos de biomassa liberados, podem ser facilmente separados da fase líquida na etapa posterior de sedimentação ou flotação por ar dissolvido, conforme a configuração de cada projeto.

A Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários Vila Palmeira (ETE VP), localizada no bairro Santo Afonso, Novo Hamburgo, RS, pertencente à autarquia municipal COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo, foi concebida e projetada integrando a tecnologia MBBR seguida de tratamento físico-químico e adicionada de digestor anaeróbio e centrífuga para promover o tratamento completo (fase líquida, fase sólida e fase gasosa) do efluente sanitário. A ETE VP é constituída de pré-tratamento contemplando gradeamento manual, peneira rotativa autolimpante, calha Parshall com sensor ultrassônico de vazão acoplado e removedor automático de espuma, tratamento do tipo biológico combinando dois reatores MBBR arranjados em série, seguido de tratamento do tipo físico-químico com dois floculadores mecanizados com controle de velocidade dos agitadores de modo independente (nessa unidade são adicionados os materiais químicos de tratamento – solução líquida de policloreto de alumínio – PAC e solução líquida de polímero catiônico – poliácrilamida), decantador de alta taxa e desinfecção física por meio de sistema de lâmpadas de radiação ultravioleta (são quatro conjuntos de quatro lâmpadas, totalizado dezesseis lâmpadas para promover a desinfecção) e canaleta vertedoura para descarte do efluente sanitário tratado. Para o tratamento da fase sólida (lodo) gerado no sistema, a ETE VP apresenta um digestor anaeróbio com agitador mecanizado para promover a homogeneização e digestão do lodo, seguido de um tanque de lodo digerido, o qual alimenta uma centrífuga. Esse sistema, digestor anaeróbio, tanque de lodo digerido e centrífuga promover o tratamento do lodo gerado

na estação. O lodo tratado e centrifugado é armazenado temporariamente em contêiner para, posteriormente, ser transportado e destinado em aterro sanitário devidamente licenciado. Para o tratamento da fase gasosa, tem-se um sistema elétrico para captação e queima do biogás gerado nesse processo.

OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo apresentar dados reais de processo, de uma Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários (ETE), constituída de pré-tratamento (gradeamento manual, peneira rotativa autolimpante, calha Parshall com sensor ultrassônico de vazão, removedor automático de espuma), dois reatores MBBR em série, dois floculadores mecanizados em série, decantador de alta taxa e desinfecção física por radiação ultravioleta (UV), com ênfase à eficiência global do sistema. A contribuição do presente trabalho reside no fato de apresentar dados reais de processo, de uma ETE, responsável por receber e tratar adequadamente, o efluente sanitário gerado por uma comunidade de aproximadamente 5.411 habitantes. Para tanto, foram considerados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos denominados: vazão, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos (SS), sólidos sedimentáveis (SSed), nitrogênio amoniacal, fósforo total, surfactantes, óleos e graxas, coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*). O período considerado foi o estágio de comissionamento e pré-operação da estação, ou seja, de março a julho de 2021. A vazão de alimentação de esgoto bruto foi sempre inferior à vazão prevista em projeto.

METODOLOGIA UTILIZADA

As metodologias analíticas utilizadas para análise dos parâmetros de interesse estão de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*, (APHA *et al.*, 2017) e Procedimentos Laboratoriais internos da autarquia COMUSA. A Tabela 1 apresenta as metodologias analíticas usadas pelo Laboratório de Controle de Qualidade (LCQ), referências, unidades e identificação dos procedimentos para análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de interesse utilizados no presente trabalho.

Tabela 1: Metodologias analíticas para análise dos parâmetros de interesse.

Parâmetros analisados	Metodologia de análise	Referência	Unidade	PL
Vazão (Q)	Medição direta escala graduada ou sensor ultrassônico	Manual de Operação da Estação	L.s ⁻¹ , m ³ .h ⁻¹ , m ³ .dia ⁻¹	-
Temperatura da amostra de efluente (T _{EF})	Medição direta	2550 SMEWW 23 rd Ed. (2017)	°C	PL 006
pH	Eletrométrico	4500-H ⁺ SMEWW 23 rd Ed. (2017)	Adimensional	PL 006
DBO	Respirometria	5210 D SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 008
DQO	Refluxo fechado seguido de titulação	5220 C SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 009
Sólidos suspensos (SS)	Gravimetria	2540 D SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 012
Sólidos sedimentáveis (SSed)	Método do cone Imhoff	2540 F SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mL.L ⁻¹	PL 011
Nitrogênio amoniacal (N _{AM})	Destilação seguida por titulação	Adaptado de 4500-NH ₃ B/C SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 001

