



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.0.1.01.R1	
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA: 1 de 17	
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - INTRODUÇÃO			
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS			
	NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTRATO Nº 3230370000		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO	CREA: 5061891463

ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMISSÃO INICIAL							
1	REVISÃO GERAL							

REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	04/09/2023	18/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						

As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 2 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

**É proibida a reprodução total ou parcial, por
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.01.01.R1
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - INTRODUÇÃO
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	18/09/2023
Contato:	t: +51 (35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.0.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	3 DE 17
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	REATOR UASB	5
2.1	DESCRIÇÃO DO REATOR UASB	5
2.2	PRINCIPAIS PROBLEMAS DO USO DO REATOR UASB	7
2.2.1	Acúmulo de espuma na câmara do biogás	7
2.2.2	Acúmulo de espuma na superfície da zona de sedimentação	8
2.2.3	Atmosferas explosivas em ETE contendo UASB	8
2.2.4	Corrosão em reatores UASB	11
2.2.5	Exalação de odores desagradáveis	12
3	OBJETIVOS DA ETAPA DE DIAGNÓSTICO	13
4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS	14



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 4 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Este relatório apresenta aspectos técnicos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 5 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

2 REATOR UASB

2.1 DESCRIÇÃO DO REATOR UASB

A função do reator UASB é a depuração da matéria orgânica carbonácea, expressa normalmente por parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono total (CT), dentre outros. No processo de depuração, a matéria orgânica é removida da fase líquida (água), sendo que grande parte é convertida a biogás rico em metano e separador da fase líquida, uma parte sofre conversão celular juntando-se à massa de biosólidos e outra, na forma particulada, também fica retida e incorporada à massa de biosólidos, sofrendo biodegradação numa taxa mais lenta. Os sólidos acumulados no reator devem ser removidos periodicamente.

No processo biológico anaeróbico a degradação da matéria orgânica ocorre, simplificada, segundo a equação a seguir:

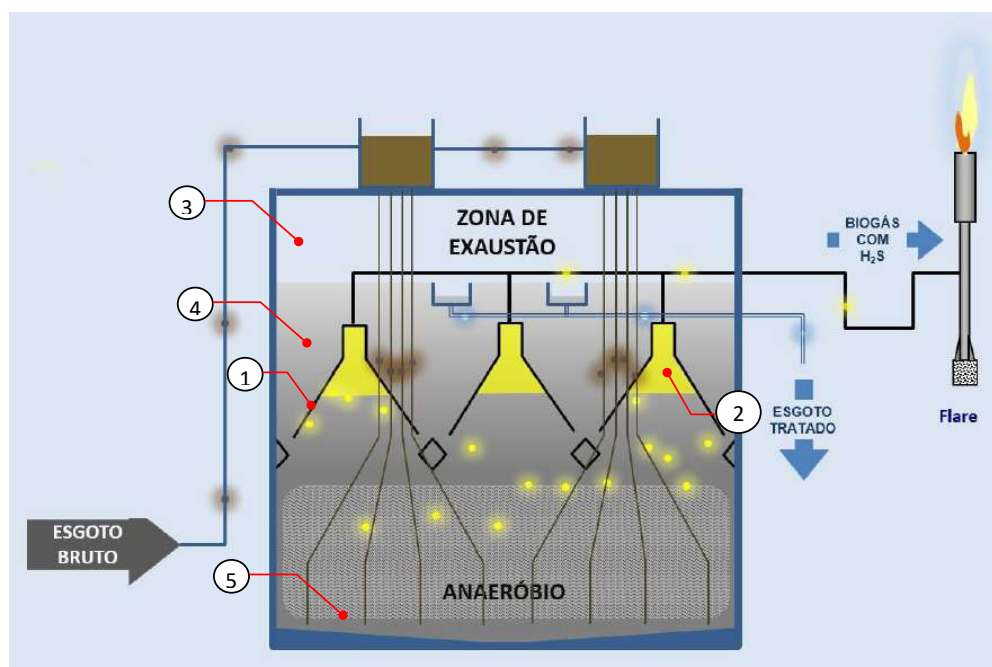
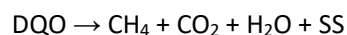


Figura 1: Representação simplificada do reator UASB.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 6 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

1) Campânulas ou separadores trifásicos:

Tem a função de separar os sólidos e biogás da fase líquida. Internamente acondiciona o biogás, formando uma câmara do biogás, e externamente funciona como um sedimentador.

2) Câmara do biogás:

Corresponde ao espaço abaixo das campânulas ocupado por biogás produzido no processo anaeróbio. A coleta do biogás é feita a partir desta câmara. A câmara poderá operar pressurizada e necessita ser hermeticamente fechada para evitar que haja vazamento de biogás.

3) Zona de exaustão:

É o espaço vazio entre a superfície líquida e a laje de cobertura. Por haver laje de cobertura no reator UASB, a zona de exaustão é também um espaço confinado.

Corresponde ao ambiente mais agressivo dentro do reator UASB, onde ocorre a maior concentração de gás sulfídrico.

Há também acumulação de biogás proveniente das seguintes fontes:

- Liberação do biogás dissolvido no efluente e não coletado pelo separador trifásico, na zona de sedimentação;
- Vazamentos de biogás das campânulas;
- Liberação devido ao cascadeamento durante a coleta do esgoto tratado.

4) Zona de sedimentação:

Corresponde ao espaço formado acima das campânulas, onde o lodo anaeróbio mais pesado tende a sedimentar-se e retornar à zona de digestão anaeróbia. Tem grande



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 7 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

importância na eficiência do reator UASB.

5) Zona de digestão anaeróbia:

A zona de digestão Anaeróbia compreende todo o volume do reator descontando-se o volume medido a partir da entrada no separador trifásico. Esta zona de digestão sofrerá a influência da alta velocidade ascensional, podendo ficar estratificada e apresentando uma camada inferior com biosólidos de alta densidade na forma de flocos ou grânulos e uma camada superior contendo biosólidos na forma de lodo predominantemente floculento e com partículas de menor densidade. A conversão de matéria orgânica a biogás, bem como a adsorção de material particulado do efluente, ocorre na zona de digestão.

2.2 PRINCIPAIS PROBLEMAS DO USO DO REATOR UASB

Discutiremos neste item somente os seguintes problemas relacionados à operação de reatores UASB:

- a) Acúmulo de espuma na câmara do biogás;
- b) Acúmulo de espuma na zona de sedimentação;
- c) Formação de atmosferas explosivas;
- d) Corrosão;
- e) Exalação de odores desagradáveis.

2.2.1 Acúmulo de espuma na câmara do biogás

A espuma pode conter materiais como cascas de frutas, pontas de cigarro, cabelo, ceras, sabões, e outros, demonstrando claramente que se tratam de materiais flutuantes, menos densos que a água, insolúveis e/ou de mais difícil degradação.

A formação de espuma abaixo do separador trifásico é inevitável, pois este espaço corresponde a uma zona estagnada, onde a baixa produção de biogás e a presença de



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 8 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

resíduos sólidos e gordura do esgoto favorecem a acumulação e agregação de espessas camadas de espuma.

A camada de espuma, se não for removida constantemente, poderá se solidificar e aprisionar o biogás. Dependendo do projeto, poderá entrar nas tubulações de coleta de biogás e causar o seu entupimento.

A espuma acumulada abaixo do separador trifásico, poderá causar o colapso de todo o reator UASB, pois pode deformar a estrutura das campânulas, causando também a perda da zona de sedimentação do UASB, afetando a sua eficiência no tratamento da fase líquida e danificando a coleta do biogás.

2.2.2 Acúmulo de espuma na superfície da zona de sedimentação

A acumulação de espuma na superfície da zona de sedimentação ocorrerá pois em todos os projetos de UASB das ETE's de Caxias do Sul estão previstos retentores de espuma. É necessário então que haja um gerenciamento adequado desta espuma, com remoção eventual e disposição final, para não haver prejuízos à qualidade do efluente tratado.

Em alguns reatores UASB não é possível visualizar a camada de espuma abaixo da campânula, por não terem sido previstos tampas de acesso. Nestes casos, a avaliação do acúmulo de espuma é feita somente na zona de sedimentação, a partir da qual extrapolamos as conclusões para a zona do biogás.

2.2.3 Atmosferas explosivas em ETE contendo UASB

Baseamos este capítulo no seguinte artigo:

RIETOW, J.C.; POSSETTI, G.R.C.; CARNEIRO, C.; AISSE, M.M. (2021). Nota técnica 6 – Levantamento de riscos e classificação de atmosferas explosivas em ETE's com produção de biogás. Artigo publicado em Cadernos Técnicos – Engenharia Sanitária e Ambiental. Volume 1. Nº1. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Rio de Janeiro.



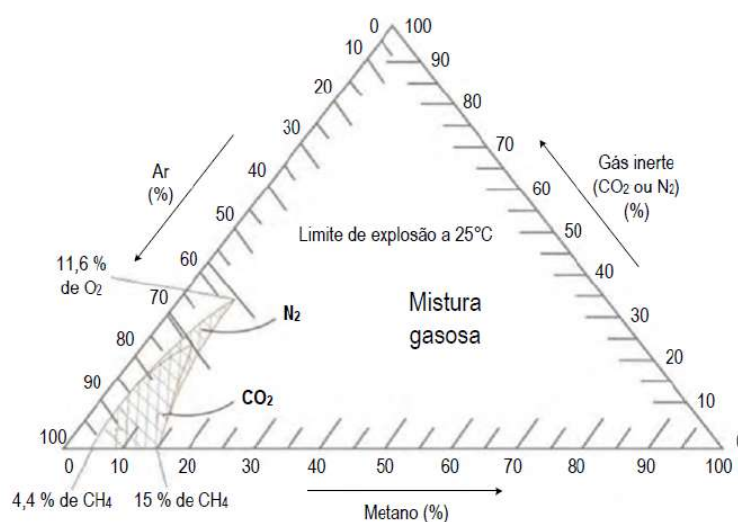
	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 9 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

Segundo os autores, por motivos de segurança, as ETE's que possuem reatores UASB devem ser caracterizadas como plantas de biogás. Os dispositivos de transporte e manobra deste gás devem minimamente garantir a segurança dos trabalhadores e comunidade circunvizinha.

Apresentamos alguns fatos relacionados à explosividade de misturas gasosas contendo gás metano:

- Limite inferior de explosividade: 4,4% em volume;
- Limite superior de explosividade: 15% em volume;
- Presença de gases inertes como Nitrogênio e Gás carbônico promovem estreitamento da faixa de explosividade;
- Presença de oxigênio: Mínimo de 11,6%

Estes fatos são apresentados no diagrama da figura à seguir:



Fonte: adaptado de DWA (2010); Deublein; Steinhauser (2011); Brasil (2017).

Segundo RIETOW et al (2021), a NBR IEC 60079-10-1/2018 determina que essa classificação deve ser dividida em zonas de riscos, sendo elas relacionadas com a probabilidade de frequência e duração da formação de atmosferas explosivas. Desse



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.0.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	10 DE 17
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO			

modo, as zonas podem ser divididas em:

- Zona 0 - área na qual uma atmosfera explosiva de gás está presente de modo contínuo ou por longos períodos de tempo.
- Zona 1 - área na qual uma atmosfera explosiva de gás é provável de ocorrer de modo ocasional em condições normais de operação.
- Zona 2 - área na qual uma atmosfera explosiva de gás não é provável de ocorrer em condições normais de operação.

Os autores fizeram a classificação das zonas de risco da ETE Padilha do Sul, em Curitiba, onde há reatores UASB de grande porte. Apresentamos resumidamente a seguir as principais desta classificação:

- Todo o interior do reator UASB é classificado como zona 0, devido a possibilidade de entrada de ar, nas operações de manutenção.
- O entorno do flare pode ser classificado como zona 0 durante operações de manutenção.
- A tubulação de escoamento do biogás ao flare, incluindo válvulas, pode ser classificado como zona 2, sendo bastante remota a formação de atmosfera explosiva em condições normais de operação e de manutenção.
- O entorno do UASB e do flare, em condições normais de operação, pode ser classificado como zona 2.



	ESTUDO Nº	REV. R1
	DG.SAMAE.0.1.01.R1	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA 11 DE 17
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

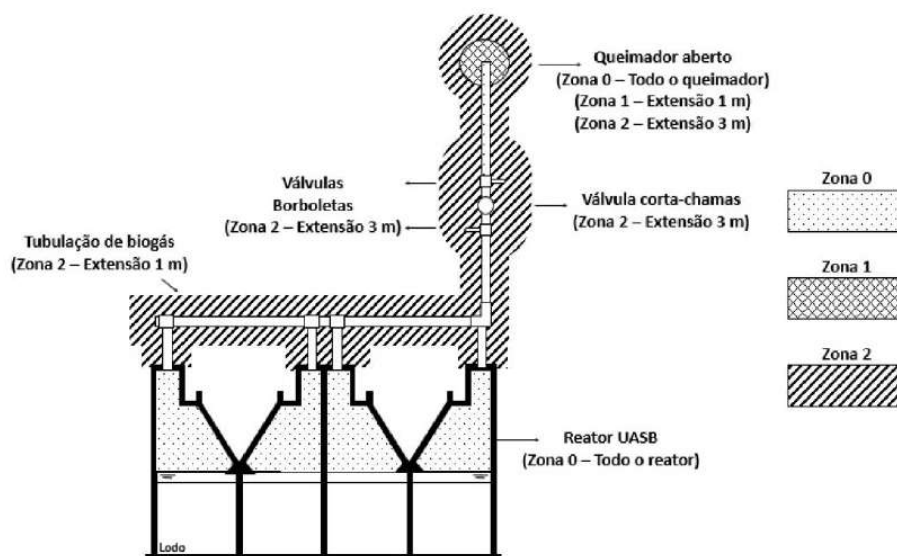


Figura 2: Classificação das zonas de risco de ETE contendo reator UASB, segundo RIETOW et al (2021).

2.2.4 Corrosão em reatores UASB

A degradação do tanque de concreto e das estruturas internas do UASB, devido à corrosão, podem criar fontes difusas de vazamento do biogás.

Devido à presença de gás sulfídrico (H_2S) produzido no processo anaeróbico, a zona de exaustão do reator UASB fica sujeita a problemas de corrosão bastante sérios. É necessário utilizar materiais resistentes à corrosão para a fabricação dos separadores trifásicos, canaletas, conexões e suportes, dentre outros elementos do reator UASB.

Os materiais que resistem a agressividade do gás sulfídrico são:

- Aço inox AISI 304 ou superior;
- Chapas e tubos de polipropileno;
- Chapas e tubos de PEAD;
- Chapas e tubos de PRFV com espessura superior a 6 mm.

O emprego de lonas de PVC reforçados com poliéster não é recomendável, por não apresentar resistência contra a corrosão e nem resistência mecânica adequadas.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 12 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

Para o concreto, além da correta especificação em termos de consumo mínimo de cimento/m³ de concreto, tipo de cimento, resistência fck mínima de 40 MPa, dentre outras, é necessário prever uma solução de impermeabilização de alto desempenho.

2.2.5 Exalação de odores desagradáveis

A exalação de odores desagradáveis corresponde ao item de maior importância nos casos em que a ETE possui reator UASB. O odor desagradável ao redor das ETE's é sempre um transtorno para moradores das proximidades, chegando a desvalorizar terrenos e residências na região. Este odor é uma característica natural dos esgotos, estando relacionado à sua constituição e sendo agravado pela anaerobiose (ausência de oxigênio), dentre outros fatores.

Na prática, o foco de odor mais grave corresponde ao processo anaeróbico para tratamento do esgoto, utilizado em lagoas anaeróbias e reatores anaeróbios tipo UASB, que fatalmente resultam na emissão de gases com odor desagradável e ao mesmo tempo corrosivo.

O gás sulfídrico normalmente é formado pela redução de compostos sulfurosos presentes no esgoto sanitário, advindos de fontes diversas, tais como proteínas presente nas excreções humanas, detergentes, efluentes industriais, dentre outros. Tais compostos sulfurosos são facilmente convertidos às formas reduzidas de enxofre (H₂S, (C₆H₅)₂S, CH₃CH₂-SH, dentre outras) em ambiente anaeróbico (reduzidor).

Acreditamos que devido a esta preocupação, os reatores UASB projetados para Caxias do Sul possuem lajes de cobertura e filtro de carvão ativado para o tratamento do biogás previamente a sua queima.

Atualmente a produção de biogás em todas as ETE's é muito baixa e com isto o problema de odores relacionados especificamente ao processo de queima do biogás coletado é bastante minimizado.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 13 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

3 OBJETIVOS DA ETAPA DE DIAGNÓSTICO

Visando atender aos termos de referência, aproveitamos o diagrama de ISHIKAWA, apresentado por RIETOW et al (2021):



Figura 3: Diagrama de Ishikawa com as principais causas de acidentes em plantas de biogás. Citado por RIETOW et al (2021).

Os objetivos da etapa de diagnóstico podem ser resumidos da seguinte forma:

Da análise de projetos:

- Análise do Projeto dos reatores UASB.
- Análise do Projeto do tratamento preliminar utilizado das ETE's.
- Análise do Projeto de tubulações da linha de coleta do biogás e queima no flare.

Da análise de dados de monitoramento:

- Verificação da eficiência da conversão da carga orgânica de DQO à biogás, dentro



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 14 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

dos reatores UASB;

- Estimativa de volume de biogás produzido.

Da inspeção em campo:

- Avaliação do problema do acúmulo de espuma na câmara do biogás.
- Avaliação do problema de espuma na superfície da zona de sedimentação.
- Avaliação do risco de formação de atmosferas explosivas.
- Avaliação do grau de corrosão das estruturas internas dos reatores UASB.
- Identificação das principais fontes de riscos de liberação de biogás e disponibilidades de ventilação.

Das recomendações em relação à localização do flare:

Em relação ao flare, RIETOW et al (2021) cita algumas diretrizes estabelecidas pelo Guia Técnico de Aproveitamento Energético de Biogás em ETE's:

- Os queimadores devem ser instalados de forma que suas chamas, gases e componentes quentes não ofereçam riscos às pessoas;
- A chama e a saída de gases e fumaça devem estar a uma altura mínima de 3 m;
- A área a partir de um raio de 5 m do queimador deverá estar livre de vegetação;
- queimadores do tipo aberto e enclausurado deverão ser instalados a distâncias superiores a 5 m de edificações e vias trânsito; e
- Anteparos contravento e protetores contra chuva são recomendados em queimadores do tipo aberto.

4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Entendemos que é importante fazer uma estimativa da vazão de biogás considerando os dados do monitoramento de vazões e cargas e o potencial esperado de como vazão máxima para a ETE, para subsídio ao diagnóstico.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 15 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

Basicamente, não é possível avaliar os focos de vazamento de biogás se este não estiver sendo produzido.

Para estimarmos tanto o desempenho do reator UASB como também a estimativa da produção de biogás, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa, que integram uma maior quantidade de coeficientes cinéticos, processos bioquímicos e fracionamento da DQO, de forma a retratar o comportamento do processo anaeróbio junto ao do sistema de lodos ativados, permitindo a otimização dos parâmetros operacionais e dimensionais.

Foi utilizado programa desenvolvido por E.MATSUO Tratamento de Efluentes, cujo fluxograma é apresentado na figura a seguir:

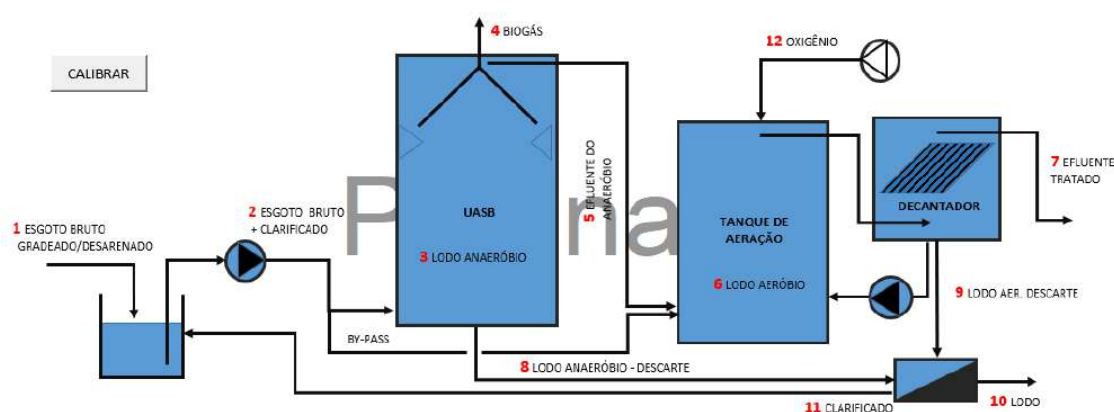


Figura 4: Fluxograma do balanço de massa SSV, DQO e Nitrogênio.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

As principais diferenças em relação ao dimensionamento apresentado no projeto básico são:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 16 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

- I. Consideração das cargas de DQO, Nitrogênio e Sólidos (SSV) presentes no “clarificado” proveniente da operação de desaguamento de lodo e que são recirculadas ao início do processo;
- II. Consideração da carga de lodo aeróbio proveniente da operação de recirculação deste ao início do tratamento;
- III. A DQO do esgoto é fracionada em 4 partes:
 - a. Fração rapidamente biodegradável.
 - b. Fração biodegradável.
 - c. Fração solúvel não biodegradável.
 - d. Fração particulada não biodegradável.
- IV. O Balanço de massa leva em consideração de forma simultânea os parâmetros SSV, DQO e Nitrogênio;
- V. Análise do comportamento do UASB + Lodos Ativados, permitindo a identificação de configurações otimizadas do sistema.
- VI. Identificação dos valores otimizados aos parâmetros de processo.

Os valores de cada parcela são obtidos através de dados da literatura técnica. Há um consenso de que o dimensionamento a partir da DQO fracionada é mais preciso e que o monitoramento também é facilitado, dado que os resultados das análises de DQO são obtidos de forma mais rápida.

É possível também obter os parâmetros operacionais a partir da simulação com os dados do monitoramento, visando a sua confirmação e ajustes.

Particularidades aplicadas ao balanço de massa do reator UASB:

- O objetivo do tratamento é a remoção da matéria orgânica carbonácea.
- A DQO rapidamente biodegradável é totalmente removida no processo anaeróbio.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.0.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO		FOLHA 17 DE 17
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO		

- A taxa de crescimento de microrganismos autotróficos é mais baixa, por ser efluente de UASB. Observado também em pesquisas.
- Estamos prevendo somente 60% de remoção de DBO no processo anaeróbio.

No anexo IV apresentamos o balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.

Realizamos também uma análise específica do processo anaeróbio com o software Probio 1.0, desenvolvido em conjunto pela SANEPAR e UFMG.



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.1.1.01.R1					
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA: 1 de 33					
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON							
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS							
NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO		CREA: 5061891463				
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:						
ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMISSÃO INICIAL							
1	REVISÃO GERAL							
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	4/09/2023	28/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.								



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		2 DE 33

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem a autorização dos autores.

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.1.1.01.R1
Descrição do projeto:	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON
Local da obra:	Municipal Adolfo Randazzo, nº 1580, Loteamento Canyon, Bairro Santa Fé. Caxias do Sul – RS.
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	28/09/2023
Contato:	t: (35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	3 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	ANÁLISE DO PROJETO DA ETE CANYON	6
2.1	RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS	6
2.2	ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	7
2.3	ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB.....	7
2.3.1	Tipologia do reator UASB	7
2.3.2	Campânula do biogás	11
2.3.3	Tubulações do reator para a coleta do biogás	13
2.3.4	Dispositivo para remoção de espuma do interior da campânula.....	14
2.3.5	Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.	14
2.4	ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS	14
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
3	ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO 17	
3.1	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE	17
3.2	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO.....	17
3.3	CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB	18
3.4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS.....	19
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
4	VISTORIA IN LOCO DA ETE CANYON.....	20
4.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	21
4.2	REATOR UASB.....	23
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
	ANEXOS	33
	ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.....	33
	ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.	33
	ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.	33
	ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.	33
	ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.	33



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	4 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico – ETE Canyon, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Recomendamos a leitura do relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, o qual contém a descrição de aspectos teóricos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.

Estabelecemos a seguinte metodologia para a realização do diagnóstico da situação atual da ETE Canyon:

- Análise do projeto da ETE Canyon, envolvendo as unidades do tratamento preliminar, dos reatores UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Análise simplificada dos dados de monitoramento de vazões e cargas de esgoto;
- Vistoria in loco, com foco nas unidades do tratamento preliminar, do reator UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Elaboração do relatório do diagnóstico da ETE Canyon (este documento).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 5 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

A ETE Canyon apresenta as seguintes especificações, conforme documentos de licenciamento Ambiental e versão mais recente do projeto:

Conforme Licença de Operação LO Nº00378/2021 e Resolução CONSEMA Nº 355/2017:

Capacidade da ETE:	3.594,24 m ³ /dia (41,6 l/s)
Grau de tratamento:	Secundário
	DBO ≤ 60 mg/l
	DQO ≤ 180 mg/l
	Colif. Term. ≤ 10.000 NMP/100 ml

❖ **Diretrizes do processo de tratamento – Dados levantados do projeto existente:**

- População atendida: 19.072 habitantes
- Vazões: 66,4l/s – máxima
41,6 l/s - média
- Tratamento Preliminar: Gradeamento médio #25 mm
Gradeamento fina #15 mm
Remoção de sólidos abrasivos
Medição de vazão
- Tratamento Secundário: Processo anaeróbio inicial - UASB
Processo aeróbio complementar – Filtro biológico percolador
Decantação secundária
- Gerenciamento do Lodo: Desaguamento em leito de secagem



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 6 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

2 ANÁLISE DO PROJETO DA ETE CANYON

2.1 RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS

- Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário Canyon. Volume I – Memória Descritiva. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH. Julho/2005.
- Desenhos analisados:
 - Prancha 3.HID-01 – Sistema Canyon – Projeto Básico. Planta de localização ETE.
 - Prancha 3.HID-02 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Desarenador.
 - Prancha 3.HID-02 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Esquema de distribuição tubos.
 - Prancha 3.HID-03 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Planta de fundo.
 - Prancha 3.HID-04 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Planta superior.
 - Prancha 3.HID-05 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Cortes AA/BB/CC.
 - Prancha 3.HID-06 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Cortes DD/EE/FF.
 - Prancha 3.HID-07 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB Tubos de alimentação. Vertedores circulares.
 - Prancha 3.HID-08 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Planta laje superior.
 - Prancha 3.HID-08 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Reator UASB. Detalhes.
 - Prancha 3.HID-011 – Sistema Canyon – Projeto Básico. ETE: Desarenador. Planta baixa e corte AA.
 - Prancha 3.HID-012 – Sistema Canyon – Projeto Básico. ETE: Desarenador. Cortes.
 - Prancha 3.HID-17 – Sistema Canyon – Projeto Básico ETE: Perfil da ETE Canyon.
- Especificações técnicas.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 7 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

2.2 ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR

O projeto da ETE Canyon prevê duas grades fixas em série em uma caixa de entrada do esgoto na ETE. A primeira grade possui abertura de 50 mm e a segunda grade possui abertura de 25 mm.

Após esta caixa de chegada, o esgoto é encaminhado para uma estação elevatória que faz o recalque para a unidade de tratamento preliminar, localizada em cota acima do topo do reator UASB.

Na entrada desta estação elevatória está prevista uma grade fixa, com abertura de 15 mm, segundo o projeto.

2.3 ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB

Analizamos o detalhamento dos seguintes itens:

- I. Tipologia do reator UASB;
- II. Campânula do biogás;
- III. Tubulações do reator para a coleta do biogás;
- IV. Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás;
- V. Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

2.3.1 Tipologia do reator UASB

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Dimensões por módulo:	20,00 m x 19,00 m (comprimento útil x largura útil)
Profundidade total/útil:	6,00 m x 4,95 m (total / útil)
Área superficial:	380 m ² no total
Volume útil:	1.881 m ³ no total
Quantidade de módulos:	1 módulo
Cobertura do reator:	Laje maciça com 4 aberturas transversais com



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	8 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

largura de 800 mm

Sistema de distribuição:	4 “torres” de 1,5 x 1,5 m
Quant. Pontos de descarga:	120 pontos de descarga por módulo
	3,17 m ² /ponto de descarga
Material do tanque:	Concreto estrutural com fck de 25 Mpa e consumo mínimo de 380 kg de cimento /m ³
Impermeabilização:	Aditivo de composto carboxílico na massa de concreto e
	Pintura betuminosa isenta de alcatrão

Realizamos a modelagem em 3D do projeto do reator UASB, para auxiliar no estudo e análise dos detalhes do projeto existente e implantado. Ressaltamos que houve modelagem somente dos componentes mínimos para estudo das causas e fontes potenciais de vazamentos de biogás. O desenho resumido e em 3D do projeto é apresentado na folha DE.SAMAE.1.1.01.R0 - REATOR UASB DA ETE CANYON.

O reator UASB da ETE Canyon é do tipo fechado, com laje de cobertura em concreto. Esta cobertura possui aberturas que dão acesso ao interior da zona de exaustão do reator. As aberturas possuem tampas removíveis de concreto.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	9 DE 33
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

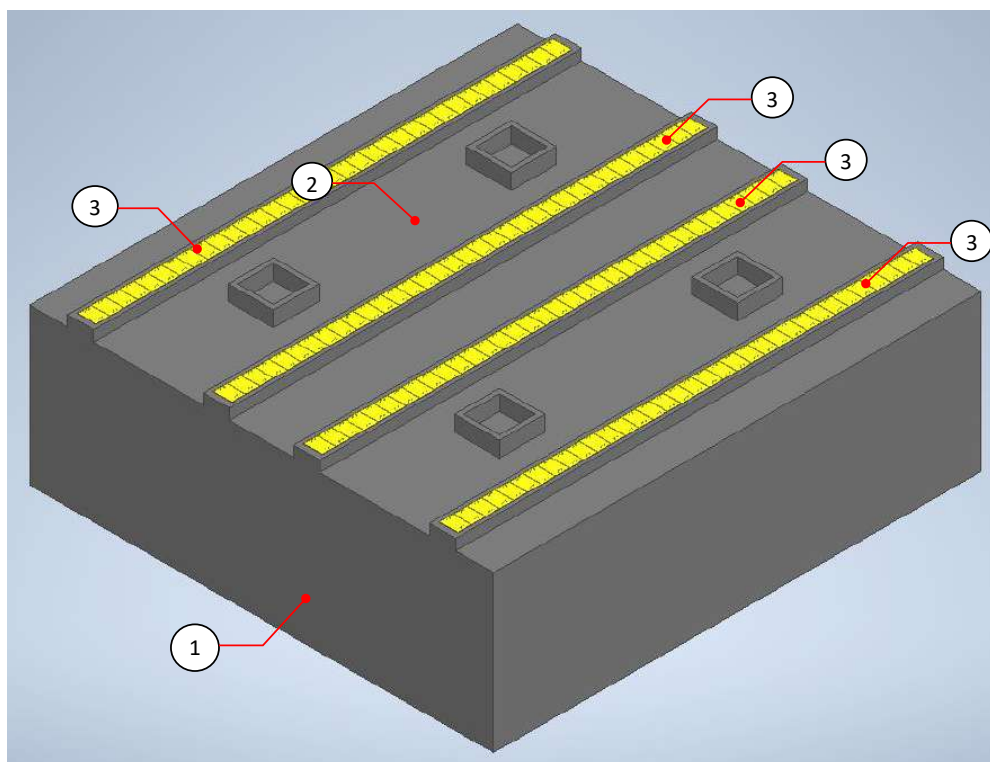


Figura 1: Vista do reator UASB da ETE Canyon: Tanque do reator (1); Laje de cobertura em concreto (2); tampas de concreto removíveis (3).

O tanque do reator UASB possui também estruturas internas de vigas e colunas para suporte das campânulas, bem como “torres” para a acondicionamento do sistema de distribuição do esgoto.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 10 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

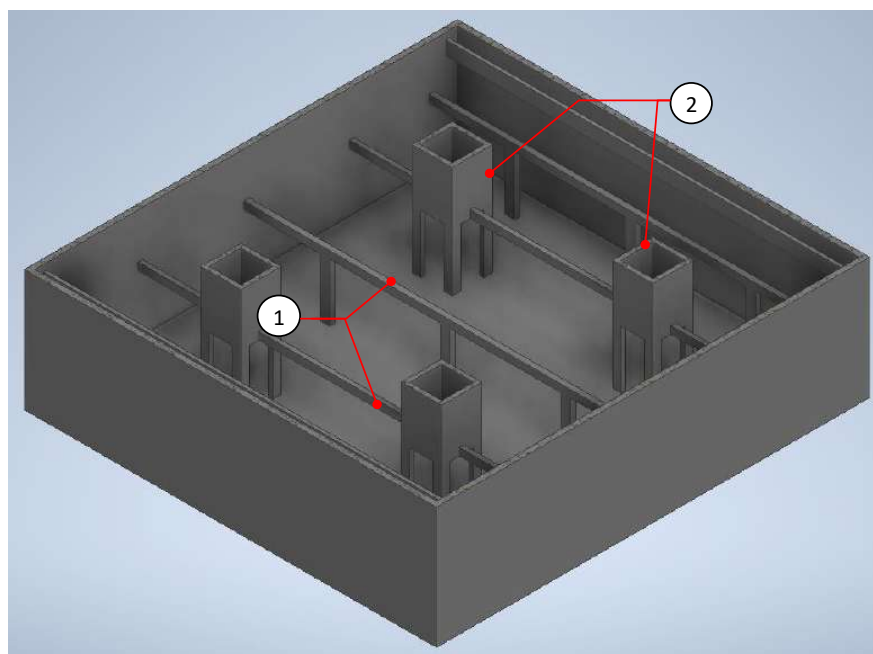


Figura 2: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Canyon Destaque para as estruturas internas: Vigas internas de suporte das campânulas (1); torres de distribuição do esgoto (2).

O único acesso ao interior do reator é através da retirada das tampas de concreto. Estas aberturas possuem 0,800 m de largura e comprimento máximo 8,06 m, limitado pelas vigas estruturais internas de suporte da laje de cobertura (vide figura a seguir).

Estas dimensões para acesso ao interior do reator UASB da ETE Canyon trazem limitações à fabricação prévia dos módulos das campânulas em galpão industrial e aumentam a quantidade de serviços e ajustes em campo, o que não é desejável, por aumentar o risco de vazamentos.

A fabricação prévia das campânulas em galpão industrial permite até mesmo que estes componentes sejam submetidos à testes de estanqueidade previamente à montagem em campo.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 11 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

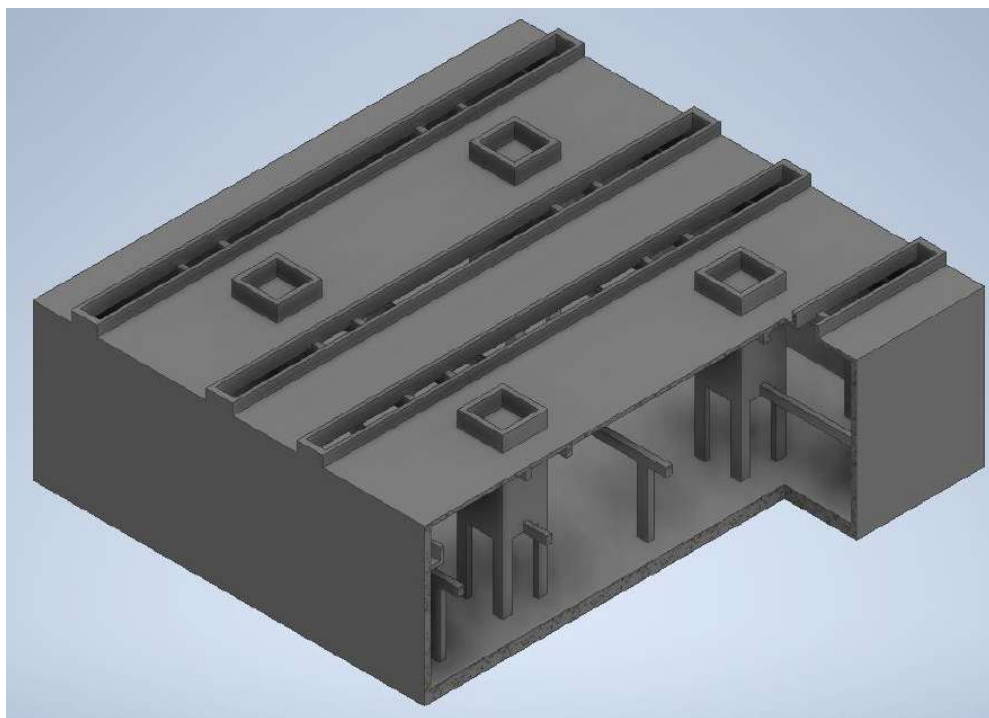


Figura 3: Vista em corte do tanque do reator UASB da ETE Canyon. Destaque para as aberturas na laje de cobertura para acesso ao interior do reator (1); e vigas de suporte da laje de cobertura (2).

2.3.2 Campânula do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Separador trifásico:	10 Campânulas transversais
Submersão da campânula:	Total, com 370 mm de lâmina d'água acima do topo da campânula
Materiais da campânula:	Lona de PVC reforçada com poliéster

O projeto das campânulas elaborado pelo IPH-UFRGS não levou em consideração as interferências com as “torres” internas do reator UASB, utilizadas pelo sistema de distribuição do esgoto, o que seria necessário, para a correta previsão de tubulações de saída do biogás e para facilitar a montagem em campo (ver desenho 3.HID-04).



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 12 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

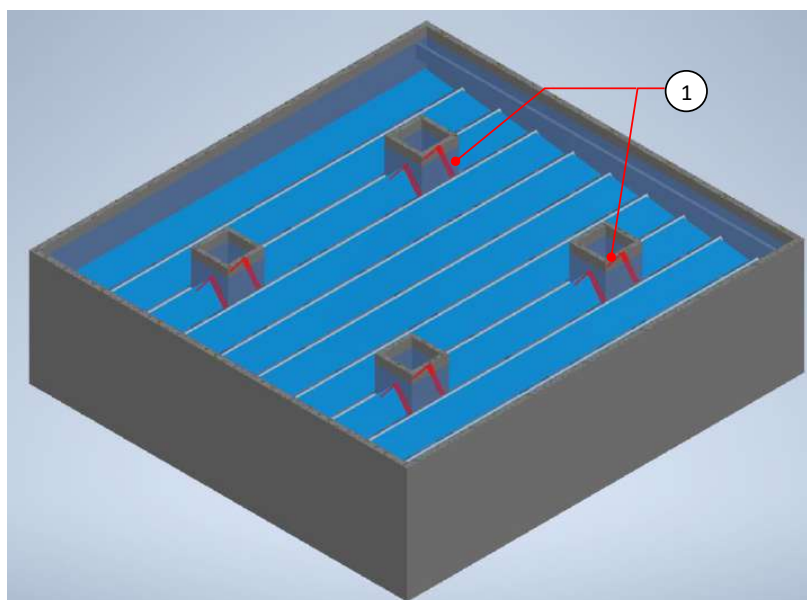


Figura 4: Análise de interferência para a campânula do reator UASB. Destaque para as interferências das torres de distribuição sobre as campânulas (1), destacadas na cor vermelha.

Conforme este projeto, o topo da campânula estará submerso no meio líquido. Isto obriga a entrada da espuma na tubulação do biogás, podendo resultar em seu entupimento.

Para evitar que isto ocorra, seria necessário a instalação de um selo hídrico que promova contrapressão da ordem de 0,8 mca, dado que a entrada da tubulação do biogás na campânula estará a uma profundidade de 0,47 m. Isto resultaria em significativo esforço de empuxo.



	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1	R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 13 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

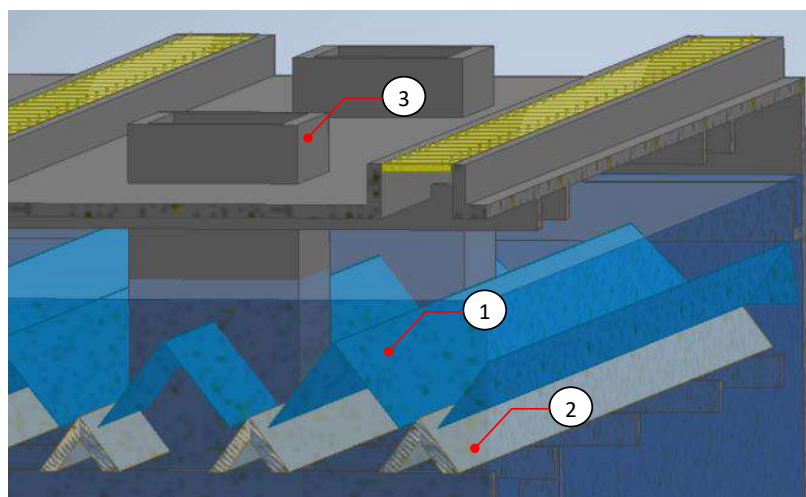


Figura 5: Detalhe do tanque do reator UASB da ETE Canyon: Campânula (1), Campânula inferior de concreto (2); torre de distribuição de esgoto (3).

2.3.3 Tubulações do reator para a coleta do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Sistema de coleta do biogás: Tubulações internas, localizadas na zona de exaustão do reator.

Diâmetro da tubulação: DN 75 mm

Materiais:

Tubulação: PVC com extremidades para conexão do tipo ponta e bolsa soldável.

Suportes internos: Aço inoxidável

Não constam nos projetos apresentados os detalhes sobre a forma de execução da junção entre a campânula e a tubulação de saída do biogás.

Não constam nos projetos apresentados as especificações para execução dos serviços em campo e nem os cuidados para garantir a estanqueidade visando evitar o vazamento do biogás.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	14 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

2.3.4 Dispositivo para remoção de espuma do interior da campânula

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada no interior das campânulas.

É mencionado no memorial descritivo que a espuma irá se acumular no interior da campânula, até que atinja um limite onde passe a escapar para a zona de sedimentação, de onde poderá ser removida ocasionalmente.

2.3.5 Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada na zona de sedimentação.

É mencionado no memorial descritivo que a espuma acumulada na zona de sedimentação será removida ocasionalmente, através das aberturas na laje de concreto.

