



26807000010642

 	MEMORIAL DESCRITIVO		CÓDIGO Nº: MD.SAMAE.1.2.01.R0	
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA: 1 de 44	
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - 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 CONTRATO Nº 3230370000		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO ASSINATURA:	CREA: 5061891463	

ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMISSÃO INICIAL							
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	7/12/2023							
EXECUÇÃO	E. MATSUO							
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	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.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	2 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON			

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

Dados do projeto:

Código do documento:	MD.SAMAE.1.2.01.R0
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:	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	7/12/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	3 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE CANYON	5
3	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE CANYON	6
3.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	6
3.1.1	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	6
3.2	REATOR UASB.....	13
3.2.1	Substituição das campânulas dos reatores UASB	13
3.2.2	Substituição das tubulações internas de coleta do biogás	17
3.2.3	Correção dos vazamentos de biogás nas campânulas	20
3.2.4	Instalação de inserte metálico	22
3.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	24
3.3.1	Instalação de selo hídrico	25
3.3.2	Instalação da tubulação externa do biogás.....	26
3.3.3	Instalação do queimador do biogás	28
4	PROJETO BÁSICO.....	33
4.1	CAMPÂNULAS DO REATOR UASB	34
4.2	TUBULAÇÃO INTERNA DE COLETA DO BIOGÁS	39
4.3	SELO HÍDRICO	41
4.4	TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS.....	42



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	4 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 2 – Projeto Básico – 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.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 5 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

2 RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE CANYON

Com base na etapa de diagnóstico, elencamos as seguintes alternativas para as melhorias e adequações necessárias relacionadas à coleta e queima do biogás gerado nos reatores UASB da ETE Canyon.

Tabela 1. Relação das propostas e alternativas para as melhorias e adequações relacionadas à coleta e queima do biogás na ETE Canyon.

	<i>Propostas</i>	<i>Alternativas</i>
1.0	Tratamento preliminar	
	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	Tambor rotativo de fluxo interno Cestos removíveis Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal
2.0	Reator UASB	
	Substituição das campânulas do reator	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD Placas de Concreto armado Chapas de aço inoxidável Placas rígidas de PRFV
	Substituição das tubulações internas de coleta do biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD Tubos em aço inoxidável Tubos em PRFV
	Correção dos vazamentos de biogás nas campânulas	Revestimento monolítico com Resina isoftálica com NPG Revestimento monolítico com Poliuretano vegetal
	Substituição dos insertes metálicos	Aço inoxidável Ferro fundido
3.0	Sistema de queima do biogás	
	Instalação de selo hídrico	Selo hídrico fabricado em chapas de aço inoxidável Selo hídrico fabricado em placas rígidas de Polipropileno ou PEAD
	Instalação da tubulação externa de biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD Tubos em aço inoxidável Tubos em PRFV
	Instalação do queimador	Queimador de chama aparente Queimador de chama semi-enclausurada Queimador de chama enclausurada

*Em verde as alternativas eleitas.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 6 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

3 DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE CANYON

Apresentamos a seguir as descrições das propostas para correções e melhorias do sistema de coleta do biogás da ETE Canyon.

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

3.1.1 Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm

Justificativa:

Conforme apresentado na etapa de diagnóstico, o acúmulo de espuma no interior da campânula pode prejudicar e até mesmo impedir a coleta do biogás gerado no reator UASB.

Com base na experiência do responsável técnico deste projeto, que acompanhou a operação de 14 ETE's com reatores UASB, desde o ano de 2002, foi verificado que a utilização de peneiramento fino com abertura de 1 mm contribuiu para evitar o acúmulo de espuma no interior do reator trifásico.

A lista de referência das ETE's acompanhadas por este responsável técnico é apresentada a seguir.

Nestas ETE's, nunca houve necessidade de interrupção da operação dos reatores por problemas relacionados ao acúmulo de espuma no interior das campânulas ou por entupimento no sistema de coleta de biogás.

Tabela 2. Lista de referências das ETE's com reatores UASB acompanhadas pelo autor deste projeto.

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
1	Águas do Mirante	Piracicaba/SP	3 x 22	2014
2	SAAE	Águas de Lindóia/SP	22	2014
3	Prefeitura Municipal	Reginópolis/SP	22	2014
4	CODEN	Nova Odessa/SP	4 x 45	2013



	ESTUDO		Nº
	MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	7 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON			

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
5	SAEIT	Igarapu do Tietê/SP	45	2006
6	SEMAE	Piracicaba/SP	11	2006
7	DMAE	Poços de Caldas/MG	22	2002
8	DAE	Americana - SP	2 X 45	2018
9	BRK/SANEAQUA	Mairinque-SP	45	2018
10	Estaleiro Jurong/SAAE	Aracruz-ES	33	2020
11	SAAESP	São Pedro - SP	2 x 45 s	2018
12	SAEAN – ETE Três Barras	Artur Nogueira - SP	1 x 45	2017
13	SAEAN – ETE Stocco	Artur Nogueira - SP	2 x 45	2018

Com base também nas inspeções realizadas nas ETE's do SAMAE, onde verificamos o acúmulo de espessas crostas de espuma no interior das campânulas dos reatores UASB, bem como a necessidade de sua remoção, incluímos então a instalação de peneiramento fino com abertura de 1 mm como uma das medidas para evitar o acúmulo de espuma.

Apresentamos à seguir as alternativas para peneiramento fino.

Tabela 3. Alternativas para peneiramento fino na ETE Canyon.

	Descrição	Fabricantes
1	Tambor rotativo de fluxo interno	JS Filtração Vibropac Johnson Screens Werjen
2	Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal	
3	Cestos removíveis	JS Filtração Empresas locais em Caxias do Sul

Pelo fato de estar prevista a instalação de gradeamento mecanizado com abertura de



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 8 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

10 mm na ETE Canyon, entendemos que o peneiramento fino poderá operar como etapa de “polimento” do pré-tratamento, estando sujeita a uma menor acumulação de resíduos sólidos.

Para qualquer uma destas alternativas, o local de instalação seria no início da unidade de tratamento preliminar, antes da desarenação.



Figura 1: Canal de concreto no início da unidade de tratamento preliminar (desarenação), da ETE Canyon.

Tambor rotativo de fluxo interno

O tambor rotativo de fluxo axial ou interno corresponde ao equipamento para peneiramento de esgoto recomendado pelo autor deste projeto, pelas seguintes razões:

- Elevado desempenho;
- Facilidade operacional;
- Perfil de tela autolimpante;
- Facilidade de manutenção.

A distribuição do esgoto no interior da peneira é realizada através de uma canaleta vertedora ao longo do comprimento do tambor em movimento. É importante destacar que o tambor deve estar em movimento durante a alimentação do esgoto, não devendo confundir o seu funcionamento com o de uma peneira estática.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 9 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

A calha vertedora distribui o esgoto bruto em ambos os lados de seu comprimento, sendo que o lado contrário à rotação do tambor recebe a maior parcela da vazão. Esta forma de distribuição do esgoto no interior do tambor resulta na aplicação de esforços de cisalhamento sobre os resíduos, desagregando-os e promovendo a sua “lavagem”. O interior do tambor possui também “aletas” ou “pás” que direcionam os resíduos sólidos do fundo do tambor para a sua saída.