Parâmetros analisados	Metodologia de análise	Referência	Unidade	PL
Fósforo total (P _T)	Espectrofotometria pelo método do ácido ascórbico	4500-P E SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 010
Surfactantes	Espectrofotometria	5540 C SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 013
Óleos e Graxas	Analizador infravermelho para óleos e graxas	Adaptado de 5520 C SMEWW 23 rd Ed. (2017)	mg.L ⁻¹	PL 002
Materiais Flutuantes	Análise sensorial	2110 SMEWW 23 rd (2017)	Presença/Ausência	PL 041 e 061
CT	Substrato enzimático ONPG-MUG	9223 SMEWW 23 rd Ed. (2017)	NMP.100mL ⁻¹	PL 025
<i>E. coli</i>	Substrato enzimático ONPG-MUG	9223 SMEWW 23 rd Ed. (2017)	NMP.100mL ⁻¹	PL 025

Fonte: os autores (2022).

O LCQ da autarquia COMUSA apresenta cadastro na Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM – RS), desde o ano de 2008, como Laboratório de Análises Ambientais (Certificado de Cadastro de Laboratório de Análises Ambientais atualizado e em vigor CCLAAM n.º 00008/2020 – DL), contemplando parâmetros físico-químicos e microbiológicos de interesse para controle de águas subterrâneas, controle de águas superficiais e controle de efluentes líquidos. Possui Certificado de Reconhecimento pela Rede Metrológica do Estado do Rio Grande do Sul, por estar de acordo com os requisitos da norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, para Ensaio Químico, Ensaio Biológico e Amostragem, para os parâmetros monitorados nas amostras de efluentes sanitários e corpos hídricos receptores (Certificados n.º 25801, 25802 e 25803 para Ensaio Químico, Biológico e Amostragem, respectivamente). Adicionalmente, o LCQ apresenta Licença Ambiental de Operação (LO n.º 082/2020 – DLA atualizada e em vigor), emitida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Novo Hamburgo (SEMAM-NH). A Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários Vila Palmeira (ETE VP), localizada no bairro Santo Afonso, Novo Hamburgo, RS, apresenta Licença Ambiental de Operação emitida pela SEMAM-NH. Pode-se mencionar a Licença de Instalação (LI) n.º 002/2018 – DLA. E, a licença atualmente em vigor é a LO n.º 154/2021 – DLA.

RESULTADOS OBTIDOS

A estação iniciou o período de comissionamento e pré-operação sendo acompanhada pelos técnicos da autarquia COMUSA e da empresa responsável pelo fornecimento de tecnologia. O bloco hidráulico da estação foi, inicialmente, preenchido com água limpa (potável). Nessa etapa se verificou a presença de eventuais vazamentos nas juntas, conexões e tubulações, permitindo-se efetuar pequenos ajustes, pontos de soldas, apertos de parafusos e juntas de vedação em conexões flangeadas. Verificado ausência de vazamentos hidráulicos no sistema e com todos os sistemas eletromecânicos testados e aprovados, com o bloco hidráulico preenchido com água limpa, iniciou-se, gradativamente, a alimentação da estação com efluente sanitário bruto. Iniciou-se a pré-operação com vazão pequena, da ordem de 0,8 a 3L.s⁻¹, aproximadamente, para ambientação gradual do bloco hidráulico, desenvolvimento gradual dos microrganismos responsáveis pela formação de biofilme nos meios suportes móveis, dosagens pequenas de policloreto de alumínio (PAC) e de polímero catiônico, proporcional à vazão de alimentação e ao perfil físico-químico e microbiológico do esgoto bruto afluente ao sistema. Para exemplificar as condições iniciais (parâmetros de projeto), a Tabela 2 apresenta os parâmetros de projeto adotados para o esgoto bruto para a estação em tela (dados de projeto da estação).

Tabela 2: Parâmetros de projeto adotados para o esgoto bruto para a estação em tela.