2.4 ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS

O projeto analisado prevê selo hídrico com a finalidade de afastar a espuma acumulada no interior das campânulas, fazendo com que estas sejam expulsas para a zona de sedimentação. As especificações básicas constantes no memorial descritivo da ETE elaborado pelo IPH-UFRGS são apresentadas a seguir:

Selo Hídrico:

Contrapressão a ser produzida: 0,75 mca

Material do Tanque: PRFV

Sistema de queima do biogás:

Tipo de queimador: Flare (apenas mencionado)

Dispositivos de proteção: Válvula corta chamas (apenas mencionado)



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	15 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise do projeto da ETE, apresentamos as seguintes considerações:

Quanto ao projeto do tratamento preliminar:

- A menor abertura de grade para remoção de sólidos grosseiros especificada no projeto corresponde à 15 mm.
- A NBR 12209 especifica que a abertura do gradeamento deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s. Entretanto, entendemos deva ser necessário o uso peneiramento fino com abertura de 3 mm, sendo desejável 1 mm, tendo em vista que no projeto do Reator UASB não há dispositivos e nem acesso ao interior da câmara do biogás, para remoção de espuma.

Quanto ao projeto do reator UASB:

- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada no interior da câmara de biogás. O projeto menciona que com a adequada contrapressão aplicada pelo selo hídrico, a camada de espuma acumulada no interior da campânula poderá ser expulsa para a zona de sedimentação do reator.
- Não há qualquer tipo de acesso ao interior da câmara de biogás.
- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada na superfície da zona de sedimentação.
- Na prática, a campânula em lona de PVC não resiste a esforços de empuxo quando o biogás no seu interior se encontra pressurizado.
- O projeto das campânulas do reator UASB não é suficientemente detalhado para garantir a fabricação e montagem de forma segura, à prova de vazamentos de biogás, pois não foram consideradas as interferências com as “torres” de distribuição do esgoto.
- A tubulação interna de coleta do biogás possui entrada afogada (submersa),



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 16 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

favorecendo e até mesmo obrigando a camada de espuma entrar na tubulação de coleta do biogás. A entrada na tubulação de biogás está a uma profundidade de **47 cm** em relação ao N.A. normal do reator.

- A concepção do sistema de coleta de biogás no interior do reator utiliza malha de tubos de PVC com grande parte de seus ramais totalmente desnecessários, dado que a própria campânula constitui em elemento de escoamento do biogás. Este excesso de tubulações e conexões aumenta o risco de vazamento do biogás para a zona de exaustão.
- A tubulação em PVC com ponta e bolsa soldável não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas e devido às deformações das campânulas pela ação da pressão do biogás.
- Não há detalhes para execução da interligação das campânulas com a tubulação de biogás.

Quanto ao projeto do sistema de coleta de biogás, do reator ao sistema de queima:

- A tubulação em PVC com ponta e bolsa não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas e devido às deformações das campânulas pela ação da pressão do biogás.
- Foi previsto selo hídrico com contrapressão de 0,75 mca. Portanto, haverá significativo esforço de empuxo a ser aplicado nas campânulas.
- Não foi prevista válvula mantenedora de pressão na entrada do queimador (flare).
- Não foram previstas válvulas de bloqueio na entrada do queimador do biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 17 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

3 ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO

Para finalidade de estimativa da vazão de biogás, tanto na situação atual como de projeto, fizemos uma análise simplificada baseada nos dados operacionais disponibilizados pelo SAMAE, cobrindo o período de um ano.

Período analisado:	Jul/2022 a Jun/2023.
Execução das análises:	Laboratório credenciado

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 1. Características médias do esgoto bruto.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	144,6
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	343,4
Fósforo total	mg P/l	7,19
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	40,51

Os valores médios mensais do esgoto bruto são apresentados no Anexo I.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 18 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

Tabela 2. Características médias do esgoto tratado.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	47,9
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	153,4
Fósforo total	mg P/l	4,97
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	37,4

*Os resultados apresentados são de ETE compacta substituta instalada na ETE Canyon, em operação enquanto são realizadas as obras no reator UASB. Esta ETE compacta também possui processo anaeróbio.

Os valores médios mensais do esgoto tratado são apresentados no Anexo II.

3.3 CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 3. Cargas orgânicas DQO aplicadas e removidas no reator UASB.

Carga de DQO	Aplicada	Removida no UASB	Eficiência
Média	129,26	76,95	58,7%
Mínima	73,82	27,54	37,3%
Máxima	176,86	108,84	69,3%

*Os resultados apresentados são de ETE compacta substituta instalada na ETE Canyon, em operação enquanto são realizadas as obras no reator UASB. Esta ETE compacta também possui processo anaeróbio.

Os valores médios mensais das cargas orgânicas de DQO aplicadas no reator UASB e sua



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	19 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

eficiência são apresentados no Anexo III.

3.4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Conforme descrito no Relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa e software Probio 1.0 para estimativa da vazão de biogás.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

No anexo IV apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.

No anexo V apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do software Probio 1.0.

Na tabela a seguir apresentamos as vazões estimadas de biogás para os 4 cenários explicados e segundo as duas metodologias de cálculo.

Tabela 4. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanço de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m3/d	16,81	17,1
Cenário II	m3/d	29,33	27,8
Cenário III	m3/d	342	319,9
Cenário IV	m3/d	412,2	470,8



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 20 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento feito pelo SAMAE indicam esgoto com características médias de DBO um pouco baixas. Os demais parâmetros, tais como DQO, nitrogênio e fósforo estão na faixa de valores para esgoto médio.

A eficiência média na remoção de DQO no reator UASB da ETE compacta substituta está bastante satisfatória e por isto entendemos que está havendo conversão de matéria orgânica a biogás.

A análise dos dados de monitoramento contribui para que se possa fazer o dimensionamento racional do sistema de coleta e queima do biogás, evitando o superdimensionamento, uma vez que a vazão de biogás prevista no projeto é muito superior à vazão teórica atual.

- I. A vazão média recebida pela ETE Canyon, quando retomar a operação em futuro breve, será da ordem de apenas 10,5% da capacidade nominal da ETE.
- II. A produção de biogás estimada em 28 m³/d, para os dados operacionais representa apenas 6% do potencial máximo teórico da ETE, estimada em 470 m³/d.

4 VISTORIA IN LOCO DA ETE CANYON

A ETE Canyon encontra-se em manutenção, estando fora de operação, sendo que o esgoto atualmente é tratado através de uma estação de tratamento compacta. Na ocasião da vistoria, estava havendo a substituição dos equipamentos internos do reator UASB.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 21 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		



Figura 6: ETE Canyon. Fonte: Google Earth, acesso em 18/09/2023.

A visita técnica foi realizada no dia 17 de agosto de 2023. Os componentes vistoriados foram:

- 1) Caixa de gradeamento
- 2) Tratamento preliminar
- 3) Reator UASB

4.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

Confirmamos as aberturas das grades atualmente em operação na ETE Canyon. O Gradeamento inicial possui abertura de 50 mm, seguido por gradeamento fixo de 25 mm.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	22 DE 33
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

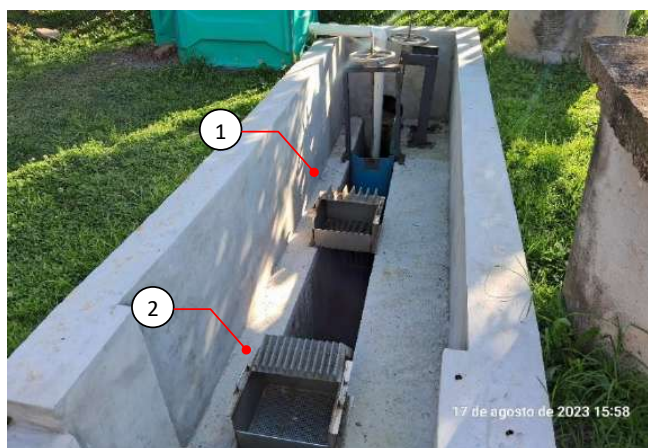


Figura 7: Canal de chegada do esgoto bruto, com grade de 50 mm seguida por grade de 25 mm.

Principais observações:

- 1) Grade fixa em aço inoxidável, com abertura de 50 mm.
- 2) Grade fixa em aço inoxidável, com abertura de 25 mm.



Figura 8: Vista da entrada na estação elevatória de recalque para o tratamento preliminar, onde será implantada uma grade mecanizada de 15 mm de abertura.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 23 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		



Figura 9: Canal de chegada no tratamento preliminar, onde há potencial para instalação de peneiras rotativas.

Principais observações:

- 1) O canal apresenta paredes em estrutura de concreto armado.
- 2) O canal apresenta dimensões que permitem a instalação de peneiras rotativas de fluxo interno.

Por haver somente uma unidade de reator UASB na ETE Canyon, é necessário aumentar os cuidados para evitar a parada da operação para realização de manutenção visando a retirada de espuma no interior das campânulas.

4.2 REATOR UASB

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do reator UASB:



	ESTUDO	Nº	REV.
		DG.SAMAE.1.1.01.R1	R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	24 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			



Figura 10: Vista da laje de cobertura do reator UASB: detalhe dos alçapões e tampões novos em PRFV.



Figura 11: Vista do interior do reator UASB: Detalhe de tubulações de coleta do biogás.

Observações:

- 1) Execução das tubulações internas conforme projeto.
- 2) Vista do interior da laje de cobertura, com aplicação de impermeabilização.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 25 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

O uso de conexões do tipo ponta e bolsa soldável não é a mais adequada para o escoamento de gases. As campânulas estarão sujeitas a grandes esforços de empuxo, capazes de provocar deformações e movimentação da tubulação de coleta do biogás.



Figura 12: Vista do interior do reator UASB: Detalhe de tubulações de coleta do biogás.



Figura 13: Vista do interior do reator UASB: Detalhe do para o posicionamento da tubulação de biogás.

Observações:

- 1) A tubulação de coleta do biogás estava apenas posicionada. Fomos informados



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 26 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

pela equipe da contratada que a solução para a conexão entre a campânula e a tubulação do biogás não estava definida.

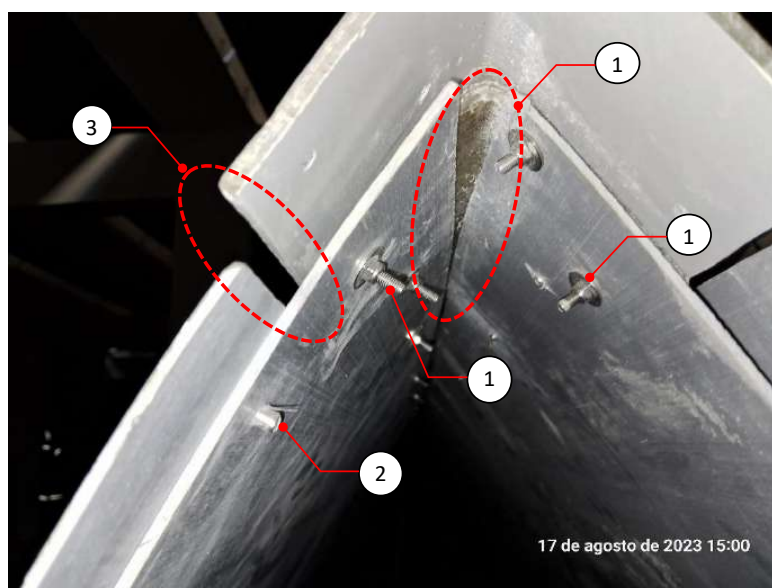


Figura 14: Detalhe da fabricação das campânulas: Junção entre as chapas para formar a campânula do biogás e conexões parafusadas.

Observações:

- 1) União de topo entre chapas
- 2) Ligação parafusada.
- 3) Ligação rebitada.
- 4) Vão entre as abas para emendas entre as campânulas.

As campânulas não vieram pré-montadas, sendo necessário fazer a união das chapas pelo topo. Esta união é feita através de uma cantoneira fabricada com perfil de maior espessura.

Foram utilizadas ligações parafusadas com execução de furos diretamente sobre as placas das campânulas, o que constitui uma fonte de vazamentos de biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 27 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

As emendas entre campânulas no sentido longitudinal foram executadas através da sobreposição com tiras de chapas de PRFV, as quais não oferecem resistência mecânica e não garantem a estanqueidade. Estas tiras foram conectadas através de rebites. O uso de rebites também não é adequado, por não garantir a compressão adequada na fixação das abas. É desconhecido também o material de fabricação dos rebites.

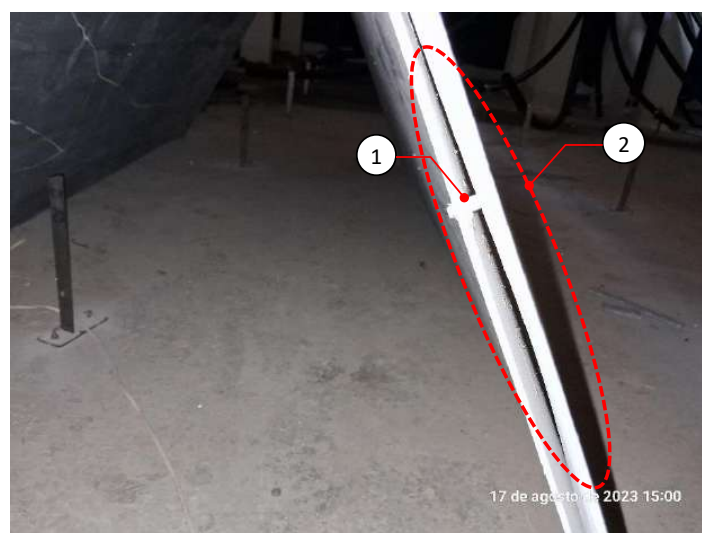


Figura 15: Detalhe da fabricação das campânulas: emendas entre campânulas.

Observações:

- 1) Ligação rebitada.
- 2) Vão entre a aba para emenda entre as campânulas.

Conforme comentado anteriormente, o uso de rebites nas abas para emendas entre campânulas não proporciona a resistência mecânica adequada e isto resultou na presença de vãos entre a chapa da campânula e a aba de emenda, por onde haverá vazamento de biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.1.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 28 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		



Figura 16: Vistas do interior do reator UASB: Detalhe entre campânulas e paredes de concreto.

Observações:

- 1) Recorte das cantoneiras sem preocupação com a correta concordância.
- 2) Orifício de grandes dimensões por onde haverá fuga de biogás.

Entendemos que se trata de montagem ainda não concluída, porém verifica-se que os perfis de cantoneira para fixação das campânulas não foram corretamente recortados, resultando em aberturas por onde podem escapar biogás. Trata-se de problema recorrente em todas as partes onde há encontros entre as campânulas e paredes de concreto.



	ESTUDO Nº	REV. R1
	DG.SAMAE.1.1.01.R1	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 29 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON		

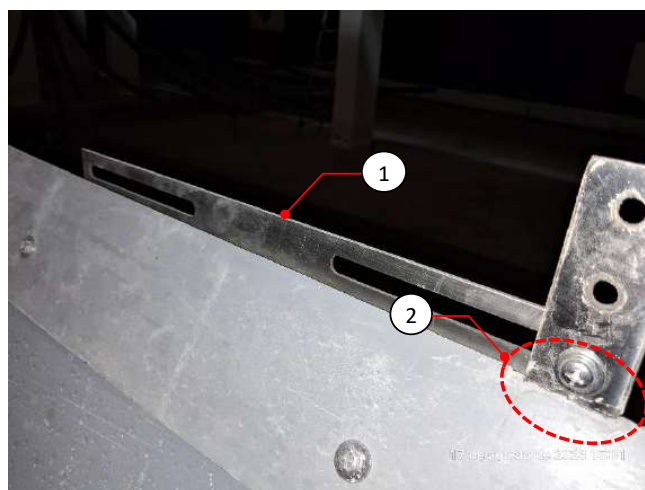


Figura 17: Vistas do interior do reator UASB: Detalhe do tirante para suporte das campânulas.

Observações:

- 1) Tirante com furos oblongos.
- 2) Base do tirante na cantoneira do topo da campânula.

A concepção do tirante não é adequada, pois não oferece resistência à tração e nem à compressão. Quando for aplicado esforço de tração, os parafusos de fixação irão escorregar. Já quando houver esforços de compressão, o que é mais provável, devido ao empuxo do volume do biogás no interior da campânula, poderá haver tanto o escorregamento dos parafusos como também a deformação, pois a estrutura é muito esbelta.

Na região da base do tirante, o uso de chapa metálica não é compatível com o perfil da cantoneira em PRFV, o qual possui resistência mecânica muito inferior.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	30 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

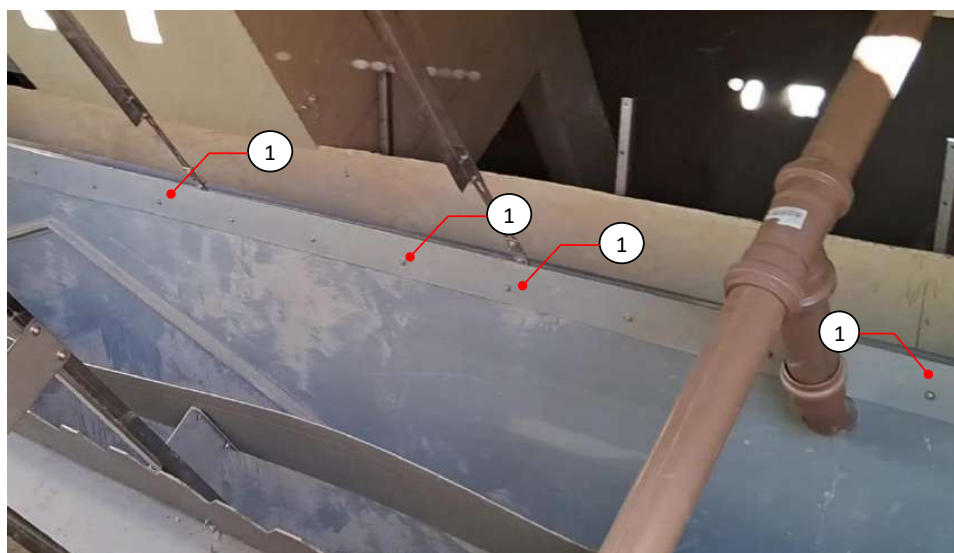


Figura 18: Vistas do interior do reator UASB: ligações parafusadas na campânula.

Observações:

- 1) Ligações parafusadas em grande quantidade na câmara do biogás.

A grande quantidade de ligações parafusadas na região onde o biogás estará acumulado e pressurizado constitui fonte de vazamento difuso.

Não é seguro executar furos nesta região.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao tratamento preliminar:

- I. É necessário prever dispositivo de retenção de sólidos grosseiros no tratamento preliminar com menores aberturas. A NBR 12209 especifica que a abertura do gradeamento deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	31 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

Quanto ao reator UASB:

- I. Levamos em consideração que os serviços da reforma do reator UASB ainda não estão concluídos e que as frestas verificadas em campo ainda poderiam ser reduzidas e tratadas para minimizar a perda de biogás.
- II. Verificamos durante a vistoria que a montagem das campânulas era feita somente com preocupação voltada à sua resistência mecânica. Não havia preocupação com o vazamento do biogás.
- III. Observamos elevada quantidade de frestas nas campânulas de biogás, com grande potencial de vazamento.
 - As emendas entre as campânulas, no sentido longitudinal, constituem motivo de preocupação, pois foram executadas de forma a oferecer baixa resistência mecânica e com falta de cuidados para garantir a estanqueidade.
 - O uso de rebites não é aconselhável. Seu material também deve ser resistente à corrosão.
 - As abas das emendas são de pequenas dimensões e são bastante frágeis.
 - A instalação em campo foi realizada através da execução de uma quantidade muito alta de furos para conexões parafusadas e rebitadas, o que constitui fonte de vazamento de biogás de forma difusa. Isto indica também baixo grau de industrialização da campânula, pois apesar da adequabilidade do uso do PRFV, da forma como foi executada na ETE Canyon, haverá muito vazamento de biogás pelas campânulas.
- IV. Apesar dos cuidados que ainda podem ser adotados para melhorar a estanqueidade das campânulas do reator UASB da ETE Canyon, ainda haverá necessidade de adoção de medidas adicionais para garantir que não haja vazamento de biogás.
- V. O tipo de tubulação utilizada para a coleta do biogás no interior do reator não é a mais adequada ao escoamento de biogás sob pressão.
- VI. Não está detalhado no projeto executivo a forma de execução da conexão entre



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	32 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

a tubulação de PVC e a campânula de PRFV.

- VII. Além do vazamento do biogás, pode ocorrer também a admissão de ar atmosférico para o interior do reator UASB, durante operações de retirada do lodo, por exemplo.

Em relação ao sistema de coleta e queima do biogás:

- I. Não há projeto definitivo e nem instalações para a queima de biogás atualmente.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.1.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	33 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - CANYON			

ANEXOS

ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.

ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.

ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.

ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.

ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.



26807000010642



ANEXO I - VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL

PROJETO: ETE CANYON

ITEM: CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	N_ AMONIACAL (mg/l)	FÓSFORO TOTAL (mg/l)
jul/22	11.352,96	366,22	10,2%	352,99	120,50	38,19	7,52
ago/22	12.674,88	452,67	12,6%	255,49	105,25	27,95	5,34
set/22	11.897,28	383,78	10,7%	300,24	146,55	39,44	6,96
out/22	11.819,52	393,98	11,0%	317,35	144,40	49,25	7,28
nov/22	12.389,76	399,67	11,1%	366,19	151,35	51,80	7,64
dez/22	11.975,04	399,17	11,1%	381,81	148,30	50,60	6,92
jan/23	10.186,56	328,60	9,1%	394,80	149,14	51,49	8,26
fev/23	10.834,56	349,50	9,7%	385,06	224,35	49,78	8,63
mar/23	9.694,08	323,14	9,0%	228,46	141,75	31,51	5,56
abr/23	9.357,12	301,84	8,4%	336,65	154,08	38,37	8,23
mai/23	11.975,04	399,17	11,1%	443,07	106,88	29,76	7,66
jun/23	12.985,92	418,90	11,7%	359,08	131,20	27,95	6,25
MÉDIA	11.428,56	376,39	10,5%	343,43	143,64	40,51	7,19





ANEXO II - VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO

CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	ETE CANYON	INICIAL	30/8/2023
ITEM:	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO MÉDIA MENSAL (mg/l)	DBO MÉDIA MENSAL (mg/l)	N_ AMONÍACAL MÉDIA MENSAL (mg/l)	FÓSFORO TOTAL MÉDIO MENSAL (mg/l)
jul/22	11.352,96	366,22	10,2%	137,22	30,00	37,79	3,22
ago/22	12.674,88	452,67	12,6%	105,25	27,15	31,11	4,09
set/22	11.897,28	383,78	10,7%	111,65	33,70	40,30	4,28
out/22	11.819,52	393,98	11,0%	127,63	38,65	26,66	4,43
nov/22	12.389,76	399,67	11,1%	162,30	26,95	43,13	4,27
dez/22	11.975,04	399,17	11,1%	115,64	35,55	46,70	5,30
jan/23	10.186,56	328,60	9,1%	110,77	12,75	51,56	6,08
fev/23	10.834,56	349,50	9,7%	375,32	210,43	37,38	6,01
mar/23	9.694,08	323,14	9,0%	135,11	20,15	35,74	4,37
abr/23	9.357,12	301,84	8,4%	140,59	49,75	40,46	6,72
mai/23	11.975,04	399,17	11,1%	168,81	33,35	27,28	5,48
jun/23	12.985,92	418,90	11,7%	151,66	56,60	30,66	5,38
MÉDIA ANUAL	11.428,56	376,39	10,5%	153,49	47,92	37,39	4,97



ANEXO III - CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB

CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	ETE CANYON	INICIAL	30/8/2023
ITEM:	CARGA DE DQO AFLUENTE E REMOVIDA NO UASB	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

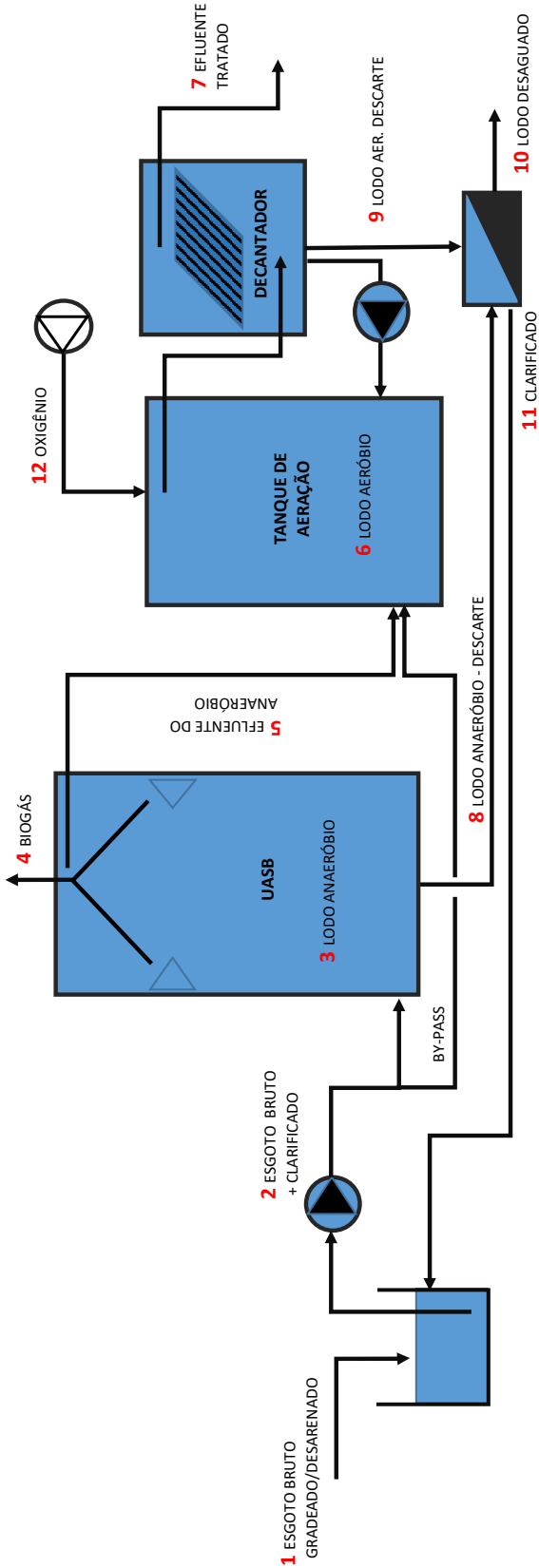
MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO MÉDIA ENTRADA DO UASB (mg/l)	DQO MÉDIA SAÍDA DO UASB (mg/l)	EFICIÊNCIA UASB (%)	CARGAS MÉDIAS AFLUENTES (kg DQO/d)	CARGAS MÉDIAS REMOVIDAS NO UASB (kg DQO/d)
jul/22	11.352,96	366,22	10,2%	352,99	119,63	66,1%	129,27	85,46
ago/22	12.674,88	452,67	12,6%	255,49	100,46	60,7%	115,65	70,18
set/22	11.897,28	383,78	10,7%	300,24	147,61	50,8%	115,23	58,58
out/22	11.819,52	393,98	11,0%	317,35	121,22	61,8%	125,03	77,27
nov/22	12.389,76	399,67	11,1%	366,19	152,46	58,4%	146,36	85,42
dez/22	11.975,04	399,17	11,1%	381,81	117,26	69,3%	152,41	105,60
jan/23	10.186,56	328,60	9,1%	394,80	174,07	55,9%	129,73	72,53
fev/23	10.834,56	349,50	9,7%	385,06	131,87	65,8%	134,58	88,49
mar/23	9.694,08	323,14	9,0%	228,46	143,23	37,3%	73,82	27,54
abr/23	9.357,12	301,84	8,4%	336,65	155,26	53,9%	101,62	54,75
mai/23	11.975,04	399,17	11,1%	443,07	170,42	61,5%	176,86	108,84
jun/23	12.985,92	418,90	11,7%	359	134	62,6%	150,42	94,12
MÉDIA	11.428,56	376,39	10,5%	343	139	58,7%	129,26	76,95



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO: INICIAL
DATA: 30/8/2023
CREA: 5061891463



COEFICIENTES DE FRACIONAMENTO DA DQO		VALOR ADOPTADO	REFERÊNCIAS		
			ESGOTO BRUTO	ESGOTO DECANTADO	EFFLUENTE DO UASB
FRAÇÃO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	f_{rb}	0,20	0,20	0,25	0,00
FRAÇÃO BIODEGRADÁVEL	f_b	0,82	0,82	0,88	0,65
FRAÇÃO SOLÚVEL NÃO BIODEGRADÁVEL	f_{us}	0,05	0,05	0,08	0,20
FRAÇÃO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	f_{np}	0,13	0,13	0,04	0,15



26807000010642



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO		DATA
INICIAL		30/8/2023
CREA:		5061891463

COEFICIENTES DE FRACIONAMENTO DO LODO ATIVO AERÓBIO				
FRAÇÃO ATIVA DO LODO	f_{av}	$MX_{BH,6} / MX_{V,6}$	0,20	
FRAÇÃO INERTE	f_i	$MX_{i,6} / MX_{V,6}$	0,61	
FRAÇÃO ENDÓGENA	f_e	$MX_{BE,6} / MX_{V,6}$	0,19	
COEFICIENTE PARA FRAÇÃO ENDÓGENA	f_E		0,20	EMPREGADO NA LITERATURA
COEF. DE RENDIMENTO CELULAR - ANAERÓBIO	Y_1		0,12	kg SSV/kg DQO CONVERTIDA LODO ANAERÓBIO
COEF. DE RENDIMENTO CELULAR - AERÓBIO	Y_2		0,30	kg SSV/kg DQO CONVERTIDA LODO AERÓBIO
DQO PRESENTE NO LODO ANAERÓBIO	$f_{cv,1}$		2,12	kg DQO/kg SSV PARA LODO ANAERÓBIO
DQO PRESENTE NO LODO AERÓBIO	$f_{cv,2}$		1,48	kg DQO/kg SSV PARA LODO AERÓBIO
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - ANAERÓBIO	$R_{S,1}$		90,00	d
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - AERÓBIO	$R_{S,2}$		20,00	d
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - NITRIFICAÇÃO	R_{SSN}	$1 / (\mu - b_n')$	10,32	d CALCULADO
TAXA ESPECÍFICA MÁXIMA DE CRESCIMENTO DE NITROSSOMONAS	$\mu_{m,20}$		0,24	d ⁻¹
CORRIGIDA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	μ_m	$\mu_{m,20} \cdot 1,123^{T-20}$	0,24	d ⁻¹ EKAMA, G.A. & MARAIS, G.V.R. 1976
CORRIGIDA EM FUNÇÃO DO OXIG. DISSOLVIDO, AMÔNIA E FRAÇÃO DO LODO NA ZONA ANÓXICA	μ	$\mu_m \cdot \frac{N_o}{N_o + K_N} \cdot \frac{OD}{OD + K_o} \cdot (1 - f_n)$	0,14	d ⁻¹
CONSTANTE DE MEIA SATURAÇÃO DE AMÔNIA PARA NITROSSOMONAS	$K_{N,20}$		0,40	mg/l
CONSTANTE DE DECAIMENTO DO LODO AERÓBIO	b_h		0,24	d ⁻¹ EKAMA, G.A.; DOLD, D.L. & MARAIS, G.V.R. 1986
	b_h'	$b_h \cdot 1,04^{T-20}$	0,24	d ⁻¹ CORRIGIDO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA
CONSTANTE DE DECAIMENTO DE NITROSSOMONAS	b_n		0,040	d ⁻¹ EKAMA, G.A. & MARAIS, G.V.R. 1976
	b_n'	$b_n \cdot 1,04^{T-20}$	0,040	d ⁻¹
FRAÇÃO DE MASSA DE LODO NA ZONA ANÓXICA	f_x	0		SE $f_x = 0$, SOMENTE NITRIFICAÇÃO
FRAÇÃO DA VAZÃO DE BY-PASS PARA A ZONA ANÓXICA	f_R	0%		



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

RAZÃO DE RECIRCULAÇÃO INTERNA PARA ZONA ANÓXICA			R	0%
CONSTANTE DE DESNITRIFICAÇÃO COM DQO LENTAMENTE BIODEGRADÁVEL			K_2	$0,1.1,0.8^{T-20}$
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - AMONIFICAÇÃO			ΔALC_{AM}	3,57 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - NITRIFICAÇÃO			ΔALC_{NIT}	-7,14 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - DESNITRIFICAÇÃO			ΔALC_{DES-N}	3,57 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
TEMPERATURA DO LÍQUIDO			T	20,00 9C
DQO NO METANO			DQO_{CH4}	4,00 kg DQO/kg CH ₄
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DQO - ANAERÓBIO			E_{ANA}	60%
EFICIÊNCIA APÓS O AERÓBIO			E_{AER}	85% CALCULADO
RELAÇÃO SSV/SSV NO LODO ANAERÓBIO			f_{v1}	0,55
RELAÇÃO SSV/SSV NO LODO AERÓBIO			f_{v2}	0,58
EFIC. NA RETENÇÃO DE SÓLIDOS - DESAGUAMENTO			$E_{RET,S}$	90%
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DE DESCARTE ANAERÓBIO			S_1	20,00 kg SST/m ³
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DE DESCARTE AERÓBIO			S_2	6,00 kg SST/m ³
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DESAGUADO			S_3	200,00 kg SST/m ³
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO EFLUENTE TRATADO			X_E	0,015 kg SSV/m ³

1	ESGOTO BRUTO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
VAZÃO		Q_1	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	301,84	399,00	3.694,20	5.438,02 m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL		$MS_{ta,t}$	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	101,62	176,86	2.059,78	2.485,22 kg DQO/d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL		$MS_{rb,t}$	$MS_{ta,t}.f_{rb}$	20,32	35,37	411,96	497,04 kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL		$MS_{b,t}$	$MS_{ta,t}.f_b$	83,33	145,03	1.689,02	2.037,88 kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL		$MS_{ns,t}$	$MS_{ta,t}.f_{ns}$	5,08	8,84	102,99	124,26 kg DQO/d





26807000010642



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

VAZÃO	Q'_5	$Q_2 - Q_8$	400,70	3,718,25	5,462,64	m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL	$MS'_{ta,5}$	$MS_{ta,2} \cdot (1 - E_{ANA})$	302,49	3,718,25	5,462,64	m ³ /d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS'_{rb,5}$	$MS'_{ta,5} \cdot f_{rb}$	41,49	844,07	1,017,12	kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{b,5}$		0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{us,5}$	$MS'_{ta,5} \cdot f_b$	26,97	548,64	661,13	kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{up,5}$	$MS'_{us,5} \cdot f_{us}$	8,30	168,81	203,42	kg DQO/d
CARGA DE N AMONIAICAL (AMONIFICAÇÃO COMPLETA NO ANAERÓBIO)	$MN'_{T,5}$	$MS'_{up,5} \cdot f_{up}$	6,22	126,61	152,57	kg DQO/d
		$MN_{T,2} - MN_{o,8}$	9,31	11,95	162,26	kg N/d

BY-PASS PARA ZONA ANÓXICA

VAZÃO	Q''_5	$(Q_I + Q_{II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL	$MS'''_{ta,5}$	$(MS'_{ta,t} + MS'_{ta,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS'''_{rb,5}$	$(MS'_{rb,t} + MS'_{rb,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS'''_{b,5}$	$(MS'_{b,t} + MS'_{b,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'''_{us,5}$	$(MS'_{us,t} + MS'_{us,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'''_{up,5}$	$(MS'_{up,t} + MS'_{up,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN'''_{T,5}$	$(MN'_{T,t} + MN'_{T,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg N_NKT/d

EFFLUENTE DO UASB + BY-PASS

VAZÃO	Q_5	$Q'_5 + Q''_5$	400,70	3,718,25	5,462,64	m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL	$MS'_{ta,5}$	$MS'_{ta,5} + M'_{T,5}$	41,49	844,07	1,017,12	kg DQO/d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS'_{rb,5}$	$MS'_{rb,5} + MS'''_{rb,55}$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{b,5}$	$MS'_{b,5} + MS'''_{b,5}$	26,97	548,64	661,13	kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{us,5}$	$MS'_{us,5} + MS'''_{us,5}$	8,30	168,81	203,42	kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{up,5}$	$MS'_{up,5} + MS'''_{up,5}$	6,22	126,61	152,57	kg DQO/d
CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN'_{T,5}$	$MN'_{T,5} + MN'''_{T,5}$	9,31	134,63	162,26	kg N_NKT/d



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO		DATA
INICIAL		30/8/2023
CREA:	5061891463	

6	CARGA DE N DISPONÍVEL PARA NITRIFICAÇÃO	$MN_{a,5}$	$MN_{T,5} - MN_{o,9}$	8,97	11,09	122,62	149,86	kg N/d
				29,66	27,69	32,98	27,43	mg N/l
	PERFIL DO LODO AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,6}$	$MX_{BH,6} + MX_{E,6} + MX_{i,6}$	138,77	242,07	2.823,37	3.402,23	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA DE SÓLIDOS ATIVOS	$MX_{BH,6}$	$(MS_{b,5} \cdot Y_2 \cdot R_{S2}) / (1 + b_h \cdot R_{S2})$	27,90	48,66	567,56	683,93	kg SSV

	MASSA ORGÂNICA DE RESÍDUO ENDÓGENO	$MX_{BE,6}$	$f_E \cdot b_h \cdot R_{S2} \cdot MX_{BH,6}$	26,78	46,71	544,86	656,57	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA INERTE	$MX_{i,6}$	$f_{up} \cdot R_{S2} \cdot MS_{ia,5} / f_{c,2}$	84,09	146,69	1.710,95	2.061,74	kg SSV

7	POTENCIAL DE DESNITRIFICAÇÃO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	POTENCIAL DE DESN. COM DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	D_1	$\frac{MS_{rb,5}}{2,86} \cdot (1 - f_{c,2} \cdot Y_2)$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	POTENCIAL DE DESN. COM DQO LENTAMENTE BIODEGRADÁVEL	D_2	$K_2 \cdot MX_{BH,6} \cdot f_x$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	POTENCIAL DE DESNITRIFICAÇÃO TOTAL (MÁX. = CARGA DE N DISPONÍVEL)	D	$(D_1 + D_2) \cdot R_2 / (1 + R)$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d

7	EFLUENTE DO PROCESSO AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	VAZÃO	Q_7	$Q_5 - Q_9$	301,76	398,84	3.692,26	5.435,80	m³/d
	CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ia,7}$	$MS_{us,7} + MS_{p,7}$	15,00	23,33	250,78	324,10	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,7}$	$MS_{us,5}$	8,30	14,47	168,81	203,42	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PARTICULADA	$MS_{p,7}$	$MX_{V,7} \cdot f_{c,0,1}$	6,70	8,85	81,97	120,67	kg DQO/d
	CARGA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,7}$	$Q_7 \cdot X_E$	4,53	5,98	55,38	81,54	kg DQO/d
	CARGA DE N AMONÍACAL	$MN_{a,7}$	$N_{a,7} \cdot Q_7 / 1000$	0,23	0,31	2,83	4,17	kg N/d
	CARGA DE N NITRATO	$MN_{d,7}$	$MN_{a,5} - D - MN_{a,7}$	8,97	11,09	122,62	149,86	kg N/d
	CARGA DE N ORGÂNICO	$MN_{o,7}$	$MX_{V,7} \cdot O_2 / 14$	0,63	0,84	7,75	11,42	kg N/d

	CARGA DE N TOTAL	$MN_{T,7}$	$MN_{d,7} + MN_{a,7} + MN_{o,7}$	9,84	12,24	133,21	165,45	kg N/d
--	------------------	------------	----------------------------------	------	-------	--------	--------	--------



26807000010642



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO

CONCENTRAÇÃO DE DQO NO EFLUENTE	$S_{ta,7}$	$(MS_{ta,7}/Q_7) \cdot 1000$	58,49	67,92	59,62	mg O ₂ /l
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSP. VOLÁTEIS	$X_{V,7}$	X_E	15,00	15,00	15,00	mg SSV/l
CONCENTRAÇÃO DE N AMONIACAL	$N_{a,7}$	$\frac{K_n \cdot (b'_n + 1 / R_{S2})}{[\mu - (b'_n + 1 / R_{S2})]}$	0,77	0,77	0,77	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N NITRATO	$N_{d,7}$	$MN_{d,7}/Q_7$	29,74	33,21	27,57	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N ORGÂNICO	$N_{o,7}$	$X_{V,7} \cdot O_{,14}$	2,10	2,10	2,10	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N TOTAL	$N_{T,7}$	$N_{d,7} + N_{a,7} + N_{o,7}$	32,60	36,08	30,44	mg N/l

8	LODO EXCEDENTE ANAERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,8}$	$MS_{ta,2} \cdot E_{ANA} \cdot Y_1$	7,47	13,03	151,93	183,08
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,8}$	$MX_{V,8} / f_{vf}$	13,58	23,68	276,24	332,88
	CARGA DE DQO NO DESCARTE	$MS_{ta,8}$	$MX_{V,8} \cdot f_{cd}$	15,83	27,62	322,10	388,13
	VAZÃO DE LODO DE DESCARTE	Q_8	$MX_{T,8} / S_1$	0,68	1,18	13,81	16,64
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,8}$	$MX_{V,8} \cdot O_{,14}$	1,05	1,82	21,27	25,63

9	LODO EXCEDENTE AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,9}$	$MS_{ta,5} \cdot E_{AER} \cdot Y_2 - MX_{V,7}$	2,41	6,12	85,78	88,57
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,9}$	$MX_{V,9} / f_{vt}$	4,39	11,13	155,97	161,04
	CARGA DE DQO NO DESCARTE	$MS_{ta,9}$	$MX_{V,9} \cdot f_{cd2}$	5,11	12,98	181,86	187,78
	VAZÃO DE LODO DE DESCARTE	Q_9	$MX_{T,9} / S_2$	0,73	1,85	26,00	26,84
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,9}$	$MX_{V,9} \cdot O_{,14}$	0,34	0,86	12,01	12,40

10	LODO DE DESCARTE (DESAGUADO)	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,10}$	$(MX_{V,8} + MX_{V,9}) \cdot E_{RET,S}$	8,89	17,23	213,95	244,49



26807000010642



ANEXO IV - BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE CANYON
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

11	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,10}$	$(MX_{T,g} + MX_{T,9}) \cdot E_{RET,S}$	16,17	31,33	388,99	444,53	kg SST/d
	CARGA DE DQO NO LODO DESAGUADO	$MS_{ta,10}$	$(MS_{ta,g} + MS_{ta,9}) \cdot E_{RET,S}$	18,85	36,53	453,56	518,32	kg DQO/d
	VAZÃO DE LODO DESAGUADO	Q_{10}	$MX_{T,10} / S_3$	0,08	0,16	1,94	2,22	m ³ /d
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,10}$	$MX_{V,10} \cdot O_{14}$	1,24	2,41	29,95	34,23	kg N/d
11	CLARIFICADO DO LODO DE DESCARTE	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,11}$	$(MX_{V,g} + MX_{V,9}) - MX_{V,10}$	0,99	1,91	23,77	27,17	kg SSV/d
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,11}$	$(MX_{T,g} + MX_{T,9}) - MX_{T,10}$	1,80	3,48	43,22	49,39	kg SST/d
	CARGA DE DQO NO CLARIFICADO	$MS_{ta,11}$	$(MS_{ta,g} + MS_{ta,9}) - MS_{ta,10}$	2,09	4,06	50,40	57,59	kg DQO/d
	CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS_{rb,11}$	$MS_{ta,11} \cdot f_{rb}$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
	CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS_{b,11}$	$MS_{ta,11} \cdot f_b$	1,36	2,64	32,76	37,43	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,11}$	$MS_{ta,11} \cdot f_{us}$	0,42	0,81	10,08	11,52	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,11}$	$MS_{ta,11} \cdot f_{up}$	0,31	0,61	7,56	8,64	kg DQO/d
12	VAZÃO DE CLARIFICADO	Q_{11}	$(Q_g + Q_9) - Q_{10}$	1,33	2,88	37,86	41,26	m ³ /d
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO CLARIFICADO	$MN_{o,11}$	$MX_{V,11} \cdot O_{14}$	0,14	0,27	3,33	3,80	kg N/d
	CONSUMO DE OXIGÊNIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	MASSA DE OXIGÊNIO - DEMANDA CARBONÁCEA	MO_C	$MS_{b,5} \cdot (1 - f_{co2} \cdot Y_2) + (1 - f_E) \cdot b_w \cdot f_{co2} \cdot MX_{BHI,6}$	22,92	39,98	466,33	561,93	kg O ₂ /d
	MASSA DE OXIGÊNIO - DEMANDA NITRIFICANTE	MO_N	$4 \cdot 57 \cdot MN_{a,5}$	41,01	50,70	560,39	684,87	kg O ₂ /d
	MASSA DE OXIGÊNIO - CRÉDITO DA DESNITRIFICAÇÃO	MO_D	$2 \cdot 86 \cdot D$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg O ₂ /d
	MASSA DE OXIGÊNIO TOTAL	MO	$MO_C + MO_N - MO_D$	63,93	90,68	1.026,71	1.246,80	kg O ₂ /d



Anexo V – Estimativa das vazões de biogás através do uso do software Probio 1.0

ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab Vazão afluente (Q_{med}) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia ☐ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L ☐ default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (Fs)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

Pior	Típica	Melhor
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐

Deefazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 1: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário I.



ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab Vazão afluente (Q_{med}) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia ☐ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L ☐ default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 2: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário II.



ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab Vazão afluente ($Q_{més}$) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia ☐ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L ☐ default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{células}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_T) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 3: Dados de entrada e resultados do programa ProBio 1.0 para o Cenário III.



ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab Vazão afluente (Q_{med}) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (Fs)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 4: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário IV.



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.2.1.01.R1					
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA: 1 de 30					
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO							
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS							
NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO		CREA: 5061891463				
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:						
ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMISSÃO INICIAL							
1	REVISÃO GERAL							
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	04/09/2023	28/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.								



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	2 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

**É proibida a reprodução total ou parcial, por
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.2.1.01.R1
Descrição do projeto:	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO
Local da obra:	Estrada da Uva, 4501. Desvio Rizzo. Caxias do Sul – RS. CEP 95110-310
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	28/09/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	3 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	ANÁLISE DO PROJETO DA ETE BELO	6
2.1	RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS	6
2.2	ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR	7
2.3	ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB	7
2.3.1	Tipologia do reator UASB	8
2.3.2	Campânula do biogás	10
2.3.3	Tubulações do reator para a coleta do biogás	11
2.3.4	Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás	12
2.3.5	Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.	12
2.4	ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS	12
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
3	ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO 15	
3.1	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE	15
3.2	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO	16
3.3	CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB	16
3.4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS	17
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
4	VISTORIA IN LOCO DA ETE BELO	19
4.1	TRATAMENTO PRELIMINAR	20
4.2	REATOR UASB MODULO 1	21
4.3	REATOR UASB MODULO 2	23
4.4	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS	25
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
	ANEXOS	30
	ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO	30
	ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.	30
	ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.	30
	ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.	30
	ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.	30



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	4 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico – ETE Belo, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Recomendamos a leitura do relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, o qual contém a descrição de aspectos teóricos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.

Estabelecemos a seguinte metodologia para a realização do diagnóstico da situação atual da ETE Belo:

- Análise do projeto da ETE Belo, envolvendo as unidades do tratamento preliminar, dos reatores UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Análise simplificada dos dados de monitoramento de vazões e cargas de esgoto;
- Vistoria in loco, com foco nas unidades do tratamento preliminar, do reator UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Elaboração do relatório do diagnóstico da ETE Belo (este documento).



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	5 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

A Estação de Tratamento de Esgoto Belo apresenta as seguintes especificações, conforme documentos de licenciamento Ambiental e versão mais recente do projeto:

Conforme Licença de Operação LO Nº01068/2021 e Resolução CONSEMA Nº 355/2017:

Capacidade da ETE:	16.400 m ³ /dia
Grau de tratamento:	Secundário
	DBO ≤ 40 mg/l
	DQO ≤ 150 mg/l
	Colif. termotolerantes ≤ 1000 NMP/100 ml

Conforme informações adicionais do projeto:

Nitrogênio Amoniacal ≤ 20 mg/l
Fósforo total ≤ 1 mg/l

❖ **Diretrizes do processo de tratamento – Dados coletados no projeto existente:**

- População atendida: 38.848 habitantes
- Vazões: 190 l/s – máxima
139 l/s - média
- Tratamento Preliminar: Gradeamento médio #25 mm
Remoção de sólidos abrasivos
Medição de vazão
- Tratamento Secundário: Processo anaeróbio inicial - UASB
Processo aeróbio complementar – Filtro aeróbio



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 6 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

submerso

Decantação secundária

- Gerenciamento do Lodo: Desaguamento mecanizado - centrífuga
- Desinfecção Cloração
- Remoção de fósforo Aplicação de cloreto férrico em floculador

2 ANÁLISE DO PROJETO DA ETE BELO

2.1 RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS

- Projeto executivo do subsistema Belo. Estação de tratamento de esgoto – ETE Belo. Memória descritiva e memória gráfica. Volume I. Set.2007. FBF Engenharia Ltda.
- Desenhos analisados:
 - Prancha 01/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE – Planta geral de locação.
 - Prancha 04/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE – Estação de bombeamento de esgoto – Planta Baixa e Detalhes.
 - Prancha 05/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE – Estação de bombeamento de esgoto – Cortes.
 - Prancha 06/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Desarenador – Planta Baixa e Detalhes.
 - Prancha 07/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Desarenador – Corte AA.
 - Prancha 08/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Desarenador – Corte BB e CC.
 - Prancha 03/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	7 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

Executivo ETE – Perfil hidráulico.

- Prancha 09/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta superior.
- Prancha 10/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta inferior.
- Prancha 11/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Corte AA e Vista 1.
- Prancha 12/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Cortes BB e CC.
- Prancha 13/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes das campânulas.
- Prancha 14/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Belo – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes.

2.2 ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR

No projeto da ETE Belo, o esgoto chega por gravidade na unidade de tratamento preliminar, onde passa por grade fixa em aço inoxidável, com abertura de 50 mm, seguida por gradeamento mecanizado, com abertura de 15 mm. Há uma grade fixa de reserva à grade mecanizada, com abertura de 25 mm.

Após o gradeamento, o esgoto passa por desarenação e é encaminhado para a estação de bombeamento, que faz o recalque para a caixa de distribuição do esgoto para os módulos dos reatores UASB.

2.3 ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB

Analizamos o detalhamento dos seguintes itens:

- Tipologia do reator UASB;
- Campânula do biogás;
- Tubulações do reator para a coleta do biogás;



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		8 DE 30

- IV. Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás;
- V. Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

2.3.1 Tipologia do reator UASB

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Dimensões por módulo:	24,00 m x 17,50 m (comprimento útil x largura útil)
Profundidade total/útil:	6,00 m x 5,3 m (total / útil)
Área superficial:	840 m ² no total 420 m ² por reator
Volume útil:	4.452 m ³ no total 1.680 m ³ por reator
Quantidade de módulos:	2 módulos
Cobertura do reator:	Laje maciça envolvendo todas as câmaras de biogás Laje pré-fabricada removível nas zonas de sedimentação
Material do tanque:	Concreto estrutural

Realizamos a modelagem em 3D do projeto do reator UASB, para auxiliar no estudo e análise dos detalhes do projeto existente e implantado. Ressaltamos que houve modelagem somente dos componentes mínimos para estudo das causas e fontes potenciais de vazamentos de biogás. O desenho resumido e em 3D do projeto é apresentado na folha DE.SAMAE.0.1.01.R0 - REATOR UASB BELO/PENA BRANCA/PINHAL/SAMUARA.

O reator UASB da ETE Belo é do tipo fechado, com laje de cobertura em concreto. Esta cobertura possui aberturas que dão acesso ao interior da zona de sedimentação do reator. As aberturas possuem tampas removíveis de concreto.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	9 DE 30
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

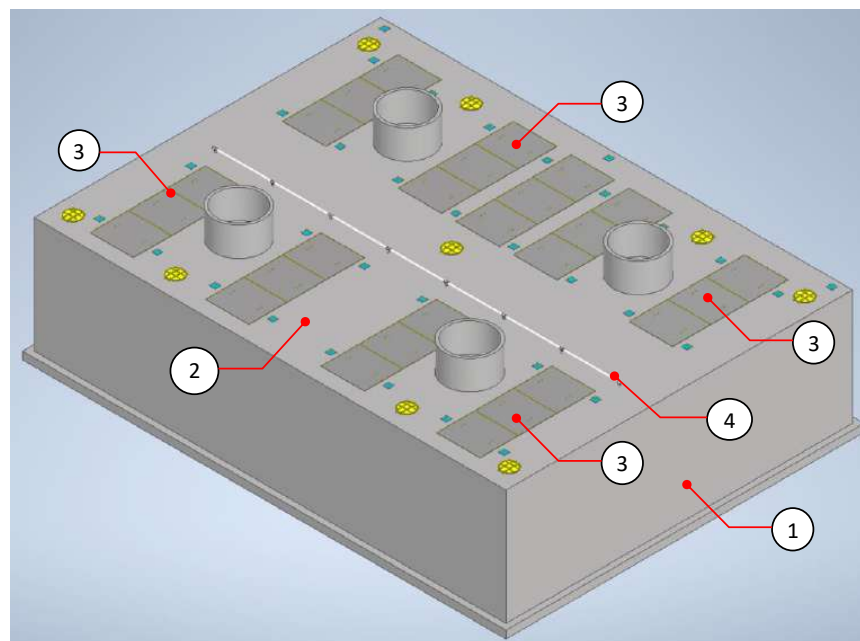


Figura 1: Vista do reator UASB da ETE Belo: Tanque do reator (1); Laje de cobertura em concreto (2); tampas de concreto removíveis (3); tubulação de coleta do biogás (4).

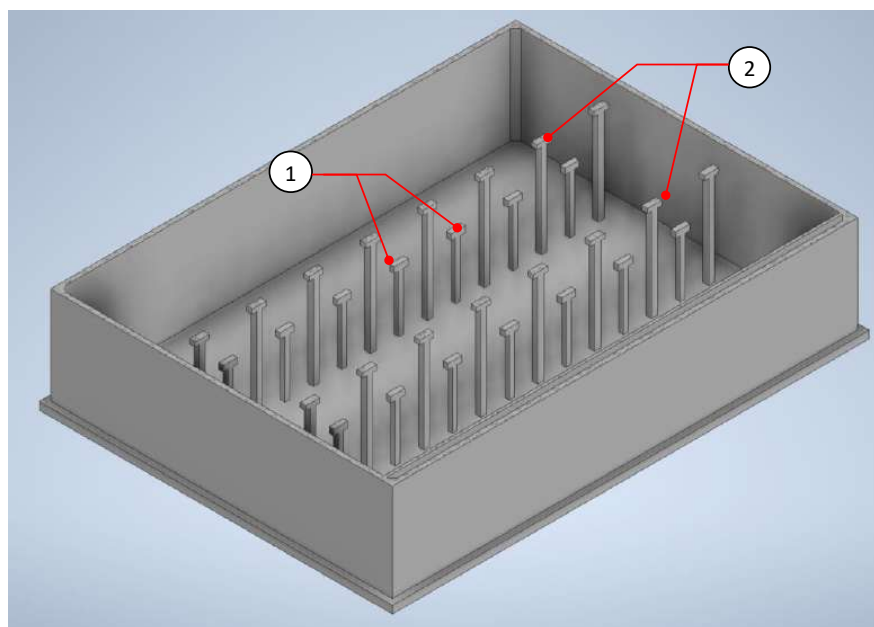


Figura 2: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Belo: Colunas para suporte da laje de cobertura e vigas da câmara do biogás (1); colunas para suporte das campânulas de concreto (2).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 10 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

O tanque do reator UASB possui também estruturas internas constituídas por colunas, para suporte das campânulas e laje de cobertura.

O acesso ao interior do reator pode ser feito através da retirada das lajes removíveis de concreto. Estas aberturas possuem largura de 2 m e comprimento 6 m. Além das tampas de concreto, foram previstas tampas de ferro fundido com diâmetro de 800 mm, para acesso rápido à zona de decantação.

As dimensões para acesso ao interior do reator UASB da ETE Belo viabilizam a fabricação prévia dos módulos das campânulas em galpão industrial.

2.3.2 Campânula do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Separador trifásico: 8 Campânulas transversais

Materiais da campânula: Fibra de vidro (PRFV)

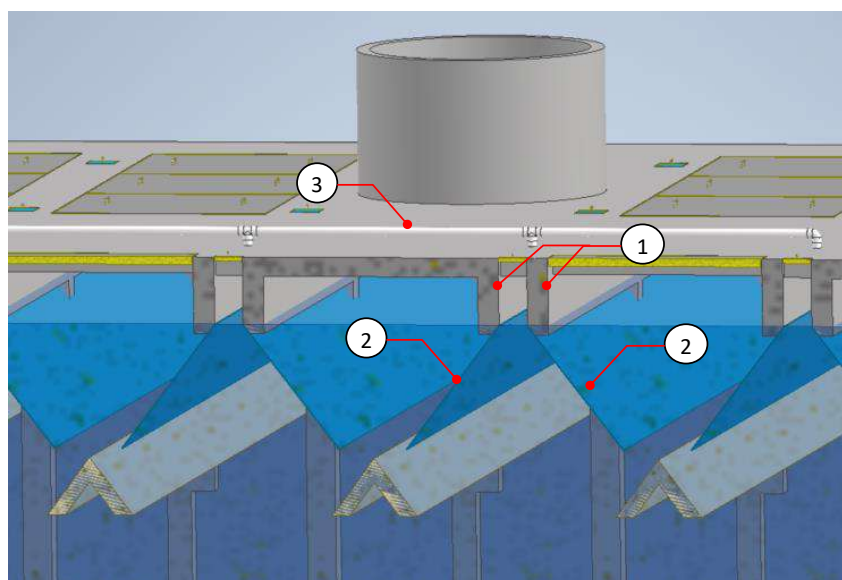


Figura 3: Detalhe da campânula do reator UASB da ETE Belo: Vigas de concreto (1); Cortinas de PRFV (2); Tubulação de coleta do biogás (3).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 11 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

A câmara do biogás é formada por duas vigas na laje de cobertura ligadas à placas rígidas de PRFV para formar as “cortinas”.

Apesar do caminho livre para as campânulas, há pequenas interferências em parte das campânulas em PRFV, com os “coxins” no topo das colunas, que não foram levadas em consideração no projeto. Há também interferência da extremidade das campânulas com a calha coletora principal.

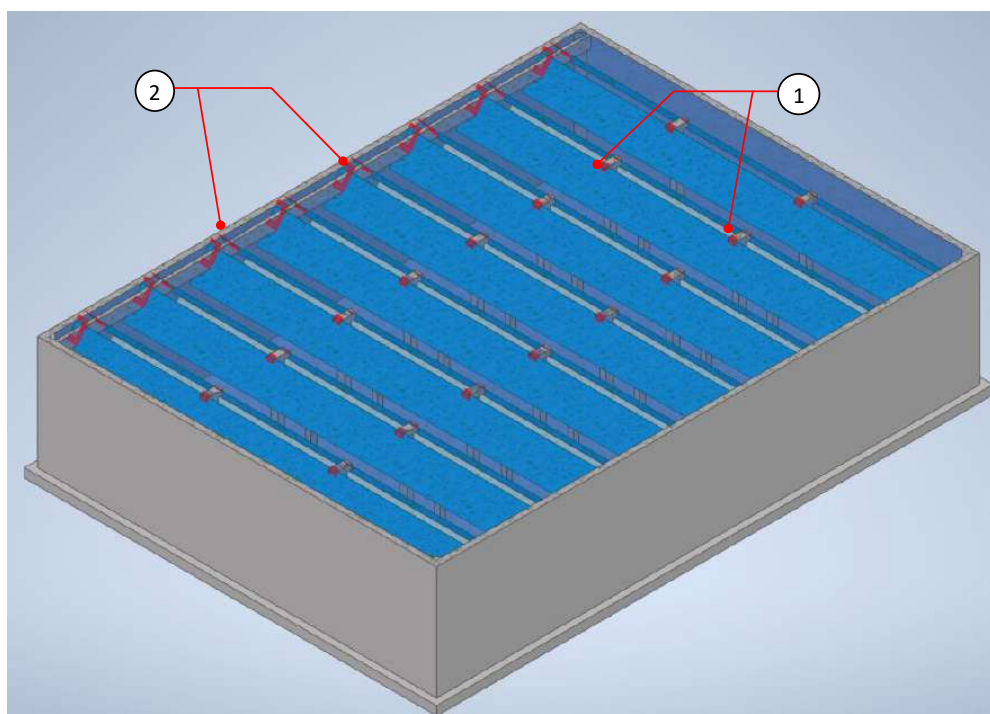


Figura 4: Análise de interferência para a campânula do reator UASB: Interferência com os “coxins” (1) ; interferência com a calha coletora principal (2).

2.3.3 Tubulações do reator para a coleta do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Sistema de coleta do biogás: Tubulações externas, localizadas sobre a laje de cobertura.

Diâmetro da tubulação: DN 75 mm



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 12 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

Material: PVC com extremidades para conexão do tipo ponta e bolsa soldável.

2.3.4 Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada no interior das campânulas.

2.3.5 Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada na zona de sedimentação.

Além disso, a canaleta de drenagem do esgoto tratado do UASB possui placa retentora de espuma.

2.4 ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Queimador do biogás:

Tipo de queimador: Flare de chama aparente

Diâmetro nominal do queimador: DN 1 Pol

Tubulação de coleta do biogás:

Diâmetro nominal: DN 75 mm

Material: PVC

Conexões: Ponta e bolsa soldável

Dispositivos de proteção:

Válvula corta chamas: ausente

Válvula bloqueio: DN 1 Pol. Na entrada do queimador



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 13 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

Controle/regulagem de pressão: Ausente

Dreno de condensados: Ausente

Tratamento do biogás:

Modalidade: Remoção de H₂S previamente à queima, através de filtro de carvão ativado.

Características do filtro:

Diâmetro do filtro: 1500 mm

Material filtrante: Carvão ativado

Tanque: Concreto

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise do projeto da ETE, apresentamos os seguintes comentários:

Quanto ao projeto do tratamento preliminar:

- A menor abertura de grade para remoção de sólidos grosseiros especificada no projeto corresponde à 15 mm, na grade mecanizada.
- Havendo necessidade de parada da grade mecanizada para manutenções, a menor abertura passará a ser de 25 mm.
- A NBR 12209 especifica que a abertura do gradeamento deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.

Quanto ao projeto do reator UASB:

- O projeto das campânulas do reator UASB apresenta boa concepção pelos



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 14 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

seguintes aspectos:

- Há um duto de concreto específico para o escoamento do biogás;
- Não há interferências na execução campânulas com elementos da estrutura do tanque de concreto, o que reduz o risco de vazamento em emendas;
- As “cortinas” da campânula foram especificadas em PRFV rígido;
- A possibilidade de entrada de espuma na tubulação de biogás inexistente pois há desnível de 0,7 m entre a entrada na tubulação de biogás e a superfície da água no interior da câmara de biogás;
- A pressão do biogás requerida no interior da campânula será bastante baixa e em valor apenas o necessário para a operação do flare.
- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada no interior da câmara de biogás. Porém, há tampões em ferro fundido para o acesso ao interior da câmara de biogás, permitindo a realização da retirada da espuma de forma manual e auxiliada por equipamento de sucção de drenagem.
- O risco de vazamento de biogás para a zona de sedimentação é baixo e dependerá somente da qualidade das vedações na execução das campânulas.

Quanto ao projeto do sistema de coleta de biogás, do reator ao sistema de queima:

- A tubulação em PVC com ponta e bolsa não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas.
- Não foi previsto dispositivo para regularização da pressão do biogás da saída do reator, sendo que em condições normais de operação, uma contrapressão pode ser exercida pelo filtro de carvão ativado.
- Não foi prevista válvula mantenedora de pressão na entrada do queimador (flare).
- Não foram previstas válvulas de bloqueio na entrada do filtro de carvão ativado



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 15 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

e na entrada do queimador do biogás.

- Não foi prevista válvula corta chamas entre o queimador e a saída do filtro de carvão ativado, para segurança do sistema.
- Não foi prevista válvula de drenagem na entrada do filtro de carvão ativado, onde a tubulação forma um sifão invertido.

3 ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO

Para finalidade de estimativa da vazão de biogás, tanto na situação atual como de projeto, fizemos uma análise simplificada baseada nos dados operacionais disponibilizados pelo SAMAE, cobrindo o período de um ano.

Período analisado:	Jul/2022 a Jun/2023.
Execução das análises:	Laboratório credenciado

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 1. Características médias do esgoto bruto.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	25,7
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	106,7
Fósforo total	mg P/l	3,4
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	26,3



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 16 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

Os valores médios mensais do esgoto bruto são apresentados no Anexo I.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 2. Características médias do esgoto tratado.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	5,9
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	32,0
Fósforo total	mg P/l	2,6
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	10,9

Os valores médios mensais do esgoto tratado são apresentados no Anexo II.

3.3 CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 3. Cargas orgânicas DQO aplicadas e removidas no reator UASB.

Carga de DQO	Aplicada	Removida no UASB	Eficiência
Média	175,36	68,97	36,2%
Mínima	101,63	4,52	3,1%
Máxima	335,0	128,73	58,4%

Os valores médios mensais das cargas orgânicas de DQO aplicadas no reator UASB e sua eficiência são apresentados no Anexo III.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 17 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

3.4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Conforme descrito no Relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa e software Probio 1.0 para estimativa da vazão de biogás.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

No anexo IV apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.

No anexo V apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do software Probio 1.0.

Na tabela a seguir apresentamos as vazões estimadas de biogás para os 4 cenários explicados e segundo as duas metodologias de cálculo.

Tabela 4. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanço de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m ³ /d	8,64	0,0
Cenário II	m ³ /d	54,58	43,9
Cenário III	m ³ /d	1.441,67	1.219,5
Cenário IV	m ³ /d	1.153,32	970,8



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	18 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento feito pelo SAMAE indicam esgoto com características médias de DBO extremamente baixas. Até mesmo os parâmetros Nitrogênio e fósforo estão baixos. Confirma-se então que há grande diluição do esgoto através de contribuições parasitárias.

Tabela 5. Quadro comparativo das características do esgoto.

Característica		Previsto no projeto	Valor médio no monitoramento
DBO	mg/l	231	25,7
DQO	mg/l	462	106,7
Nitrogênio NTK	mg/l	50	26,3
Fósforo total	mg/l	7	3,4

A análise dos dados de monitoramento contribui para que se possa fazer o dimensionamento racional do sistema de coleta e queima do biogás, evitando o superdimensionamento, uma vez que a vazão de biogás prevista no projeto é muito superior à vazão teórica atual.

Os dados de monitoramento mostram que os baixos valores de DBO no esgoto bruto afetam a eficiência do reator UASB. Entretanto, mostram também que a eficiência do UASB é bastante satisfatória para valores mais altos de DBO.

- I. A vazão média recebida pela ETE Belo é de apenas 10% da capacidade nominal da ETE.
- II. A produção de biogás estimada em 54,6 m³/d, para os dados operacionais representa apenas 4% do potencial máximo teórico da ETE, estimada em 1442 m³/d.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 19 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

4 VISTORIA IN LOCO DA ETE BELO

A ETE Belo possui duas unidades de reatores UASB. Devido à baixa vazão afluyente, uma unidade é operada como principal, denominado neste estudo como Reator UASB módulo 1, recebendo alimentação por esgoto constantemente e a segunda unidade, denominada como Reator UASB módulo 2, é acionada somente nas ocasiões em que ocorre aumento de vazão, normalmente durante as chuvas intensas.

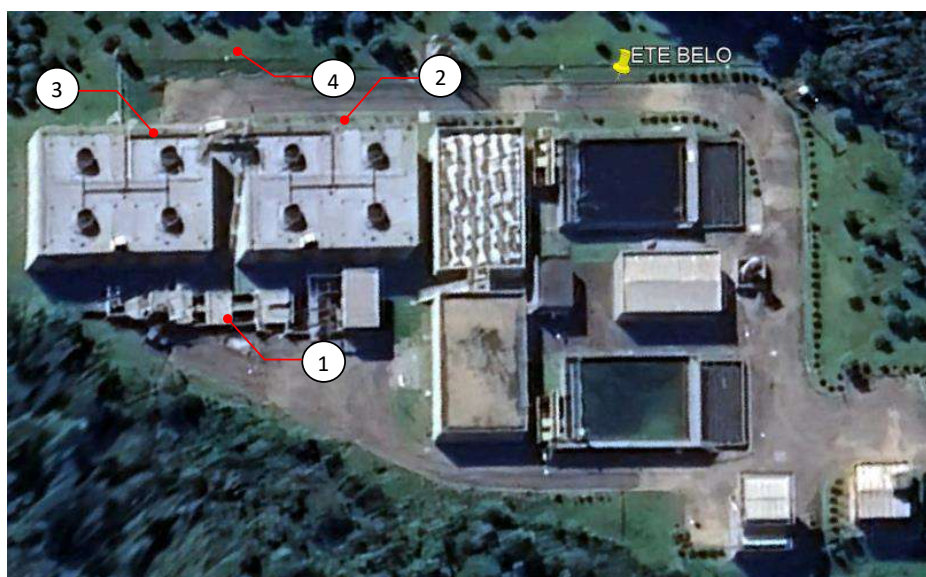


Figura 5: ETE Belo. Fonte: Google Earth, acesso em 18/09/2023.

A visita técnica foi realizada no dia 19 de agosto de 2023. Os componentes vistoriados foram:

- 1) Tratamento preliminar
- 2) Reator UASB – módulo 1 (em operação)
- 3) Reator UASB – módulo 2 (reserva)
- 4) Sistema de queima do biogás



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	20 DE 30
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

4.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

Inspecionamos as aberturas das grades atualmente em operação na ETE Belo. O Gradeamento inicial possui abertura de 25 mm, seguido por gradeamento mecanizado de 15 mm.



Figura 6: Canal de chegada do esgoto bruto, com grade fixa de abertura de 50 mm.



Figura 7: Canal de chegada do esgoto bruto, com grade mecanizada de 15 mm.



	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1	R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA 21 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

4.2 REATOR UASB MODULO 1

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do módulo 1 do reator UASB:

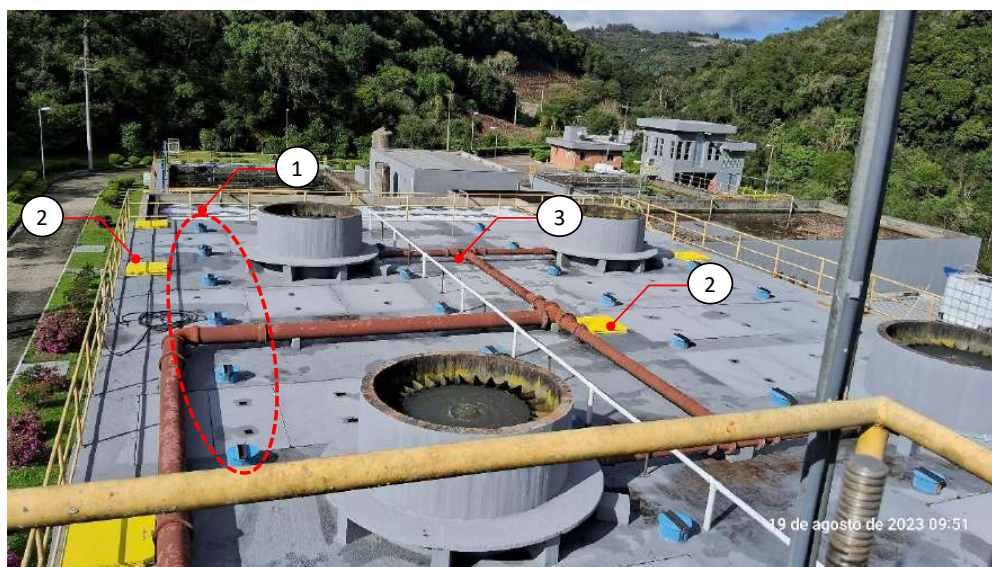


Figura 8: Vista da laje de cobertura do reator UASB em operação.

Observações:

- 1) Tampas de acesso à câmara do biogás.
- 2) Tampas de acesso à zona de sedimentação.
- 3) Tubulação de coleta do biogás.

As tampas em PRFV são mais resistentes à corrosão, sendo positiva a alteração em relação ao projeto original, que previa tampas em ferro fundido.



	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1	R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA 22 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		



Figura 9: Vista do alçapão em PRFV do reator UASB em operação.

Observações:

Verifica-se o bom estado de conservação da tampa de acesso à zona de sedimentação.

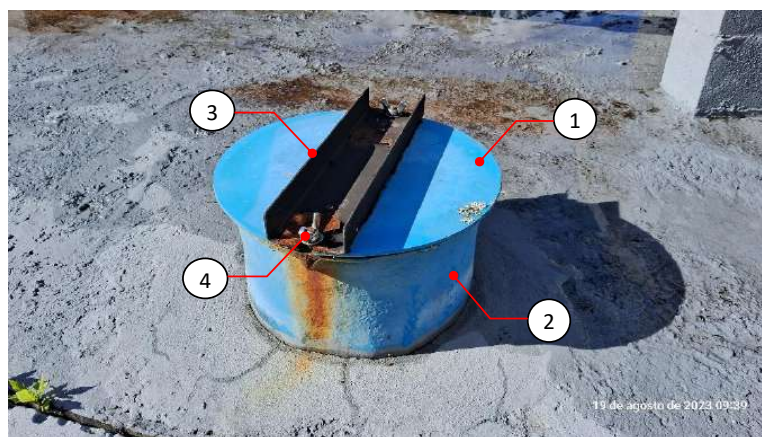


Figura 10: Vista da tampa em PRFV da câmara do biogás.

Observações:

- 1) Tampa em PRFV.
- 2) Bocal de acesso ao interior da câmara do biogás.
- 3) Perfil U em aço carbono.
- 4) Conexão com parafuso e porca borboleta em aço inoxidável.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 23 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

Devido à operação de queima do biogás, não foi realizada a abertura das tampas de acesso ao interior da campânula. No geral, os componentes da tampa de acesso apresentaram bom estado de conservação. Porém, o perfil U necessita manutenção da pintura para resistir melhor à corrosão.



Figura 11: Vista do acúmulo de espuma na zona de sedimentação do reator UASB em operação.

Observações:

- 1) Camada de espuma na zona de sedimentação.

A presença de espuma com crostas secas na zona de sedimentação indica que há espuma na câmara do biogás.

4.3 REATOR UASB MODULO 2

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do reator UASB módulo 2:



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA
	TÍTULO:		24 DE 30
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		



Figura 12: Vista da laje de cobertura do reator UASB: detalhe dos alçapões e tampões novos em PRFV.

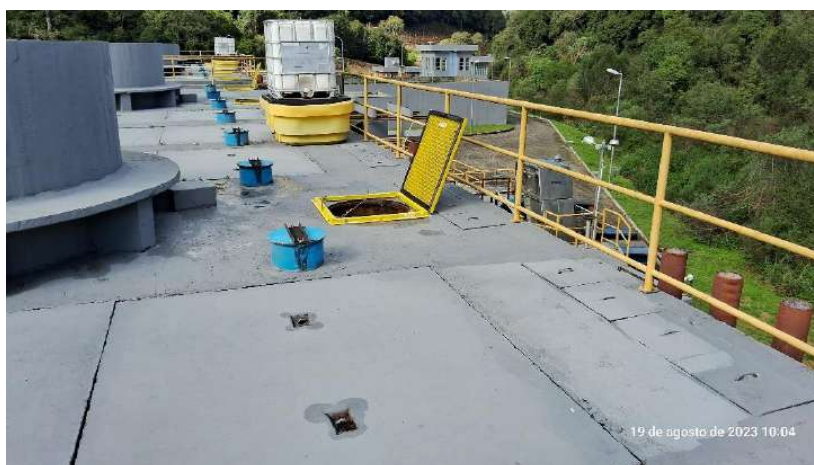


Figura 13: Vista da laje de cobertura do reator UASB reserva.

Por ser operado como reator reserva, somente em ocasiões de aumento de vazão, normalmente por chuvas intensas, o reator recebe praticamente água da chuva, gerando atmosfera menos corrosiva e por isto apresentando um melhor estado de conservação.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA
	TÍTULO:		25 DE 30
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		



Figura 14: Vista do interior da zona de sedimentação do reator UASB reserva.

4.4 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

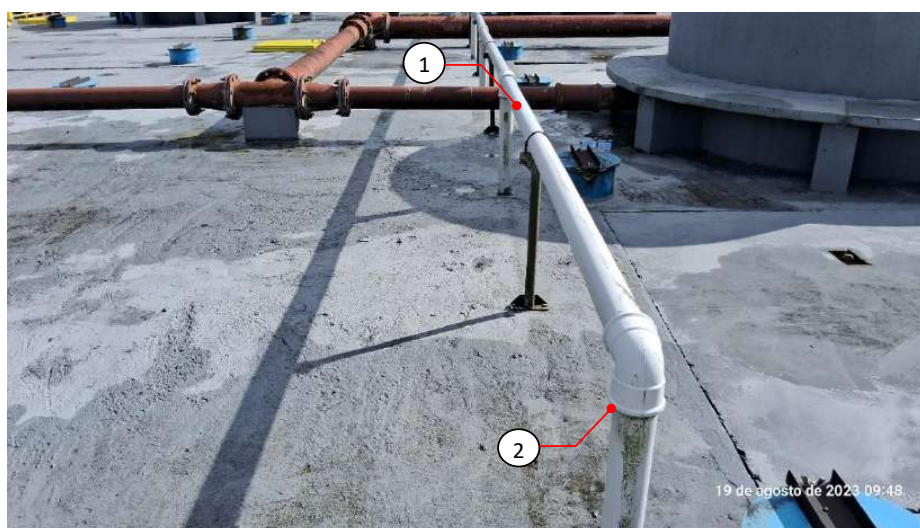


Figura 15: Vista da tubulação de coleta do biogás sobre a laje do reator UASB módulo 1.

Observações:

- 1) Tubulação em PVC para coleta do biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 26 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

2) Conexão ponta e bolsa.

Não recomendamos o uso de tubulação de PVC com conexões ponta e bolsa soldáveis totalmente exposta ao tempo, dado que haverá dilatações e retrações ao longo do dia.

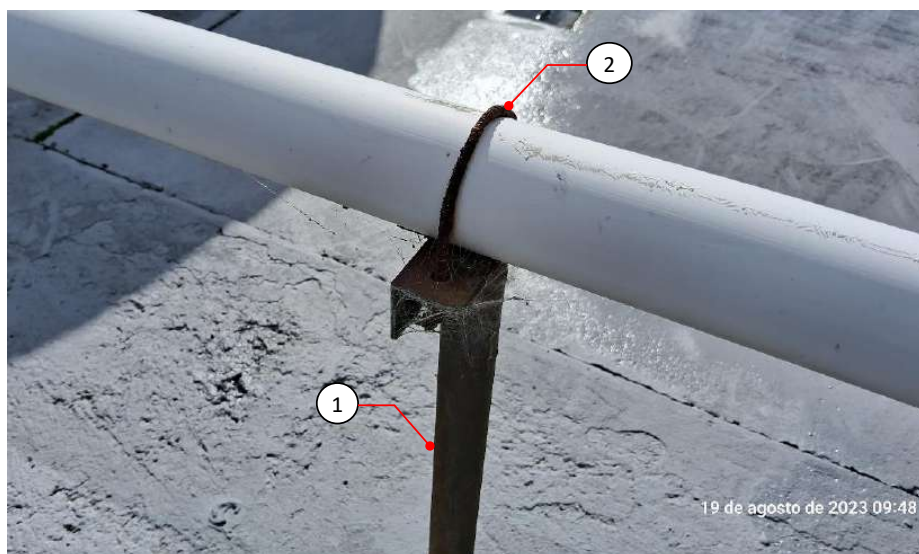


Figura 16: Vista da tubulação de coleta do biogás sobre a laje do reator UASB módulo 1: Suporte da tubulação (1); Abraçadeira metálica de perfil redondo (2).

Observações:

As abraçadeiras em perfil redondo utilizadas nos suportes da tubulação de coleta do biogás estão severamente corroídas. Poderá ser necessária a sua substituição no curto prazo.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA
	TÍTULO:		27 DE 30
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

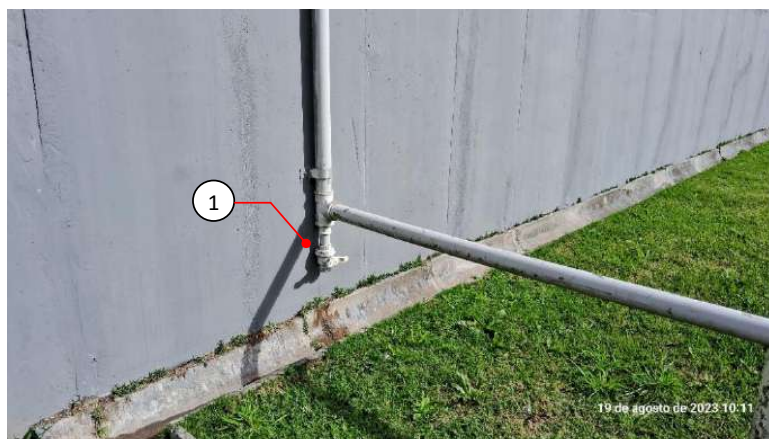


Figura 17: Vista do trecho de tubulação de coleta do biogás: dreno de condensado antes da entrada no filtro de carvão ativado (1).



Figura 18: Vista dos arredores do sistema de queima do biogás: Filtro de carvão ativado (1); Queimador tipo flare de chama aparente (2).

Observações:

A localização do flare parece bastante adequada, porém é necessário manter os arredores livres de vegetação.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 28 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

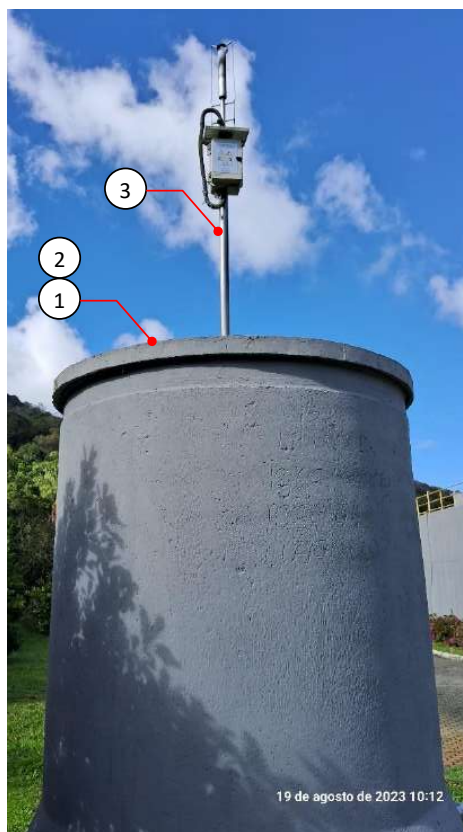


Figura 19: Sistema de filtração do biogás e flare.

Observações:

- 1) Tanque de concreto do filtro de carvão ativado em bom estado de conservação.
- 2) Ausência de bocal de acesso para realização de substituição do leito de carvão ativado.
- 3) Flare de queima aparente em bom estado de conservação.

No geral, os equipamentos do sistema de queima do biogás apresentam bom estado de conservação.

Pelo fato de haver produção e queima de biogás de forma constante, segundo os operadores da ETE Belo, concluímos que o fato do reator UASB operar com baixa carga e baixa vazão também resulta em produção de biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.2.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 29 DE 30
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO		

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao tratamento preliminar:

- I. A presença de espuma com crostas secas foi detectada na zona de sedimentação, levando a concluir que há acúmulo de espuma também no interior da câmara do biogás.
- II. A quantidade e espessura da camada de espuma poderiam ser reduzidas com a melhoria da eficiência do tratamento preliminar, através da instalação de peneiramento com menor abertura. A NBR 12209 especifica que a abertura do gradeamento deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.

Quanto aos reatores UASB:

- I. Foram instaladas tampas de acesso à zona de sedimentação e à câmara do biogás melhoradas em relação ao preconizado no projeto original. Estas tampas têm fornecido boa vedação e resistência contra a corrosão. Entretanto, é necessário proteger os perfis em aço carbono existentes nas tampas de acesso à câmara do biogás.
- II. Não foi possível verificar os detalhes da instalação das campânulas, no tocante à vedação com as vigas de concreto e qualidade de suas emendas.