O tambor possui também dois ramais de limpeza, sendo um para o lado externo e outro para o lado interno, através de bicos ejetores que aplicam água com alta pressão.

Um grande diferencial desta tecnologia é que não há partes móveis, como coroa e pinhão, correntes, dentre outros, imersas o esgoto.

A instalação de uma peneira rotativa dentro da área da ETE Canyon poderá aproveitar o sistema de bombeamento já existente.



Figura 2: Peneiramento com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.



	ESTUDO Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 10 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		



Figura 3: Vista do interior da Peneira com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.

Modulação/quantidade: 1 em operação

Capacidade unitária mínima: 340 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de fluxo axial ou interno

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal

Podem acomodar aberturas de 2 a 6 mm para tela perfurada e 0,25 mm a 2 mm para tela com perfil trapezoidal autolimpante. Possui parafuso classificador, que remove os sólidos para um sistema de lavagem e compactação.

Por possuir diversos sistemas integrados, com muitas partes móveis, quando comparado ao tambor rotativo de fluxo interno, sua manutenção é mais complexa. O rolamento de tela está sempre submerso em águas residuais e na prática precisa ser substituído periodicamente.



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	11 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON			



Figura 4: Tambor rotativo de canal. Fonte: Catálogo técnico da empresa Vibropac.

Modulação/quantidade: 1 em operação

Capacidade unitária mínima: 340 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de canal

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

Cestos removíveis

Os cestos removíveis correspondem à solução mais simples para o peneiramento. Este equipamento normalmente é indicado para baixas vazões de esgoto e necessitam ser instalados onde haja desnível hidráulico suficiente para promover a lavagem dos resíduos e evitar a rápida colmatção das suas aberturas. Sua limpeza é feita de forma manual e em função de seu peso, será necessário a utilização de sistema de içamento. A elevada altura da unidade de tratamento preliminar, onde deverá ser feita a sua



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 12 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

instalação, dificulta ainda mais a realização da operação de basculação do cesto para a remoção de sólidos e limpeza.



Figura 5: Gradeamento tipo cesto. Imagem meramente ilustrativa.

Modulação/quantidade: 2 cestos

Capacidade unitária mínima: 170 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Grade tipo cesto removível com limpeza manual

Abertura da tela: 1 mm

Dimensões aproximadas: 500 x 500 x 500 mm
Comprimento x altura x largura

Acessórios: Sistema de içamento do cesto para remoção dos sólidos

Materiais Construtivos:

Cesto: AISI 304



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 13 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

lçamento

AISI 304

3.2 REATOR UASB

Conforme apresentado, o reator UASB da ETE Canyon foi recentemente reformado e encontra-se fora de operação. As campânulas em lona do projeto original foram substituídas por campânulas fabricadas em placas rígidas de PRFV.

Em função de haver somente um reator UASB na ETE, a realização de limpeza e manutenção que resulta na interrupção da operação é problemática, por resultar no lançamento de esgoto sem tratamento.

3.2.1 Substituição das campânulas dos reatores UASB

Justificativa:

Devido aos problemas relacionados à execução das campânulas em PRFV apontados na etapa de diagnóstico, temos preocupação com a durabilidade das campânulas, mesmo após a adoção de medidas corretivas. Tal preocupação reside no fato de que há um excesso de conexões parafusadas devido à inviabilidade de execução de uma estrutura monolítica para a campânula em PRFV.

As campânulas dos reatores UASB são estruturas que em condições normais de operação podem estar sujeitas a esforços de pressão interna de pequena magnitude.

Porém, no caso da ETE Canyon, as campânulas encontram-se bastante submergidas e permite a entrada da espuma na tubulação de coleta do biogás, podendo causar o seu entupimento. Para evitar que isto ocorra, foi prevista a pressurização através de selo hídrico, o que vem a aumentar consideravelmente os valores de empuxo e pressão sobre as campânulas.

O acúmulo e solidificação da espuma no interior da câmara de biogás aumenta ainda mais o valor do empuxo, sendo a causa principal do colapso de reatores UASB existentes.



	ESTUDO Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 14 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Portanto, devido às peculiaridades do reator UASB da ETE Canyon, as alternativas para substituição das campânulas devem atender aos seguintes requisitos técnicos:

- Resistência mecânica adequada.
- Resistência à corrosão perante os compostos sulfurosos.
- Geometria compatível com o tanque de concreto do reator UASB.

Elencamos à seguir as seguintes alternativas para fabricação das campânulas dos reatores UASB para a ETE Canyon.

Tabela 4. Alternativas para substituição das campânulas dos reatores UASB.

	Descrição	Fabricantes
1	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs
2	Placas de Concreto armado	Construtoras
3	Chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base
4	Placas rígidas de PRFV	JE-Fiber Empresa de Engenharia Ambiental – EEA Fibrav Fibratec

Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD

As placas rígidas de Polipropileno ou PEAD tem sido empregadas com bastante sucesso em reatores UASB e outros tipos de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes industriais.

Vantagens:

- Resistência mecânica suficiente;



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 15 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

- Elevada resistência à corrosão;
- Elevada vida útil;
- Material soldável em campo;

Desvantagens:

Não encontramos desvantagens perante as alternativas técnicas elencadas neste projeto. Porém, se o projeto do equipamento for inadequado, poderá haver problemas relacionados aos aspectos mecânicos e de processo.



Figura 6: Reator UASB em chapas de polipropileno. Fonte: Catálogo Hidrothane.

Chapas de aço inoxidável

As chapas de aço inoxidável devem ser no mínimo em AISI 304. Tecnicamente é um bom material, mas na prática, o seu custo tem sido o principal impeditivo para a sua aplicação, sendo por este motivo que normalmente não há registros de reatores UASB com campânulas em aço inoxidável.

As chapas muito finas encontram também problemas para serem soldadas em campo.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 16 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Placas de Concreto armado

Tecnicamente o uso de concreto armado para a fabricação das campânulas dos reatores UASB é desvantajoso pelas seguintes razões:

- A norma NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto, exige recobrimento mínimo da armadura de 4,5 cm para estruturas em classe de agressividade ambiental IV, o que inclui o interior do reator UASB. Portanto, a fabricação das campânulas em concreto armado resultará demasiadamente espessa.
- Não é desejável também que haja mais estruturas fixas dificultando ainda mais o acesso ao interior do reator.
- O peso das estruturas de concreto é demasiadamente alto e irá demandar novos suportes e ancoragens, sendo estes um dos fatores impeditivos à sua aplicação na ETE Canyon.
- A estrutura de concreto necessita ser impermeabilizada e protegida contra a corrosão.

As vantagens do uso de placas rígidas de concreto são:

- O elevado peso contribui para resistir aos esforços de empuxo no interior das campânulas.
- Elevada resistência mecânica, mantendo sua integridade estrutural mediante aos esforços de empuxo.

Placas rígidas de PRFV

O uso de placas rígidas de PRFV tem sido tradicionalmente empregado na fabricação de campânulas para reatores UASB no Brasil.

Devem ser consideradas as seguintes particularidades para o reator UASB da ETE Canyon:

- O acesso ao interior do reator se dá apenas pelas aberturas na laje de



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 17 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

cobertura, com largura de 800 mm e comprimento máximo de 7.400 mm.

- O projeto das campânulas em PRFV deve ser totalmente revisado, para que haja um mínimo de serviços de campo.