Parâmetros	Valores adotados esgoto bruto	Unidades
Vazão média (com infiltração)	12,22 (1.055,81)	L.s ⁻¹ (m ³ .d ⁻¹)
Vazão máxima horária (com infiltração)	17,69 (1.528,42)	L.s ⁻¹ (m ³ .d ⁻¹)
População atendida (final de plano)	5.411	Habitantes
DBO	400	mg.L ⁻¹
DQO	800	mg.L ⁻¹
NTK	120	mg.L ⁻¹
SS	400	mg.L ⁻¹
P _T	16	mg.L ⁻¹

Fonte: adaptado do Projeto da Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários (arquivos da autarquia municipal COMUSA, 2021).

A Tabela 3 apresenta as características esperadas para atendimento do padrão de emissão (descarte) de esgoto tratado.

Tabela 3: Padrão de emissão de esgoto tratado.

Parâmetros	Valores	Unidades
DBO	≤ 70	mg.L ⁻¹
DQO	≤ 200	mg.L ⁻¹
SS	≤ 70	mg.L ⁻¹
SSed	≤ 1,0	mL.L ⁻¹
Materiais Flutuantes	---	Ausentes
Óleos e Graxas	≤ 100	mg.L ⁻¹
Surfactantes	≤ 2,0	mg.L ⁻¹
<i>Escherichia coli</i>	≤ 10 ⁵ (ou 95% de remoção)	NMP.100mL ⁻¹
pH	5 a 9	Adimensional

Fonte: adaptado do Projeto da Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários (arquivos da autarquia municipal COMUSA, 2021).

Nota-se que a ETE compacta sob estudo não foi dimensionada para remoção de nitrogênio e fósforo, embora alguma remoção possa ocorrer por consequência do processo adotado. A ETE compacta foi dimensionada para remoção de matéria orgânica carbonácea e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), conforme estabelecido pelas Tabelas 2 e 3 supracitadas.

Adicionalmente, com relação aos valores de vazão observados, mesmo se tendo utilizado valores muito aquém do previsto em projeto (início gradual), a vazão disponível para alimentar a estação, na fase de pré-operação e comissionamento, não se mostrou superior a 4L.s⁻¹, variando menos de 0,5 (desligando o sistema) até 4L.s⁻¹, sendo normalmente entre 2 e 3L.s⁻¹, onde o valor máximo observado foi de 4L.s⁻¹. Em outras palavras, não havia valores disponíveis de vazão de afluente superiores ao considerado na fase de pré-operação e comissionamento.

A Figura 2 apresenta uma visão geral da ETE VP, mostrando o bloco hidráulico contendo o pré-tratamento, os dois reatores MBBR em série, os dois flocculadores mecanizados em série, o decantador de alta taxa e o sistema de desinfecção física por lâmpadas de radiação ultravioleta para o tratamento da fase líquida; o biodigestor anaeróbio para digestão e tratamento da fase sólida (lodo gerado no sistema) e o sistema elétrico para queima

do biogás gerado no processo de digestão do lodo. A ETE VP apresenta ainda tanque de lodo digerido e centrífuga para desidratação do lodo pós-digestão anaeróbia.



Figura 2: Visão geral da ETE VP exibindo o bloco hidráulico confeccionado em aço inoxidável. Nota-se que a estação apresenta uma configuração compacta.

De acordo com a Figura 2, percebe-se que todo o bloco hidráulico é constituído de aço inoxidável e apresenta configuração compacta.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta os resultados de análise preliminares para o mês de abril de 2021, ou seja, após aproximadamente um mês com a estação em fase de pré-operação. A vazão observada foi da ordem de 0,8 a 3L.s⁻¹ aproximadamente, estando bem aquém da vazão de projeto.

Tabela 4: Resultados de análise preliminares do mês de abril de 2021.

Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Exigência Licença Ambiental
DBO	mg.L ⁻¹	209	80	≤ 120
DQO	mg.L ⁻¹	410	168	≤ 200
SS	mg.L ⁻¹	54	60	≤ 70
SSed	mL.L ⁻¹	0,1	0,3	≤ 1
Materiais Flutuantes	Presença/Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Óleos e Graxas	mg.L ⁻¹	-	11	≤ 100
Surfactantes	mg.L ⁻¹	6,28	5,98	≤ 2
<i>Escherichia coli</i>	NMP.100mL ⁻¹	6.050.000	2.142.000	≤ 10 ⁵ (ou 95% de remoção)
pH	Adimensional	7,10	7,20	5 a 9

Nota: Na fase de pré-operação e comissionamento, menciona-se a Licença de Instalação (LI) n.º 002/2018 – DLA (SEMAM-NH), anterior à Licença de Operação (LO) n.º 154/2021 – DLA (SEMAM-NH).