Quanto ao sistema de queima do biogás:

- I. É necessário implantar os dispositivos de segurança mínimos tais como válvula corta chamas, bem como válvula bloqueio e válvula reguladora de pressão, para interrupção da queima do biogás quando a vazão estiver muito baixa, o que resulta em problemas na queima.
- II. Caso seja mantida a tubulação de PVC da coleta do biogás, será necessário substituir as abraçadeiras dos suportes das tubulações. Deve ser prevista abraçadeira resistente à corrosão.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.2.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	30 DE 30
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL - BELO			

ANEXOS

ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.

ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.

ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.

ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.

ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.



26807000010642



ANEXO II - VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO

CLIENTE:		SAMAE CAXIAS DO SUL				VERSÃO		DATA
PROJETO:		ETE BELO				INICIAL		30/8/2023
ITEM:		CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO				CREA:		5061891463
RESPONSÁVEL:		ENGº ELIAS T. MATSUO						
MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO MÉDIA MENSAL (mg/l)	DBO MÉDIA MENSAL (mg/l)	N. AMONIALCAL MÉDIA MENSAL (mg/l)	FÓSFORO TOTAL MÉDIO MENSAL (mg/l)	
jul/22	58.086,72	1.873,77	11,4%	22,44	2,50	10,91	1,48	
ago/22	69.024,96	2.465,18	15,0%	23,16	4,54	10,01	1,72	
set/22	54.717,12	1.765,07	10,8%	32,74	6,40	17,22	3,15	
out/22	44.841,60	1.494,72	9,1%	24,78	4,00	12,14	2,66	
nov/22	43.208,64	1.393,83	8,5%	43,01	3,31	15,69	3,00	
dez/22	39.890,88	1.329,70	8,1%	47,07	8,32	11,96	3,82	
jan/23	31.181,76	1.005,86	6,1%	39,17	3,04	13,24	3,77	
fev/23	47.096,64	1.519,25	9,3%	4,40	12,37	3,24	0,00	
mar/23	50.595,84	1.686,53	10,3%	35,73	4,16	17,44	2,35	
abr/23	40.927,68	1.320,25	8,1%	26,50	5,18	0,70	3,20	
mai/23	52.151,04	1.738,37	10,6%	44,15	6,36	7,44	3,60	
jun/23	66.173,76	2.134,64	13,0%	39,98	10,38	10,96	1,91	
MÉDIA ANUAL	49.824,72	1.643,93	10,0%	31,93	5,88	10,91	2,56	



26807000010642



ANEXO III - CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB

CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO:	ETE BELO
ITEM:	CARGA DE DQO AFLUENTE E REMOVIDA NO UASB
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO
VERSÃO	
INICIAL	
CREA:	
DATA	
30/8/2023	
5061891463	

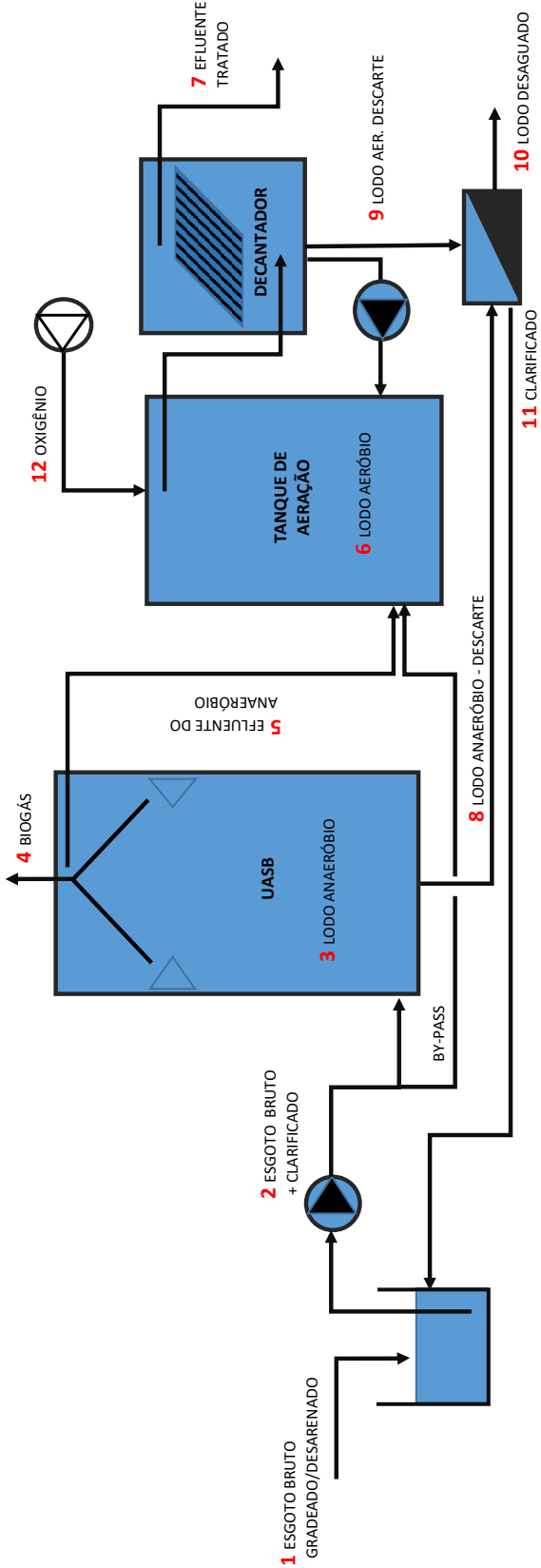
MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO MÉDIA ENTRADA DO UASB (mg/l)	DQO MÉDIA SAÍDA DO UASB (mg/l)	EFICIÊNCIA UASB (%)	CARGAS MÉDIAS AFLUENTES (kg DQO/d)	CARGAS MÉDIAS REMOVIDAS NO UASB (kg DQO/d)
jul/22	58.086,72	1.873,77	11,4%	54,24	48,55	10,5%	101,63	10,66
ago/22	69.024,96	2.465,18	15,0%	77,00	44,80	41,8%	189,82	79,38
set/22	54.717,12	1.765,07	10,8%	83,83	81,27	3,1%	147,97	4,52
out/22	44.841,60	1.494,72	9,1%	157,19	78,08	50,3%	234,96	118,25
nov/22	43.208,64	1.393,83	8,5%	104,60	62,09	40,6%	145,79	59,25
dez/22	39.890,88	1.329,70	8,1%	83,18	58,83	29,3%	110,60	32,37
jan/23	31.181,76	1.005,86	6,1%	118,07	52,34	55,7%	118,76	66,12
fev/23	47.096,64	1.519,25	9,3%	133,59	55,58	58,4%	202,96	118,52
mar/23	50.595,84	1.686,53	10,3%	117,26	58,83	49,8%	197,76	98,54
abr/23	40.927,68	1.320,25	8,1%	100,71	68,57	31,9%	132,97	42,44
mai/23	52.151,04	1.738,37	10,6%	93,41	70,97	24,0%	162,38	39,01
jun/23	66.173,76	2.134,64	13,0%	156,94	96,63	38,4%	335,00	128,73
MÉDIA	49.824,72	1.643,93	10,0%	107	65	36,2%	175,36	68,97



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO: 01
INICIAL: 31/8/2023
CREA: 5061891463



COEFICIENTES DE FRACIONAMENTO DA DQO		VALOR ADOPTADO	REFERÊNCIAS		
			ESGOTO BRUTO	ESGOTO DECANTADO	EFFLUENTE DO UASB
FRAÇÃO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	f_{rb}	0,20	0,20	0,25	0,00
FRAÇÃO BIODEGRADÁVEL	f_b	0,82	0,82	0,88	0,65
FRAÇÃO SOLÚVEL NÃO BIODEGRADÁVEL	f_{us}	0,05	0,05	0,08	0,20
FRAÇÃO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	f_{np}	0,13	0,13	0,04	0,15



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	31/8/2023
CREA:	5061891463

COEFICIENTES DE FRACIONAMENTO DO LODO ATIVO AERÓBIO			
FRAÇÃO ATIVA DO LODO	f_{av}	$MX_{BH,6} / MX_{V,6}$	0,20
FRAÇÃO INERTE	f_i	$MX_{i,6} / MX_{V,6}$	0,61
FRAÇÃO ENDÓGENA	f_e	$MX_{BE,6} / MX_{V,6}$	0,19
COEFICIENTE PARA FRAÇÃO ENDÓGENA	f_E		0,20
COEF. DE RENDIMENTO CELULAR - ANAERÓBIO	Y_1		0,12
COEF. DE RENDIMENTO CELULAR - AERÓBIO	Y_2		0,30
DQO PRESENTE NO LODO ANAERÓBIO	$f_{cv,1}$		2,12
DQO PRESENTE NO LODO AERÓBIO	$f_{cv,2}$		1,48
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - ANAERÓBIO	$R_{S,1}$		90,00
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - AERÓBIO	$R_{S,2}$		20,00
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - NITRIFICAÇÃO	R_{SN}	$1 / (\mu - b_n')$	10,43
TAXA ESPECÍFICA MÁXIMA DE CRESCIMENTO DE NITROSSOMONAS	$\mu_{m,20}$		0,24
CORRIGIDA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	μ_m	$\mu_{m,20} \cdot 1,123^{T-20}$	0,24
CORRIGIDA EM FUNÇÃO DO OXIG. DISSOLVIDO, AMÔNIA E FRAÇÃO DO LODO NA ZONA ANÓXICA	μ	$\mu_m \cdot \frac{N_o}{N_o + K_N} \cdot \frac{OD}{OD + K_o} \cdot (1 - f_n)$	0,14
CONSTANTE DE MEIA SATURAÇÃO DE AMÔNIA PARA NITROSSOMONAS	$K_{N,20}$		0,40
CONSTANTE DE DECAIMENTO DO LODO AERÓBIO	b_h		0,24
	b_h'	$b_h \cdot 1,04^{T-20}$	0,24
CONSTANTE DE DECAIMENTO DE NITROSSOMONAS	b_n		0,040
	b_n'	$b_n \cdot 1,04^{T-20}$	0,040
FRAÇÃO DE MASSA DE LODO NA ZONA ANÓXICA	f_x	0	
FRAÇÃO DA VAZÃO DE BY-PASS PARA A ZONA ANÓXICA	f_R	0%	
SE $f_x = 0$, SOMENTE NITRIFICAÇÃO			



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	31/8/2023
CREA:	5061891463

RAZÃO DE RECIRCULAÇÃO INTERNA PARA ZONA ANÓXICA		R	0%
CONSTANTE DE DESNITRIFICAÇÃO COM DQO LENTAMENTE BIODEGRADÁVEL		K_2	$0,1.1,08^{T-20}$
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - AMONIFICAÇÃO		ΔALC_{AM}	3,57 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - NITRIFICAÇÃO		ΔALC_{NIT}	-7,14 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - DESNITRIFICAÇÃO		ΔALC_{DES-N}	3,57 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
TEMPERATURA DO LÍQUIDO		T	20,00 9C
DQO NO METANO		DQO_{CH4}	4,00 kg DQO/kg CH ₄
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DQO - ANAERÓBIO		E_{ANA}	60%
EFICIÊNCIA APÓS O AERÓBIO		E_{AER}	55% CALCULADO
RELAÇÃO SSV/SSV NO LODO ANAERÓBIO		f_{v1}	0,55
RELAÇÃO SSV/SSV NO LODO AERÓBIO		f_{v2}	0,58
EFIC. NA RETENÇÃO DE SÓLIDOS - DESAGUAMENTO		$E_{RET,S}$	90%
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DE DESCARTE ANAERÓBIO		S_1	20,00 kg SST/m ³
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DE DESCARTE AERÓBIO		S_2	6,00 kg SST/m ³
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DESAGUADO		S_3	200,00 kg SST/m ³
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO EFLUENTE TRATADO		X_E	0,015 kg SSV/m ³

1	ESGOTO BRUTO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
VAZÃO		Q_1	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	1.873,77	2.134,64	16.400,00	13.273,93 m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL		$MS_{ta,t}$	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	101,63	335,00	7.576,80	6.066,28 kg DQO/d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL		$MS_{rb,t}$	$MS_{ta,t}.f_{rb}$	20,33	67,00	1.515,36	1.213,26 kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL		$MS_{b,t}$	$MS_{ta,t}.f_b$	83,34	274,70	6.212,98	4.974,35 kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL		$MS_{ns,t}$	$MS_{ta,t}.f_{ns}$	5,08	16,75	378,84	303,31 kg DQO/d



26807000010642



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	31/8/2023
CREA:	5061891463

2	CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,1}$	$MS_{ta,1} \cdot f_{up}$	13,21	43,55	984,98	788,62	kg DQO/d
	CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN_{T,1}$	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	63,43	72,26	555,18	449,35	kg N_NKT/d
2	ESGOTO BRUTO + RETORNO DO CLARIFICADO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	VAZÃO	Q_2	$(Q_l + Q_{H+Q_g}) \cdot (1 - f_R)$	1.859,14	2.133,25	16.545,02	13.389,24	m ³ /d
	CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ta,2}$	$(MS_{ta,1} + MS_{ta,11}) \cdot (1 - f_R)$	50,16	316,91	8.370,33	6.696,21	kg DQO/d
	CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS_{rb,2}$	$(MS_{rb,1} + MS_{rb,11}) \cdot (1 - f_R)$	20,33	67,00	1.515,36	1.213,26	kg DQO/d
	CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS_{b,2}$	$(MS_{b,1} + MS_{b,11}) \cdot (1 - f_R)$	49,88	262,94	6.728,77	5.383,80	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,2}$	$(MS_{us,1} + MS_{us,11}) \cdot (1 - f_R)$	-5,21	13,13	537,55	429,30	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,2}$	$(MS_{up,1} + MS_{up,11}) \cdot (1 - f_R)$	5,49	40,84	1.104,01	883,11	kg DQO/d
	CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN_{T,2}$	$(MN_{T,1} + MN_{T,11}) \cdot (1 - f_R)$	60,03	71,07	607,58	490,95	kg N_NKT/d
3	PERFIL DO LODO ANAERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,3}$	$MX_{V,2} \cdot R_{St}$	325,06	2.053,57	54.239,77	43.391,42	kg SSV
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,3}$	$MX_{V,3} / f_{ot}$	591,02	3.733,76	98.617,76	78.893,49	kg SST
4	BIOGÁS	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	CARGA DE DQO CONVERTIDA A METANO	MS_{CH4}	$MS_{ta,2} \cdot E_{ANA} - MS_{ta,8}$	22,44	141,77	3.744,55	2.995,62	kg DQO/d
	MASSA DE METANO PRODUZIDO	M_{CH4}	MS_{CH4} / DQO_{CH4}	5,61	35,44	936,14	748,90	kg CH4/d
	MASSA DE GÁS CARBÔNICO PRODUZIDO	M_{CO2}	$M_{CH4} \cdot x_{0,667}$	3,74	23,63	624,12	499,29	kg CO2/d
	VOLUME DE BIOGÁS PRODUZIDO	Q_4	$(M_{CH4} + M_{CO2}) / 1,15$	8,13	51,37	1.356,75	1.085,39	m ³ /d
5	EFLUENTE DO PROCESSO ANAERÓBIO + VAZÃO DE BY-PASS	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	

EFLUENTE DO UASB



26807000010642



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO		DATA
INICIAL		31/8/2023
CREA:		5061891463

VAZÃO	Q'_5	$Q_2 - Q_8$	2.131,18	16.490,23	13.345,41	m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL	$MS'_{ta,5}$	$MS_{ta,2} \cdot (1 - E_{ANA})$				
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS'_{rb,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_{rb}$	20,07	3.348,13	2.678,48	kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{b,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_b$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{us,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_{us}$	13,04	2.176,29	1.741,01	kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{up,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_{up}$	4,01	669,63	535,70	kg DQO/d
CARGA DE N AMONÍACAL (AMONIFICAÇÃO COMPLETA NO ANAERÓBIO)	$MN'_{T,5}$	$MN_{T,2} - MN_{o,8}$	3,01	502,22	401,77	kg DQO/d
			59,53	523,21	423,46	kg N/d

BY-PASS PARA ZONA ANÓXICA

VAZÃO	Q''_5	$(Q_I + Q_{II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL	$MS''_{ta,5}$	$(MS_{ta,I} + MS_{ta,II}) \cdot f_R$				
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS''_{rb,5}$	$(MS_{rb,I} + MS_{rb,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{b,5}$	$(MS_{b,I} + MS_{b,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{us,5}$	$(MS_{us,I} + MS_{us,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{up,5}$	$(MS_{up,I} + MS_{up,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN''_{T,5}$	$(MN_{T,I} + MN_{T,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00	kg N_NKT/d

EFFLUENTE DO UASB + BY-PASS

VAZÃO	Q_5	$Q'_5 + Q''_5$	1.858,81	2.131,18	16.490,23	13.345,41	m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ta,5}$	$MS'_{ta,5} + M''_{ta,5}$	20,07	126,76	3.348,13	2.678,48	kg DQO/d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS_{rb,5}$	$MS'_{rb,5} + M''_{rb,5}$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS_{b,5}$	$MS'_{b,5} + M''_{b,5}$	13,04	82,40	2.176,29	1.741,01	kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,5}$	$MS'_{us,5} + M''_{us,5}$	4,01	25,35	669,63	535,70	kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,5}$	$MS'_{up,5} + M''_{up,5}$	3,01	19,01	502,22	401,77	kg DQO/d
CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN_{T,5}$	$MN'_{T,5} + M''_{T,5}$	59,53	67,87	523,21	423,46	kg N_NKT/d



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	31/8/2023
CREA:	5061891463

6	CARGA DE N DISPONÍVEL PARA NITRIFICAÇÃO	$MN_{a,5}$	$MN_{T,5} - MN_{o,9}$	62,98	69,39	479,24	388,61	kg N/d
				33,88	32,56	29,06	29,12	mg N/l
	PERFIL DO LODO AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,6}$	$MX_{BH,6} + MX_{E,6} + MX_{i,6}$	67,12	424,02	11.199,37	8.959,41	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA DE SÓLIDOS ATIVOS	$MX_{BH,6}$	$(MS_{b,5} \cdot Y_2 \cdot R_{S2}) / (1 + b_h \cdot R_{S2})$	13,49	85,24	2.251,33	1.801,05	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA DE RESÍDUO ENDÓGENO	$MX_{BE,6}$	$f_E \cdot b_h \cdot R_{S2} \cdot MX_{BH,6}$	12,95	81,83	2.161,28	1.729,01	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA INERTE	$MX_{i,6}$	$f_{up} \cdot R_{S2} \cdot MS_{ia,5} / f_{cv2}$	40,67	256,95	6.786,76	5.429,36	kg SSV
7	POTENCIAL DE DESNITRIFICAÇÃO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	POTENCIAL DE DESN. COM DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	D_1	$\frac{MS_{rb,5}}{2,86} \cdot (1 - f_{C,2} \cdot Y_2)$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	POTENCIAL DE DESN. COM DQO LENTAMENTE BIODEGRADÁVEL	D_2	$K_2 \cdot MX_{BH,6} \cdot f_x$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	POTENCIAL DE DESNITRIFICAÇÃO TOTAL (MÁX. = CARGA DE N DISPONÍVEL)	D	$(D_1 + D_2) \cdot R_2 / (1 + R)$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	EFLUENTE DO PROCESSO AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	VAZÃO	Q_7	$Q_5 - Q_9$	1.866,27	2.134,45	16.395,07	13.269,98	m³/d
	CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ia,7}$	$MS_{us,7} + MS_{p,7}$	45,44	72,74	1.033,60	830,29	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,7}$	$MS_{us,5}$	4,01	25,35	669,63	535,70	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PARTICULADA	$MS_{p,7}$	$MX_{V,7} \cdot f_{cv,1}$	41,43	47,38	363,97	294,59	kg DQO/d
	CARGA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,7}$	$Q_7 \cdot X_E$	27,99	32,02	245,93	199,05	kg DQO/d
	CARGA DE N AMONÍACAL	$MN_{a,7}$	$N_{a,7} \cdot Q_7 / 1000$	1,46	1,67	12,86	10,41	kg N/d
	CARGA DE N NITRATO	$MN_{d,7}$	$MN_{a,5} - D - MN_{a,7}$	62,98	69,39	479,24	388,61	kg N/d
	CARGA DE N ORGÂNICO	$MN_{o,7}$	$MX_{V,7} \cdot O_2 / 14$	3,92	4,48	34,43	27,87	kg N/d
	CARGA DE N TOTAL	$MN_{T,7}$	$MN_{d,7} + MN_{a,7} + MN_{o,7}$	68,36	75,54	526,54	426,88	kg N/d



26807000010642



BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE BELO
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	31/8/2023
CREA:	5061891463

CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO

CONCENTRAÇÃO DE DQO NO EFLUENTE	$S_{ta,7}$	$(MS_{ta,7}/Q_7) \cdot 1000$	24,35	34,08	63,04	62,57	mg O ₂ /l
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSP. VOLÁTEIS	$X_{V,7}$	X_E	15,00	15,00	15,00	15,00	mg SSV/l
CONCENTRAÇÃO DE N AMONIACAL	$N_{a,7}$	$\frac{K_n \cdot (b'_n + 1/R_{s2})}{[\mu - (b'_n + 1/R_{s2})]}$	0,78	0,78	0,78	0,78	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N NITRATO	$N_{d,7}$	$MN_{a,7}/Q_7$	33,74	32,51	29,23	29,28	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N ORGÂNICO	$N_{o,7}$	$X_{V,7} \cdot O_{,14}$	2,10	2,10	2,10	2,10	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N TOTAL	$N_{T,7}$	$N_{d,7} + N_{a,7} + N_{o,7}$	36,63	35,39	32,12	32,17	mg N/l

8	LODO EXCEDENTE ANAERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,8}$	$MS_{ta,2} \cdot E_{ANA} \cdot Y_1$	3,61	22,82	602,66	482,13
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,8}$	$MX_{V,8}/f_{vf}$	6,57	41,49	1.095,75	876,59
	CARGA DE DQO NO DESCARTE	$MS_{ta,8}$	$MX_{V,8} \cdot f_{cd}$	7,66	48,37	1.277,65	1.022,11
	VAZÃO DE LODO DE DESCARTE	Q_8	$MX_{T,8}/S_1$	0,33	2,07	54,79	43,83
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,8}$	$MX_{V,8} \cdot O_{,14}$	0,51	3,19	84,37	67,50

9	LODO EXCEDENTE AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,9}$	$MS_{ta,5} \cdot E_{AER} \cdot Y_2 - MX_{V,7}$	-24,64	-10,82	314,04	248,92
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,9}$	$MX_{V,9}/f_{v2}$	-44,80	-19,66	570,99	452,58
	CARGA DE DQO NO DESCARTE	$MS_{ta,9}$	$MX_{V,9} \cdot f_{cd2}$	-52,23	-22,93	665,77	527,71
	VAZÃO DE LODO DE DESCARTE	Q_9	$MX_{T,9}/S_2$	-7,47	-3,28	95,16	75,43
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,9}$	$MX_{V,9} \cdot O_{,14}$	-3,45	-1,51	43,97	34,85

10	LODO DE DESCARTE (DESAGUADO)	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,10}$	$(MX_{V,8} \cdot E_{RET,S})$	3,25	20,54	542,40	433,91

E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES

5061891463

Página 8 de 8



Anexo V – Estimativa das vazões de biogás através do uso do software Probio 1.0

ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab ☒ **Vazão afluyente (Q_{méd})** m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab dia ☐ default

DQO afluyente (C_{DQO-afluyente}) mg/L ☐ default

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO₄ no afluyente (C_{SO₄}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO₄ (E_{SO₄}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo (K_{sólidos}) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH₄ na fase líquida (F_s)

Perda de CH₄ na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH₄ na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH₄ no biogás (C_{CH₄}) %

Perda de CH₄ dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH₄ (DQO_{CH₄}) kgDQO-CH₄/dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH₄ com o efluente (Q_{L-CH₄}) m³/dia

Perda volumétrica de CH₄ com o gás residual (Q_{w-CH₄}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH₄ (Q_{o-CH₄}) m³/dia

Produção real de CH₄ no biogás (Q_{REAL-CH₄}) m³/dia

Produção real de biogás (Q_{Biogás}) m³/dia

Figura 1: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário I.



ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) **Vazão afluente ($Q_{méd}$)** m^3/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) ☐ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L ☐ default **Alterar**

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) $kgSV/kgDQOrem$

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) $kgDQO-lodo/kgDQOrem$

Temperatura operacional reator (T) $^{\circ}C$

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

Pior	Típica	Melhor
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) $kgDQO-CH_4/dia$

Fator correção temperatura (F_t) $kgDQO/m^3$

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m^3/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m^3/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m^3/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m^3/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m^3/dia

Figura 2: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário II.



ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab

Vazão afluente ($Q_{méd}$) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia ☐ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L ☐ default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 3: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário III.



ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab Vazão afluente ($Q_{méd}$) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

Pior	Típica	Melhor
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐
☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 4: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário IV.



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.3.1.01.R1					
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA: 1 de 33					
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA							
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS							
NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO		CREA: 5061891463				
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:						
ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMIÇÃO INICIAL							
1	REVISÃO GERAL							
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	04/09/2023	28/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.								



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 2 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

**É proibida a reprodução total ou parcial, por
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.3.1.01.R1
Descrição do projeto:	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA
Local da obra:	Estrada Municipal Claudio Formolo, 2302. São Virgílio. Caxias do Sul – RS.
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	28/09/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	3 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	ANÁLISE DO PROJETO DA ETE PENA BRANCA	6
2.1	RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS	6
2.2	ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR	7
2.3	ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB	8
2.3.1	Tipologia do reator UASB	8
2.3.2	Campânula do biogás	10
2.3.3	Tubulações do reator para a coleta do biogás	12
2.3.4	Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás	12
2.3.5	Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.	12
2.4	ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS	12
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
3	ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO 15	
3.1	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE	15
3.2	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO	16
3.3	CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB	16
3.4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS	17
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
4	VISTORIA IN LOCO DA ETE PENA BRANCA	19
4.1	TRATAMENTO PRELIMINAR	20
4.2	REATOR UASB MODULO 1	22
4.3	REATOR UASB MODULO 2	26
4.4	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS	29
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	ANEXOS	33
	ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO	33
	ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.	33
	ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.	33
	ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.	33
	ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.	33



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1		R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	4 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico – ETE Pena Branca, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Recomendamos a leitura do relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, o qual contém a descrição de aspectos teóricos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.

Estabelecemos a seguinte metodologia para a realização do diagnóstico da situação atual da ETE Pena Branca:

- Análise do projeto da ETE Pena Branca, envolvendo as unidades do tratamento preliminar, dos reatores UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Análise simplificada dos dados de monitoramento de vazões e cargas de esgoto;
- Vistoria in loco, com foco nas unidades do tratamento preliminar, do reator UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Elaboração do relatório do diagnóstico da ETE Pena Branca (este documento).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 5 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

A Estação de Tratamento de Esgoto Pena Branca apresenta as seguintes especificações, conforme documentos de licenciamento Ambiental e versão mais recente do projeto:

Conforme Licença de Operação LO Nº01923/2022 e Resolução CONSEMA Nº 355/2017:

Capacidade da ETE*:	10.368 m ³ /dia
Grau de tratamento:	Secundário
	DBO ≤ 40 mg/l
	DQO ≤ 150 mg/l
	Colif. termotolerantes ≤ 1000 NMP/100 ml

Conforme informações adicionais do projeto:

Grau de tratamento:	Nitrogênio Amoniacal ≤ 20 mg/l
	Fósforo total ≤ 1 mg/l

❖ **Diretrizes do processo de tratamento – Dados levantados do projeto existente:**

- População atendida: 44.964 habitantes
- Vazões: 196,3 l/s – máxima
137,7 l/s – média
- Carga de DBO 3.047 kg DBO/d
- Tratamento Preliminar: Gradeamento médio #25 mm
Remoção de sólidos abrasivos
Medição de vazão



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 6 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

- Tratamento Secundário:
 - Processo anaeróbio inicial - UASB
 - Processo aeróbio complementar – Filtro aeróbio submerso
 - Decantação secundária
- Gerenciamento do Lodo: Desaguamento mecanizado - centrífuga
- Desinfecção Cloração
- Remoção de fósforo Aplicação de cloreto férrico em floculador

2 ANÁLISE DO PROJETO DA ETE PENA BRANCA

2.1 RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS

- Projeto executivo do subsistema Pena Branca. Estação de tratamento de esgoto – ETE Pena Branca. Memória descritiva e memória gráfica. Volume I. Set.2007. FBF Engenharia Ltda.
- Desenhos analisados:
 - Prancha 01/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE – Planta geral de locação.
 - Prancha 02/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE – Planta de canalizações.
 - Prancha 03/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE – Perfil hidráulico.
 - Prancha 09/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta superior.
 - Prancha 10/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta inferior.
 - Prancha 11/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 7 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

Executivo ETE - Reator anaeróbio – Corte AA e Vista 1.

- Prancha 12/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Cortes BB e CC.
- Prancha 13/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes das campânulas.
- Prancha 14/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes.

➤ Projeto estrutural elaborado pela empresa Marco Projetos e Construções. Desenhos analisados:

- Prancha EST-001-00 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – ETE Pena Branca – Reator anaeróbio – Formas FL. 01/04 – Planta do Fundo.
- Prancha EST-002-00 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – ETE Pena Branca – Reator anaeróbio – Formas FL. 02/04 – Planta e Corte DD.
- Prancha EST-003-00 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – ETE Pena Branca – Reator anaeróbio – Formas FL. 03/04 – Planta superior e Corte CC.
- Prancha EST-004-00 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pena Branca – ETE Pena Branca – Reator anaeróbio – Formas FL. 04/04 – Cortes AA e BB e detalhes.

2.2 ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR

No projeto da ETE Pena Branca, o esgoto chega por gravidade onde entra na Estação de Bombeamento de Esgoto Bruto, que faz o recalque para a unidade de tratamento preliminar localizada em cota acima do topo dos reatores UASB.

Na estação de bombeamento de esgoto bruto foi uma grade mecanizada e uma grade fixa em aço inoxidável, de reserva. Não encontramos informações no projeto relacionadas à abertura destas grades.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 8 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

Na unidade de tratamento preliminar há também duas grades fixas em paralelo, em aço inoxidável, com abertura de 25 mm, antes do canal de desarenação.

2.3 ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB

Analizamos o detalhamento dos seguintes itens:

- I. Tipologia do reator UASB;
- II. Campânula do biogás;
- III. Tubulações do reator para a coleta do biogás;
- IV. Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás;
- V. Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

2.3.1 Tipologia do reator UASB

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Dimensões por módulo:	24,00 m x 17,50 m (comprimento útil x largura útil)
Profundidade total/útil:	6,00 m x 5,3 m (total / útil)
Área superficial:	840 m ² no total 420 m ² por reator
Volume útil:	4.452 m ³ no total 1.680 m ³ por reator
Quantidade de módulos:	2 módulos
Cobertura do reator:	Laje maciça envolvendo todas as câmaras de biogás Laje pré-fabricada removível nas zonas de sedimentação
Material do tanque:	Concreto estrutural

Realizamos a modelagem em 3D do projeto do reator UASB, para auxiliar no estudo e análise dos detalhes do projeto existente e implantado. Ressaltamos que houve



	ESTUDO		Nº	REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1		R1	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA	
			9 DE 33	
TÍTULO:		DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

modelagem somente dos componentes mínimos para estudo das causas e fontes potenciais de vazamentos de biogás. O desenho resumido e em 3D do projeto é apresentado na folha DE.SAMAE.0.1.01.R0 - REATOR UASB BELO/PENA BRANCA/PINHAL/SAMUARA.

O reator UASB da ETE Pena Branca é do tipo fechado, com laje de cobertura em concreto. Esta cobertura possui aberturas que dão acesso ao interior da zona de sedimentação do reator. As aberturas possuem tampas removíveis de concreto.

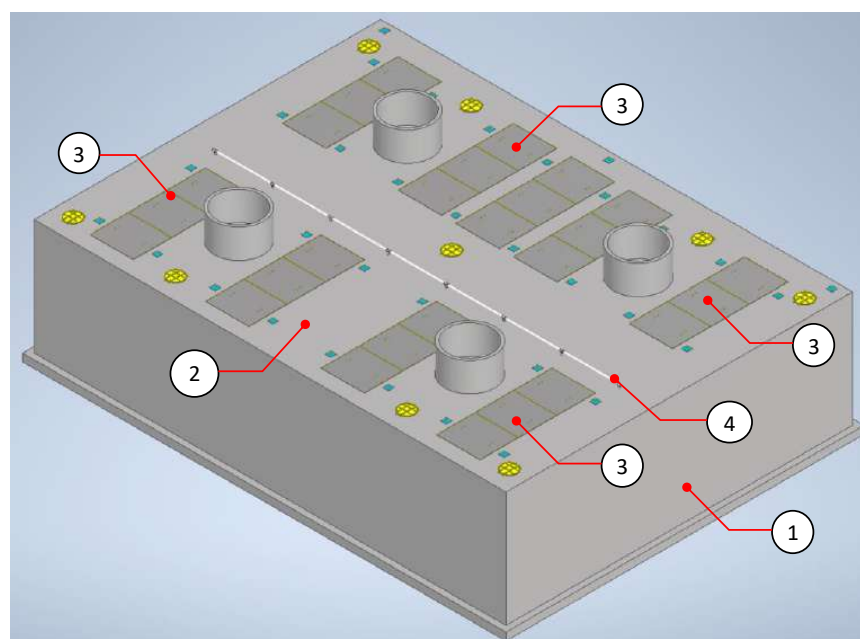


Figura 1: Vista do reator UASB da ETE Pena Branca: Tanque do reator (1); Laje de cobertura em concreto (2); tampas de concreto removíveis (3); tubulação de coleta do biogás (4).

O acesso ao interior do reator pode ser feito através da retirada das lajes removíveis de concreto. Estas aberturas possuem largura de 2 m e comprimento 6 m. Além das tampas de concreto, foram previstas tampas de ferro fundido com diâmetro de 800 mm, para acesso rápido à zona de decantação.

As dimensões para acesso ao interior do reator UASB da ETE Pena Branca viabilizam a fabricação prévia dos módulos das campânulas em galpão industrial.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 10 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

O tanque do reator UASB possui também estruturas internas constituídas por colunas, para suporte das campânulas e laje de cobertura.

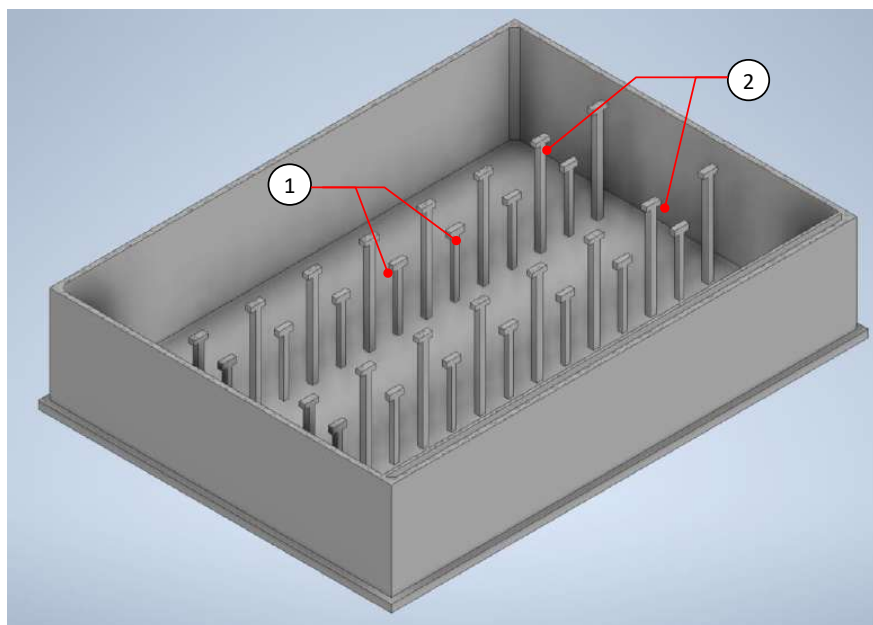


Figura 2: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Pena Branca: Colunas para suporte da laje de cobertura e vigas da câmara do biogás (1); colunas para suporte das campânulas de concreto (2).

2.3.2 Campânula do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Separador trifásico: 8 Campânulas transversais

Materiais da campânula: Fibra de vidro (PRFV)

A câmara do biogás é formada por duas vigas na laje de cobertura ligadas à placas rígidas de PRFV para formar as “cortinas”.

Apesar do caminho livre para as campânulas, há pequenas interferências em parte das campânulas em PRFV, com os “coxins” no topo das colunas, que não foram levadas em consideração no projeto. Há também interferência da extremidade das campânulas com a calha coletora principal.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO		Nº	REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1		R1	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA	
			11 DE 33	
TÍTULO:				
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA				

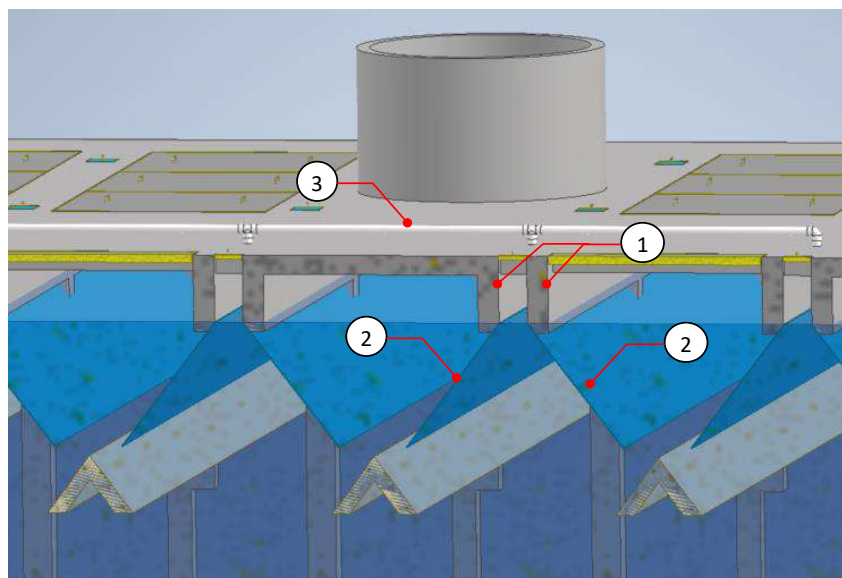


Figura 3: Detalhe da campânula do reator UASB da ETE Pena Branca: Vigas de concreto (1); Cortinas de PRFV (2); Tubulação de coleta do biogás (3).

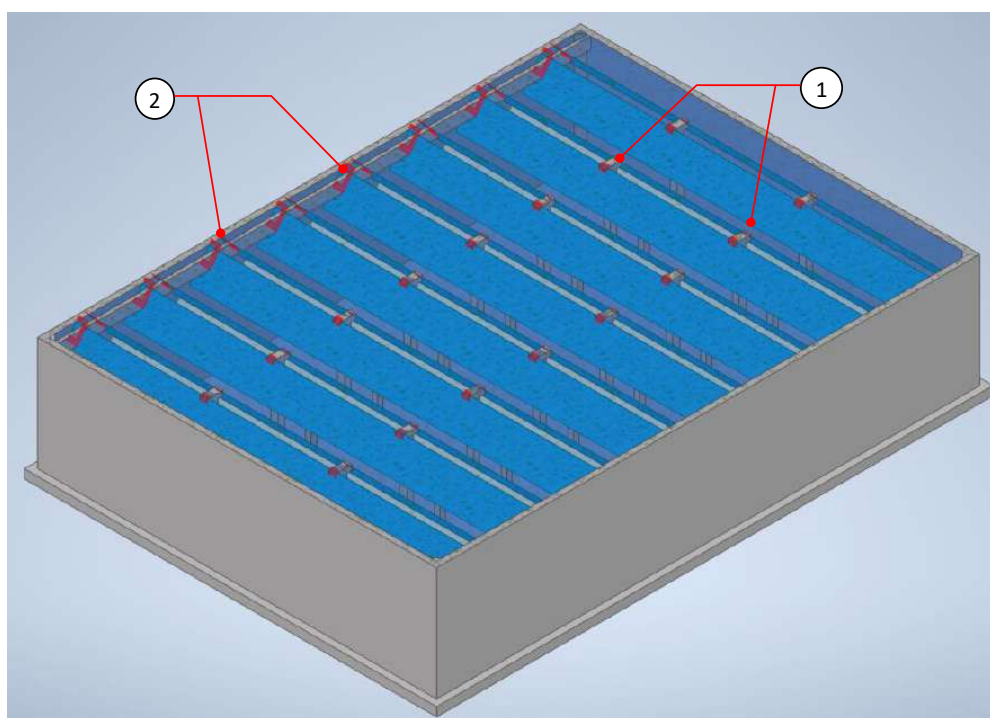


Figura 4: Análise de interferência para a campânula do reator UASB: Interferência com os "coxins" (1) ; interferência com a calha coletora principal (2).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 12 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

2.3.3 Tubulações do reator para a coleta do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Sistema de coleta do biogás: Tubulações externas, localizadas sobre a laje de cobertura.

Diâmetro da tubulação: DN 75 mm

Material: PVC com extremidades para conexão do tipo ponta e bolsa soldável.

2.3.4 Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada no interior das campânulas.

2.3.5 Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada na zona de sedimentação.

Além disso, a canaleta de drenagem do esgoto tratado do UASB possui placa retentora de espuma.

2.4 ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Queimador do biogás:

Tipo de queimador: Flare de chama aparente

Diâmetro nominal do queimador: DN 1 Pol

Tubulação de coleta do biogás:

Diâmetro nominal: DN 75 mm

Material: PVC



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 13 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

Conexões: Ponta e bolsa soldável

Dispositivos de proteção:

Válvula corta chamas: ausente

Válvula bloqueio: DN 1 Pol. Na entrada do queimador

Controle/regulagem de pressão: Ausente

Dreno de condensados: Ausente

Tratamento do biogás:

Modalidade: Remoção de H₂S previamente à queima, através de filtro de carvão ativado.

Características do filtro:

Diâmetro do filtro: 1500 mm

Material filtrante: Carvão ativado

Tanque: Concreto

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise do projeto da ETE, apresentamos os seguintes comentários:

Quanto ao projeto do tratamento preliminar:

- Havendo necessidade de parada da grade mecanizada para manutenções, a menor abertura passará a ser de 25 mm.
- A NBR 12209 especifica que a abertura do gradeamento deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.