Sendo resolvidas as questões de projeto, algumas das desvantagens são:

- A elevada quantidade de serviços de emendas em campo pode inviabilizar a alternativa em PRFV, devido ao elevado consumo de materiais (manta de fibra de vidro, resinas, etc), que resultam também em gases tóxicos em quantidades elevadas para ambientes confinados.



Figura 7: Campânulas para reator UASB fabricadas em PRFV. Fonte: Catálogo técnico da empresa JE-FIBER.

3.2.2 Substituição das tubulações internas de coleta do biogás

Justificativa:

A substituição das tubulações internas de coleta do biogás devem ocorrer de forma concomitante à substituição das campânulas.

As alternativas de materiais devem atender aos seguintes requisitos técnicos:

- Resistência à corrosão;



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 18 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

- Estanqueidade das conexões;

As principais alternativas para tubulações de biogás normalmente empregadas em ETE's são as seguintes:

Tabela 5. Alternativas para substituição das tubulações internas de coleta do biogás dos reatores UASB.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's.

O uso de tubulação em aço carbono e aço galvanizado não é recomendado para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.



Figura 8: Tubulação de coleta do biogás da ETE de Itabirito-MG, fabricada em aço galvanizado, estando totalmente corroída. Fonte: Acervo do autor.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 19 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, possuem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, não sendo recomendado o seu uso caso a tubulação esteja exposta ao sol.

São soldáveis em campo, havendo alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade no mercado de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possuem menor resistência mecânica, em relação às demais alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

A execução das emendas e soldas para esta alternativa não depende do uso de solventes e gases, além de não produzir efluentes gasosos, sendo mais favorável do ponto de vista de atendimento às normas de segurança de trabalho, no tocante a ambientes confinados, devido ao uso de processos de solda com gases inertes, dentre outros.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica. A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

A execução das soldas deve atender também às normas de segurança de trabalho, no tocante a ambientes confinados, devido ao uso de processos de solda com gases inertes, dentre outros.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 20 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígido ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

A execução das emendas deve atender também às normas de segurança de trabalho, no tocante a ambientes confinados, devido ao uso de resinas sintéticas.

3.2.3 Correção dos vazamentos de biogás nas campânulas

Justificativa:

Conforme apontado no diagnóstico da ETE Canyon, os internos do reator UASB foram recentemente reformados, onde foi adotada a alternativa em fabricação através de placas rígidas de PRFV. Durante a inspeção em campo, verificou-se principalmente a necessidade de prevenção em relação à estanqueidade.

Uma solução com o aproveitamento das estruturas existentes consiste basicamente na aplicação de resinas ou gel coat específicas para a impermeabilização e proteção contra a corrosão em reatores UASB e peças de fibra de vidro, que após a polimerização, formam uma membrana impermeável e monolítica (isento de juntas).



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 21 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

O revestimento monolítico para o interior dos reatores UASB deve atender às seguintes especificações:

- Formação de uma estrutura monolítica (sem juntas);
- Alta resistência abrasiva e a intempéries;
- Alta resistência a compostos sulfurosos e umidade;
- Alta aderência a superfícies de PRFV, PVC rígido, concreto e metálicas;
- Baixa espessura e peso;
- Impermeabilidade;
- Superfície lisa e de fácil limpeza;
- Rápida execução e cura.
- Amplo histórico de aplicações em reatores UASB e PRFV.

As principais alternativas para execução do revestimento monolítico são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 7. Alternativas para substituição das tubulações internas de coleta do biogás dos reatores UASB.

	Descrição	Fornecedores
1	Revestimento monolítico com Resina isoftálica com NPG	Poliresinas (Resina Poli 2001) Polglass Ideal
2	Revestimento monolítico com Poliuretano vegetal	Miaki Revestimentos (Ureflex) Imperveg Sinergia Viapol impermeabilizantes

Resina isoftálica com NPG

A resina isoftálica é um produto amplamente utilizado no segmento industrial e também para fabricação de peças de PRFV. Possui viscosidade média e após a polimerização, cria uma película protetora na superfície com elevada resistência mecânica. A resina isoftálica com NPG é utilizada quando as peças necessitam ficar em



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 22 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

contato contínuo com água. Possui alta resistência à hidrólise e alta aderência com PVC rígido. Sua utilização para impermeabilização.

Poliuretano vegetal

O uso do poliuretano vegetal na impermeabilização interna de reatores UASB encontra-se bastante consolidado, contando com um amplo histórico de aplicações e podendo ser utilizado em todas as estruturas internas do reator UASB, tais como tubulações internas e tanque de concreto. Possui também a vantagem de ser isento de solvente, o que permite sua aplicação em ambientes fechados. Atende a NBR 15.487:2007 – Membrana de poliuretano para impermeabilização.

Soma-se às vantagens desta alternativa o fato de ser um produto ambientalmente amigável, por ser obtido de recursos naturais renováveis (óleo de mamona) e por serem atóxicos, livre de metais pesados e solventes.

3.2.4 Instalação de inserte metálico

Justificativa:

Os insertes metálicos correspondem à dispositivos de tubulações embutidos na parede de concreto para conectar a tubulação interna com a tubulação externa ao reator. Estes insertes metálicos devem ser fabricados em materiais resistentes mecanicamente e contra a corrosão e devem garantir também a estanqueidade, de forma a evitar vazamentos de biogás e esgoto. Para isto, o inserte possui aba de travamento que também tem a função de melhorar a vedação.

Atualmente a tubulação de PVC é embutida diretamente na parede. Esta alternativa dispensa custos adicionais com insertes metálicos, porém não permite a realização de desmontagem para manutenções emergenciais.

Sua instalação em estruturas de concreto existente é feita através da abertura com martelo rompedor, seguida pela limpeza, posicionamento do inserte e grauteamento.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 23 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

As principais alternativas para execução dos insertes metálicos são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 8. Alternativas para insertes metálicos.

	Descrição	Fabricantes
1	Aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Calderarias*
2	Ferro fundido	Tec San PAM Saint Gobain Ferpac Hidramac

Inserte metálico em aço inoxidável

São resistentes à corrosão e podem ser fabricados sob medida. São facilmente soldáveis e permitem adequações em campo, caso seja necessário.



Figura 9: Inserte metálico tipo “Carretel” em aço inoxidável.

Inserte metálico em ferro fundido

Deve possuir revestimento de proteção contra a corrosão. É fornecido por grandes empresas, altamente especializadas na fabricação de tubos e acessórios em ferro fundido. Havendo algum dano, sua recuperação é bastante difícil de ser executada.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 24 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		



Figura 10: Inserte (toco) de ferro fundido com aba de vedação.

3.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

O principal objetivo do sistema de queima de biogás da ETE Canyon é a redução de risco de acidentes devido à formação de atmosferas explosivas. Como objetivos secundários, temos a redução das emissões de gás metano, por questões ambientais, e redução das emissões de gás sulfídrico, que podem causar incômodos relacionados à exalação de odores desagradáveis.

Observações:

- 1) Não será feito o reaproveitamento energético do biogás, de modo que não é necessário o beneficiamento prévio do biogás, com remoção de umidade, material particulado, gás sulfídrico, gás carbono, dentre outros.

Operacionalmente, o sistema de queima deve então focar na queima imediata do biogás produzido no reator UASB.

Na ETE Canyon será necessária a correção para adequação do sistema de queima do biogás, de forma a incluir os requisitos mínimos.