A Tabela 5 apresenta os resultados de análise preliminares para os meses de abril a junho de 2021, onde se consegue visualizar a evolução dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para o efluente sanitário

tratado na estação. Novamente, as vazões observadas oscilaram basicamente na ordem de 0,8 a 3L.s⁻¹ aproximadamente, durante todo o período de pré-operação.

Tabela 5: Resultados de análise preliminares para os meses de abril a julho de 2021 (efluente sanitário tratado).

Parâmetros	Unidade	Efluente Tratado				Exigência Licença Ambiental
		Datas				
		28/04/2021	11/05/2021	17/05/2021	1º/06/2021	
Temperatura líquido	°C	24,2	21,9	21,2	18,9	≤ 40
pH	Adimensional	7,2	7,1	7,7	7,6	5 a 9
Materiais Flutuantes	Presença/Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
DBO	mg.L ⁻¹	80	74	44	5	≤ 120
DQO	mg.L ⁻¹	168	103	80	< 50	≤ 200
SS	mg.L ⁻¹	60	49	37	< 10	≤ 70
SSed	mL.L ⁻¹	0,3	0,2	0,4	0,1	≤ 1
Nitrogênio amoniacal	mg.L ⁻¹	59,8	40,9	60,7	25,4	-
Fósforo total	mg.L ⁻¹	3,33	1,18	2,65	0,97	-
CT	NMP.100mL ⁻¹	12.997.000	2.909.000	171.000	630	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP.100mL ⁻¹	2.142.000	712.000	20.000	200	≤ 10 ⁵ (ou 95% de remoção)
Surfactantes	mg.L ⁻¹	5,98	3,89	1,36	0,78	≤ 2
Óleos e Graxas	mg.L ⁻¹	11	< 10	< 10	< 10	≤ 100

Parâmetros	Unidade	Efluente Tratado				Exigência Licença Ambiental
		Datas				
		08/06/2021	14/06/2021	22/06/2021	13/07/2021	
Temperatura líquido	°C	19,6	18,4	18,8	19,4	≤ 40
pH	Adimensional	7,6	7,4	7,6	7,6	5 a 9
Materiais Flutuantes	Presença/Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
DBO	mg.L ⁻¹	13	19	18	13	≤ 120
DQO	mg.L ⁻¹	52	< 50	52	< 50	≤ 200
SS	mg.L ⁻¹	17	< 10	20	< 10	≤ 70
SSed	mL.L ⁻¹	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	≤ 1
Nitrogênio amoniacal	mg.L ⁻¹	36,9	19,1	48,4	45,8	-
Fósforo total	mg.L ⁻¹	2,72	0,56	3,14	3,05	-
CT	NMP.100mL ⁻¹	866	276	2.420	155	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP.100mL ⁻¹	178	14	108	18	≤ 10 ⁵ (ou 95% de remoção)
Surfactantes	mg.L ⁻¹	0,71	1,32	0,65	1,61	≤ 2
Óleos e Graxas	mg.L ⁻¹	< 10	< 10	< 10	< 10	≤ 100

Nota: Na fase de pré-operação e comissionamento, menciona-se a Licença de Instalação (LI) n.º 002/2018 – DLA (SEMAM-NH), anterior à Licença de Operação (LO) n.º 154/2021 – DLA (SEMAM-NH).