Quanto ao projeto do reator UASB:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 14 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

- O projeto das campânulas do reator UASB apresenta boa concepção pelos seguintes aspectos:
 - Há um duto de concreto específico para o escoamento do biogás;
 - Não há interferências na execução campânulas com elementos da estrutura do tanque de concreto, o que reduz o risco de vazamento em emendas;
 - As “cortinas” da campânula foram especificadas em PRFV rígido;
 - A possibilidade de entrada de espuma na tubulação de biogás inexistente pois há desnível de 0,7 m entre a entrada na tubulação de biogás e a superfície da água no interior da câmara de biogás;
 - A pressão do biogás requerida no interior da campânula será bastante baixa e em valor apenas o necessário para a operação do flare.
- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada no interior da câmara de biogás. Porém, há tampões em ferro fundido para o acesso ao interior da câmara de biogás, permitindo a realização da retirada da espuma de forma manual e auxiliada por equipamento de sucção de drenagem.
- O risco de vazamento de biogás para a zona de sedimentação é baixo e dependerá somente da qualidade das vedações na execução das campânulas.

Quanto ao projeto do sistema de coleta de biogás, do reator ao sistema de queima:

- A tubulação em PVC com ponta e bolsa soldável não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas.
- Não foi previsto dispositivo para regularização da pressão do biogás da saída do reator, sendo que em condições normais de operação, uma contrapressão pode ser exercida pelo filtro de carvão ativado.
- Não foi prevista válvula mantenedora de pressão na entrada do queimador (flare).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 15 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

- Não foram previstas válvulas de bloqueio na entrada do filtro de carvão ativado e na entrada do queimador do biogás.
- Não foi prevista válvula corta chamas entre o queimador e a saída do filtro de carvão ativado, para segurança do sistema.
- Não foi prevista válvula de drenagem na entrada do filtro de carvão ativado, onde a tubulação forma um sifão invertido.

3 ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO

Para finalidade de estimativa da vazão de biogás, tanto na situação atual como de projeto, fizemos uma análise simplificada baseada nos dados operacionais disponibilizados pelo SAMAE, cobrindo o período de um ano.

Período analisado:	Jul/2022 a Jun/2023.
Execução das análises:	Laboratório credenciado

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 1. Características médias do esgoto bruto.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	23,26
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	96,44
Fósforo total	mg P/l	2,80
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	21,84



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 16 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

Os valores médios mensais do esgoto bruto são apresentados no Anexo I.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 2. Características médias do esgoto tratado.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	6,05
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	31,45
Fósforo total	mg P/l	2,43
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	13,36

Os valores médios mensais do esgoto tratado são apresentados no Anexo II.

3.3 CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 3. Cargas orgânicas DQO aplicadas e removidas no reator UASB.

Carga de DQO	Aplicada	Removida no UASB	Eficiência
Média	191,50	64,70	36,1%
Mínima	81,51	0,00	0,0%
Máxima	302,85	198,88	65,7%

Os valores médios mensais das cargas orgânicas de DQO aplicadas no reator UASB e sua eficiência são apresentados no Anexo III.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 17 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

3.4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Conforme descrito no Relatório DG.SAMAE.0.1.01.R0 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa e software Probio 1.0 para estimativa da vazão de biogás.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

No anexo IV apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.

No anexo V apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do software Probio 1.0.

Na tabela a seguir apresentamos as vazões estimadas de biogás para os 4 cenários explicados e segundo as duas metodologias de cálculo.

Tabela 4. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanço de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m3/d	21,9	24,0
Cenário II	m3/d	114,9	102,6
Cenário III	m3/d	850,9	758,3
Cenário IV	m3/d	1.258,2	1.116,4



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 18 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento feito pelo SAMAE indicam esgoto com características médias de DBO extremamente baixas. Até mesmo os parâmetros Nitrogênio e fósforo estão baixos. Confirma-se então que há grande diluição do esgoto através de contribuições parasitárias.

Tabela 5. Quadro comparativo das características do esgoto.

Característica		Previsto no projeto	Valor médio no monitoramento
DBO	mg/l	294	23,26
DQO	mg/l	588	96,44
Nitrogênio NTK	mg/l	50	21,84
Fósforo total	mg/l	7	2,80

A análise dos dados de monitoramento contribui para que se possa fazer o dimensionamento racional do sistema de coleta e queima do biogás, evitando o superdimensionamento, uma vez que a vazão de biogás prevista no projeto é muito superior à vazão teórica atual.

- I. A vazão média recebida pela ETE Pena Branca já atinge cerca de 18% da capacidade nominal da ETE. Durante as chuvas, em termos de vazão, este valor chega a 100%, conforme apontado pelos funcionários responsáveis pela operação.
- II. A produção de biogás estimada em 115 m³/d, para os dados operacionais atuais atinge cerca de 9% do potencial máximo teórica da ETE, estimada em 1258 m³/d.

Os dados de monitoramento mostram que os baixos valores de DBO no esgoto bruto afetam a eficiência do reator UASB. Entretanto, mostram também que a eficiência do UASB é bastante satisfatória para valores mais altos de DBO.



	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1	R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA 19 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

4 VISTORIA IN LOCO DA ETE PENA BRANCA

A ETE Pena Branca possui duas unidades de reatores UASB. Devido à baixa vazão afluente, uma unidade é operada como principal, denominado neste estudo como Reator UASB módulo 1, recebendo alimentação por esgoto constantemente e a segunda unidade, denominada como Reator UASB módulo 2, é acionada somente nas ocasiões em que ocorre aumento de vazão, normalmente durante as chuvas intensas.

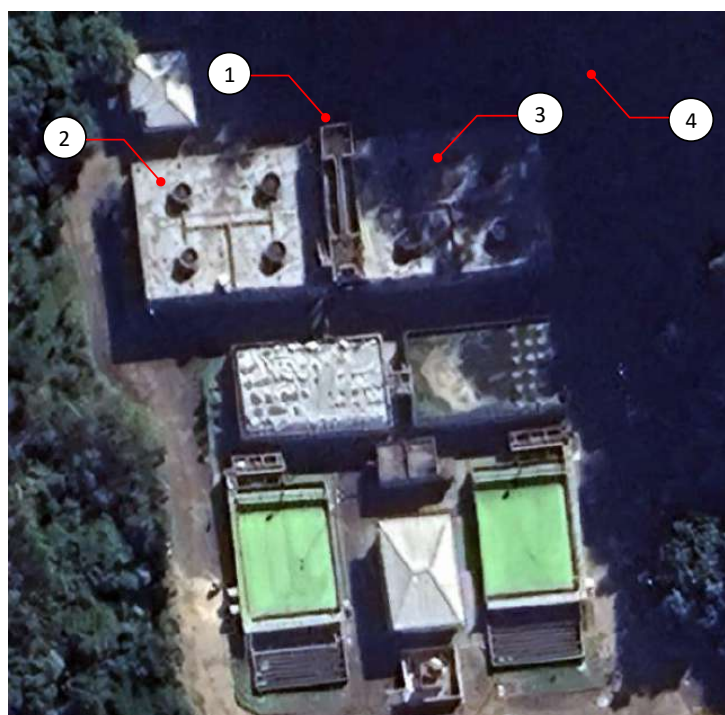


Figura 5: ETE Pena Branca. Fonte: Google Earth, acesso em 18/09/2023.

A visita técnica foi realizada no dia 21 de agosto de 2023. Os componentes vistoriados foram:

- 1) Tratamento preliminar
- 2) Reator UASB – módulo 1 (em operação)
- 3) Reator UASB – módulo 2
- 4) Sistema de queima do biogás



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 20 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

4.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

Inspecionamos as aberturas das grades atualmente em operação na ETE Pena Branca.



Figura 6: Canal de chegada do esgoto bruto na Estação Elevatória: Grade tipo cesto com abertura de 60 mm (1).

O Gradeamento tipo cesto na entrada da Estação Elevatória de Esgoto Bruto possui abertura de 60 mm.



Figura 7: Canal de gradeamento na Estação Elevatória: Grade mecanizada com abertura de 15 mm.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 21 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

Ainda na Estação Elevatória, previamente ao recalque, é feito o gradeamento mecanizado com abertura de 15 mm.



Figura 8: Canal de gradeamento na Estação Elevatória: Grade fixa reserva com abertura de 25 mm (1).

A grade reserva na estação elevatória possui abertura de 25 mm.



Figura 9: Vista da desarenação.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 22 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

Observações:

- 1) Canal de desarenação.
- 2) Alçapões para acesso à grade fixa com abertura de 25 mm.

4.2 REATOR UASB MODULO 1

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do módulo 1 do reator UASB.



Figura 10: Vista da laje de cobertura do reator UASB em operação: detalhe dos alçapões e tampões em ferro fundido.

Observações:

- 1) Tampão de ferro fundido para acesso à zona de decantação.
- 2) Tampa quadrada de ferro fundido para acesso à câmara do biogás e canaleta de saída do reator.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO		Nº	REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1			R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA			FOLHA
				23 DE 33
	TÍTULO:			
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA			



Figura 11: Vista da laje de cobertura do reator UASB em operação: Tampão 800 mm em ferro fundido.

Observações:

Verifica-se a necessidade de proteção contra a corrosão.



Figura 12: Abertura das tampas de acesso à câmara do biogás do reator UASB em operação.

Observações:

Verifica-se que as tampas sofreram corrosão bastante severa, principalmente do lado interno em contato com os gases corrosivos.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 24 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

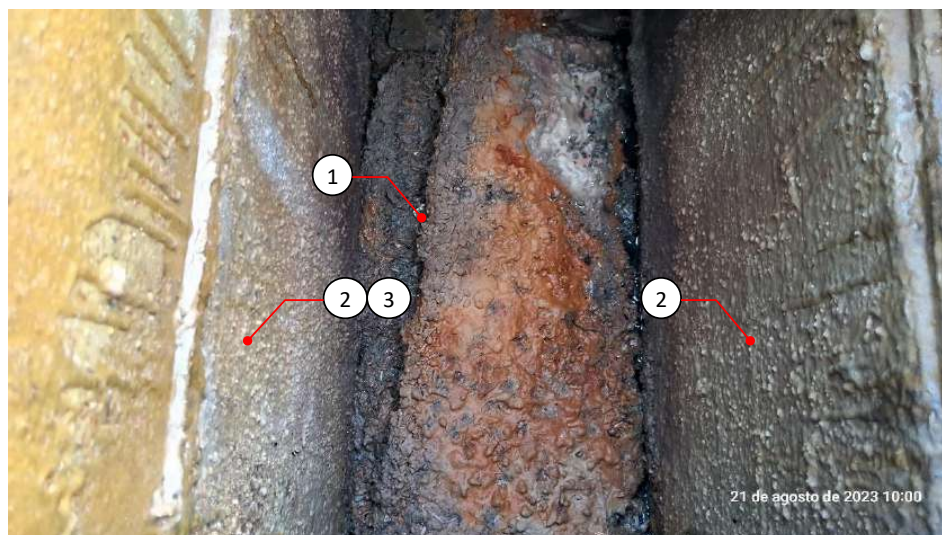


Figura 13: Vista do interior da câmara de biogás do reator UASB em operação.

Observações:

- 1) Camada de espuma com crosta solidificada no interior da campânula.
- 2) Paredes de concreto da câmara do biogás.
- 3) Não há sinais de ataques corrosivos nas paredes de concreto.

A espuma solidificada acumulada na parte superior da campânula, se não removida, pode impedir ou reduzir a separação do biogás. É necessário remover esta espuma ocasionalmente.

Esta inspeção foi realizada em todas as aberturas de acesso ao interior da câmara do biogás.



	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.3.1.01.R1	R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA 25 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		



Figura 14: Retirada de amostra da camada de espuma do interior da câmara de biogás do reator UASB em operação.

Observações:

- 1) Retirada de amostra da camada de espuma.
- 2) Visualmente verifica-se que não há resíduos sólidos grosseiros com dimensões superiores à 15 mm, tais como plásticos, tecidos, dentre outros, o que indica que o tratamento preliminar foi realizado sem by-pass do gradeamento mecanizado.
- 3) A espessura da camada flutuante de espuma era da ordem de 15 cm e não havia indícios de aprisionamento de biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 26 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		



Figura 15: Vista do acúmulo de espuma na zona de sedimentação do reator UASB em operação.

Observações:

- 1) Não há camada de espuma com espessura significativa na zona de sedimentação.
- 2) A espuma encontra-se fluída, em pouca quantidade, de forma a não causar impactos negativos no tratamento do esgoto.
- 3) Presença de poucos resíduos sólidos, tais como plásticos, tecidos, dentre outros.

4.3 REATOR UASB MODULO 2

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do reator UASB módulo 2.



	ESTUDO Nº	REV. R1
	DG.SAMAE.3.1.01.R1	
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA 27 DE 33
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		



Figura 16: Vista da laje de cobertura do reator UASB reserva.

No geral, o reator UASB módulo 2, por receber somente esgoto altamente diluído com águas pluviais, sofreu menos com os ataques corrosivos.

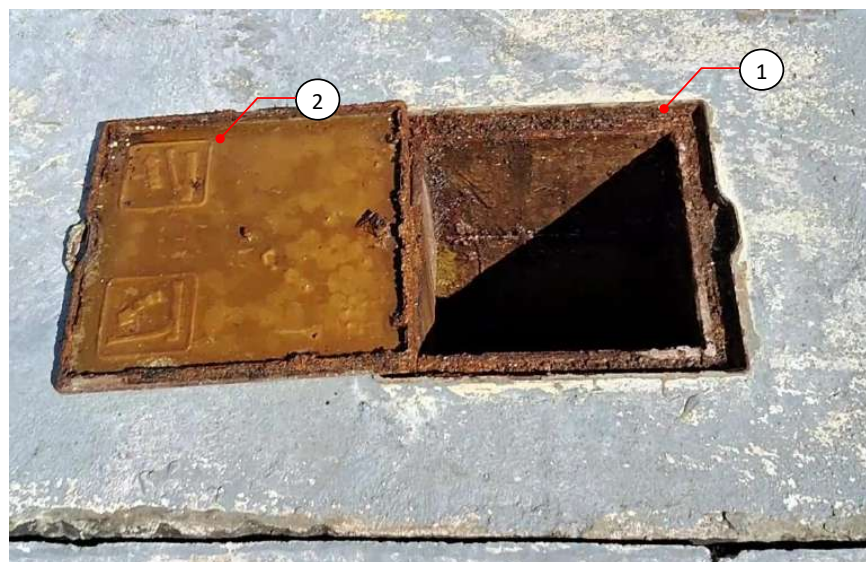


Figura 17: Vista de tampa quadrada em ferro fundido do reator UASB módulo 2.

Observações:

- 1) Guias de assentamento da tampa severamente corroídas.
- 2) Tampa corroída na região em contato com as guias de assentamento e



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 28 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

conservada na região que recebeu pintura de proteção

Apesar de receber somente esgoto muito diluído com águas pluviais, o interior da câmara do biogás ainda possui atmosfera bastante corrosiva.



Figura 18: Vista do interior da zona câmara do biogás do reator UASB reserva.

Observações:

1. Foram inspecionadas todas as aberturas de acesso ao interior da câmara do biogás.
2. Não foi verificada a presença de espuma com crosta solidificada no interior da câmara do biogás, e em alta quantidade no reator UASB módulo 2.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 29 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		



Figura 19: Vista do tampão de acesso à zona de sedimentação do reator UASB módulo 2.

Observações:

O tampão de ferro fundido apresenta condições de utilização. Porém, é necessário retocar a pintura anticorrosiva.

4.4 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do sistema de queima do biogás.

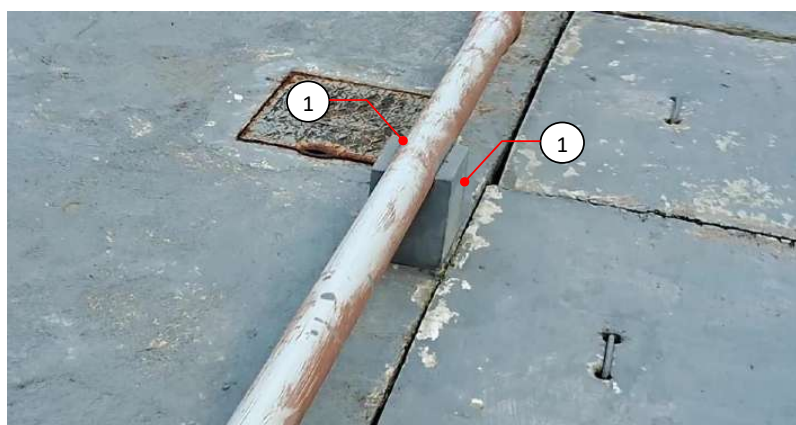


Figura 20: Detalhe do suporte da tubulação de biogás: berço em concreto (1); ausência de abraçadeira.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 30 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		



Figura 21: Vista da tubulação de biogás, sobre o topo do reator UASB reserva.



Figura 22: Sistema de filtração do biogás e flare.

Observações:

- 1) Filtro de carvão ativado.
- 2) Queimador tipo flare de chama aparente, mantido fora de operação, isto é, sem queima do biogás.
- 3) Vegetação adjacente.

Não recomendamos que o flare seja colocado em operação, devido ao alto risco de



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 31 DE 33
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA		

causar incêndio na vegetação adjacente.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao tratamento preliminar:

- I. A presença de espuma com crostas secas foi detectada na câmara do biogás.
- II. A quantidade e espessura da camada de espuma poderiam ser reduzidas com a melhoria da eficiência do tratamento preliminar, através da instalação de peneiramento com menor abertura. A NBR 12209 especifica que a abertura do gradeamento deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.

Quanto aos reatores UASB:

- I. As tampas de Ferro fundido DN 800 mm de acesso à zona de decantação necessitam nova pintura anticorrosiva. Apesar de levemente corroídas, apresentam condições de serem mantidas em operação.
- II. As tampas quadradas de ferro fundido de acesso à câmara do biogás e calha coletora principal, necessitam ser substituídas por estarem severamente corroídas e sem condições de serem reaproveitadas, devido à perda de sua estanqueidade.
- III. Não foi possível verificar os detalhes da instalação das campânulas, no tocante à vedação com as vigas de concreto e qualidade de suas emendas.

Quanto ao sistema de queima do biogás:

- I. É necessário implantar os dispositivos de segurança mínimos tais como válvula corta chamas, bem como válvula bloqueio e válvula reguladora de pressão, para interrupção da queima do biogás quando a vazão estiver muito baixa, o que resulta em problemas na queima.



	ESTUDO		Nº
	DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV.
	R1		
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA	
TÍTULO:		32 DE 33	
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA			

- II. Caso seja mantida a tubulação de PVC da coleta do biogás, será necessário substituir as abraçadeiras dos suportes das tubulações. Deve ser prevista abraçadeira resistente à corrosão.
- III. A localização do flare traz risco de provocar incêndio na vegetação adjacente.



	ESTUDO		Nº
	DG.SAMAE.3.1.01.R1		REV.
	R1		
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA	
TÍTULO:		33 DE 33	
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PENA BRANCA			

ANEXOS

ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.

ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.

ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.

ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.

ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.



ANEXO I - VALORES MÉDIOS MENSIS DO ESGOTO BRUTO

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
 PROJETO: ETE PENA BRANCA
 ITEM: CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE
 RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	N_ AMONIACAL (mg/l)	FÓSFORO TOTAL (mg/l)
jul/22	51.295,68	1.654,70	16,0%	63,62	20,30	27,85	1,53
ago/22	59.382,72	2.120,81	20,5%	142,80	50,15	17,45	2,68
set/22	56.816,64	1.832,79	17,7%	106,05	31,15	30,99	3,93
out/22	51.995,52	1.733,18	16,7%	130,02	38,68	34,50	4,30
nov/22	48.366,72	1.560,22	15,0%	105,95	24,78	25,24	3,02
dez/22	44.245,44	1.474,85	14,2%	101,03	17,15	18,54	2,51
jan/23	47.926,08	1.546,00	14,9%	52,72	6,95	15,87	2,19
fev/23	54.846,72	1.769,25	17,1%	102,66	13,88	20,52	1,98
mar/23	84.032,64	2.801,09	27,0%	75,06	9,31	22,88	2,55
abr/23	75.686,40	2.441,50	23,5%	94,18	17,20	17,44	3,15
mai/23	68.739,84	2.291,33	22,1%	103,69	27,46	17,36	2,75
jun/23	80.688,96	2.602,87	25,1%	79,49	22,08	13,45	3,00
MÉDIA	60.335,28	1.985,72	19,2%	96,44	23,26	21,84	2,80



ANEXO II - VALORES MÉDIOS MENSALIS DO ESGOTO TRATADO

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
 PROJETO: ETE PENA BRANCA
 ITEM: CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO
 RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO MÉDIA MENSAL (mg/l)	DBO MÉDIA MENSAL (mg/l)	N_ AMONICAL MÉDIA MENSAL (mg/l)	FÓSFORO TOTAL MÉDIO MENSAL (mg/l)
jul/22	51.295,68	1.654,70	10,1%	21,97	6,58	23,20	1,91
ago/22	59.382,72	2.120,81	12,9%	21,10	4,44	14,61	2,36
set/22	56.816,64	1.832,79	11,2%	29,47	5,20	21,13	3,01
out/22	51.995,52	1.733,18	10,6%	25,72	4,73	14,91	2,19
nov/22	48.366,72	1.560,22	9,5%	42,57	5,54	18,80	2,53
dez/22	44.245,44	1.474,85	9,0%	46,71	4,65	14,67	2,30
jan/23	47.926,08	1.546,00	9,4%	39,17	3,04	13,24	3,77
fev/23	54.846,72	1.769,25	10,8%	4,40	12,37	3,24	0,00
mar/23	84.032,64	2.801,09	17,1%	35,73	4,16	17,44	2,35
abr/23	75.686,40	2.441,50	14,9%	26,50	5,18	0,70	3,20
mai/23	68.739,84	2.291,33	14,0%	44,15	6,36	7,44	3,60
jun/23	80.688,96	2.602,87	15,9%	39,98	10,38	10,96	1,91
MÉDIA ANUAL	60.335,28	1.985,72	12,1%	31,45	6,05	13,36	2,43



ANEXO III - CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB

CLIENTE: **SAMAE CAXIAS DO SUL**
 PROJETO: **ETE PENA BRANCA**
 ITEM: **CARGA DE DQO AFLUENTE E REMOVIDA NO UASB**
 RESPONSÁVEL: **ENGº ELIAS T. MATSUO**

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

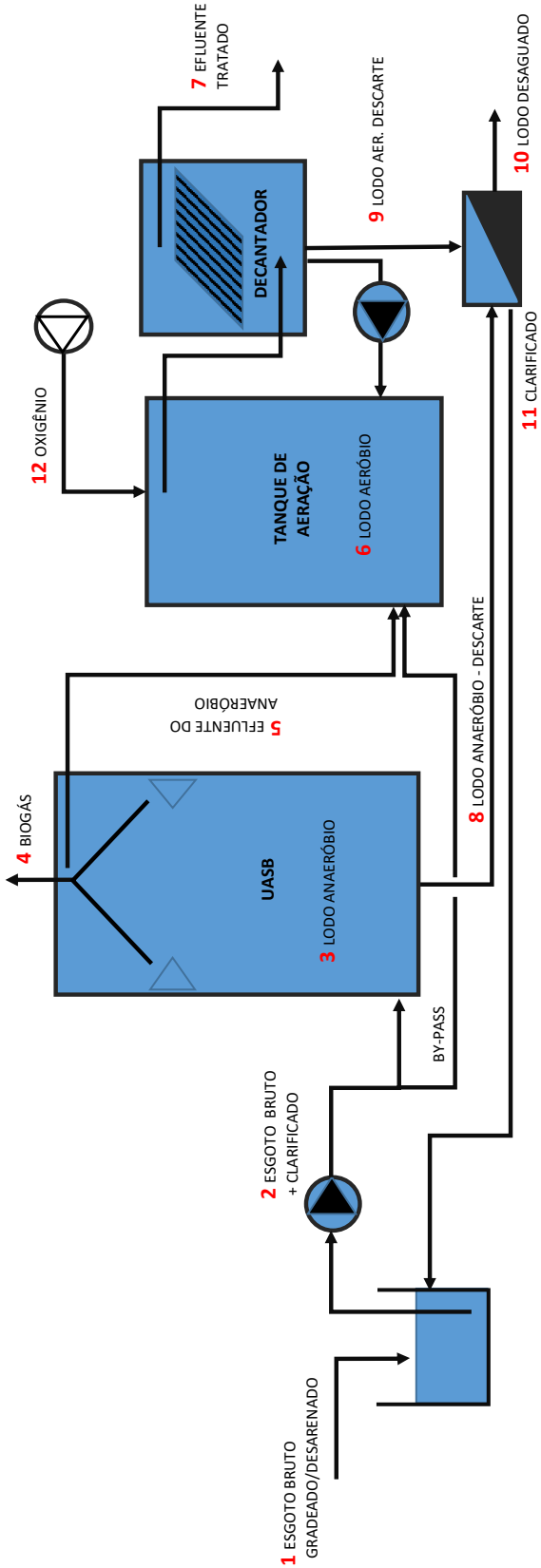
MÊS	VOLUME MENSAL (m³)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/d)	% VAZÃO LICENCIADA	DQO MÉDIA ENTRADA DO UASB (mg/l)	DQO MÉDIA SAÍDA DO UASB (mg/l)	EFICIÊNCIA UASB (%)	CARGAS MÉDIAS AFLUENTES (kg DQO/d)	CARGAS MÉDIAS REMOVIDAS NO UASB (kg DQO/d)
jul/22	51.295,68	1.654,70	10,1%	63,62	47,15	25,9%	105,27	27,25
ago/22	59.382,72	2.120,81	12,9%	142,80	49,02	65,7%	302,85	198,89
set/22	56.816,64	1.832,79	11,2%	106,05	49,92	52,9%	194,36	102,87
out/22	51.995,52	1.733,18	10,6%	130,02	67,69	47,9%	225,35	108,04
nov/22	48.366,72	1.560,22	9,5%	105,95	68,49	35,4%	165,31	58,45
dez/22	44.245,44	1.474,85	9,0%	101,03	68,57	32,1%	149,00	47,87
jan/23	47.926,08	1.546,00	9,4%	52,72	123,75	0,0%	81,51	-109,81
fev/23	54.846,72	1.769,25	10,8%	102,66	52,34	49,0%	181,64	89,03
mar/23	84.032,64	2.801,09	17,1%	75,06	55,58	26,0%	210,25	54,57
abr/23	75.686,40	2.441,50	14,9%	94,18	65,32	30,6%	229,93	70,45
mai/23	68.739,84	2.291,33	14,0%	103,69	54,93	47,0%	237,59	111,73
jun/23	80.688,96	2.602,87	15,9%	79,49	63,52	20,1%	206,89	41,57
MÉDIA	60.335,28	1.985,72	12,1%	96	64	36,1%	191,50	64,70



ANEXO IV: BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE PENA BRANCA
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO: 01
INICIAL: 30/8/2023
CREA: 5061891463



COEFICIENTES DE FRACIONAMENTO DA DQO		VALOR ADOPTADO	REFERÊNCIAS		
			ESGOTO BRUTO	ESGOTO DECANTADO	EFFLUENTE DO UASB
FRAÇÃO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	f_{rb}	0,20	0,20	0,25	0,00
FRAÇÃO BIODEGRADÁVEL	f_b	0,82	0,82	0,88	0,65
FRAÇÃO SOLÚVEL NÃO BIODEGRADÁVEL	f_{us}	0,05	0,05	0,08	0,20
FRAÇÃO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	f_{np}	0,13	0,13	0,04	0,15



ANEXO IV: BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE PENA BRANCA
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

COEFICIENTES DE FRACIONAMENTO DO LODO ATIVO AERÓBIO			
FRAÇÃO ATIVA DO LODO	f_{av}	$MX_{BH,6} / MX_{V,6}$	0,20
FRAÇÃO INERTE	f_i	$MX_{i,6} / MX_{V,6}$	0,61
FRAÇÃO ENDÓGENA	f_e	$MX_{BE,6} / MX_{V,6}$	0,19
COEFICIENTE PARA FRAÇÃO ENDÓGENA	f_E		0,20
COEF. DE RENDIMENTO CELULAR - ANAERÓBIO	Y_1		0,12
COEF. DE RENDIMENTO CELULAR - AERÓBIO	Y_2		0,30
DQO PRESENTE NO LODO ANAERÓBIO	$f_{cv,1}$		2,12
DQO PRESENTE NO LODO AERÓBIO	$f_{cv,2}$		1,48
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - ANAERÓBIO	$R_{S,1}$		90,00
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - AERÓBIO	$R_{S,2}$		20,00
TEMPO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS - NITRIFICAÇÃO	R_{SN}	$1 / (\mu - b_n')$	10,38
TAXA ESPECÍFICA MÁXIMA DE CRESCIMENTO DE NITROSSOMONAS	$\mu_{m,20}$		0,24
CORRIGIDA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	μ_m	$\mu_{m,20} \cdot 1,123^{T-20}$	0,24
CORRIGIDA EM FUNÇÃO DO OXIG. DISSOLVIDO, AMÔNIA E FRAÇÃO DO LODO NA ZONA ANÓXICA	μ	$\mu_m \cdot \frac{N_o}{N_o + K_N} \cdot \frac{OD}{OD + K_o} \cdot (1 - f_n)$	0,14
CONSTANTE DE MEIA SATURAÇÃO DE AMÔNIA PARA NITROSSOMONAS	$K_{N,20}$		0,40
CONSTANTE DE DECAIMENTO DO LODO AERÓBIO	b_h		0,24
	b_h'	$b_h \cdot 1,04^{T-20}$	0,24
CONSTANTE DE DECAIMENTO DE NITROSSOMONAS	b_n		0,040
	b_n'	$b_n \cdot 1,04^{T-20}$	0,040
FRAÇÃO DE MASSA DE LODO NA ZONA ANÓXICA	f_x	0	
FRAÇÃO DA VAZÃO DE BY-PASS PARA A ZONA ANÓXICA	f_R	0%	

SE $f_x = 0$, SOMENTE NITRIFICAÇÃO



ANEXO IV: BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE PENA BRANCA
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

RAZÃO DE RECIRCULAÇÃO INTERNA PARA ZONA ANÓXICA			R	0%
CONSTANTE DE DESNITRIFICAÇÃO COM DQO LENTAMENTE BIODEGRADÁVEL			K_2	$0,11 \cdot 0,08^{T-20}$
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - AMONIFICAÇÃO			ΔALC_{AM}	3,57 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - NITRIFICAÇÃO			ΔALC_{NIT}	-7,14 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE - DESNITRIFICAÇÃO			ΔALC_{DEN}	3,57 kg CaCO ₃ /kg N _{CONVERTIDO}
TEMPERATURA DO LÍQUIDO			T	20,00 9C
DQO NO METANO			DQO_{CH4}	4,00 kg DQO/kg CH ₄
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DQO - ANAERÓBIO			E_{ANA}	60%
EFICIÊNCIA APÓS O AERÓBIO			E_{AER}	65% CALCULADO
RELAÇÃO SSV/SSV NO LODO ANAERÓBIO			f_{v1}	0,55
RELAÇÃO SSV/SSV NO LODO AERÓBIO			f_{v2}	0,58
EFIC. NA RETENÇÃO DE SÓLIDOS - DESAGUAMENTO			$E_{RET,S}$	90%
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DE DESCARTE ANAERÓBIO			S_1	20,00 kg SST/m ³
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DE DESCARTE AERÓBIO			S_2	6,00 kg SST/m ³
TEOR DE SÓLIDOS NO LODO DESAGUADO			S_3	200,00 kg SST/m ³
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO EFLUENTE TRATADO			X_E	0,015 kg SSV/m ³

1	ESGOTO BRUTO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
VAZÃO		Q_1	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	1.546,00	2.120,80	10.368,00	11.897,28 m ³ /d
CARGA DE DQO TOTAL		$MS_{ta,t}$	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	126,01	642,28	4.738,25	6.995,60 kg DQO/d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL		$MS_{rb,t}$	$MS_{ta,t} \cdot f_{rb}$	25,20	128,46	947,65	1.399,12 kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL		$MS_{b,t}$	$MS_{ta,t} \cdot f_b$	103,33	526,67	3.885,37	5.736,39 kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL		$MS_{ns,t}$	$MS_{ta,t} \cdot f_{ns}$	6,30	32,11	236,91	349,78 kg DQO/d

E.MATSUO TRAT. DE EFLUENTES

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

	CARGA DE DQO DE QDO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,1}$	$MS_{ta,1} \cdot f_{up}$	16,38	83,50	615,97	909,43	kg DQO/d
	CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN_{T,1}$	PLANILHA DE VAZÕES E CARGAS	52,34	71,79	350,98	449,22	kg N_NKT/d
2	ESGOTO BRUTO + RETORNO DO CLARIFICADO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	VAZÃO	Q_2	$(Q_1 + Q_{11}) \cdot (1 - f_R)$	1.542,37	2.128,24	10.446,67	12.028,80	m³/d
	CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ta,2}$	$(MS_{ta,1} + MS_{ta,11}) \cdot (1 - f_R)$	124,77	654,82	4.848,06	7.168,89	kg DQO/d
	CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS_{rb,2}$	$(MS_{rb,1} + MS_{rb,11}) \cdot (1 - f_R)$	25,20	128,46	947,65	1.399,12	kg DQO/d
	CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS_{b,2}$	$(MS_{b,1} + MS_{b,11}) \cdot (1 - f_R)$	102,52	534,82	3.956,74	5.849,03	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,2}$	$(MS_{us,1} + MS_{us,11}) \cdot (1 - f_R)$	6,05	34,62	258,87	384,44	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,2}$	$(MS_{up,1} + MS_{up,11}) \cdot (1 - f_R)$	16,20	85,38	632,44	935,42	kg DQO/d
	CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN_{T,2}$	$(MN_{T,1} + MN_{T,11}) \cdot (1 - f_R)$	52,25	72,62	358,23	460,67	kg N_NKT/d
3	PERFIL DO LODO ANAERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,3}$	$MX_{V,6} \cdot R_{SI}$	808,52	4.243,26	31.415,40	46.454,39	kg SSV
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,3}$	$MX_{V,3} / f_{v1}$	1.470,04	7.715,02	57.118,90	84.462,53	kg SST
4	BIOGÁS	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	CARGA DE DQO CONVERTIDA A METANO	MS_{CH4}	$MS_{ta,2} \cdot E_{ANA} - MS_{ta,8}$	55,82	292,94	2.168,83	3.207,07	kg DQO/d
	MASSA DE METANO PRODUZIDO	M_{CH4}	MS_{CH4} / DQO_{CH4}	13,95	73,24	542,21	801,77	kg CH4/d
	MASSA DE GÁS CARBÔNICO PRODUZIDO	M_{CO2}	$M_{CH4} \times 0,667$	9,30	48,83	361,49	534,54	kg CO2/d
	VOLUME DE BIOGÁS PRODUZIDO	Q_4	$(M_{CH4} + M_{CO2}) / 1,15$	20,22	106,14	785,82	1.162,01	m³/d
5	EFLUENTE DO PROCESSO ANAERÓBIO + VAZÃO DE BY-PASS	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	

Página 4 de 8



ANEXO IV: BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE PENA BRANCA
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

VAZÃO	Q'_5	$Q_2 - Q_8$			
CARGA DE DQO TOTAL	$MS'_{ta,5}$	$MS_{ta,2} \cdot (1 - E_{ANA})$	1.541,55	2.123,95	11.981,87 m ³ /d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS'_{rb,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_{rb}$	49,91	261,93	2.867,56 kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{b,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_b$	0,00	0,00	0,00 kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{us,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_{us}$	32,44	170,25	1.863,91 kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS'_{up,5}$	$MS_{ta,5} \cdot f_{up}$	9,98	52,39	573,51 kg DQO/d
CARGA DE N AMONIACAL (AMONIFICAÇÃO COMPLETA NO ANAERÓBIO)	$MN'_{T,5}$	$MN_{T,2} - MN_{o,8}$	7,49	39,29	430,13 kg DQO/d
			51,00	66,02	388,40 kg N/d

BY-PASS PARA ZONA ANÓXICA

VAZÃO	Q''_5	$(Q_I + Q_{II}) \cdot f_R$			
CARGA DE DQO TOTAL	$MS''_{ta,5}$	$(MS_{ta,t} + MS_{ta,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00 m ³ /d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS''_{rb,5}$	$(MS_{rb,t} + MS_{rb,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00 kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{b,5}$	$(MS_{b,t} + MS_{b,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00 kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{us,5}$	$(MS_{us,t} + MS_{us,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00 kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS''_{up,5}$	$(MS_{up,t} + MS_{up,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00 kg DQO/d
CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN''_{T,5}$	$(MN_{T,t} + MN_{T,II}) \cdot f_R$	0,00	0,00	0,00 kg N_NKT/d

EFFLUENTE DO UASB + BY-PASS

VAZÃO	Q_5	$Q'_5 + Q''_5$			
CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ta,5}$	$MS'_{ta,5} + M''_{ta,5}$	1.541,55	2.123,95	11.981,87 m ³ /d
CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS_{rb,5}$	$MS'_{rb,5} + M''_{rb,5}$	49,91	261,93	2.867,56 kg DQO/d
CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS_{b,5}$	$MS'_{b,5} + M''_{b,5}$	0,00	0,00	0,00 kg DQO/d
CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,5}$	$MS'_{us,5} + M''_{us,5}$	32,44	170,25	1.863,91 kg DQO/d
CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,5}$	$MS'_{up,5} + M''_{up,5}$	9,98	52,39	573,51 kg DQO/d
CARGA DE NITROGÊNIO TOTAL	$MN_{T,5}$	$MN'_{T,5} + M''_{T,5}$	7,49	39,29	430,13 kg DQO/d
			51,00	66,02	388,40 kg N_NKT/d



26807000010642



ANEXO IV: BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
 PROJETO: ETE PEENA BRANCA
 ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
 RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

6	CARGA DE N DISPONÍVEL PARA NITRIFICAÇÃO	$MN_{a,5}$	$MN_{T,5} - MN_{o,9}$	53,07	64,34	285,72	346,23	kg N/d
	PERFIL DO LODO AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	mg N/l
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,6}$	$MX_{BH,6} + MX_{E,6} + MX_{i,6}$	166,94	876,14	6.486,62	9.591,85	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA DE SÓLIDOS ATIVOS	$MX_{BH,6}$	$(MS_{b,5} \cdot Y_2 \cdot R_{S2}) / (1 + b_h \cdot R_{S2})$	33,56	176,13	1.303,96	1.928,18	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA DE RESÍDUO ENDÓGENO	$MX_{BE,6}$	$f_E \cdot b_h \cdot R_{S2} \cdot MX_{BH,6}$	32,22	169,08	1.251,80	1.851,06	kg SSV
	MASSA ORGÂNICA INERTE	$MX_{i,6}$	$f_{up} \cdot R_{S2} \cdot MS_{ia,5} / f_{c,2}$	101,17	530,94	3.930,86	5.812,61	kg SSV
7	POTENCIAL DE DESNITRIFICAÇÃO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	POTENCIAL DE DESN. COM DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	D_1	$\frac{MS_{rb,5}}{2,86} \cdot (1 - f_{c,2} \cdot Y_2)$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	POTENCIAL DE DESN. COM DQO LENTAMENTE BIODEGRADÁVEL	D_2	$K_2 \cdot MX_{BH,6} \cdot f_x$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
	POTENCIAL DE DESNITRIFICAÇÃO TOTAL (MÁX. = CARGA DE N DISPONÍVEL)	D	$(D_1 + D_2) \cdot R_2 / (1 + R)$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg N/d
7	EFLUENTE DO PROCESSO AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	VAZÃO	Q_7	$Q_5 - Q_9$	1.546,05	2.120,32	10.363,76	11.890,59	m³/d
	CARGA DE DQO TOTAL	$MS_{ia,7}$	$MS_{us,7} + MS_{p,7}$	44,30	99,46	617,92	837,48	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,7}$	$MS_{us,5}$	9,98	52,39	387,84	573,51	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PARTICULADA	$MS_{p,7}$	$MX_{V,7} \cdot f_{c,1}$	34,32	47,07	230,08	263,97	kg DQO/d
	CARGA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,7}$	$Q_7 \cdot X_E$	23,19	31,80	155,46	178,36	kg DQO/d
	CARGA DE N AMONÍACAL	$MN_{a,7}$	$N_{a,7} \cdot Q_7 / 1000$	1,20	1,65	8,06	9,24	kg N/d
	CARGA DE N NITRATO	$MN_{d,7}$	$MN_{a,5} - D - MN_{a,7}$	53,07	64,34	285,72	346,23	kg N/d
	CARGA DE N ORGÂNICO	$MN_{o,7}$	$MX_{V,7} \cdot O_2 / 14$	3,25	4,45	21,76	24,97	kg N/d
	CARGA DE N TOTAL	$MN_{T,7}$	$MN_{d,7} + MN_{a,7} + MN_{o,7}$	57,52	70,44	315,54	380,44	kg N/d



ANEXO IV: BALANÇO DE MASSA: DQO, NITROGÊNIO E SSV

CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL
PROJETO: ETE PEÑA BRANCA
ITEM: MEMORIAL DE CÁLCULO
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CREA:	5061891463

CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO

CONCENTRAÇÃO DE DQO NO EFLUENTE	$S_{ta,7}$	$(MS_{ta,7}/Q_7) \cdot 1000$	28,66	46,91	59,62	70,43	mg O ₂ /l
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSP. VOLÁTEIS	$X_{v,7}$	X_E	15,00	15,00	15,00	15,00	mg SSV/l
CONCENTRAÇÃO DE N AMONIACAL	$N_{a,7}$	$\frac{K_n \cdot (b'_n + 1/R_{s2})}{[\mu - (b'_n + 1/R_{s2})]}$	0,78	0,78	0,78	0,78	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N NITRATO	$N_{d,7}$	$MN_{a,7}/Q_7$	34,33	30,35	27,57	29,12	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N ORGÂNICO	$N_{o,7}$	$X_{v,7} \cdot 0,14$	2,10	2,10	2,10	2,10	mg N/l
CONCENTRAÇÃO DE N TOTAL	$N_{T,7}$	$N_{d,7} + N_{a,7} + N_{o,7}$	37,21	33,22	30,45	32,00	mg N/l

8	LODO EXCEDENTE ANAERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{v,8}$	$MS_{ta,2} \cdot E_{ANA} \cdot Y_1$	8,98	47,15	349,06	516,16
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,8}$	$MX_{v,8}/f_{vf}$	16,33	85,72	634,65	938,47
	CARGA DE DQO NO DESCARTE	$MS_{ta,8}$	$MX_{v,8} \cdot f_{cd}$	19,05	99,95	740,01	1.094,26
	VAZÃO DE LODO DE DESCARTE	Q_8	$MX_{T,8}/S_1$	0,82	4,29	31,73	46,92
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,8}$	$MX_{v,8} \cdot 0,14$	1,26	6,60	48,87	72,26

9	LODO EXCEDENTE AERÓBIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{v,9}$	$MS_{ta,5} \cdot E_{AER} \cdot Y_2 - MX_{v,7}$	-14,84	12,00	168,87	301,23
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,9}$	$MX_{v,9}/f_{vf}$	-26,99	21,82	307,04	547,70
	CARGA DE DQO NO DESCARTE	$MS_{ta,9}$	$MX_{v,9} \cdot f_{cd}$	-31,47	25,44	358,01	638,62
	VAZÃO DE LODO DE DESCARTE	Q_9	$MX_{T,9}/S_2$	-4,50	3,64	51,17	91,28
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,9}$	$MX_{v,9} \cdot 0,14$	-2,08	1,68	23,64	42,17

10	LODO DE DESCARTE (DESAGUADO)	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{v,10}$	$(MX_{v,8} + MX_{v,9}) \cdot E_{RET,S}$	-5,27	53,23	466,14	735,65

E.MATSUO TRAT. DE EFLUENTES

VERSÃO	DATA
INICIAL	30/8/2023
CRIA:	5061891463

	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,10}$	$(MX_{T,8}+MX_{T,9}).E_{RET,S}$	-9,59	96,79	847,53	1.337,55	kg SST/d
	CARGA DE DQO NO LODO DESAGUADO	$MS_{ta,10}$	$(MS_{ta,8}+MS_{ta,9}).E_{RET,S}$	-11,18	112,86	988,22	1.559,59	kg DQO/d
	VAZÃO DE LODO DESAGUADO	Q_{10}	$MX_{T,10} / s_3$	-0,05	0,48	4,24	6,69	m³/d
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO DESCARTE	$MN_{o,10}$	$MX_{V,10}.0,14$	-0,74	7,45	65,26	102,99	kg N/d
11	CLARIFICADO DO LODO DE DESCARTE	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	$MX_{V,11}$	$(MX_{V,8}+MX_{V,9})-MX_{V,10}$	-0,59	5,91	51,79	81,74	kg SSV/d
	MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	$MX_{T,11}$	$(MX_{T,8}+MX_{T,9})-MX_{T,10}$	-1,07	10,75	94,17	148,62	kg SST/d
	CARGA DE DQO NO CLARIFICADO	$MS_{ta,11}$	$(MS_{ta,8}+MS_{ta,9})-MS_{ta,10}$	-1,24	12,54	109,80	173,29	kg DQO/d
	CARGA DE DQO RAPIDAMENTE BIODEGRADÁVEL	$MS_{rb,11}$	$MS_{ta,11}.f_{rb}$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg DQO/d
	CARGA DE DQO BIODEGRADÁVEL	$MS_{b,11}$	$MS_{ta,11}.f_b$	-0,81	8,15	71,37	112,64	kg DQO/d
	CARGA DE DQO SOL. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{us,11}$	$MS_{ta,11}.f_{us}$	-0,25	2,51	21,96	34,66	kg DQO/d
	CARGA DE DQO PART. NÃO BIODEGRADÁVEL	$MS_{up,11}$	$MS_{ta,11}.f_{up}$	-0,19	1,88	16,47	25,99	kg DQO/d
	VAZÃO DE CLARIFICADO	Q_{11}	$(Q_8+Q_9)-Q_{10}$	-3,63	7,44	78,67	131,52	m³/d
	CARGA DE NITROGÊNIO ORGÂNICO NO CLARIFICADO	$MN_{o,11}$	$MX_{V,11}.0,14$	-0,08	0,83	7,25	11,44	kg N/d
12	CONSUMO DE OXIGÊNIO	SIGLA	EQUAÇÃO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	
	MASSA DE OXIGÊNIO - DEMANDA CARBONÁCEA	MO_C	$MS_{b,5}.(1-f_{ev2}.Y_2)$	27,57	144,71	1.071,37	1.584,25	kg O₂/d
	MASSA DE OXIGÊNIO - DEMANDA NITRIFICANTE	MO_N	$+(1-f_E).b_h.f_{ev2}.MX_{BII,6}$ $4,57.MN_{a,5}$	242,55	294,04	1.305,75	1.582,27	kg O₂/d
	MASSA DE OXIGÊNIO - CRÉDITO DA DESNITRIFICAÇÃO	MO_D	$2,86.D$	0,00	0,00	0,00	0,00	kg O₂/d
	MASSA DE OXIGÊNIO TOTAL	MO	$MO_C+MO_N-M_D$	270,12	438,75	2.377,12	3.166,52	kg O₂/d



Anexo V – Estimativa das vazões de biogás através do uso do software Probio 1.0

ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab ☐ Vazão afluente ($Q_{méd}$) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia ☐ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L ☐ default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☒	☒	☐	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☒	☒	☐	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 1: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário I.



ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab

Vazão afluente (Q_{med}) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	
☐	☒	☐	

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 2: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário II.



ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab

Vazão afluente ($Q_{\text{méd}}$) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia default

DQO afluente ($C_{\text{DQO-afluente}}$) mg/L default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo (K_{lodos}) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente ($Q_{\text{L-CH}_4}$) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual ($Q_{\text{W-CH}_4}$) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 ($Q_{\text{O-CH}_4}$) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{\text{REAL-CH}_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{\text{Biogás}}$) m³/dia

Figura 3: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário III.



ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab

Vazão afluente (Q_{med}) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) mg/L default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (F_s)

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH_4 no biogás (C_{CH_4}) %

Perda de CH_4 dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH_4 (DQO_{CH_4}) kgDQO- CH_4 /dia

Fator correção temperatura (F_T) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH_4 com o efluente (Q_{L-CH_4}) m³/dia

Perda volumétrica de CH_4 com o gás residual (Q_{W-CH_4}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH_4 (Q_{O-CH_4}) m³/dia

Produção real de CH_4 no biogás ($Q_{REAL-CH_4}$) m³/dia

Produção real de biogás ($Q_{Biogás}$) m³/dia

Figura 4: Dados de entrada e resultados do programa Probio 1.0 para o Cenário IV.



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.4.1.01.R1		
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL			FOLHA: 1 de 28	
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL				
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS				
	NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO	CREA: 5061891463	
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:			

ÍNDICE DE REVISÕES	
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMIÇÃO INICIAL
1	REVISÃO GERAL

REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	04/09/2023	28/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						

As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.



26807000010642

	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 2 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

**É proibida a reprodução total ou parcial, por
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.4.1.01.R1
Descrição do projeto:	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL
Local da obra:	Rua João Orestes Faoro, nº1.200 – Bairro Planalto. Caxias do Sul – RS.
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	28/09/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	3 DE 28
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	ANÁLISE DO PROJETO DA ETE PINHAL	6
2.1	RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS	6
2.2	ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	7
2.3	ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB.....	7
2.3.1	Tipologia do reator UASB	7
2.3.2	Campânula do biogás	10
2.3.3	Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás.....	11
2.3.4	Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.	12
2.4	ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS	12
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
3	ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO	14
3.1	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE	15
3.2	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO.....	15
3.3	CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB	16
3.4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS.....	16
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
4	VISTORIA IN LOCO NA ETE PINHAL	18
4.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	19
4.2	REATORES UASB MÓDULOS 1 E 2	20
4.3	REATORES UASB MODULO 3 E 4	23
4.4	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	24
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	ANEXOS	28
	ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.....	28
	ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.	28
	ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.	28
	ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.	28
	ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.	28



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	4 DE 28
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico – ETE Pinhal, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Recomendamos a leitura do relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, o qual contém a descrição de aspectos teóricos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.

Estabelecemos a seguinte metodologia para a realização do diagnóstico da situação atual da ETE Pinhal:

- Análise do projeto da ETE Pinhal, envolvendo as unidades do tratamento preliminar, dos reatores UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Análise simplificada dos dados de monitoramento de vazões e cargas de esgoto;
- Vistoria in loco, com foco nas unidades do tratamento preliminar, do reator UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Elaboração do relatório do diagnóstico da ETE Pinhal (este documento).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 5 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

A Estação de Tratamento de Esgoto Pinhal apresenta as seguintes especificações, conforme documentos de licenciamento Ambiental e versão mais recente do projeto:

Conforme Licença de Operação LO Nº 03915/2020:

Capacidade da ETE*:	20.736 m ³ /dia
Grau de tratamento:	Secundário
	DBO ≤ 40 mg/l
	DQO ≤ 150 mg/l
	Colif. termotolerantes ≤ 1000 NMP/100 ml
	Nitrogênio Amoniacal ≤ 20 mg/l
	Fósforo total ≤ 1 mg/l

❖ **Diretrizes do processo de tratamento – Dados coletados no projeto existente:**

- População atendida: 147.624 habitantes
- Vazões: 502,2 l/s – máxima
309,8 l/s – média
- Carga de DBO 8.026 kg DBO/d
- Tratamento Preliminar: Gradeamento médio #25 mm
Remoção de sólidos abrasivos
Medição de vazão
- Tratamento Secundário: Processo anaeróbio inicial - UASB
Processo aeróbio complementar – Filtro aeróbio submerso
Decantação secundária



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 6 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

- Gerenciamento do Lodo: Desaguamento mecanizado - centrífuga
- Desinfecção Cloração
- Remoção de fósforo Aplicação de cloreto férrico em floculador

2 ANÁLISE DO PROJETO DA ETE PINHAL

2.1 RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS

- Projeto executivo do subsistema Pinhal. Estação de tratamento de esgoto – ETE Pinhal. Memória descritiva e memória gráfica. Volume I. Set.2007. FBF Engenharia Ltda.
- Desenhos analisados:
 - Prancha 01/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE – Planta geral.
 - Prancha 03/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE – Planta de locação.
 - Prancha 04/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE – Perfil hidráulico.
 - Prancha 06/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE – Desarenador – cortes - planta.
 - Prancha 09/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta de cobertura.
 - Prancha 10/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta inferior.
 - Prancha 11/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Corte AA e Vista 1.
 - Prancha 12/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Cortes BB e CC.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 7 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

- Prancha 13/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes das campânulas.
- Prancha 14/25 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Pinhal – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes.

2.2 ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR

A remoção de sólidos grosseiros na ETE Pinhal consiste em gradeamento grosseiro, com abertura de 50 mm, seguido por gradeamento fino mecanizado, com abertura de 6 mm. Há uma grade fixa de reserva para a grade mecanizada, com abertura de 20 mm.

Após o gradeamento o esgoto passa por desarenação e é recalcado para a caixa de distribuição acima da cota do topo dos reatores UASB.

2.3 ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB

Analisamos o detalhamento dos seguintes itens:

- I. Tipologia do reator UASB;
- II. Campânula do biogás;
- III. Tubulações do reator para a coleta do biogás;
- IV. Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás;
- V. Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

2.3.1 Tipologia do reator UASB

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Dimensões por módulo:	24,00 m x 17,50 m (comprimento útil x largura útil)
Profundidade total/útil:	6,00 m x 5,3 m (total / útil)
Área superficial:	840 m ² no total
	420 m ² por reator
Volume útil:	4.452 m ³ no total



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	8 DE 28
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

1.680 m³ por reator

Quantidade de módulos: 4 módulos

Cobertura do reator: Laje maciça envolvendo todas as câmaras de biogás
Laje pré-fabricada removível nas zonas de sedimentação

Material do tanque: Concreto estrutural

Realizamos a modelagem em 3D do projeto do reator UASB, para auxiliar no estudo e análise dos detalhes do projeto existente e implantado. Ressaltamos que houve modelagem somente dos componentes mínimos para estudo das causas e fontes potenciais de vazamentos de biogás. O desenho resumido e em 3D do projeto é apresentado na folha DE.SAMAE.0.1.01.R0 - REATOR UASB BELO/PENA BRANCA/PINHAL/SAMUARA.

O reator UASB da ETE Pena Branca é do tipo fechado, com laje de cobertura em concreto. Esta cobertura possui aberturas que dão acesso ao interior da zona de sedimentação do reator. As aberturas possuem tampas removíveis de concreto.

O acesso ao interior do reator pode ser feito através da retirada das lajes removíveis de concreto. Estas aberturas possuem largura de 2 m e comprimento 6 m. Além das tampas de concreto, foram previstas tampas de ferro fundido com diâmetro de 800 mm, para acesso rápido à zona de decantação.

As dimensões para acesso ao interior do reator UASB da ETE Pinhal viabilizam a fabricação prévia dos módulos das campânulas em galpão industrial.

O tanque do reator UASB possui também estruturas internas constituídas por colunas, para suporte das campânulas e laje de cobertura.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	9 DE 28
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

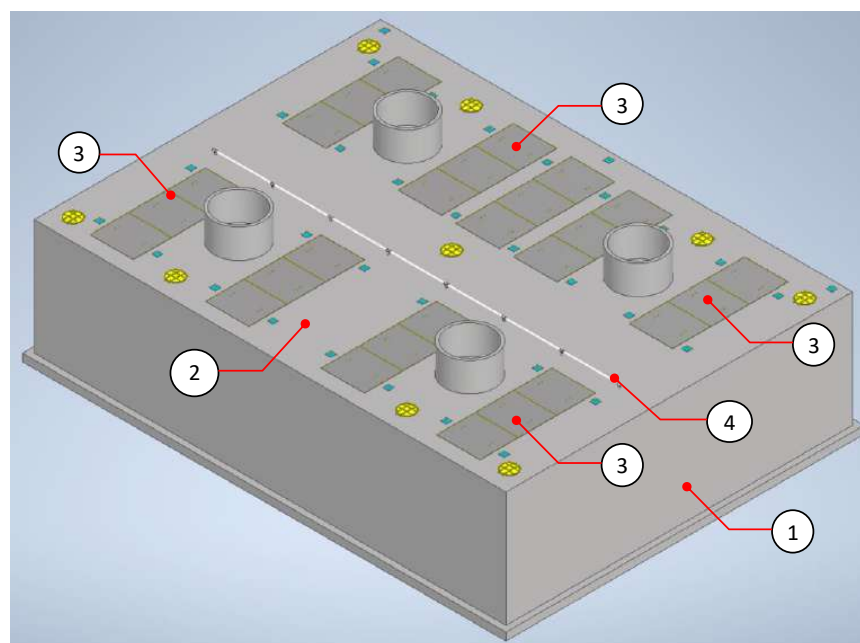


Figura 1: Vista do reator UASB da ETE Pinhal: Tanque do reator (1); Laje de cobertura em concreto (2); tampas de concreto removíveis (3); tubulação de coleta do biogás (4).

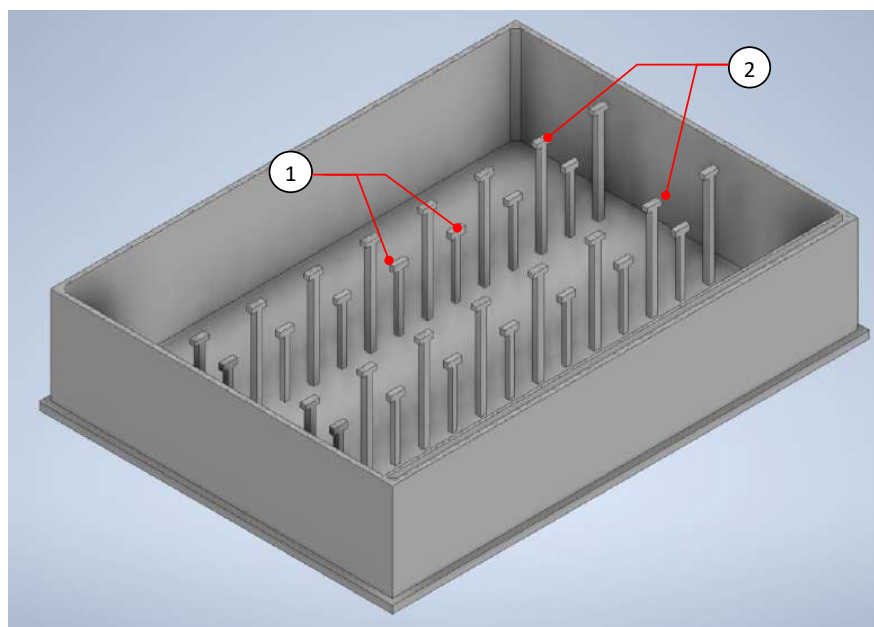


Figura 2: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Pinhal: Colunas para suporte da laje de cobertura e vigas da câmara do biogás (1); colunas para suporte das campânulas de concreto (2).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 10 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

2.3.2 Campânula do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Separador trifásico: 8 Campânulas transversais

Materiais da campânula: Fibra de vidro (PRFV)

A câmara do biogás é formada por duas vigas na laje de cobertura ligadas à placas rígidas de PRFV para formar as “cortinas”.

Apesar do caminho livre para as campânulas, há pequenas interferências em parte das campânulas em PRFV, com os “coxins” no topo das colunas, que não foram levadas em consideração no projeto. Há também interferência da extremidade das campânulas com a calha coletora principal.

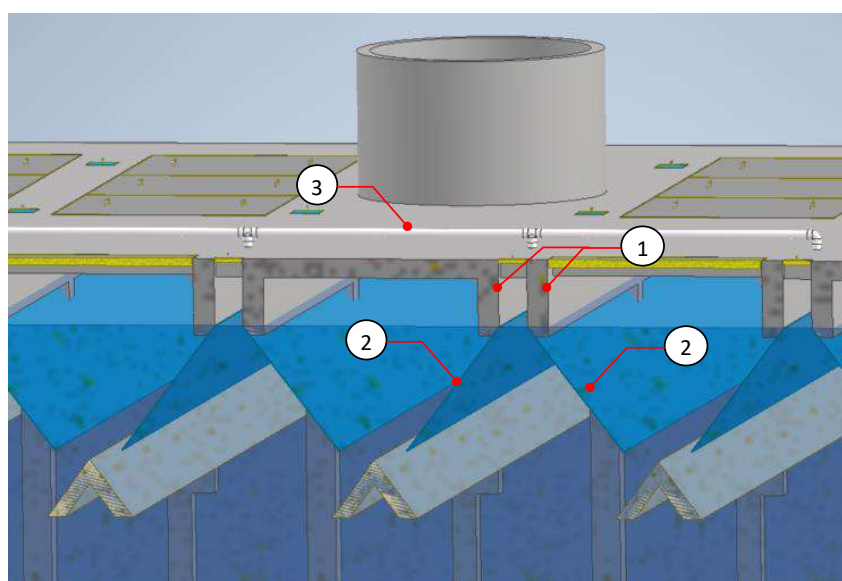


Figura 3: Detalhe da campânula do reator UASB da ETE Pinhal: Vigas de concreto (1); Cortinas de PRFV (2); Tubulação de coleta do biogás (3).



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 11 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

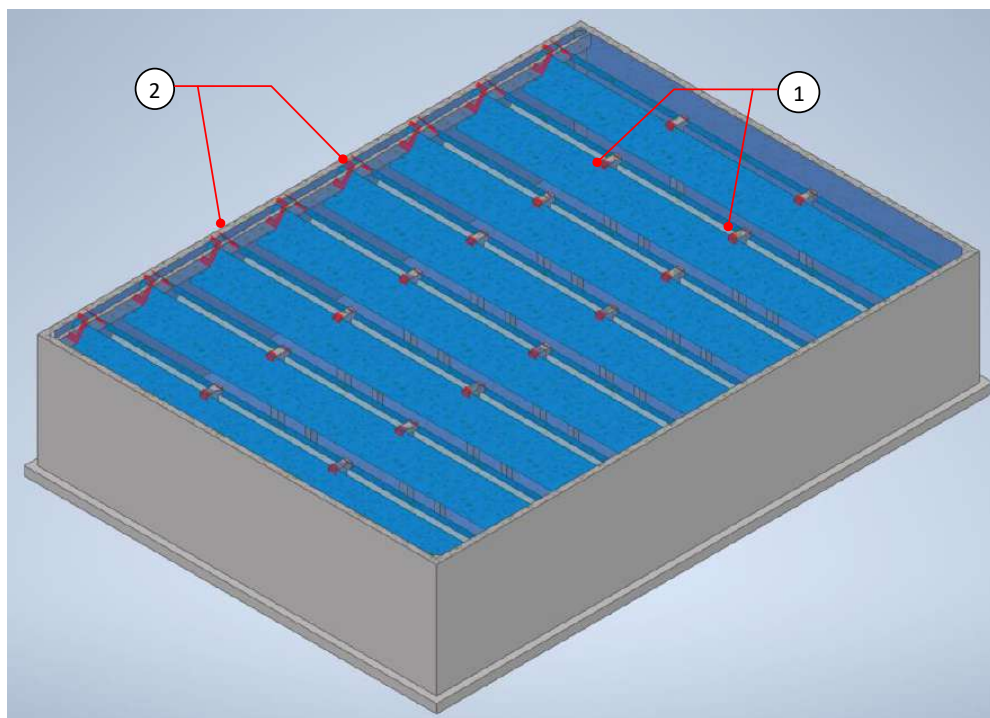


Figura 4: Análise de interferência para a campânula do reator UASB: Interferência com os "coxins" (1) ; interferência com a calha coletora principal (2).

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Sistema de coleta do biogás:	Tubulações externas, localizadas sobre a laje de cobertura.
Diâmetro da tubulação:	DN 75 mm
Material:	PVC com extremidades para conexão do tipo ponta e bolsa.

2.3.3 Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada no interior das campânulas.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 12 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

2.3.4 Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada na zona de sedimentação.

Além disso, a canaleta de drenagem do esgoto tratado do UASB possui placa retentora de espuma.

2.4 ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Queimador do biogás:

Tipo de queimador: Flare de chama aparente

Diâmetro nominal do queimador: DN 1 Pol

Tubulação de coleta do biogás:

Diâmetro nominal: DN 75 mm

Material: PVC

Conexões: Ponta e bolsa soldável

Dispositivos de proteção:

Válvula corta chamas: ausente

Válvula bloqueio: DN 1 Pol. Na entrada do queimador

Controle/regulagem de pressão: Ausente

Dreno de condensados: Ausente

Tratamento do biogás:

Modalidade: Remoção de H₂S previamente à queima, através de filtro de carvão ativado.

Características do filtro:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 13 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

Diâmetro do filtro: 1500 mm

Material filtrante: Carvão ativado

Tanque: Concreto

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise do projeto da ETE, apresentamos os seguintes comentários:

Quanto ao projeto do tratamento preliminar:

- A abertura da grade mecanizada atende à NBR 12209, onde especifica que a abertura deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.
- Havendo necessidade de parada da grade mecanizada para manutenções, a menor abertura passará a ser de 25 mm.

Quanto ao projeto do reator UASB:

- O projeto das campânulas do reator UASB apresenta boa concepção pelos seguintes aspectos:
 - Há um duto de concreto específico para o escoamento do biogás;
 - Não há interferências na execução campânulas com elementos da estrutura do tanque de concreto, o que reduz o risco de vazamento em emendas;
 - As “cortinas” da campânula foram especificadas em PRFV rígido;
 - A possibilidade de entrada de espuma na tubulação de biogás inexistente pois há desnível de 0,7 m entre a entrada na tubulação de biogás e a superfície da água no interior da câmara de biogás;
 - A pressão do biogás requerida no interior da campânula será bastante baixa e em valor apenas o necessário para a operação do flare.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	14 DE 28
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada no interior da câmara de biogás. Porém, há tampões em ferro fundido para o acesso ao interior da câmara de biogás, permitindo a realização da retirada da espuma de forma manual e auxiliada por equipamento de sucção de drenagem.
- O risco de vazamento de biogás para a zona de sedimentação é baixo e dependerá somente da qualidade das vedações na execução das campânulas.

Quanto ao projeto do sistema de coleta de biogás, do reator ao sistema de queima:

- A tubulação em PVC com ponta e bolsa não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas.
- Não foi previsto dispositivo para regularização da pressão do biogás da saída do reator, sendo que em condições normais de operação, uma contrapressão pode ser exercida pelo filtro de carvão ativado.
- Não foi prevista válvula mantenedora de pressão na entrada do queimador (flare).
- Não foram previstas válvulas de bloqueio na entrada do filtro de carvão ativado e na entrada do queimador do biogás.
- Não foi prevista válvula corta chamas entre o queimador e a saída do filtro de carvão ativado, para segurança do sistema.

3 ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO

Para finalidade de estimativa da vazão de biogás, tanto na situação atual como de projeto, fizemos uma análise simplificada baseada nos dados operacionais disponibilizados pelo SAMAE, cobrindo o período de um ano.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	15 DE 28
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

Período analisado: Jul/2022 a Jun/2023.

Execução das análises: Laboratório credenciado

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 1. Características médias do esgoto bruto.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	55,3
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	193,3
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	34,4
Fósforo total	mg P/l	5,1

Os valores médios mensais do esgoto bruto são apresentados no Anexo I.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 2. Características médias do esgoto tratado.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	12,06
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	63,49
Fósforo total	mg P/l	3,84
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	29,11



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 16 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

Os valores médios mensais do esgoto tratado são apresentados no Anexo II.

3.3 CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 3. Cargas orgânicas DQO aplicadas e removidas no reator UASB.

Carga de DQO	Aplicada	Removida no UASB	Eficiência
Média	718,53	482,55	67,6%
Mínima	606,13	293	42,3%
Máxima	929,31	782,65	84,2%

Os valores médios mensais das cargas orgânicas de DQO aplicadas no reator UASB e sua eficiência são apresentados no Anexo III.

3.4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Conforme descrito no Relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa e software Probio 1.0 para estimativa da vazão de biogás.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

No anexo IV apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 17 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

No anexo V apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do software Probio 1.0.

Na tabela a seguir apresentamos as vazões estimadas de biogás para os 4 cenários explicados e segundo as duas metodologias de cálculo.

Tabela 4. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanco de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m3/d	107,87	76,0
Cenário II	m3/d	165,95	136,2
Cenário III	m3/d	1.701,74	1.516,5
Cenário IV	m3/d	3.731,00	3.633,7

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento feito pelo SAMAE indicam esgoto com características médias de DBO extremamente baixas, porém com Nitrogênio e fósforo praticamente normais.

Tabela 5. Quadro comparativo das características do esgoto.

Característica		Previsto no projeto	Valor médio no monitoramento
DBO	mg/l	387	55,3
DQO	mg/l	774	193,3
Nitrogênio NTK	mg/l	50	34,4
Fósforo total	mg/l	7	5,1

A análise dos dados de monitoramento contribui para que se possa fazer o



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 18 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

dimensionamento racional do sistema de coleta e queima do biogás, evitando o superdimensionamento, uma vez que a vazão de biogás prevista no projeto é muito superior à vazão teórica atual.

- I. A vazão média recebida pela ETE Pinhal é de apenas 18% da capacidade nominal da ETE.
- II. A produção de biogás estimada em 166 m³/d, para os dados operacionais representa apenas 4,4% do potencial máximo teórica da ETE, estimada em 3731 m³/d.

4 VISTORIA IN LOCO NA ETE PINHAL

Apresentamos a seguir as principais observações anotadas ao relatório fotográfico realizado da visita realizada em 21 de Agosto de 2023. A ETE Pinhal possui quatro unidades de reatores UASB, onde 2 unidades estão em operação e 2 são mantidas como reserva, para serem utilizadas quando há aumento de vazão, normalmente durante episódios de chuvas intensas.

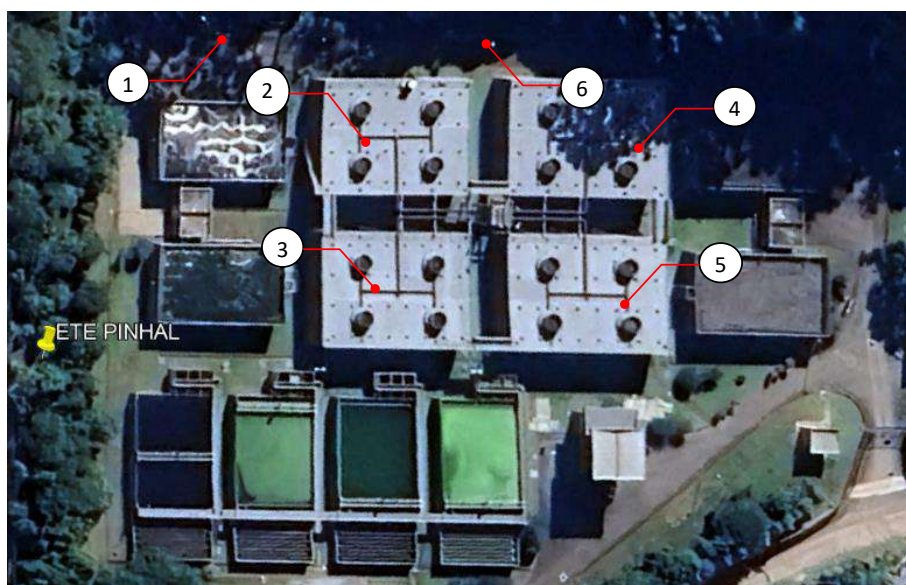


Figura 5: ETE Pinhal. Fonte: Google Earth, acesso em 18/09/2023.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 19 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

A visita técnica foi realizada no dia 21 de agosto de 2023. Os componentes vistoriados foram:

- 1) Tratamento preliminar
- 2) Reator UASB – módulo 1 (em operação)
- 3) Reator UASB – módulo 2 (em operação)
- 4) Reator UASB – módulo 3 (reserva)
- 5) Reator UASB – módulo 3 (reserva)
- 6) Sistema de queima do biogás

4.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

Inspecionamos as aberturas das grades atualmente em operação na ETE Pinhal.



Figura 6: Canal de chegada do esgoto bruto na Estação Elevatória, com grade fixa de abertura de 50 mm.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	20 DE 28
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			



Figura 7: Gradeamento mecanizado na Estação Elevatória, com grade fixa de abertura de 10 mm.

4.2 REATORES UASB MÓDULOS 1 E 2

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do módulo 1 do reator UASB.



Figura 8: Vista da laje de cobertura do reator UASB módulo 1: detalhe das tampas abertas para realização de inspeção na câmara do biogás.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	21 DE 28
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			



Figura 9: Vista da laje de cobertura do reator UASB módulo 1: presença de espuma líquida.

Observações:

Realizamos a inspeção no interior da câmara de biogás e verificamos a presença de espuma em todas as janelas de inspeção. A camada de espuma apresentou-se na forma líquida em alguns trechos e com crostas secas em outros.



Figura 10: Vista da laje de cobertura do reator UASB módulo 2.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA
	TÍTULO:		22 DE 28
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		



Figura 11: Vista do interior de câmara do biogás do reator UASB módulo 2, em operação.

O reator UASB módulo 2 apresentou as camadas de espuma na câmara do biogás em todas as janelas de inspeção.



Figura 12: Retirada de amostra da crosta da espuma solidificada do reator UASB módulo 2.

Em alguns trechos, a espessura da camada de espuma era de cerca de 20 cm.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 23 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		



Figura 13: Vista do acúmulo de espuma na zona de sedimentação do reator UASB módulo 2.

Observações:

Verificamos que a camada de espuma na zona de sedimentação apresentava se na forma líquida e em pequena quantidade.

4.3 REATORES UASB MODULO 3 E 4

Os reatores UASB módulos 3 e 4 estavam fora de operação há bastante tempo, sendo que houve crescimento de plantas nas coroas de distribuição do esgoto. No geral, apresentaram se em bom estado de conservação.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA
	TÍTULO:		24 DE 28
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		



Figura 14: Vista da laje de cobertura do reator UASB módulo 3.



Figura 15: Vista da laje de cobertura do reator UASB módulo 4.

4.4 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do sistema de queima do biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 25 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

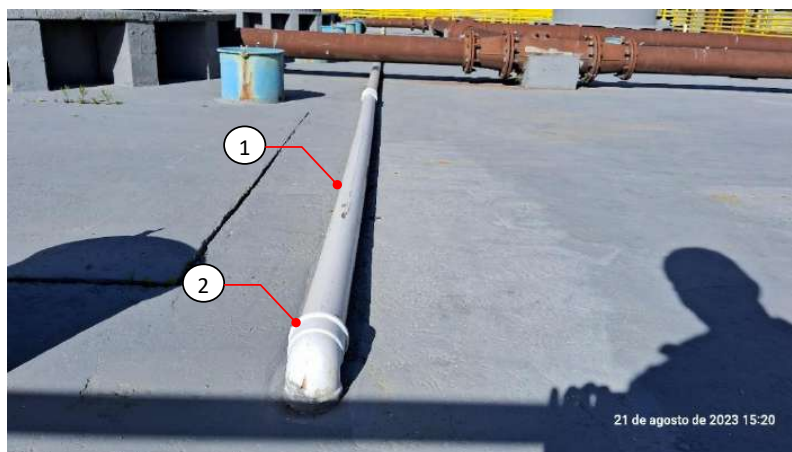


Figura 16: Vista da tubulação de biogás, sobre o topo do reator UASB.

Observações:

- 1) Tubulação em PVC para coleta do biogás.
- 2) Conexão ponta e bolsa.

Não recomendamos o uso de tubulação de PVC com conexões ponta e bolsa soldáveis totalmente exposta ao tempo, dado que haverá dilatações e retrações ao longo do dia.



Figura 17: Válvula de drenagem de condensado da tubulação de biogás.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 26 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		



Figura 18: Vista dos arredores do sistema de queima do biogás.

Observações:

- 1) Tanque de concreto do filtro de carvão ativado em bom estado de conservação.
- 2) Ausência de bocal de acesso para realização de substituição do leito de carvão ativado.
- 3) Flare de queima aparente em bom estado de conservação.

O sistema de queima não estava em operação na ocasião da visita. É motivo de preocupação a proximidade do flare com a vegetação, uma vez que é esperada uma vazão bastante significativa de biogás e sua colocação em operação traz um alto risco de causar incêndio florestal.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.4.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 27 DE 28
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL		

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao tratamento preliminar:

- I. A presença de espuma com crostas secas foi detectada na câmara do biogás. Verificou-se a necessidade de execução de procedimento de limpeza para remoção ou redução desta camada.
- II. A quantidade e a espessura da camada de espuma poderiam ser reduzidas com a melhoria da eficiência do tratamento preliminar, através da instalação de peneiramento com menor abertura.

Quanto aos reatores UASB:

- I. Foram instaladas tampas de acesso à zona de sedimentação e à câmara do biogás melhoradas em relação ao preconizado no projeto original. Estas tampas têm fornecido boa vedação e resistência contra a corrosão. Entretanto, é necessário proteger os perfis em aço carbono existentes nas tampas de acesso à câmara do biogás.
- II. Não foi possível verificar os detalhes da instalação das campânulas, no tocante à vedação com as vigas de concreto e qualidade de suas emendas.

Quanto ao sistema de queima do biogás:

- I. A tubulação em PVC com conexões tipo ponta e bolsa expostas ao tempo poderá apresentar problemas no curto prazo.
- II. É necessário implantar os dispositivos de segurança mínimos tais como válvula corta chamas, bem como válvula bloqueio, na saída de cada reator, válvula reguladora de pressão, antes do flare, para interrupção da queima do biogás quando a vazão estiver muito baixa.
- III. Não aconselhamos a realização da operação de queima do biogás sem que sejam garantidos os afastamentos necessários do flare em relação à vegetação.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.4.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	28 DE 28
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – PINHAL			

ANEXOS

ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.

ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.

ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.

ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.

ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.5.1.01.R1	
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA: 1 de 26	
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS			
	NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTRATO Nº 3230370000		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO	CREA: 5061891463

ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMIÇÃO INICIAL							
1	REVISÃO GERAL							

REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	04/09/2023	28/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						

As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	2 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

**É proibida a reprodução total ou parcial, por
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.5.1.01.R1
Descrição do projeto:	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA
Local da obra:	Rua Jayme Guilherme Muratore Filho, S/Nº, próximo à sede campestre do Círculo Operário Caxiense, Caxias do Sul – RS.
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	28/09/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	3 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	ANÁLISE DO PROJETO DA ETE SAMUARA.....	5
2.1	RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS	5
2.2	ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	6
2.3	ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB.....	7
2.3.1	Tipologia do reator UASB	7
2.3.2	Campânula do biogás	9
2.3.3	Tubulações do reator para a coleta do biogás	11
2.3.4	Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás.....	11
2.3.5	Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.	11
2.4	ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS	11
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
3	ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO 14	
3.1	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE	14
3.2	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO.....	14
3.3	CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB	15
3.4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS.....	15
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
4	VISTORIA IN LOCO NA ETE SAMUARA.....	17
4.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	18
4.2	REATOR UASB.....	18
4.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	22
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
	ANEXOS	26
	ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.....	26
	ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.	26
	ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.	26
	ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.	26
	ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.	26



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	4 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico – ETE SAMUARA, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Recomendamos a leitura do relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, o qual contém a descrição de aspectos teóricos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.

Estabelecemos a seguinte metodologia para a realização do diagnóstico da situação atual da ETE Samuara:

- Análise do projeto da ETE Samuara, envolvendo as unidades do tratamento preliminar, dos reatores UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Análise simplificada dos dados de monitoramento de vazões e cargas de esgoto;
- Vistoria in loco, com foco nas unidades do tratamento preliminar, do reator UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Elaboração do relatório do diagnóstico da ETE Samuara (este documento).



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	5 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

A Estação de Tratamento de Esgoto Samuara apresenta as seguintes especificações, conforme documentos de licenciamento Ambiental e versão mais recente do projeto:

Conforme Licença de Operação LO Nº 0379/2021:

Capacidade da ETE*:	5.184 m³/dia
Grau de tratamento:	Secundário
	DBO ≤ 60 mg/l
	DQO ≤ 180 mg/l
	Colif. Term. ≤ 10.000 NMP/100 ml

❖ **Diretrizes do processo de tratamento – Dados levantados do projeto existente:**

- Tratamento Preliminar:
 - Gradeamento
 - Desarenação
 - Medição de vazão
- Tratamento Secundário:
 - Processo anaeróbio inicial - UASB
 - Processo aeróbio complementar – Filtro aeróbio submerso
 - Decantação secundária
- Desaguamento do Lodo:
 - Leito de secagem

2 ANÁLISE DO PROJETO DA ETE SAMUARA

2.1 RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS

- Projeto executivo do subsistema SAMUARA. Estação de tratamento de esgoto – ETE SAMUARA. Memória descritiva e memória gráfica. Volume I. Set.2007. FBF Engenharia Ltda.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 6 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

➤ Desenhos analisados:

- Prancha 01/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE – Planta geral.
- Prancha 02/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE – Perfil hidráulico.
- Prancha 03/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE – Planta de locação.
- Prancha 04/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE – Planta de canalizações.
- Prancha 09/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta de cobertura.
- Prancha 10/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Planta inferior.
- Prancha 11/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Corte AA e Vista 1.
- Prancha 12/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE - Reator anaeróbio – Cortes BB e CC.
- Prancha 13/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes das campânulas.
- Prancha 14/20 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema SAMUARA – Projeto Executivo ETE – Reator anaeróbio – Detalhes.

2.2 ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR

A remoção de sólidos grosseiros na ETE Samuara consiste em gradeamento mecanizado em paralelo com grade fixa reserva. Após este gradeamento, o esgoto passa por um tanque de equalização e em seguida é encaminhado por gravidade para o Desarenador. Na unidade de desarenação, há duas grades fixas em paralelo, antes da desarenação. Não encontramos informações no projeto relacionadas à abertura das grades.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 7 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

2.3 ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB

Analizamos o detalhamento dos seguintes itens:

- I. Tipologia do reator UASB;
- II. Campânula do biogás;
- III. Tubulações do reator para a coleta do biogás;
- IV. Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás;
- V. Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

2.3.1 Tipologia do reator UASB

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Dimensões por módulo:	24,00 m x 17,50 m (comprimento útil x largura útil)
Profundidade total/útil:	6,00 m x 5,3 m (total / útil)
Área superficial:	420 m ² por reator
Volume útil:	1.680 m ³ por reator
Quantidade de módulos:	1 módulo
Cobertura do reator:	Laje maciça envolvendo todas as câmaras de biogás Laje pré-fabricada removível nas zonas de sedimentação
Material do tanque:	Concreto estrutural

Realizamos a modelagem em 3D do projeto do reator UASB, para auxiliar no estudo e análise dos detalhes do projeto existente e implantado. Ressaltamos que houve modelagem somente dos componentes mínimos para estudo das causas e fontes potenciais de vazamentos de biogás. O desenho resumido e em 3D do projeto é apresentado na folha DE.SAMAE.0.1.01.R1 - REATOR UASB BELO/PENA BRANCA/PINHAL/SAMUARA.

O reator UASB da ETE Samuara é do tipo fechado, com laje de cobertura em concreto.



	ESTUDO		Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1			R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA	
			8 DE 26	
TÍTULO:		DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

Esta cobertura possui aberturas que dão acesso ao interior da zona de sedimentação do reator. As aberturas possuem tampas removíveis de concreto.

O acesso ao interior do reator pode ser feito através da retirada das lajes removíveis de concreto. Estas aberturas possuem largura de 2 m e comprimento 6 m. Além das tampas de concreto, foram previstas tampas de ferro fundido com diâmetro de 800 mm, para acesso rápido à zona de decantação.

As dimensões para acesso ao interior do reator UASB da ETE Samuara viabilizam a fabricação prévia dos módulos das campânulas em galpão industrial.

O tanque do reator UASB possui também estruturas internas constituídas por colunas, para suporte das campânulas e laje de cobertura.