- Instalação de selo hídrico
- Instalação da tubulação externa do biogás
- Instalação do queimador

Com base na estimativa das vazões de biogás realizada na etapa de diagnóstico,



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 25 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

encontramos grande variação, o que normalmente está acima da capacidade dos queimadores.

Tabela 9. Vazões médias estimadas de biogás.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanco de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m³/h	0,7	0,7
Cenário II	m³/h	1,2	1,2
Cenário III	m³/h	14,3	13,3
Cenário IV	m³/h	17,2	19,6

Atualmente a vazão de biogás é muito baixa, levantando questionamentos até mesmo sobre a necessidade de realização instalação de tubulações externas e queimador. Uma das estratégias para evitar ociosidade nos equipamentos a serem adquiridos é a implantação em etapas, devendo-se prever facilidades para ampliações ou substituição por equipamentos de maior porte.

Na etapa inicial o sistema de queima deve ser capaz de tratar as seguintes vazões de biogás:

Vazão máxima de biogás: 4 m³/h

Vazão mínima de biogás: 1 m³/h

Já o projeto de tubulação deve ser dimensionado considerando a vazão máxima de 20 m³/h.

O diâmetro mínimo da tubulação antes do selo hídrico deverá ser de 100 mm, o que é adequado à manutenção para remoção de partículas sólidas (escuma) que possam adentrar acidentalmente na tubulação, devido à falhas no selo hídrico, por exemplo.

3.3.1 Instalação de selo hídrico

Justificativa:



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	26 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

O selo hídrico tem como função principal criar um volume pressurizado de biogás no interior da campânula, para evitar que as escumas flutuantes entrem na tubulação do biogás.

O selo hídrico é um dispositivo indispensável ao funcionamento do reator UASB da ETE Canyon. Porém, sua instalação não foi prevista no projeto inicial, não sendo viável a sua instalação como equipamento interno, devendo ser instalado externamente ao longo da tubulação externa do biogás.

Tabela 10. Alternativas para fabricação do selo hídrico.

	Descrição	Fornecedores
1	Selo hídrico fabricado em chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Empresas locais (Caxias do Sul)
2	Selo hídrico fabricado em placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs

Ambas as alternativas apresentaram o mesmo desempenho e facilidades para manutenção e adequações. A alternativa em aço inoxidável AISI 304 poderá oferecer maior vida útil. O diferencial na escolha da alternativa será o custo de aquisição.

Modulação/quantidade: 1 em operação

Capacidade unitária mínima: 20 m³/h de biogás

3.3.2 Instalação da tubulação externa do biogás

Justificativa:

Atualmente não há um sistema de tubulações externas para escoamento do biogás do reator ao queimador.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	27 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Tabela 11. Alternativas para substituição da tubulação externa de biogás.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento de materiais como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's, não sendo necessariamente os fabricantes. Tratando-se somente da do fornecimento e instalação de tubulação, há uma grande quantidade de empresas com plena capacidade técnica, inclusive no município sede.

As alternativas em tubulação de aço carbono ou aço galvanizado não adequadas para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, por possuírem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, pode não ser adequado para a esta aplicação, onde haverá extensões de tubulação de cerca de 100 m, expostas ao sol.

São soldáveis em campo, por alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possui menor resistência mecânica, em relação às alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	28 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON			

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica.

A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígida ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

3.3.3 Instalação do queimador do biogás

Justificativa:

Atualmente não há um sistema de queima do biogás que será gerado no processo anaeróbio do reator UASB.

Processo de queima do biogás:



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 29 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

A eficiência da destruição do biogás depende de 3 fatores:

- I. Temperatura de combustão;
- II. Proporção da mistura ar - combustível;
- III. Tempo de residência dos gases na câmara de combustão.

A temperatura de combustão deve ser maior que a temperatura de autoignição do gás metano, que corresponde à 540º C.

A falta de oxigênio na mistura ar – combustível resulta em combustão incompleta, com emissão de gás metano, monóxido de carbono e gás sulfídrico. Na prática, não é possível controlar a quantidade de ar fornecida ao processo, sendo recomendado manter uma quantidade maior que a requerida teoricamente.

O tempo de residência na câmara de combustão na faixa de 0,5 a 2 segundos é necessário para que a queima seja satisfatória.

Na tabela a seguir, são apresentados dados que relacionam a eficiência na destruição de gás metano e gás sulfídrico com os principais parâmetros.

Tabela 12. Eficiência da destruição do metano em função da temperatura.

Eficiência de destruição (%)	Temperatura (º C)	Tempo de residência (s)
95%	690	0,5
98%	745	0,5
99%	790	0,75
99,9%	830	1,00
99,99%	885	2,00

Para estações de tratamento de esgoto, as tecnologias para a queima do biogás normalmente disponíveis no mercado são:



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 30 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Tabela 13. Alternativas para queima do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Queimador de chama aparente	Teccalor
2	Queimador de chama semi-enclausurada	Combustec
3	Queimador de chama enclausurada	Wolta Biochama Brasprocess

Queimador de chama aparente

O queimador de chama aparente basicamente não possui câmara de combustão e por isso alcança menores temperaturas durante a queima. Assim, sua eficiência é menor, porém é mais apropriado para aplicações com baixa vazão de biogás. Basicamente sua operação pode ser automatizada através de ignitor temporizado e válvula mantenedora de pressão, cuja função é estabelecer um valor mínimo de pressão de biogás para alimentação do queimador, fazendo sua interrupção durante os horários em que a produção de biogás é nula ou muito baixa. Assim, evita-se misturas pobres em combustível, o que também interfere na eficiência da queima.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	31 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		



Figura 11: Flare de chama aparente fabricado e fornecido pela Combustec. Fonte: Catálogo técnico da empresa Combustec.

Queimador de chama semi-enclausurada

O queimador de chama semi-enclausurada combina características dos queimadores de chama aparente e enclausurada. Basicamente o queimador possui câmara de combustão simples, com dimensões menores que a do queimador de chama enclausurada, para evitar a dispersão da chama.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação pode ser totalmente automatizada para o objetivo de queima imediata do biogás.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.



	ESTUDO Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 32 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Queimador de chama enclausurada

O queimador de chama enclausurada câmara de combustão com proteção contra chuva e vento e isolante térmico para reduzir perdas de calor. Assim, busca-se atingir altas temperaturas na queima, com altos tempos de residência, garantindo assim altas eficiências na destruição do metano e gás sulfídrico.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação necessita ser automatizada, sendo comuns apresentarem dispositivos para controle de temperatura, vazões e pressão. A relação dos equipamentos mínimos é mais sofisticada e poderá ser mais difícil uma equalização de especificações técnicas entre os fornecedores deste equipamento.



Figura 12: Flare de chama enclausurada fabricado e fornecido pela Brasprocess.
Fonte: Catálogo técnico Brasprocess.



	ESTUDO Nº	REV. R0
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 33 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

4 PROJETO BÁSICO

Para executar a proposta de substituição das campânulas e tubulações internas, é necessário fazer antes uma revisão do projeto com os seguintes objetivos:

- I. Correção dos problemas crônicos relacionados ao projeto da ETE, conforme apontado na etapa de diagnóstico;
- II. Fornecer detalhamento suficiente da proposta para permitir a sua cotação.