Cabe ressaltar que a primeira análise realizada, conforme apresentada na Tabela 4, contemplando resultados de análises para o esgoto bruto e para o esgoto tratado, naquele momento, o esgoto bruto apresentava-se com baixo teor de sólidos. Essa informação é pertinente porque o resultado observado para sólidos suspensos mostrou-se apenas levemente inferior ao observado no esgoto tratado. Com relação aos sólidos sedimentáveis no esgoto bruto, esses se mostraram inferior ao observado no esgoto tratado. Trata-se de um primeiro resultado (resultado preliminar, observado naquele momento) onde, mesmo assim, os resultados verificados no esgoto tratado estavam de acordo com o preconizado em projeto e licenciamento ambiental. Outra observação importante é que a operação da estação não ocorreu de modo contínuo, mas intermitente, devido à disponibilidade de pouca vazão de alimentação à estação em questão. A estação possui automação e mecanismos de intertravamentos onde a mesma desliga automaticamente quando a vazão medida mostra-se igual ou inferior a $0,5L.s^{-1}$. No período em tela, a vazão observada (estação em funcionamento) variou de 0,8 a $3L.s^{-1}$ aproximadamente, com valor máximo da ordem de $4L.s^{-1}$ e, por esse motivo, o sistema de automação e controle precisou desligar a estação diversas vezes quando a vazão se mostrou inferior a $0,5L.s^{-1}$, para fins de proteção dos equipamentos eletromecânicos, por exemplo. Quando a estação encontrava-se desligada, o esgoto bruto acumulava-se na elevatória de esgoto bruto, até se ter nível suficiente para ligar os equipamentos e a estação automaticamente, para manter, na medida do possível, um fluxo de vazão o mais constante possível, dentro da faixa observada e de operação de 0,8 a $3L.s^{-1}$. Intervenções manuais para acionamento dos equipamentos também foram necessárias, para melhor aproveitamento dos valores de vazão baixa e operação da estação.

De acordo com os resultados de análises preliminares, observados na fase de pré-operação e comissionamento da estação, considerando o período de março a julho de 2021, percebe-se que a estação atingiu as exigências da licença ambiental em aproximadamente quatro meses. Na fase de pré-operação e comissionamento, menciona-se a Licença de Instalação (LI) n.º 002/2018 – DLA (SEMAM-NH), anterior à Licença de Operação (LO) n.º 154/2021 – DLA (SEMAM-NH). Durante esse período, houve redução gradual dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos monitorados, com a presença de oscilação de valores dos parâmetros monitorados no efluente tratado, conforme apresentados na Tabela 5. Em aproximadamente 4 meses, a estação em tela conseguiu cumprir com as exigências preconizadas na licença ambiental, Resolução CONAMA n.º 430/2011 e Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho é apresentar a fase de pré-operação e comissionamento de uma ETE compacta utilizada para tratamento de efluente sanitário de uma população de aproximadamente 5.411 habitantes, vazão média com infiltração prevista em projeto da ordem de $12,22L.s^{-1}$ ($1.055,81m^3.d^{-1}$) e vazão observada durante a fase de pré-operação da ordem de 0,8 a $3L.s^{-1}$, bem aquém da vazão prevista em projeto. Nota-se que a ETE compacta em tela, com aproximadamente 4 meses em fase de pré-operação, sendo acompanhada pela equipe técnica da autarquia municipal COMUSA responsável pela operação e pela equipe técnica da empresa responsável pelo fornecimento da tecnologia, conseguiu atingir plenamente às exigências do órgão ambiental competente, ou seja, as exigências preconizadas na licença ambiental, Resolução CONAMA n.º 430/2011 e Resolução CONSEMA n.º 355/2017. Isso demonstra que a tecnologia adotada se mostra adequada ao tipo de efluente a ser tratado, ou seja, tecnologia de tratamento do tipo biológica aeróbia, seguida de tratamento físico-químico com decantador de alta taxa e sistema de desinfecção física do tipo lâmpadas de radiação ultravioleta. Essa combinação de processos corrobora para se ter uma estação compacta, robusta e eficiente. As equipes técnicas de operação da autarquia municipal COMUSA continuam responsáveis pelos procedimentos de manutenção e limpeza das unidades de tratamento, a fim de manter o bom e adequado funcionamento dos equipamentos eletromecânicos e sistemas de dosagens de químicos na estação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo pela disponibilização das amostras de esgoto bruto da ETE Vila Palmeira. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23rd Edition, Washington, DC, 2017.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 12.209 (2012). *Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários*.
3. Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011**, “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA”.
4. Jordão, E. P.; Pessôa, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro. 7ª Edição. 2017.
5. METCALF; EDDY **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5ª Edição. Porto Alegre. AMGH, 2016.
6. Nunes, J. A. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª Edição. Aracaju: Gráfica Editora J. Andrade. 2012
7. Rio Grande do Sul. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução n.º 355, de 13 de julho de 2017**, “Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.”
8. Von Sperling, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**. 1ª Edição. Volume 2. Belo Horizonte. Editora UFMG. 1996.
9. Von Sperling, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Lodos Ativado**. 3ª Edição. Volume 4. Belo Horizonte. Editora UFMG. 2012.
10. Von Sperling, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 4ª Edição. Volume 1. Belo Horizonte. Editora UFMG. 2014.