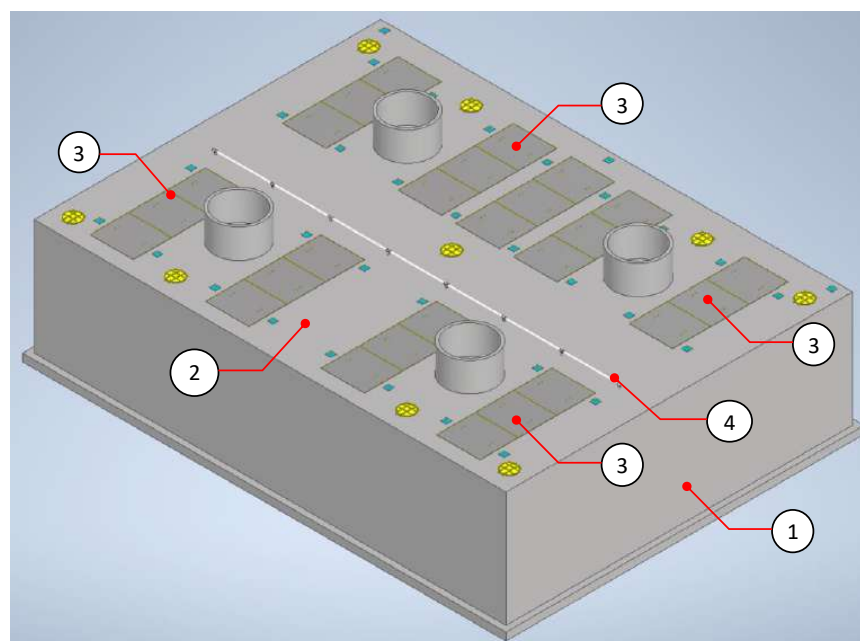


Figura 1: Vista do reator UASB da ETE Samuara: Tanque do reator (1); Laje de cobertura em concreto (2); tampas de concreto removíveis (3); tubulação de coleta do biogás (4).



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	9 DE 26
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

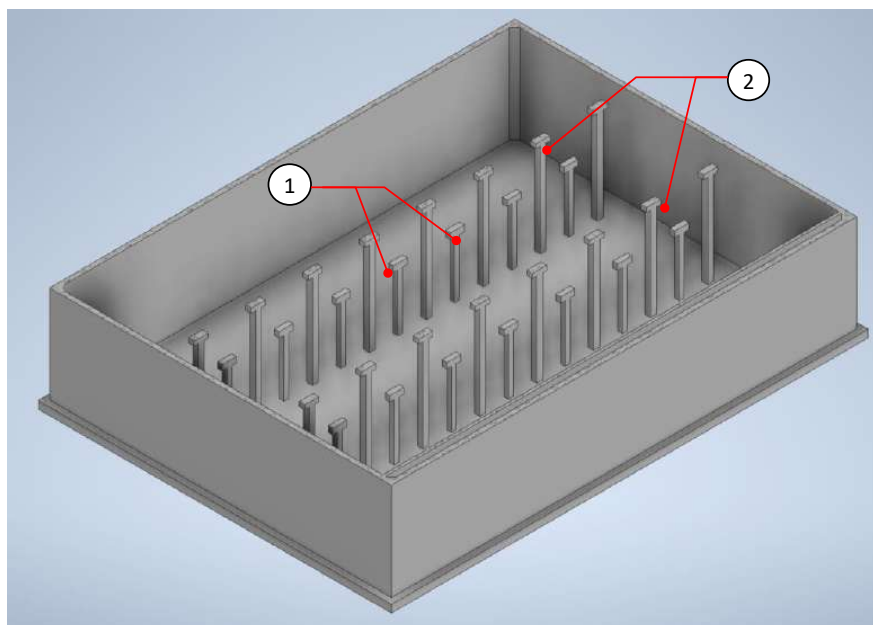


Figura 2: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Samuara: Colunas para suporte da laje de cobertura e vigas da câmara do biogás (1); colunas para suporte das campânulas de concreto (2).

2.3.2 Campânula do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Separador trifásico: 8 Campânulas transversais

Materiais da campânula: Fibra de vidro (PRFV)

A câmara do biogás é formada por duas vigas na laje de cobertura ligadas à placas rígidas de PRFV para formar as “cortinas”.

Apesar do caminho livre para as campânulas, há pequenas interferências em parte das campânulas em PRFV, com os “coxins” no topo das colunas, que não foram levadas em consideração no projeto. Há também interferência da extremidade das campânulas com a calha coletora principal.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA
	TÍTULO:		10 DE 26
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

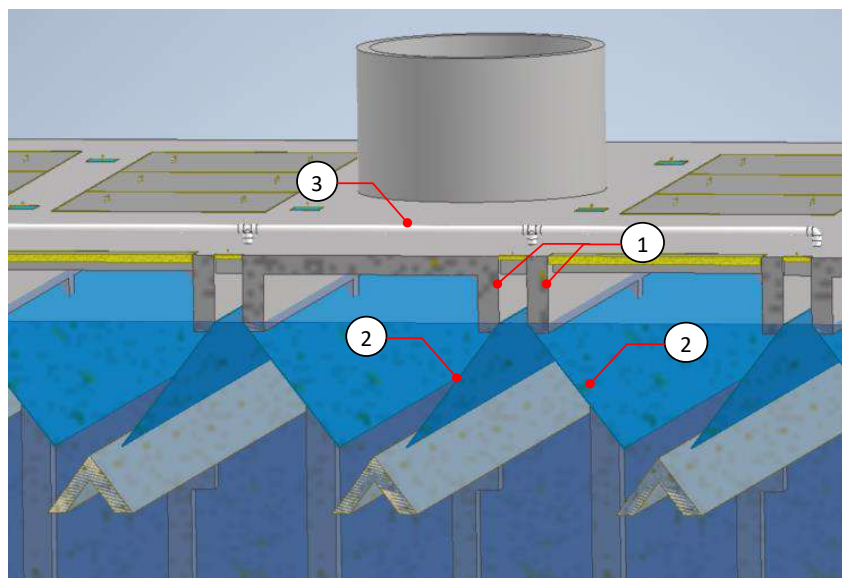


Figura 3: Detalhe da campânula do reator UASB da ETE Samuara: Vigas de concreto (1); Cortinas de PRFV (2); Tubulação de coleta do biogás (3).

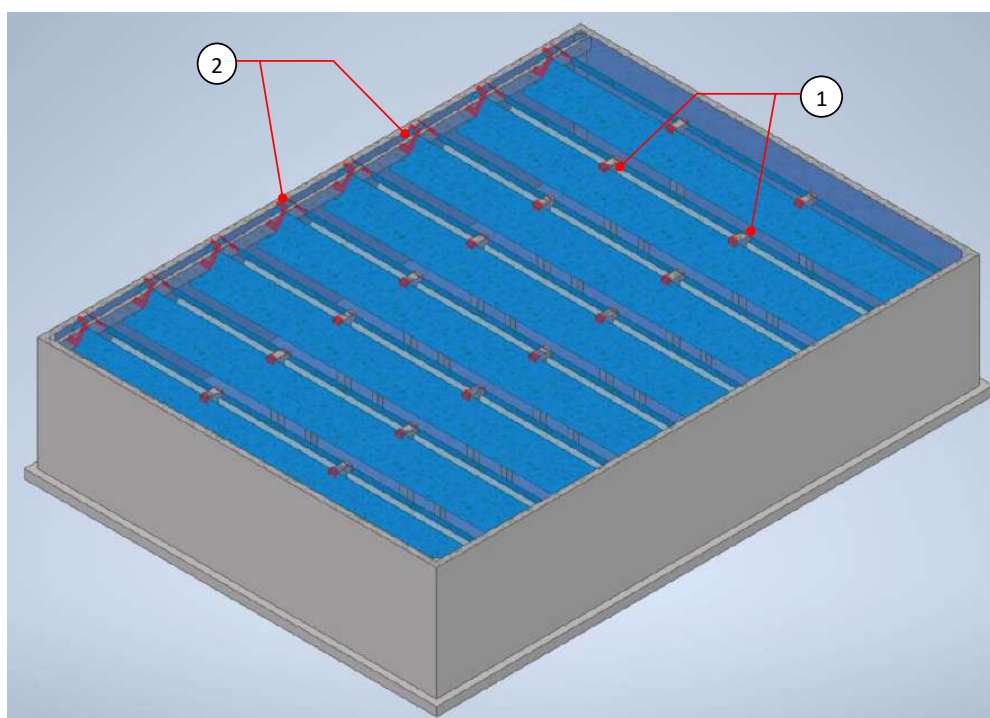


Figura 4: Análise de interferência para a campânula do reator UASB: Interferência com os "coxins" (1) ; interferência com a calha coletora principal (2).



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	11 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

2.3.3 Tubulações do reator para a coleta do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Sistema de coleta do biogás: Tubulações externas, localizadas sobre a laje de cobertura.

Diâmetro da tubulação: DN 75 mm

Material: PVC com extremidades para conexão do tipo ponta e bolsa.

2.3.4 Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada no interior das campânulas.

2.3.5 Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada na zona de sedimentação.

Além disso, a canaleta de drenagem do esgoto tratado do UASB possui placa retentora de espuma.

2.4 ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Queimador do biogás:

Tipo de queimador: Flare de chama aparente

Diâmetro nominal do queimador: DN 1 Pol

Tubulação de coleta do biogás:

Diâmetro nominal: DN 75 mm

Material: PVC



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 12 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

Conexões: Ponta e bolsa soldável

Dispositivos de proteção:

Válvula corta chamas: ausente

Válvula bloqueio: DN 1 Pol. Na entrada do queimador

Controle/regulagem de pressão: Ausente

Dreno de condensados: Ausente

Tratamento do biogás:

Modalidade: Remoção de H₂S previamente à queima, através de filtro de carvão ativado.

Características do filtro:

Diâmetro do filtro: 1500 mm

Material filtrante: Carvão ativado

Tanque: Concreto

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao projeto do tratamento preliminar:

- A abertura das grades principais deve atender no mínimo aos critérios da NBR 12209, onde especifica que a abertura deva ser inferior a 12 mm, para vazões até 100 l/s, e inferior a 6 mm, para vazões acima de 100 l/s.

Quanto ao projeto do reator UASB:

- O projeto das campânulas do reator UASB apresenta boa concepção pelos seguintes aspectos:
 - Há um duto de concreto específico para o escoamento do biogás;
 - Não há interferências na execução campânulas com elementos da



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 13 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

estrutura do tanque de concreto, o que reduz o risco de vazamento em emendas;

- As “cortinas” da campânula foram especificadas em PRFV rígido;
- A possibilidade de entrada de espuma na tubulação de biogás inexistente pois há desnível de 0,7 m entre a entrada na tubulação de biogás e a superfície da água no interior da câmara de biogás;
- A pressão do biogás requerida no interior da campânula será bastante baixa e em valor apenas o necessário para a operação do flare.
- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada no interior da câmara de biogás. Porém, há tampões em ferro fundido para o acesso ao interior da câmara de biogás, permitindo a realização da retirada da espuma de forma manual e auxiliada por equipamento de sucção de drenagem.
- O risco de vazamento de biogás para a zona de sedimentação é baixo e dependerá somente da qualidade das vedações na execução das campânulas.

Quanto ao projeto do sistema de coleta de biogás, do reator ao sistema de queima:

- A tubulação em PVC com ponta e bolsa não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas.
- Não foi previsto dispositivo para regularização da pressão do biogás da saída do reator, sendo que em condições normais de operação, uma contrapressão pode ser exercida pelo filtro de carvão ativado.
- Não foi prevista válvula mantenedora de pressão na entrada do queimador (flare).
- Não foram previstas válvulas de bloqueio na entrada do filtro de carvão ativado e na entrada do queimador do biogás.
- Não foi prevista válvula corta chamas na entrada do flare.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	14 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

3 ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO

Para finalidade de estimativa da vazão de biogás, tanto na situação atual como de projeto, fizemos uma análise simplificada baseada nos dados operacionais disponibilizados pelo SAMAE, cobrindo o período de um ano.

Período analisado:	Jul/2022 a Jun/2023.
Execução das análises:	Laboratório credenciado

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 1. Características médias do esgoto bruto.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	52,25
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	151,96
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	21,95
Fósforo total	mg P/l	3,38

Os valores médios mensais do esgoto bruto são apresentados no Anexo I.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 15 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

Tabela 2. Características médias do esgoto tratado.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	16,70
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	67,63
Fósforo total	mg P/l	3,05
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	18,59

Os valores médios mensais do esgoto tratado são apresentados no Anexo II.

3.3 CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 3. Cargas orgânicas DQO aplicadas e removidas no reator UASB.

Carga de DQO	Aplicada	Removida no UASB	Eficiência
Média	86,12	52,47	35,9%
Mínima	33,25	3,71	9,9%
Máxima	120,10	54,55	62,9%

Os valores médios mensais das cargas orgânicas de DQO aplicadas no reator UASB e sua eficiência são apresentados no Anexo III.

3.4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Conforme descrito no Relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa e software Probio 1.0 para estimativa da vazão de biogás.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 16 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

No anexo IV apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.

No anexo V apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do software Probio 1.0.

Na tabela a seguir apresentamos as vazões estimadas de biogás para os 4 cenários explicados e segundo as duas metodologias de cálculo.

Tabela 4. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanço de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m3/d	5,85	4,3
Cenário II	m3/d	21,32	10,8
Cenário III	m3/d	425,43	379,1
Cenário IV	m3/d	706,11	630,0

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento feito pelo SAMAE indicam esgoto com características médias de DBO extremamente baixas. Os valores médios para Nitrogênio e fósforo também estão bastante baixos.

A análise dos dados de monitoramento contribui para que se possa fazer o dimensionamento racional do sistema de coleta e queima do biogás, evitando o superdimensionamento, uma vez que a vazão de biogás prevista no projeto é muito



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	17 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

superior à vazão teórica atual.

- I. A vazão média recebida pela ETE SAMUARA é de apenas 18% da capacidade nominal da ETE.
- II. A produção de biogás estimada em 21,32 m³/d, para os dados operacionais representa apenas 3% do potencial máximo teórica da ETE, estimada em 706 m³/d.

Os dados de monitoramento mostram que os baixos valores de DBO no esgoto bruto afetam a eficiência do reator UASB. Entretanto, mostram também que a eficiência do UASB é bastante satisfatória para valores mais altos de DBO.

4 VISTORIA IN LOCO NA ETE SAMUARA

Apresentamos a seguir as principais observações anotadas ao relatório fotográfico realizado da visita realizada em 18 de Agosto de 2023. A ETE SAMUARA possui uma única unidade de reator UASB.



Figura 5: ETE Samuara. Fonte: Google Earth, acesso em 18/09/2023.

A visita técnica foi realizada no dia 18 de agosto de 2023. Os componentes vistoriados



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 18 DE 26
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

foram:

- 1) Tratamento preliminar
- 2) Reator UASB
- 3) Sistema de queima do biogás

4.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

Inspecionamos as aberturas das grades atualmente em operação na ETE Samuara.



Figura 6: Canal de chegada do esgoto bruto na Estação Elevatória, com grade mecanizada de abertura de 6 mm e grade fixa de abertura de 20 mm (reserva).

4.2 REATOR UASB

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do reator UASB.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	19 DE 26
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			



Figura 7: Vista da laje de cobertura do reator UASB.



Figura 8: Vista do interior de câmara do biogás de reator UASB.

Observações:

- 1) Acúmulo de espuma com resíduos sólidos no interior da câmara do biogás.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1	R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA 20 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

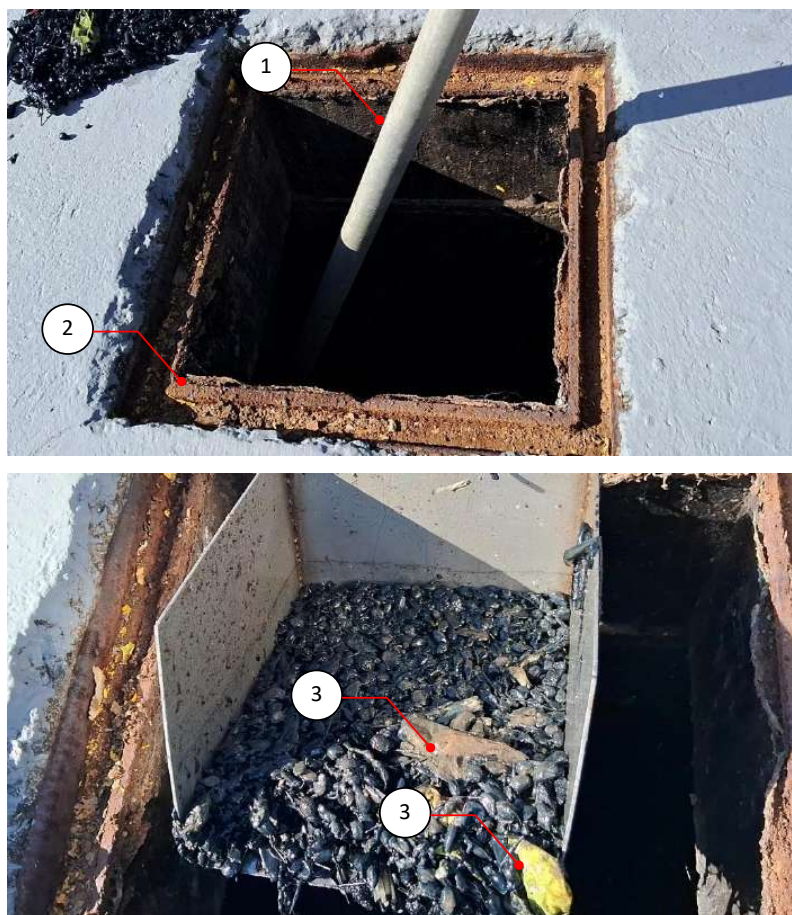


Figura 9: Retirada de amostra da crosta da camada de espuma.

Observações:

- 1) Retirada de amostra da camada de espuma.
- 2) Elevada corrosão nas guias de assentamento das tampas quadradas de ferro fundido.
- 3) Visualmente verifica-se que há resíduos sólidos grosseiros com dimensões superiores à 15 mm, tais como plásticos, tecidos, dentre outros.

Nas atuais condições, as tampas de ferro fundido não apresentam estanqueidade para evitar o vazamento de biogás ou a entrada de ar atmosférico na câmara do biogás.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	21 DE 26
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			



Figura 10: Abertura de tampão de 800 mm de acesso à zona de sedimentação.

Observações:

O tampão de ferro fundido apresenta condições de utilização. Porém, é necessário retocar a pintura anticorrosiva.



Figura 11: Vista do acúmulo de espuma na zona de sedimentação do reator UASB em operação: pouca acumulação / espuma líquida.



	ESTUDO Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1	R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA 22 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

4.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do sistema de queima do biogás.

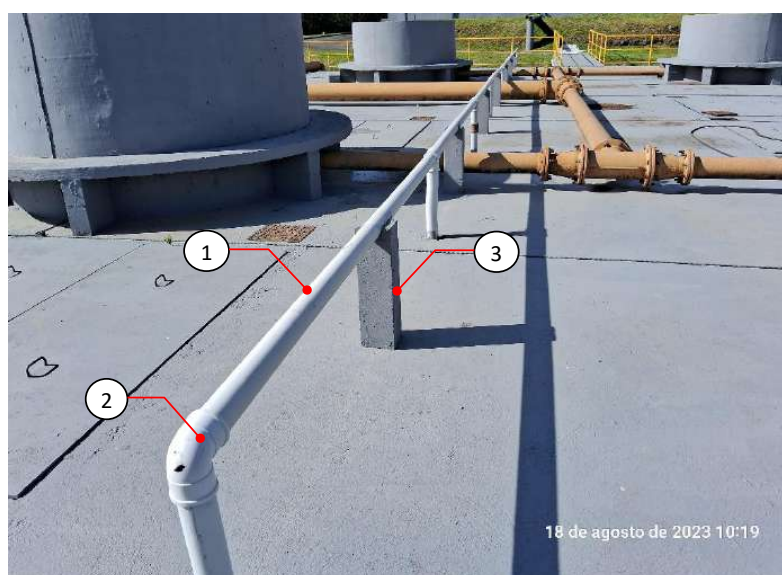


Figura 12: Vista da tubulação de biogás, sobre o topo do reator UASB.

Observações:

- 1) Tubulação de PVC para coleta do biogás diretamente embutida na laje de concreto.
- 2) Conexões do tipo ponta e bolsa soldáveis.
- 3) Suporte de concreto sem abraçadeira.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA
	TÍTULO:		23 DE 26
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA		

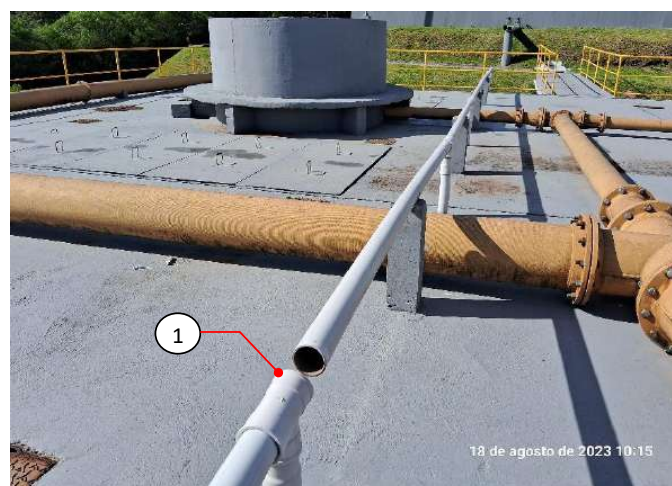


Figura 13: Vista da tubulação de biogás, sobre o topo do reator UASB: falha na montagem.



Figura 14: Vista dos arredores do sistema de queima do biogás.

Observações:

- 1) Tanque de concreto do filtro de carvão ativado em bom estado de conservação.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	24 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

- 2) Ausência de bocal de acesso para realização de substituição do leito de carvão ativado.
- 3) Flare de queima aparente em bom estado de conservação.

É motivo de preocupação a proximidade do flare com a vegetação por trazer risco de causar incêndio florestal.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao tratamento preliminar:

- I. A quantidade e a espessura da camada de espuma poderiam ser reduzidas com a melhoria da eficiência do tratamento preliminar, através da instalação de peneiramento com menor abertura.

Quanto ao reator UASB:

- I. As tampas de Ferro fundido DN 800 mm de acesso à zona de decantação necessitam nova pintura anticorrosiva. Apesar de levemente corroídas, apresentam condições de serem mantidas em operação.
- II. As tampas quadradas de ferro fundido de acesso à câmara do biogás e calha coletora principal, necessitam ser substituídas por estarem severamente corroídas e sem condições de serem reaproveitadas, devido à perda de sua estanqueidade.
- III. Não foi possível verificar os detalhes da instalação das campânulas, no tocante à vedação com as vigas de concreto e qualidade de suas emendas.

Quanto ao sistema de queima do biogás:

- I. A tubulação em PVC com conexões tipo ponta e bolsa soldáveis expostas ao tempo poderá apresentar problemas no curto prazo.
- II. É necessário implantar os dispositivos de segurança mínimos tais como válvula



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	25 DE 26
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

corta chamas, bem como válvula bloqueio e válvula reguladora de pressão, para interrupção da queima do biogás quando a vazão estiver muito baixa, o que resulta em problemas na queima.

- III. Caso seja mantida a tubulação de PVC da coleta do biogás, será necessário instalar abraçadeiras dos suportes das tubulações. Deve ser prevista abraçadeira resistente à corrosão.
- IV. Deve ser feita a correção do vão da tubulação de biogás.
- V. A localização do flare traz risco de provocar incêndio na vegetação adjacente.



	ESTUDO		Nº
	DG.SAMAE.5.1.01.R1		REV.
	R1		
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA	
		26 DE 26	
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – SAMUARA			

ANEXOS

ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.

ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.

ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.

ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.

ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.



 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: DG.SAMAE.6.1.01.R1					
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA: 1 de 43					
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA							
	ESCOPO: REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS							
NOME DA EMPRESA E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO		CREA: 5061891463				
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:						
ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMISSÃO INICIAL							
1	REVISÃO GERAL							
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	04/09/2023	28/09/2023						
EXECUÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	E. MATSUO	E. MATSUO						
As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.								



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	2 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

**É proibida a reprodução total ou parcial, por
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

Dados do projeto:

Código do documento:	DG.SAMAE.6.1.01.R1
Descrição do projeto:	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA
Local da obra:	Rua Codificada 35-24-02, Travessão Thompson Flores, nº 167, Bairro Santa Catarina (próximo ao Viaduto da RST 435, Loteamento Mattioda), Caxias do Sul – RS.
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	28/09/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	3 DE 43
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	ANÁLISE DO PROJETO DA ETE TEGA.....	6
2.1	RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS	6
2.2	ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	8
2.3	ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB.....	8
2.3.1	Tipologia do reator UASB	9
2.3.2	Campânula do biogás	13
2.3.3	Tubulações do reator para a coleta do biogás	15
2.3.4	Dispositivo para a remoção de espuma do interior da câmara do biogás	15
2.3.5	Dispositivo para a remoção de espuma da zona de sedimentação.	15
2.4	ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS	16
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
3	ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO 18	
3.1	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE	19
3.2	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO.....	19
3.3	CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB	20
3.4	ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS.....	20
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
4	VISTORIA IN LOCO NA ETE TEGA.....	22
4.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	23
4.2	REATOR UASB MODULO 1.....	24
4.3	REATOR UASB MÓDULO 2.....	30
4.4	REATOR UASB MÓDULO 3	35
4.5	REATOR UASB MÓDULO 4	37
4.6	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS MÓDULO 1	39
4.7	SISTEMA DE QUEIMA DE BIOGÁS MÓDULO 2	40
4.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
ANEXOS		43
	ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.....	43
	ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.	43
	ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.	43
	ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.	43
	ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.	43



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	4 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 1 – Diagnóstico – ETE Tega, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Recomendamos a leitura do relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, o qual contém a descrição de aspectos teóricos, diretrizes e descrições de alguns procedimentos utilizados de forma comum a todas as ETE's deste contrato.

Estabelecemos a seguinte metodologia para a realização do diagnóstico da situação atual da ETE Tega:

- Análise do projeto da ETE Tega, envolvendo as unidades do tratamento preliminar, dos reatores UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Análise simplificada dos dados de monitoramento de vazões e cargas de esgoto;
- Vistoria in loco, com foco nas unidades do tratamento preliminar, do reator UASB e do sistema de coleta e queima do biogás;
- Elaboração do relatório do diagnóstico da ETE Tega (este documento).



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	5 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

A Estação de Tratamento de Esgoto Tega apresenta as seguintes especificações, conforme documentos de licenciamento Ambiental e versão mais recente do projeto:

Conforme Licença de Operação LO Nº 01069/2021 e Resolução CONSEMA Nº 355/2017:

Capacidade da ETE:	38.016 m ³ /dia
Grau de tratamento:	Secundário
	DBO ≤ 40 mg/l
	DQO ≤ 150 mg/l
	Colif. termotolerantes ≤ 1000 NMP/100 ml

Conforme informações do memorial descritivo do projeto, a ETE Tega deve atender também aos seguintes requisitos:

Nitrogênio Amoniacal ≤ 20 mg/l
Fósforo total ≤ 1 mg/l

❖ **Diretrizes do processo de tratamento – Dados coletados no projeto existente:**

- População atendida: 147.624 habitantes
- Vazões: 715 l/s – máxima
440 l/s – média
- Carga de DBO 23.568 kg DQO/d
- Tratamento Preliminar: Gradeamento médio #25 mm
Remoção de areia
Medição de vazão



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	6 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

- Tratamento Secundário:
 - Processo anaeróbio inicial - UASB
 - Processo aeróbio complementar – Filtro aeróbio submerso
 - Decantação secundária
- Gerenciamento do Lodo: Desaguamento mecanizado - centrífuga
- Desinfecção Cloração
- Remoção de fósforo Aplicação de cloreto férrico em floculador

2 ANÁLISE DO PROJETO DA ETE TEGA

2.1 RELAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS ANALISADOS

- Projeto executivo do subsistema Tega. Estação de tratamento de esgoto – ETE Tega. Memória descritiva e memória gráfica. Volume I. Set.2007. FBF Engenharia Ltda.
- Relação de desenhos da 1ª etapa:
 - Prancha 06/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Esquema de distribuição – tubos.
 - Prancha 06/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Planta de fundo.
 - Prancha 06/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Planta EL. 604,00.
 - Prancha 06/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Reator UASB – Cortes AA/BB/CC.
 - Prancha 06/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Cortes DD/EE.
 - Prancha 06/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	7 DE 43
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

Executivo - ETE - Reator UASB – Alimentadores circulares.

Obs.: Os desenhos acima foram emitidos em Jul/2007.

➤ Relação de desenhos da 2ª etapa:

- Prancha 01/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo – Planta geral de locação.
- Prancha 02/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - Planta geral de canalizações.
- Prancha 03/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo – ETE – Perfil dos conjuntos A e B (1ª etapa) e conjuntos C e D (2ª etapa).
- Prancha 04/24 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega – Projeto Executivo – ETE – Desarenador – Planta baixa.
- Prancha 04/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Esquema de distribuição – tubos.
- Prancha 05/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Planta de fundo.
- Prancha 06/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Planta EL. 604,00.
- Prancha 07/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Cortes AA/BB/CC.
- Prancha 08/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE - Reator UASB – Cortes DD/EE.
- Prancha 09/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE – Alimentadores circulares.
- Prancha 10/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa – Projeto Executivo - ETE – Planta laje superior.
- Prancha 11/19 – Sistema de Esgoto Sanitário – Subsistema Tega 2ª etapa –



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 8 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

Projeto Executivo - Detalhes.

- Desenhos do projeto estrutural do tanque do reator UASB de autoria da TRECOM
- Projetos Estruturais:
- 01/09 Sistema Tega – Reator UASB – C (2ª etapa). Forma do fundo – N = 598,13. Cortes AA/BB.
 - 02/09 Sistema Tega – Reator UASB – C (2ª etapa). Forma do fundo – N = 601,33.
 - 03/09 Sistema Tega – Reator UASB – C (2ª etapa). Forma do nível N = 602,58.
 - 04/09 Sistema Tega – Reator UASB – C (2ª etapa). Forma da tampa N = 604,33. Cortes CC.
- Projeto executivo das peças em PRFV, elaborados pela Caldefiber:
 - P-3144-8. Revisão 1. Campânula Superior. Caldefiber.

2.2 ANÁLISE DO PROJETO DO TRATAMENTO PRELIMINAR

O projeto da ETE Tega prevê que o esgoto chegue por gravidade à ETE, onde adentra a Caixa de areia, a qual está localizada em cota acima do topo dos reatores UASB.

Na unidade de desarenação, há uma grade fixa logo na entrada seguida por uma grade mecanizada. Não encontramos informações no projeto relacionadas à abertura destas grades.

2.3 ANÁLISE DO PROJETO DO REATOR UASB

Analizamos o detalhamento dos seguintes itens:

- I. Tipologia do reator UASB;
- II. Campânula do biogás;
- III. Tubulações do reator para a coleta do biogás;
- IV. Dispositivo para remoção de espuma do interior da câmara do biogás;



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 9 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

V. Dispositivo para remoção de espuma da zona de sedimentação.

2.3.1 Tipologia do reator UASB

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Dimensões por módulo:	28,50 m x 28,00 m (comprimento útil x largura útil)
Profundidade total/útil:	6,20 m x 5,0 m (total / útil)
Área superficial:	798 m ² por reator
Volume útil:	3.990 m ³ por reator
Quantidade de módulos:	4 módulos
Cobertura do reator:	Laje maciça
Sistema de distribuição:	9 “torres” de 1,5 x 1,5 m
Material do tanque:	Concreto estrutural com fck de 25 Mpa, classe de agressividade ambiental II e recobrimento de 3 cm

Realizamos a modelagem em 3D do projeto do reator UASB, para auxiliar no estudo e análise dos detalhes do projeto existente e implantado. Ressaltamos que houve modelagem somente dos componentes mínimos para estudo das causas e fontes potenciais de vazamentos de biogás. O desenho resumido e em 3D do projeto é apresentado na folha DE.SAMAE.6.1.01.R0 - REATOR UASB PADRÃO DA ETE TEGA.

O reator UASB da ETE Tega é do tipo “fechado”, com laje de cobertura em concreto. Esta cobertura possui aberturas que dão acesso ao interior da zona de exaustão do reator. As aberturas possuem tampas removíveis de concreto.



	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	10 DE 43
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

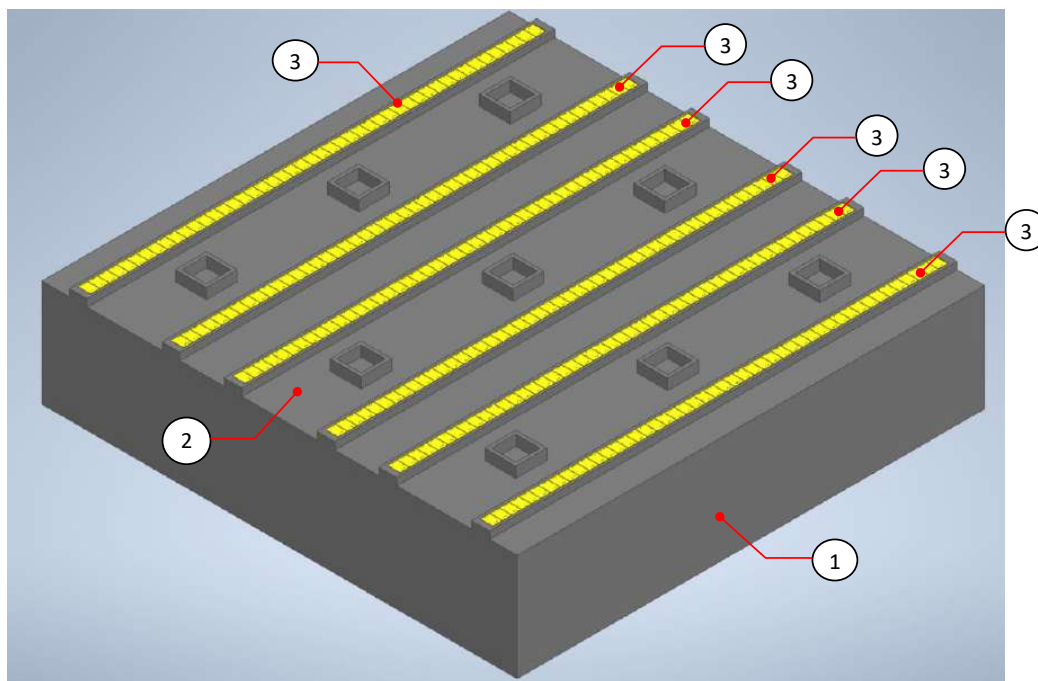


Figura 1: Vista do reator UASB da ETE Tega: Tanque do reator (1); Laje de cobertura em concreto (2); tampas de concreto removíveis (3).

O tanque do reator UASB possui também estruturas internas de vigas e colunas para suporte das campânulas, bem como “torres” para a acondicionamento do sistema de distribuição do esgoto.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 11 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

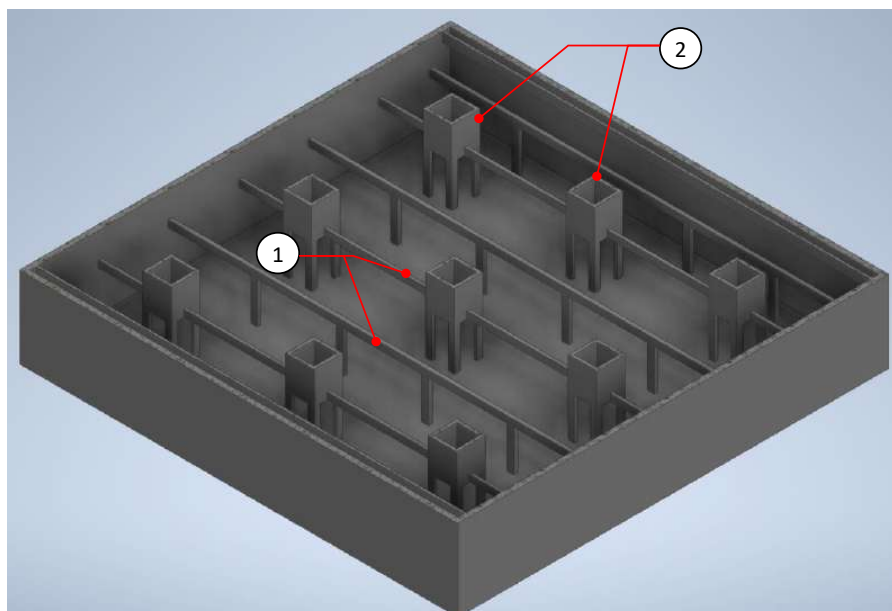


Figura 2: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Tega. Destaque para as estruturas internas: Vigas internas de suporte das campânulas (1); torres de distribuição do esgoto (2).

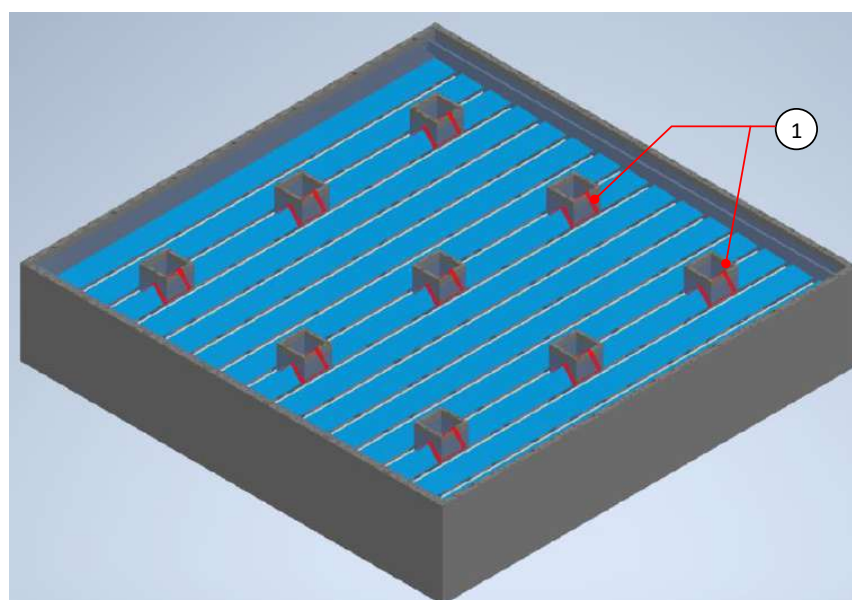


Figura 3: Análise de interferência para a campânula do reator UASB. Destaque para as interferências das torres de distribuição sobre as campânulas (1), destacadas na cor vermelha.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 12 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

O único acesso ao interior do reator é através da retirada das tampas de concreto. Estas aberturas possuem 0,800 m de largura e comprimento máximo 9,2 m, limitado pelas vigas estruturais internas de suporte da laje de cobertura (vide figura a seguir).

Estas dimensões para acesso ao interior do reator UASB da ETE Tega trazem limitações à fabricação prévia dos módulos das campânulas em galpão industrial e aumentam a quantidade de serviços e ajustes em campo, o que não é desejável, por aumentar o risco de vazamentos.

A fabricação prévia das campânulas em galpão industrial permitem até mesmo que estes componentes sejam submetidos à testes de estanqueidade previamente à montagem em campo.

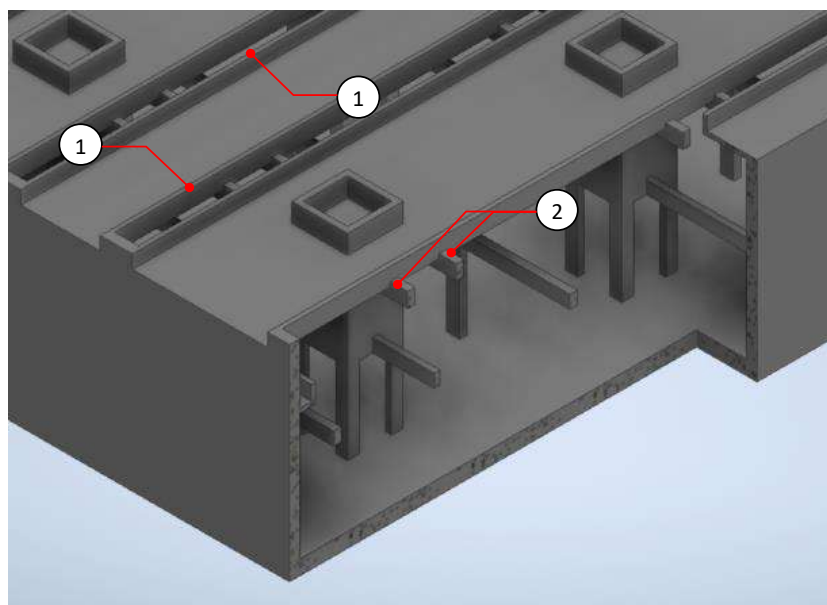


Figura 4: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Tega. Destaque para as aberturas na laje de cobertura para acesso ao interior do reator (1); e vigas de suporte da laje de cobertura (2).



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	13 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

2.3.2 Campânula do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Separador trifásico:	15 Campânulas transversais
Submersão da campânula:	Total, com 370 mm de lâmina d'água acima do topo da campânula
Materiais da campânula*:	Fibra de vidro (PRFV)

*As campânulas dos reatores UASB da 1ª etapa foram executadas em Lona de PVC reforçada com poliéster.

*As campânulas dos reatores UASB da 2ª etapa foram executadas em chapas rígidas de PRFV.

O projeto das campânulas em PRFV elaborado pela Caldefiber não levou em consideração as interferências com as “torres” internas do reator UASB, utilizadas pelo sistema de distribuição do esgoto, o que seria necessário, para a correta previsão de tubulações de saída do biogás e para facilitar a montagem em campo (ver desenho P-3144-8. Revisão 1. Campânula Superior. Caldefiber).

Conforme este projeto, o topo da campânula estará submerso no meio líquido. Isto obriga a entrada da espuma na tubulação do biogás, podendo resultar em seu entupimento.