Os equipamentos internos do reator devem ser reprojitados simultaneamente. Caso contrário, o desempenho do reator em relação à sua eficiência e operação podem ser prejudicados.

A simples substituição através do uso de materiais mais resistentes resolve parcialmente os problemas detectados em campo, mas não oferecem garantias de desempenho.

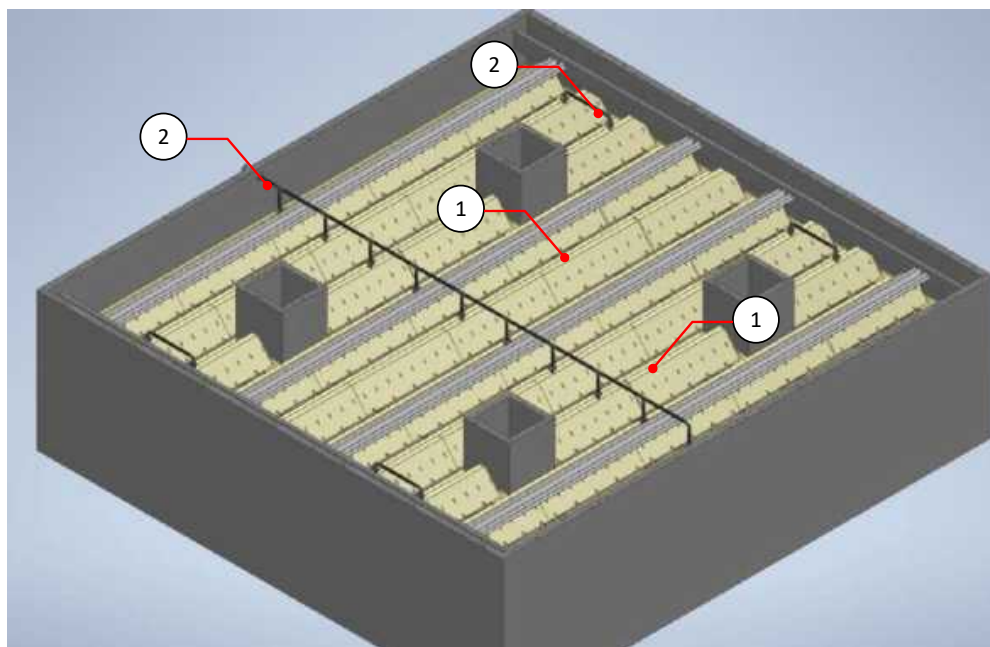


Figura 13: Vista do interior do Reator UASB da ETE Canyon reprojitado: Cjto de campânulas (1) e tubulações internas (2).



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 34 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

4.1 CAMPÂNULAS DO REATOR UASB

Diretrizes consideradas na elaboração do projeto:

- I. Uso de materiais adequados.
- II. Análise de interferências.
- III. Garantia de estanqueidade do biogás.

Os materiais a serem utilizados na fabricação das campânulas devem possuir:

- Resistência mecânica adequada.
- Resistência à corrosão.
- Viabilidade econômica.

Os seguintes materiais atendem a estes requisitos:

- Placas rígidas de Polipropileno, com espessura mínima de 8 mm.
- Placas rígidas de PEAD, com espessura mínima de 8 mm.
- Placas rígidas de PRFV, com espessura mínima de 8 mm.

As opções em polipropileno e PEAD permitem a execução de soldas em campo.

A opção em PRFV permite a execução de emendas em campo, mas pode não ser competitiva, por requerer maior quantidade de mão de obra e utilizar solventes e malha de fibra de vidro. Já a emenda de forma mecânica (parafusada), aumenta bastante o custo desta alternativa e requer medidas adicionais para melhorar a estanqueidade.

Os esforços solicitantes principais correspondem ao empuxo do biogás no interior da campânula. Os valores dos empuxos solicitantes foram calculados e são apresentados à seguir:

Em condições normais de operação: 128 kgf/m

Com aprisionamento total do biogás: 654 kgf/m

As dimensões para o cálculo dos volumes de biogás no interior das campânulas são apresentados na figura a seguir.



	ESTUDO Nº	REV. R0
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 35 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

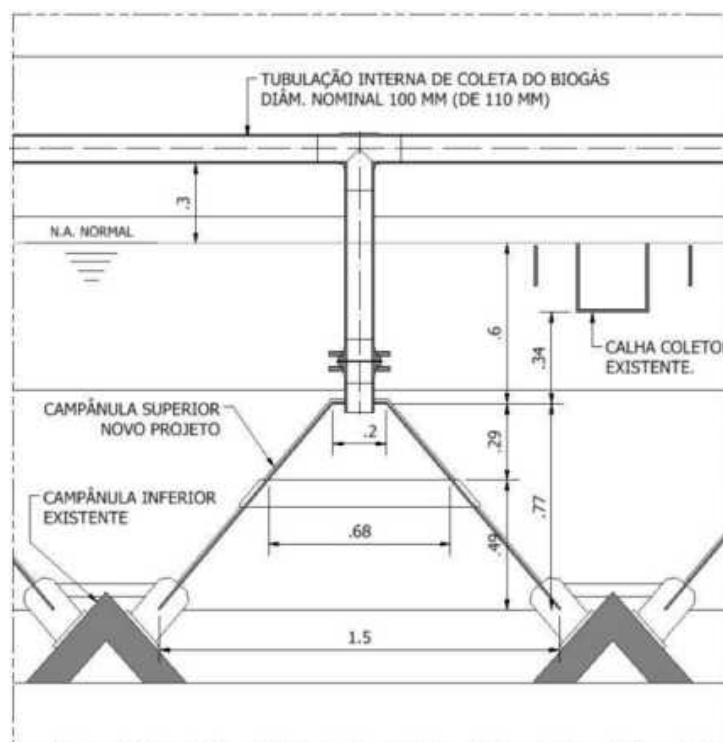


Figura 14: Detalhe típico da campânula reprojeta.

O projeto foi desenvolvido em software 3D com funcionalidades para realizar análise de interferências. As aberturas para o acesso ao interior do reator possuem as seguintes dimensões em planta:

Comprimento máximo: 7,4 m

Largura máxima: 0,8 m

Considerando o uso de placas rígidas de polipropileno ou PEAD, a garantia da estanqueidade dependerá também da qualidade da execução das soldas e dobras.

O projeto dos módulos de campânulas foi feito para aproveitamento máximo do comprimento das placas, visando reduzir a quantidade de soldas.

As placas rígidas de Polipropileno e PEAD para espessuras até 20 mm podem ser fornecidas nas seguintes medidas:



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	36 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON			

Comprimento máximo: 4.000 mm

Largura máxima: 2.000 mm

Poderão ser utilizados comprimentos maiores, visando reduzir a quantidade de emendas em campo, à critério do fornecedor, desde que não ocorra danos no transporte e instalação.

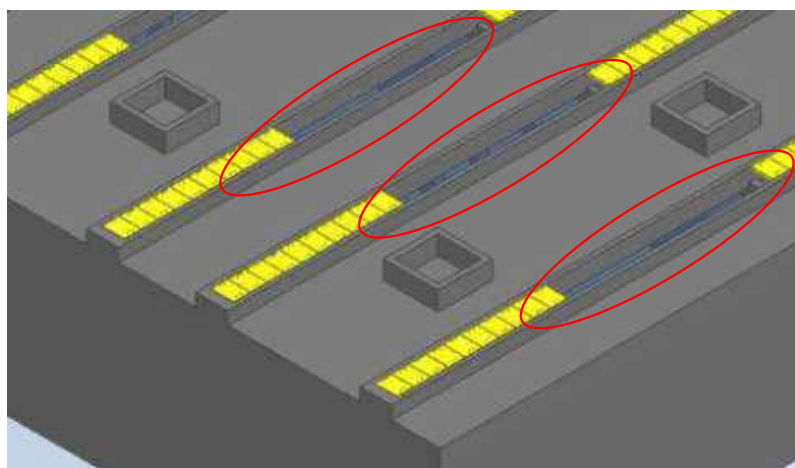


Figura 15: Aberturas para acesso ao interior do reator UASB.

Os ângulos das campânulas devem ser feitas através de dobras em chapa única e não através de emendas entre duas chapas.

Todos os componentes das campânulas poderão entrar nos reatores com extrema facilidade, dado que o peso de cada peça é no máximo 75 kg, podendo ser descidas manualmente e com segurança por 4 montadores.

Preferencialmente os módulos das campânulas devem ser pré-fabricados em galpão industrial, de forma a garantir maior qualidade em resistência mecânica e estanqueidade.

As campânulas devem ter pelo menos as dobras e soldas dos tirantes executados em fábrica, antes de serem enviadas para instalação em campo. Nas peças onde determinadas, deverão ser soldados também os tocos de tubulação, pestana e flange.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 37 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

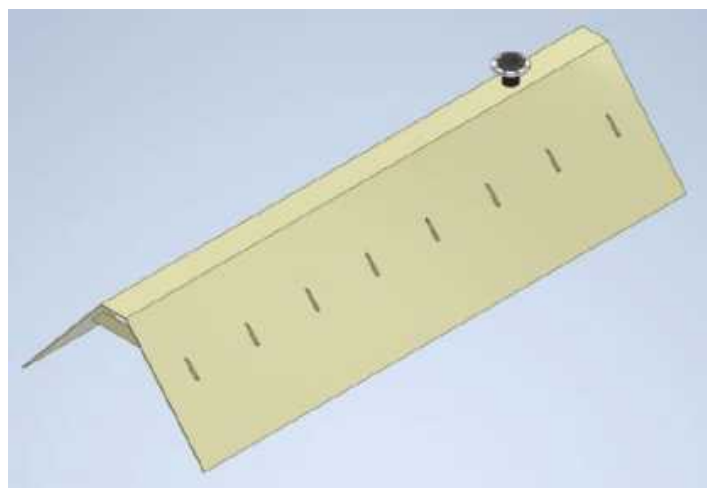


Figura 16: Componente pré-fabricado da campânula.

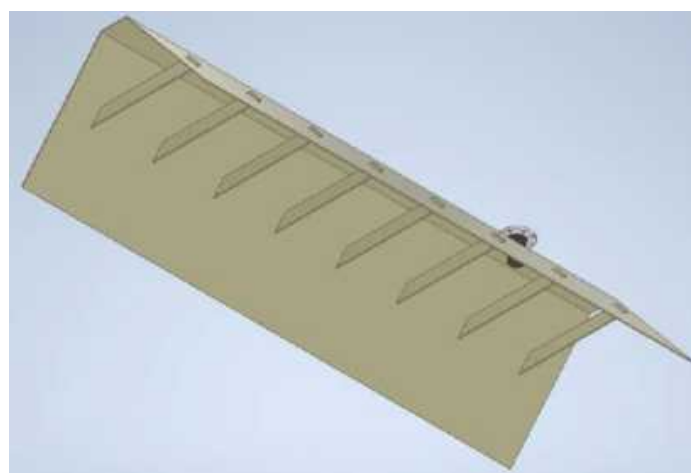


Figura 17: Vista do interior do componente pré-fabricada das campânulas.

Soldas das campânulas a serem executadas no interior do UASB:

- 1) Chapa de fechamento de fundo: Deverão ser soldadas após o transporte das campânulas e demais peças ao interior do reator.
- 2) Suportes das campânulas: Deverão ser soldadas após o nivelamento do conjunto de campânulas.



	ESTUDO Nº	REV.
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 38 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

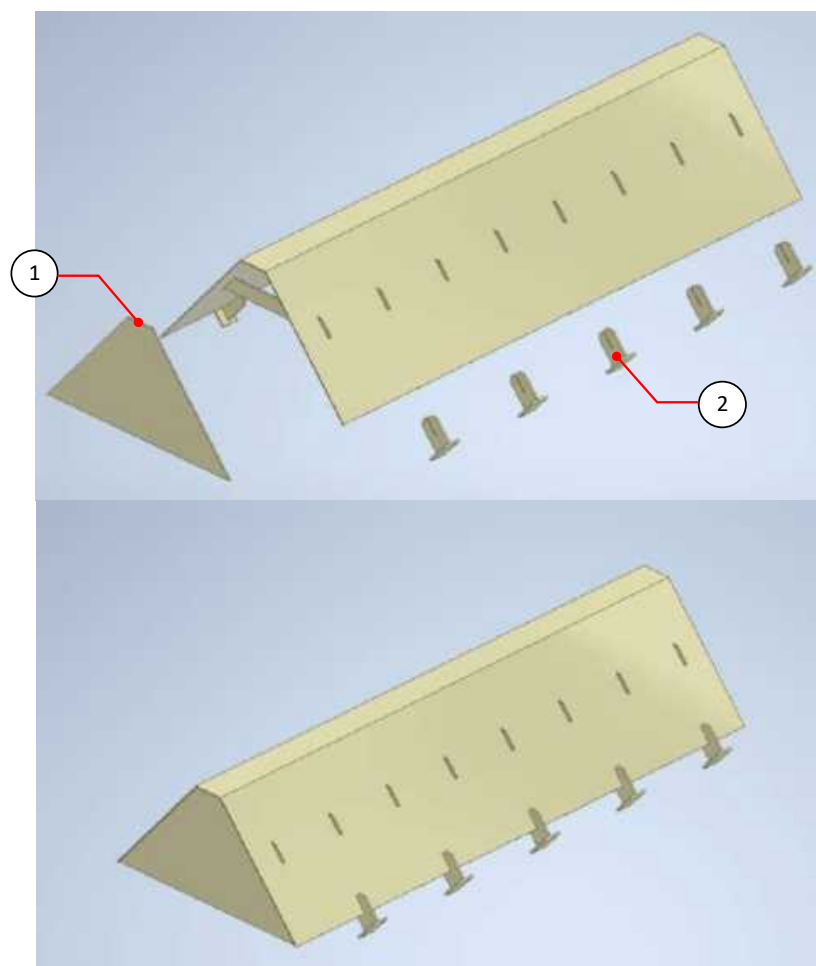


Figura 18: Soldas nas campânulas que devem ser executadas em campo.

As emendas longitudinais serão executadas através de um reforço de aba, que tem a função também de permitir ajustes em relação ao comprimento. As abas devem ser soldadas em ambos os lados, conectando duas campânulas. Para melhor resistência e estanqueidade, recomenda-se executar as soldas tanto no lado interno da campânula como também no lado externo.