Para evitar que isto ocorra, seria necessário a instalação de um selo hídrico que promova contrapressão da ordem de 0,7 mca, dado que a entrada da tubulação do biogás na campânula estará a uma profundidade de 0,45 m. isto resultaria em significativo esforço de empuxo.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA
	TÍTULO:		14 DE 43
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

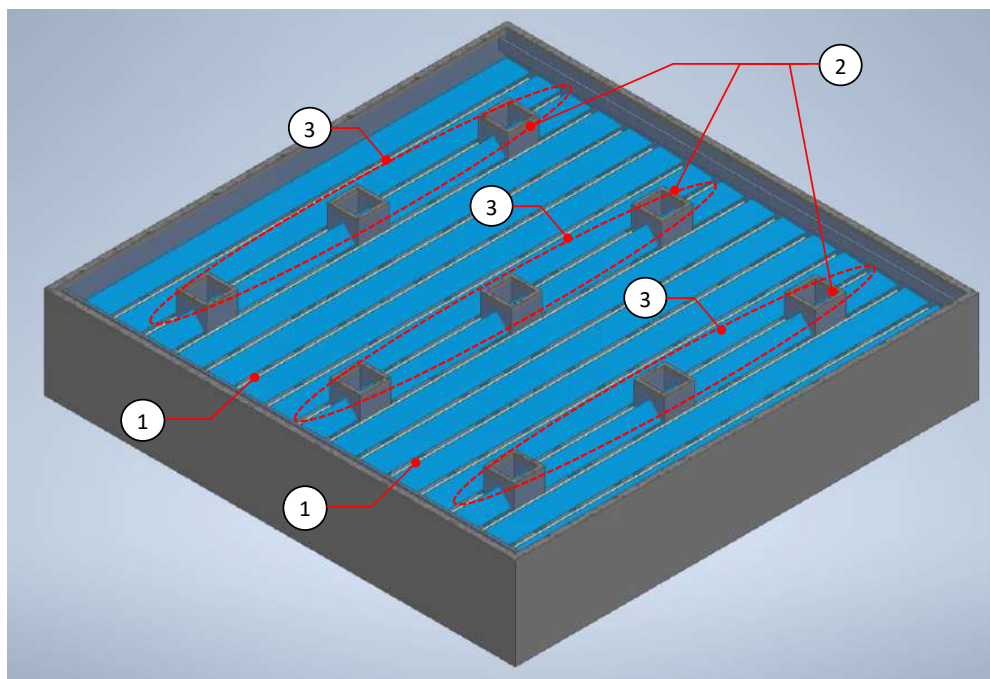


Figura 5: Vista interna do tanque do reator UASB da ETE Tega. Destaque para as campânulas transversais (1) “torres” do sistema de distribuição do esgoto (2); interferências não consideradas no projeto das campânulas (3).

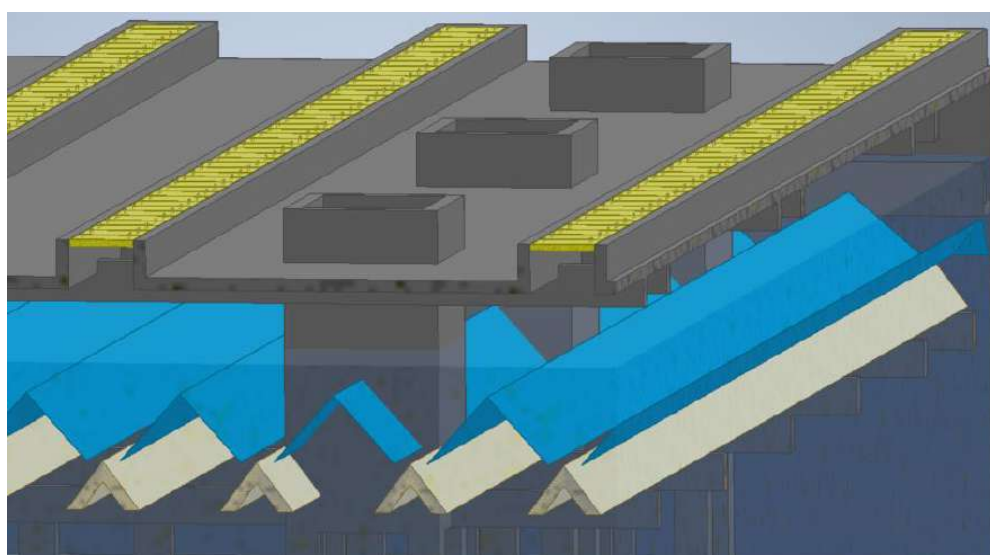


Figura 6: Detalhe do tanque do reator UASB da ETE Tega. Destaque para a submersão das campânulas do biogás.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	15 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

2.3.3 Tubulações do reator para a coleta do biogás

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Sistema de coleta do biogás: Tubulações internas, localizadas na zona de exaustão do reator.

Diâmetro da tubulação: DN 75 mm

Materiais:

Tubulação: PVC com extremidades para conexão do tipo ponta e bolsa soldável.

Suportes internos: Aço inoxidável

Não constam nos projetos apresentados os detalhes sobre a forma de execução da junção entre a campânula e a tubulação de saída do biogás.

Não constam nos projetos apresentados as especificações para execução dos serviços em campo e nem os cuidados para garantir a estanqueidade visando evitar o vazamento do biogás.

2.3.4 Dispositivo para a remoção de espuma do interior da câmara do biogás

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada no interior das campânulas.

2.3.5 Dispositivo para a remoção de espuma da zona de sedimentação.

O projeto não prevê dispositivos para a retirada de espuma acumulada na zona de sedimentação.

Além disso, a canaleta de drenagem do esgoto tratado do UASB possui placa retentora de espuma.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 16 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

2.4 ANÁLISE DO PROJETO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS

O projeto analisado apresenta as seguintes características:

Queimador do biogás:

Tipo de queimador: Flare de chama aparente

Diâmetro nominal do queimador: DN 1 Pol

Tubulação de coleta do biogás:

Diâmetro nominal: DN 75 mm

Material: PVC

Conexões: Ponta e bolsa soldável

Dispositivos de proteção:

Válvula corta chamas: ausente

Válvula bloqueio: DN 1 Pol. Na entrada do queimador

Controle/regulagem de pressão: Ausente

Dreno de condensados: Ausente

Tratamento do biogás:

Modalidade: Remoção de H₂S previamente à queima, através de filtro de carvão ativado.

Características do filtro:

Diâmetro do filtro: 1500 mm

Material filtrante: Carvão ativado

Tanque: Concreto



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 17 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise do projeto da ETE, apresentamos as seguintes considerações:

Quanto ao projeto do reator UASB:

- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada no interior da câmara de biogás. O acúmulo de espuma no interior das campânulas pode levar ao colapso de todo o reator UASB.
- Não há qualquer tipo de acesso ao interior da câmara de biogás.
- Não foram previstos dispositivos para retirada da espuma acumulada na superfície da zona de sedimentação. O projeto menciona que a limpeza deve ser realizada a partir das aberturas nas lajes de cobertura.
- Na prática, a campânula em lona de PVC não resiste a esforços de empuxo quando o biogás no seu interior se encontra pressurizado.
- O projeto das campânulas do reator UASB não é suficientemente detalhado para garantir a fabricação e montagem de forma segura, à prova de vazamentos de biogás, pois não foram consideradas as interferências com as “torres” de distribuição do esgoto.
- A tubulação interna de coleta do biogás possui entrada afogada (submersa), favorecendo e até mesmo obrigando a camada de espuma entrar na tubulação de coleta do biogás. A entrada na tubulação de biogás está a uma profundidade de **45 cm** em relação ao N.A. normal do reator.
- A concepção do sistema de coleta de biogás no interior do reator utiliza malha de tubos de PVC com grande parte de seus ramais totalmente desnecessários, dado que a própria campânula constitui em elemento de escoamento do biogás. Este excesso de tubulações e conexões aumenta o risco de vazamento do biogás para a zona de exaustão.
- A tubulação em PVC com ponta e bolsa soldável não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente durante a realização de manutenção nestas linhas e devido às deformações das campânulas pela ação da pressão do



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 18 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

biogás.

- Não há detalhes da interligação das campânulas com a tubulação de biogás.

Quanto ao projeto do sistema de coleta de biogás, do reator ao sistema de queima:

- A tubulação em PVC com ponta e bolsa soldável não é a mais adequada para o escoamento do biogás, especialmente mediante a necessidade de realização de manutenção nestas linhas.
- Não foi previsto dispositivo para regularização da pressão do biogás da saída do reator, sendo que em condições normais de operação, uma contrapressão pode ser exercida pelo filtro de carvão ativado.
- Não foi prevista válvula mantenedora de pressão na entrada do queimador (flare).
- Não foram previstas válvulas de bloqueio na entrada do filtro de carvão ativado e na entrada do queimador do biogás.
- Não foi prevista válvula corta chamas entre o queimador e a saída do filtro de carvão ativado, para segurança do sistema.
- Não foi prevista válvula de drenagem na entrada do filtro de carvão ativado, onde a tubulação forma um sifão invertido.

3 ANÁLISE DE DADOS DO MONITORAMENTO DE VAZÕES E CARGAS DE ESGOTO

Para finalidade de estimativa da vazão de biogás, tanto na situação atual como de projeto, fizemos uma análise simplificada baseada nos dados operacionais disponibilizados pelo SAMAE, cobrindo o período de um ano.

Período analisado:	Jul/2022 a Jun/2023.
Execução das análises:	Laboratório credenciado



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 19 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 1. Características médias do esgoto bruto.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	48,38
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	170,13
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	32,14
Fósforo total	mg P/l	4,00

Os valores médios mensais do esgoto bruto são apresentados no Anexo I.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO TRATADO

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 2. Características médias do esgoto tratado.

CONSTITUINTES	UNIDADE	VALOR MÉDIO
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/l	10,85
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	56,38
Fósforo total	mg P/l	4,29
Nitrogênio total (NKT)	mg N/l	32,51

Os valores médios mensais do esgoto tratado são apresentados no Anexo II.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	20 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

3.3 CARGAS ORGÂNICAS E EFICIÊNCIA DO UASB

Os resultados médios obtidos a partir dos dados do monitoramento feito pelo SAMAE são apresentados a seguir:

Tabela 3. Cargas orgânicas DQO aplicadas e removidas no reator UASB.

Carga de DQO	Aplicada	Removida no UASB	Eficiência
Média	1,465,85	382,93	16,6%
Mínima	1.083,90	0,00	0,00%
Máxima	2.208,29	402,35	30,2%

Os valores médios mensais das cargas orgânicas de DQO aplicadas no reator UASB e sua eficiência são apresentados no Anexo III.

3.4 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE BIOGÁS

Conforme descrito no Relatório DG.SAMAE.0.1.01.R1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – INTRODUÇÃO, utilizamos metodologia baseada em Balanço de Massa e software Probio 1.0 para estimativa da vazão de biogás.

A simulação foi realizada para os seguintes pontos operacionais:

- Cenário I: Maior valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário II: Menor valor de carga de DQO observada no monitoramento;
- Cenário III: Valor de carga de DQO previsto no projeto;
- Cenário IV: Maior valor de vazão de biogás que o reator UASB poderá produzir.

No anexo IV apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do balanço de massa envolvendo os parâmetros DQO, DBO, SST e Nitrogênio.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 21 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

No anexo V apresentamos a estimativa das vazões de biogás através do software Probio 1.0.

Na tabela a seguir apresentamos as vazões estimadas de biogás para os 4 cenários explicados e segundo as duas metodologias de cálculo.

Tabela 4. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanco de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m ³ /d	190,8	140,5
Cenário II	m ³ /d	394,6	334,8
Cenário III	m ³ /d	3.119,9	3.860,1
Cenário IV	m ³ /d	3.903,5	3.478,6

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento feito pelo SAMAE indicam esgoto com características médias de DBO extremamente baixas. Porém, a concentração média de Nitrogênio está dentro da faixa normal, para esgoto médio, e a concentração de fósforo é razoavelmente baixa. Confirma-se então que há significativa diluição do esgoto através de contribuições parasitárias.

Tabela 5. Quadro comparativo das características do esgoto.

Característica		Previsto no projeto	Valor médio no monitoramento
DBO	mg/l	310	48,38
DQO	mg/l	620	170,13
Nitrogênio NTK	mg/l	50	32,14
Fósforo total	mg/l	7	4,00



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	22 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			

A análise dos dados de monitoramento contribui para que se possa fazer o dimensionamento racional do sistema de coleta e queima do biogás, evitando o superdimensionamento, uma vez que a vazão de biogás prevista no projeto é muito superior à vazão teórica atual.

- I. A vazão média recebida pela ETE Tega é de apenas 23% da capacidade nominal da ETE.
- II. A produção de biogás estimada em 394 m³/d, para os dados operacionais representa 10% do potencial máximo teórico da ETE, estimado em 3904 m³/d.

Apesar de o monitoramento apontar que a eficiência dos reatores UASB da ETE Tega está bastante baixa, ressaltamos que entre os meses de abril a junho de 2023 não constam dados da saída do UASB.

4 VISTORIA IN LOCO NA ETE TEGA

A ETE Tega possui quatro unidades de reatores UASB, onde 2 unidades estão em operação e 2 são mantidas como reserva, para serem utilizadas quando há aumento de vazão, normalmente durante episódios de chuvas intensas.

Há dois módulos de sistemas de queima do biogás, que atendem a dois reatores UASB cada.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO	Nº	REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA
	TÍTULO:		23 DE 43
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

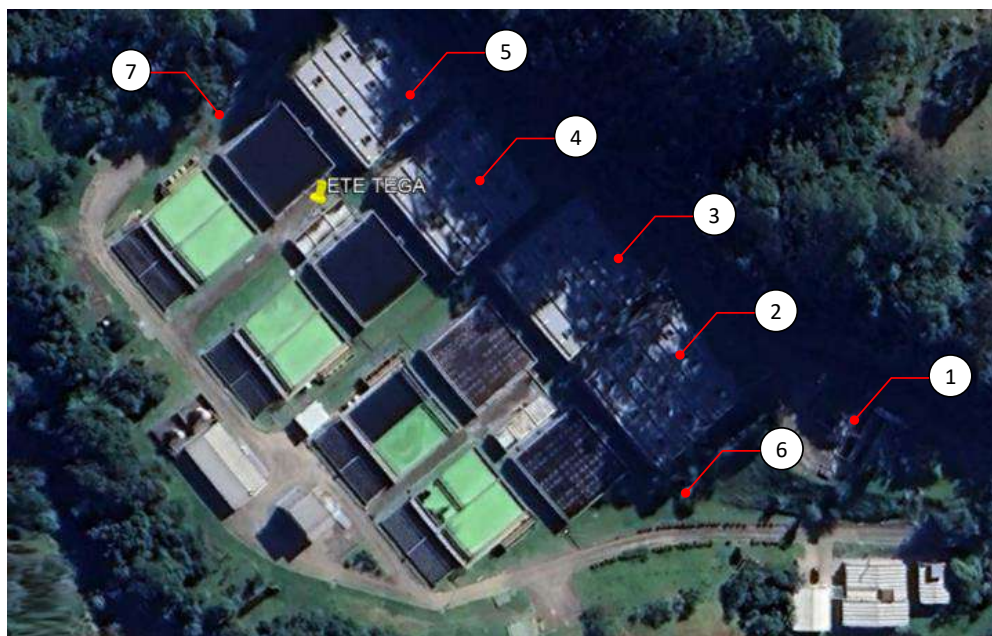


Figura 7: ETE Tega. Fonte: Google Earth, acesso em 18/09/2023.

A visita técnica foi realizada no dia 22 de agosto de 2023. Os componentes vistoriados foram:

- 1) Tratamento preliminar
- 2) Reator UASB – módulo 1
- 3) Reator UASB – módulo 2
- 4) Reator UASB – módulo 3
- 5) Reator UASB – módulo 4
- 6) Queima do biogás – módulo 1
- 7) Queima do biogás – módulo 2

4.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

Confirmamos as aberturas das grades atualmente em operação na ETE Tega. O Gradeamento inicial possui abertura de 25 mm, seguido por gradeamento mecanizado de 6 mm.



	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	24 DE 43
TÍTULO:			
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA			



Figura 8: Canal de chegada do esgoto bruto na caixa de areia, com grade fixa de abertura de 25 mm.



Figura 9: Gradeamento mecanizado na caixa de areia, com abertura de 6 mm.

4.2 REATOR UASB MODULO 1

Apresentamos as principais observações relacionadas a inspeção do módulo 1 do reator UASB:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 25 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

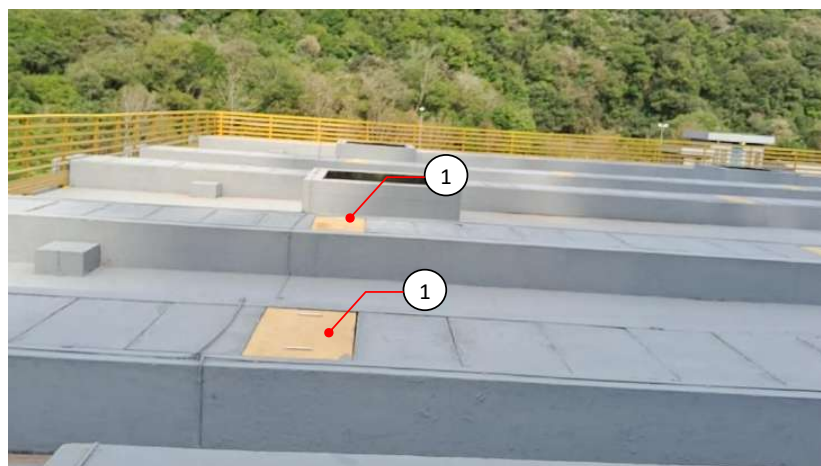


Figura 10: Vista da laje de cobertura do reator UASB módulo 1.

Principais observações:

- 1) Tampas em PRFV facilmente removíveis, em bom estado de conservação.

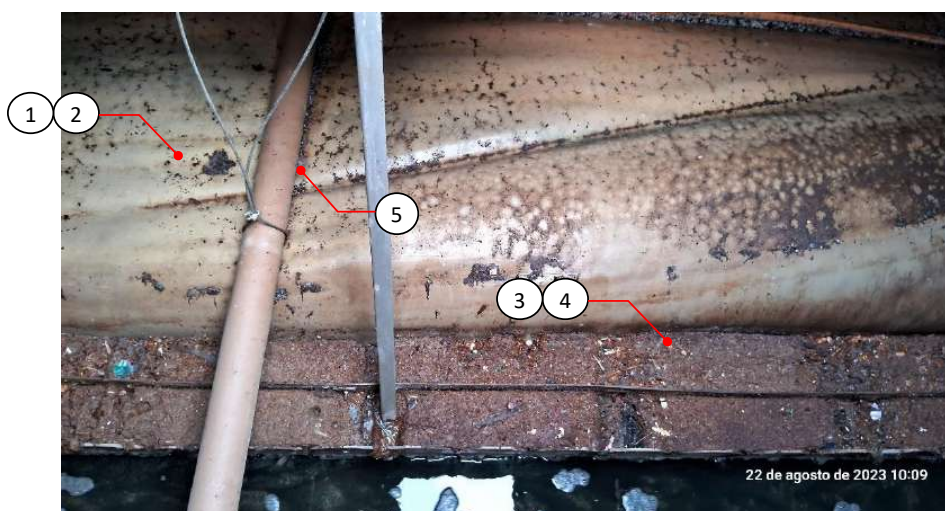


Figura 11: Vista do interior do reator UASB módulo 1.

Principais observações:

- 1) Campânula executada em lona de PVC;



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 26 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

- 2) Aprisionamento do biogás, inflando a campânula;
- 3) Redução da zona de sedimentação do UASB;
- 4) Acúmulo de camada de espuma na zona de sedimentação;
- 5) Pressionamento e deslocamento vertical da tubulação de coleta do biogás.

Conforme o projeto, a campânula deveria estar submergida a uma profundidade de 370 mm e por isso não seria possível a sua visualização na superfície da água. A sua visualização acima da superfície indica que:

- A campânula pode não ter sido executada conforme o projeto; e/ou
- Houve rasgamento da campânula na região de sua fixação.

É importante ressaltar que a perda ou redução da zona de sedimentação do reator UASB implica na queda de sua eficiência, pois não ocorre uma efetiva separação de sólidos.



Figura 12: Vista do interior do reator UASB módulo 1.

Principais observações:

- 1) Campânula executada em lona de PVC;
- 2) Aprisionamento do biogás, inflando a campânula;
- 3) Uso de abraçadeira na execução da conexão da campânula com a tubulação em



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 27 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

PVC.

- 4) Tubulação de PVC DN 75 mm para coleta do biogás.

Esta forma de fixação da tubulação com abraçadeira não é a mais adequada para a coleta de gases, pois apresenta características de improviso, não havendo ressalto ou elementos de vedação adicionais para evitar o vazamento do biogás pressurizado.



Figura 13: Vista do interior do reator UASB módulo 1.

Principais observações:

- 1) Severa corrosão da tubulação de ferro fundido no interior da zona de sedimentação;
- 2) Acúmulo e solidificação da espuma na zona de sedimentação do reator UASB;
- 3) Aprisionamento do biogás nas campânulas de lona de PVC;
- 4) Acúmulo de espuma na zona de sedimentação.

Na foto a seguir chamamos a atenção para um problema relacionado ao acúmulo e solidificação da espuma na zona de sedimentação. Trata-se perda da capacidade de escoamento da calha de retirada do esgoto tratado. O acúmulo e solidificação da espuma bloqueia o fluxo através dos vertedores triangulares, impedindo o escoamento



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 28 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

do esgoto tratado pela calha flutuante. Este fato contribui para a formação de zonas mortas no reator.



Figura 14: Vista do interior do reator UASB módulo 1.

Principais observações:

- 1) Aprisionamento e deformação da campânula do biogás;



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO Nº		REV.
	DG.SAMAE.6.1.01.R1		R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA
	TÍTULO:		29 DE 43
	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

- 2) Acúmulo e solidificação da espuma na zona de sedimentação do reator UASB, impedindo o escoamento do esgoto tratado para a calha de retirada flutuante.



Figura 15: Vista do interior do reator UASB módulo 1.

Principais observações:

- 1) Cascadeamento do esgoto tratado dentro da zona de exaustão do reator.

O cascadeamento do efluente libera porção do biogás dissolvido, constituindo uma fonte adicional de emissão de biogás. A NBR 12209 recomenda que estes gases devem ser coletados e tratados. Este detalhe está presente em todos os módulos de reatores UASB da ETE Tega.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 30 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		



Figura 16: Vista do acúmulo de espuma na zona de sedimentação do reator UASB em operação: Presença de resíduos sólidos.

Principais observações:

- 1) Presença de resíduos sólidos grosseiros na zona de sedimentação.

A presença destes sólidos indica que houve falha na operação do tratamento preliminar, onde a menor abertura do gradeamento é de 6 mm. Indica também que estes sólidos necessitam ser previamente removidos, pois não são biodegradáveis e podem causar entupimento dos filtros aeróbios submersos após o UASB.

4.3 REATOR UASB MÓDULO 2

Na ocasião da visita, o reator UASB módulo 2 estava fora de operação, tendo recebido anteriormente somente água da chuva, o que possibilitou a entrada no seu interior para a realização da vistoria.

Porém, este módulo possui histórico anterior de operação normal com esgoto.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 31 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		



Figura 17: Vista do interior do reator UASB módulo 2.

Principais observações:

- 1) Corrosão severa da tubulação de ferro fundido no interior da zona de exaustão, utilizada na distribuição do esgoto.



Figura 18: Vista do interior do reator UASB reserva.

Principais observações:

- 1) Corrosão severa da estrutura de concreto armado na zona de exaustão.
- 2) Descascamento da camada de impermeabilização, comprovando a sua



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 32 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

inadequabilidade.



Figura 19: Vista do interior do reator UASB módulo 2: canaletas de drenagem pré-fabricadas.

Principais observações:

- 1) Integridade das canaletas pré-fabricadas em PRFV frente ao ambiente corrosivo do interior do reator UASB.
- 2) Integridade dos retentores de espuma pré-fabricados em PRFV frente ao ambiente corrosivo do interior do reator UASB.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 33 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

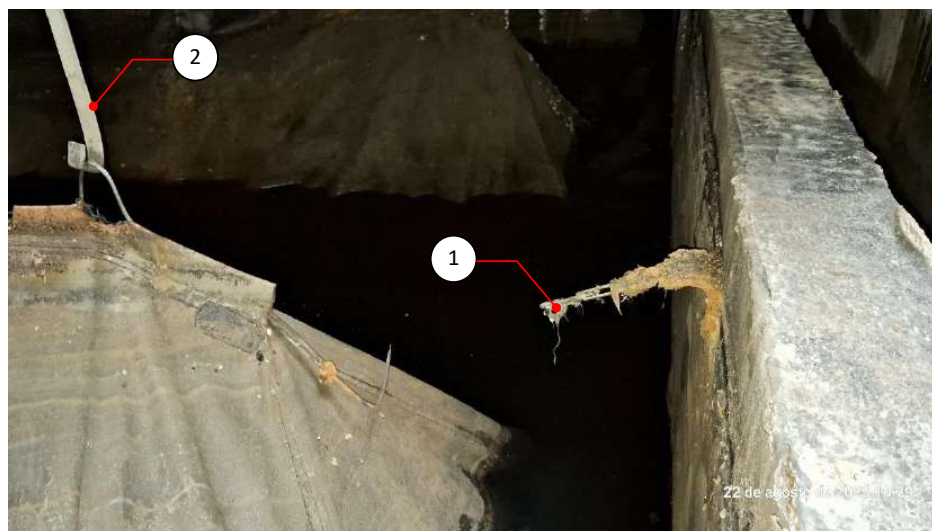


Figura 20: Vista do interior do reator UASB módulo 2: fixação da extremidade da campânula de lona.

Principais observações:

- 1) Ruptura do cabo esticador da campânula.
- 2) Suporte em aço inoxidável.

A foto mostra que o cabo esticador tem a função também de suportar o peso da lona e fazer a sua fixação nos suportes ao longo do comprimento da campânula. Assim, a ruptura deste cabo resulta na perda do formato triangular da campânula.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 34 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

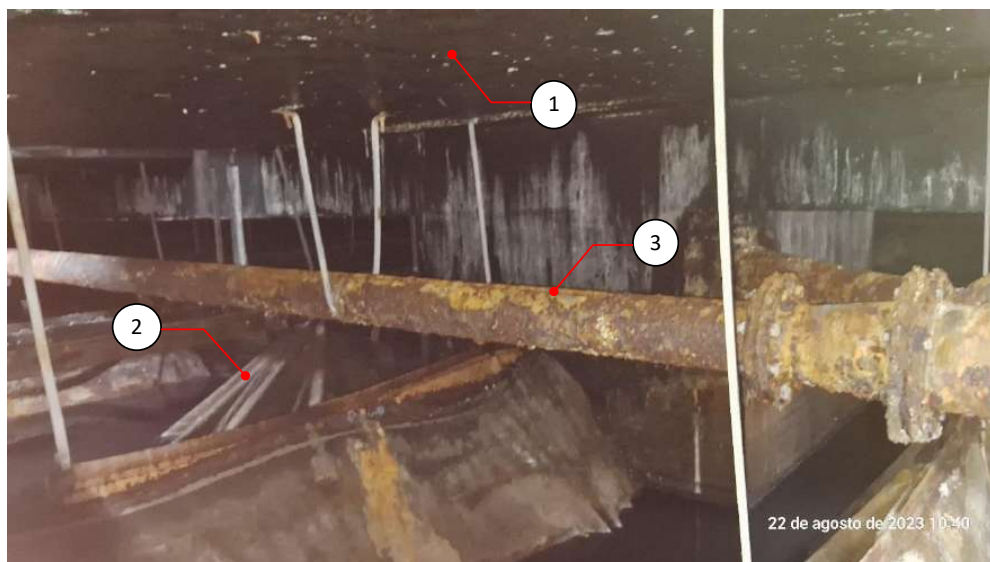


Figura 21: Vista do interior do reator UASB módulo 2: vista do interior da laje de cobertura.

Principais observações:

- 1) Aspecto da laje de cobertura e integridade de sua impermeabilização. A laje de cobertura, por não estar em contato com o esgoto, não apresenta sinais severos de corrosão ou danos à sua camada de impermeabilização.
- 2) Campânula deformada devido à ruptura do cabo esticador. Sem o cabo esticador, a campânula perde seu formato triangular.
- 3) Corrosão severa da tubulação de ferro fundido no interior a zona de exaustão.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 35 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

4.4 REATOR UASB MÓDULO 3

Uma das principais diferenças em relação aos módulos 1 e 2 é a execução das campânulas em placas rígidas de PRFV.

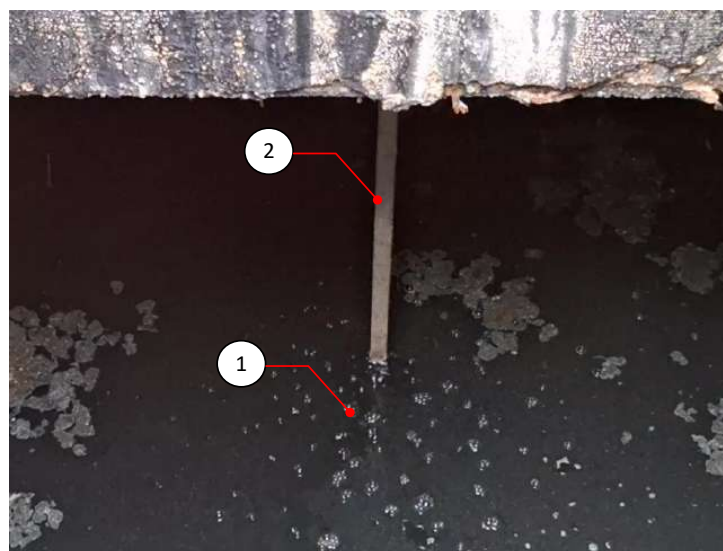


Figura 22: Vista do interior do reator UASB módulo 3: borbulhamento de biogás.
Principais observações:

- 1) Borbulhamento na região do suporte da campânula.
- 2) Suporte da campânula em aço inoxidável.

O borbulhamento pode ser considerado como fonte de vazamento de biogás para a atmosfera.

Este módulo de reator UASB apresentou vazamento de biogás praticamente em todas as regiões próximas aos suportes, indicando que houve falha na execução ou no projeto.



	ESTUDO Nº	REV. R1
	DG.SAMAE.6.1.01.R1	
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA 36 DE 43
TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

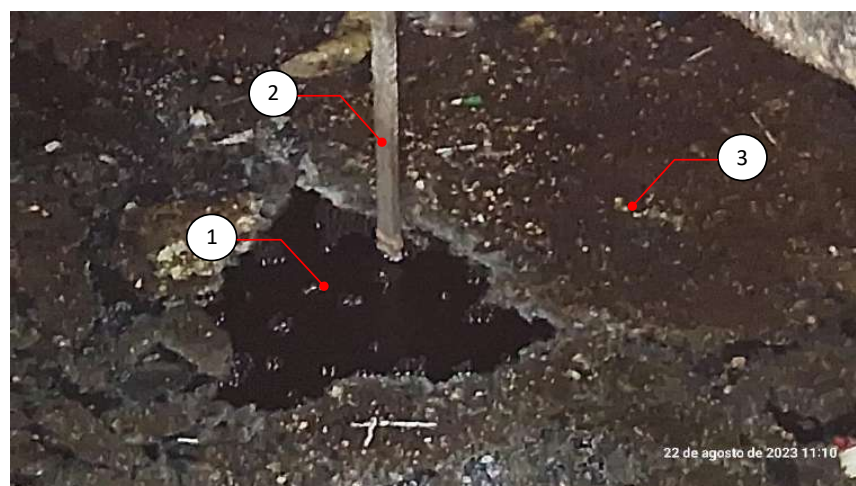


Figura 23: Vista do interior do reator UASB módulo 3: borbulhamento de biogás.

Principais observações:

- 1) Borbulhamento na região do suporte da campânula.
- 2) Suporte da campânula em aço inoxidável.
- 3) Acúmulo de espuma com resíduos sólidos grosseiros na zona de sedimentação.

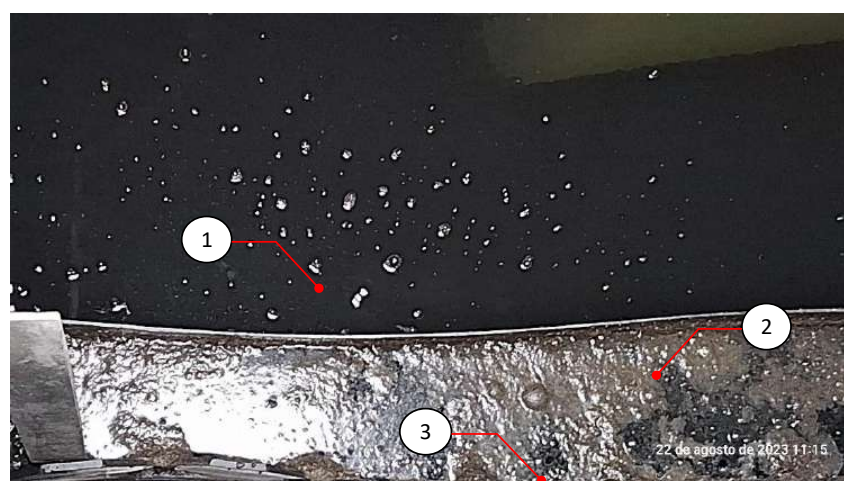


Figura 24: Vista do interior do reator UASB módulo 3: borbulhamento de biogás na zona de sedimentação.

Principais observações:



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 37 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

- 1) Borbulhamento na zona de sedimentação.
- 2) Placa retentora de espuma.
- 3) Acúmulo de espuma entre a placa retentora e a calha flutuante.

4.5 REATOR UASB MÓDULO 4

O reator UASB módulo 4 também possui campânulas fabricadas em placas rígidas de PRFV. Foram detectadas menores quantidades de focos de vazamento de biogás.



Figura 25: Vista do interior do reator UASB módulo 3: resíduos da zona de sedimentação.

Principais observações:

1. Borbulhamento na região do suporte.
2. Suporte metálico da campânula.
3. Acúmulo de espuma na zona de sedimentação.

O borbulhamento pode ser considerado como fonte de vazamento de biogás para a atmosfera.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 38 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

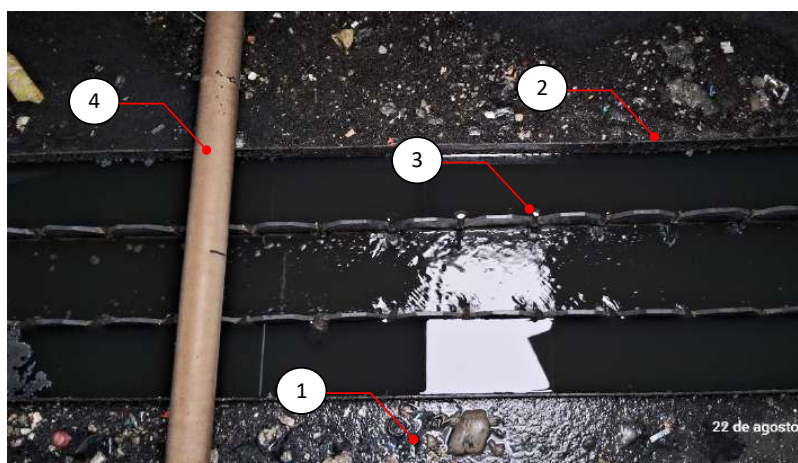


Figura 26: Vista do interior do reator UASB módulo 3: resíduos da zona de sedimentação.

Principais observações:

1. Acúmulo de resíduos sólidos grosseiros e espuma na zona de sedimentação.
2. Calha flutuante de retirada do esgoto tratado, em condições normais de operação.
3. Placa retentora de espuma, em condições normais de operação.
4. Tubulação de PVC DN 75 mm para coleta do biogás.

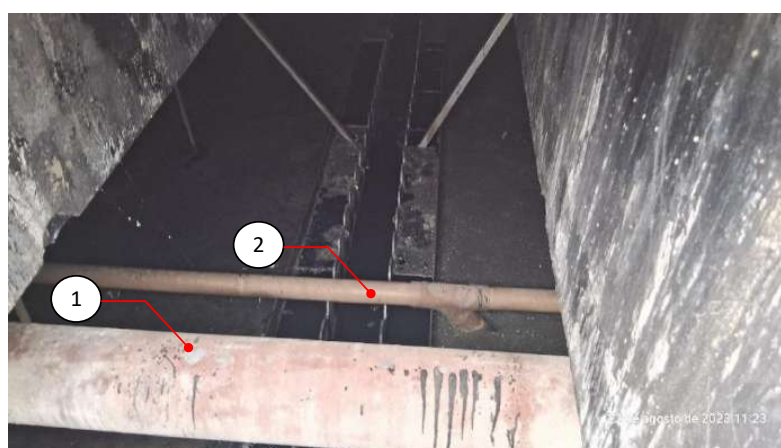


Figura 27: Vista do interior do reator UASB módulo 3: tubulações e camada de espuma na zona de sedimentação.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 39 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

Principais observações:

1. Tubulação de distribuição do esgoto em bom estado de conservação.
2. Tubulação de coleta do biogás em PVC DN 75 mm, em bom estado de conservação.

4.6 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS MÓDULO 1

O módulo 1 de sistema de queima do biogás atende aos reatores UASB 1 e 2. Este módulo está fora de operação desde o incidente envolvendo explosão na região do filtro de carvão ativado.



Figura 28: Sistema de filtração e queima do biogás – módulo 1.

Principais observações:

1. Filtro de carvão ativado.
2. Tampa do filtro e queimador do biogás (flare).

A tubulação em PVC possui maior parte de sua extensão de forma enterrada. Não conseguimos visualizar a interligação entre as tubulações externas de biogás das saídas dos reatores 1 e 2.

Constatamos grande preocupação dos operadores em relação ao incidente envolvendo a explosão na região do sistema de filtração e queima do biogás, razão pela qual tal sistema está sendo mantido fora de operação.



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 40 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

4.7 SISTEMA DE QUEIMA DE BIOGÁS MÓDULO 2

O módulo 2 do sistema de queima de biogás atende aos reatores UASB 3 e 4. Este módulo também está fora de operação, não havendo queima de biogás.



Figura 29: Sistema de filtração e queima do biogás – módulo 1.

Principais observações:

1. Conjunto de filtro em carvão ativado e queimador do biogás (flare).

A tubulação em PVC possui maior parte de sua extensão de forma enterrada.

Conforme apontado na análise do projeto, não há medidores de pressão, válvulas bloqueio e válvulas de controle da pressão. Não temos informações para avaliar se houve colmatagem do filtro de carvão ativado.

Não foi possível verificar se há fluxo de biogás passando pelo queimador (flare).

4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao tratamento preliminar:

- I. A presença de resíduos sólidos na camada de espuma indica a necessidade de melhoria na eficiência do tratamento preliminar. Estes resíduos sólidos



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 41 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

normalmente não são biodegradáveis e contribuem para a solidificação e formação de crostas secas problemáticas ao tratamento do esgoto.

- II. A presença de espuma com crostas secas foi detectada na zona de sedimentação, levando a concluir que há acúmulo de espuma também no interior da câmara do biogás.

Quanto aos reatores UASB:

- I. Nos reatores UASB módulos 1 e 2, verificamos que as campânulas em lona de PVC necessitam ser substituídas, pois pode influir na eficiência do tratamento da fase líquida e aumenta os riscos de vazamento do biogás. A substituição das campânulas deve passar por uma revisão prévia em seu projeto, incluindo também a substituição dos materiais de fabricação.
- II. Nos reatores UASB módulos 3 e 4, executados com campânulas em placas rígidas de PRFV, verificamos que há vazamentos de biogás nestas campânulas, sendo mais críticos no módulo 3. Tais vazamentos necessitam ser corrigidos.
- III. Todos os módulos de reatores UASB apresentam cascadeamentos do efluente no interior da zona de exaustão. Isto constitui fonte constante de liberação de biogás para a zona de exaustão.
- IV. As tubulações de coleta do biogás dos módulos 1 e 2 sofreram deformações e necessitam ser substituídas, sendo que o seu projeto também deve ser revisado.
- V. As tubulações internas de coleta do biogás dos módulos 3 e 4 apresentam bom estado de conservação e à princípio não necessitam ser substituídas. Porém devem ser objeto de avaliação em teste de estanqueidade.
- VI. O acúmulo de biogás na zona de exaustão em todos os módulos de reatores UASB da ETE Tega constitui motivo de preocupação, devido ao grande volume e área ocupada. Deve ser avaliada uma estratégia para gerenciar este problema, de forma a minimizar o risco de explosões.
- VII. Constatamos o acúmulo de espuma com crostas secas e flutuantes na zona de



	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 42 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

sedimentação dos reatores UASB em operação, com potencial para prejudicar a eficiência no tratamento do esgoto. Na camada de espuma, constatamos também a presença de resíduos sólidos grosseiros de grandes dimensões.

- VIII. Julgamos que ocorre também o acúmulo de espuma no interior das campânulas, de forma ainda mais severa que a da zona de sedimentação, devido à maior área de abrangência em projeção horizontal da campânula. Esta espuma possui um alto potencial de causar entupimento da tubulação de saída do biogás.

Quanto ao sistema de queima do biogás:

- I. O biogás atualmente não é coletado e por isso é lançado de forma difusa na atmosfera, sendo que a rota mais provável é através das tampas de acesso na laje de cobertura.
- II. O volume de biogás produzido atualmente é bastante inferior ao preconizado no projeto. Porém, não há dispositivos de segurança suficientes ou procedimentos para lidar com um aumento na vazão de biogás, que poderia ocorrer devido a aumento na carga orgânica afluente, seja de forma sazonal ou devido ao aumento da rede coletora (emissários) e crescimento populacional.
- III. Os filtros de carvão ativado não tem sido utilizados. Não foi verificado em campo a sua necessidade, pois todo o biogás gerado tem sido lançado na atmosfera sem nenhum tratamento e sem indícios de exalação de maus odores fora dos limites da área da ETE.
- IV. É necessário implantar na tubulação de biogás os dispositivos de segurança mínimos tais como válvula corta chamas, bem como válvula bloqueio e válvula reguladora de pressão, para interrupção da queima do biogás quando a vazão estiver muito baixa, o que resulta em problemas na queima.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	ESTUDO Nº DG.SAMAE.6.1.01.R1		REV. R1
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 43 DE 43
	TÍTULO: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL – TEGA		

ANEXOS

ANEXO I: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO BRUTO.

ANEXO II: VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ESGOTO TRATADO.

ANEXO III: CARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DQO E EFICIÊNCIA DO REATOR UASB.

ANEXO IV: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DE BALANÇO DE MASSA.

ANEXO V: ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE BIOGÁS ATRAVÉS DO PROBIO 1.0.