	ESTUDO Nº	REV. R0
	MD.SAMAE.1.2.01.R0	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA 39 DE 44
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

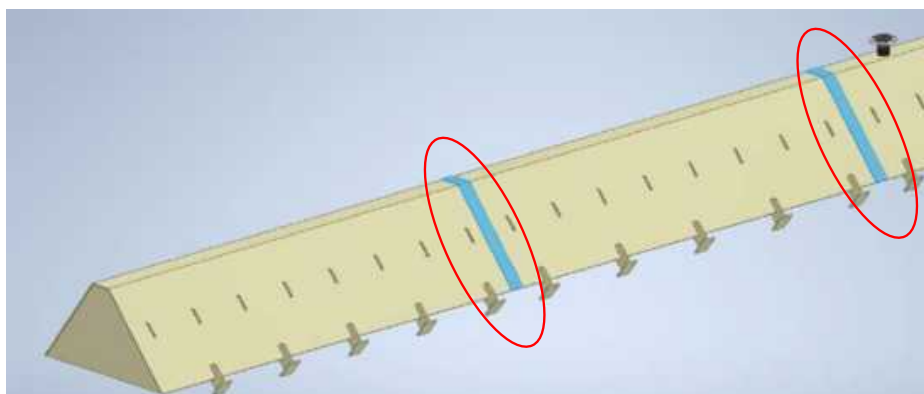


Figura 19: Emendas longitudinais entre campânulas.

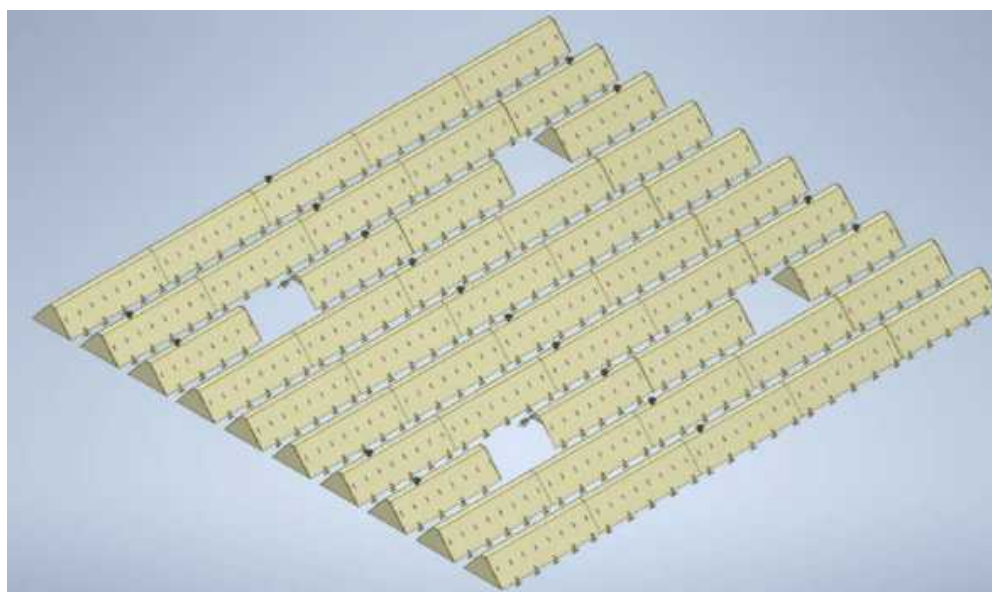


Figura 20: Conjunto total de campânulas do projeto do reator UASB da ETE Canyon.

O peso total das campânulas na opção em chapas de polipropileno corresponde a aproximadamente 3.830 kg.

4.2 TUBULAÇÃO INTERNA DE COLETA DO BIOGÁS

Diretrizes consideradas na elaboração do projeto:



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 40 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

- I. Simplificação da concepção do sistema de coleta de biogás.
- II. Aumento do diâmetro para evitar entupimento devido à entrada de espuma.
- III. Uso de conexões mais seguras e que permitam a manutenção.

A concepção do sistema de tubulação foi simplificada, resultando em menor extensão. Isto decorre que a própria campânula corresponde a um elemento para escoamento horizontal do biogás ao longo do seu comprimento. É necessário apenas realizar a adequada interligação entre todas as campânulas.

Através da simplificação, a extensão total da tubulação interna passou a ser de 26,5 m.

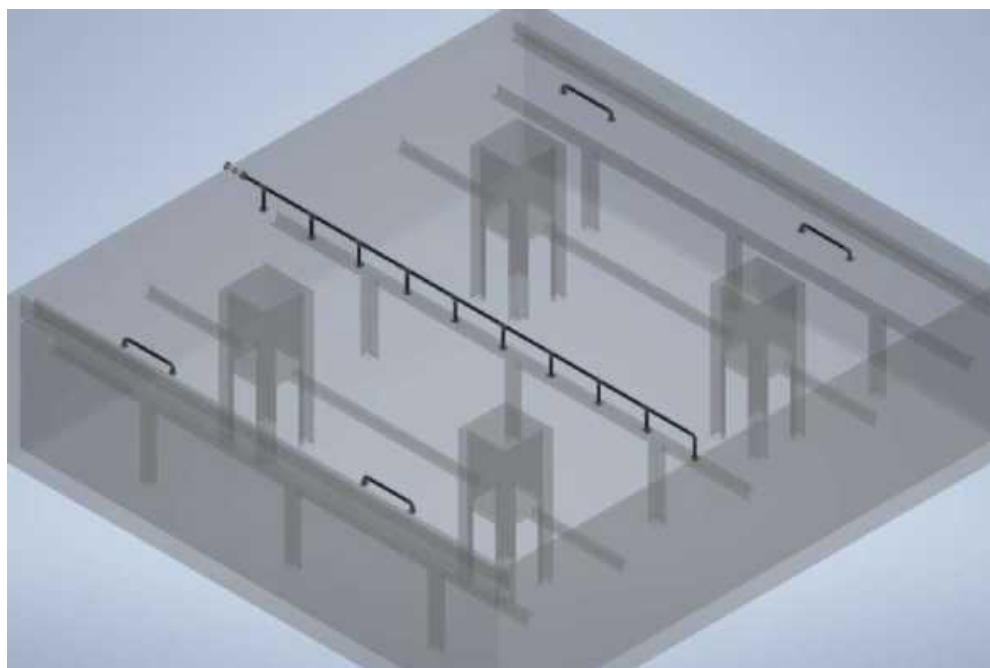


Figura 21: Concepção do sistema de tubulações internas para coleta do biogás dos reatores UASB da ETE Canyon.

O diâmetro mínimo da tubulação será aumentado para 100 mm, visando evitar entupimentos pela entrada da espuma.

Serão permitidas somente dos seguintes tipos de emenda;

- Solda de topo com placa aquecida;
- Luva de eletrofusão.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 41 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Onde indicado no projeto, deverão ser utilizada conexões flangeadas, que permitirão a desmontagem da tubulação para realização de limpeza e manutenção.

4.3 SELO HÍDRICO

Diretrizes consideradas na elaboração do projeto:

- I. Controle do nível d'água.
- II. Bocal de acesso para remoção de sólidos.
- III. Previsão de conexão flangeada para interligação com reservatório de biogás.

Será utilizada água limpa para enchimento do selo hídrico. A alimentação com água controlada por válvula esfera flutuante de instalação externa, cuja função é a mesma de um registro de boia. Haverá uma tubulação "ladrão" para o excesso de água.

A tubulação de entrada do biogás estará a uma profundidade que garantirá 850 mmca de contrapressão que o selo hídrico deverá promover, somado também à pressão de operação do flare, da ordem de 30 a 50 mmca.

Não será utilizado difusor do biogás para evitar a formação de borbulhamento excessivo, devido ao risco de entupimento por entrada de espuma na tubulação.

Será feito um rasgo na extremidade da saída do tubo, que poderá reduzir o borbulhamento excessivo.

O volume do selo hídrico é o suficiente para evitar as altas vazões de biogás promovam desuniformidade na contrapressão a ser fornecida.

O projeto básico do selo hídrico na alternativa em chapas de PP ou PEAD é apresentado no desenho DE.SAMAE.1.2.8.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 42 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

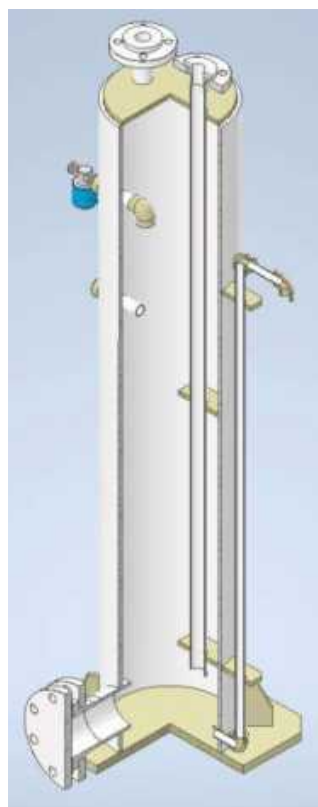


Figura 22: Desenho do selo hídrico para a ETE Canyon, projetado em chapas de polipropileno.

4.4 TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS

Foram elaboradas 2 alternativas de concepção do sistema de coleta e queima do biogás na ETE Canyon, com foco no detalhamento da diretriz das tubulações e localização do queimador de biogás.

Importante ressaltar que há uma forte restrição de localização do queimador constituída por uma faixa adjacente às áreas vizinhas confrontantes com a área da ETE, indicadas na figura à seguir.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON		FOLHA 43 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		



Figura 23: Área com restrição locacional devido à proximidade com a vizinhança.

Alternativa 1:

Nesta alternativa o flare está localizado na área próximo ao centro da área da ETE, estando afastada à 10 m do reator UASB. Não há edificações de apoio e unidades de processo num raio de 10 m. Tanto o flare como o selo hídrico estão na mesma plataforma do reator UASB.

A alternativa 1 é apresentada no desenho DE.SAMAE.1.2.01.1 e apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1 1/2 Pol:	19,6 m
Selo hídrico:	1 unidade
Flare de chama aparente:	1 com cap. 1 a 4 m ³ /h



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.1.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CANYON	FOLHA	44 DE 44
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - CANYON		

Alternativa 2:

Nesta alternativa buscou-se aproveitar a área vazia adjacente, localizada após o barranco, para proporcionar o maior afastamento possível do flare em relação ao reator UASB.

A extensão de tubulações é substancialmente maior e exige trechos enterrados, travessia em trecho de acesso. Apesar da potencialidade de isolamento de flare em relação ao reator UASB, devido aos vizinhos confrontante e à própria topografia, esta alternativa apresenta maior risco de causar incômodos à vizinhança e maior risco causar incêndios acidentais.

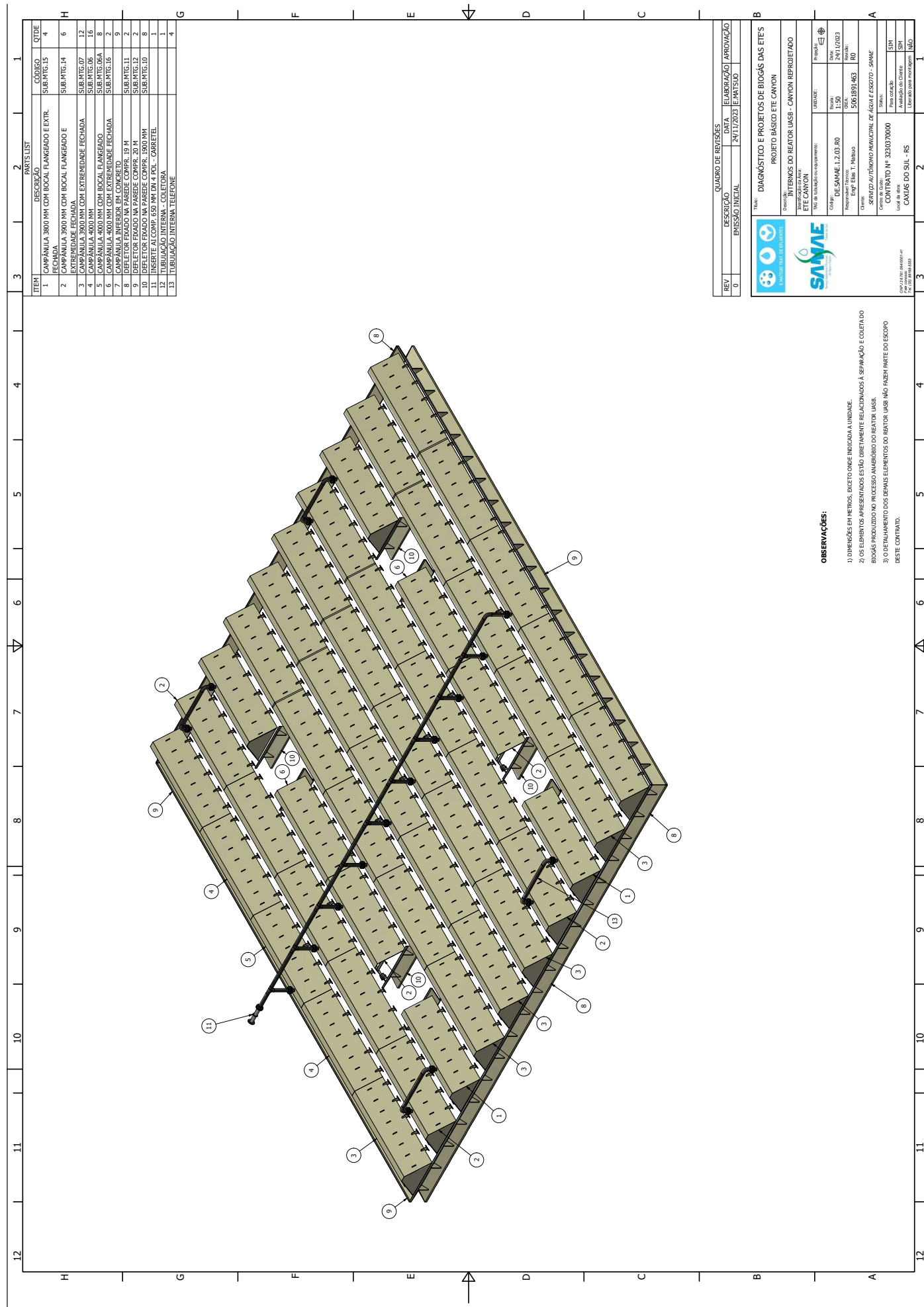
A alternativa 2 é apresentada no desenho DE.SAMAE.1.2.01.2 e apresenta os seguintes indicadores:

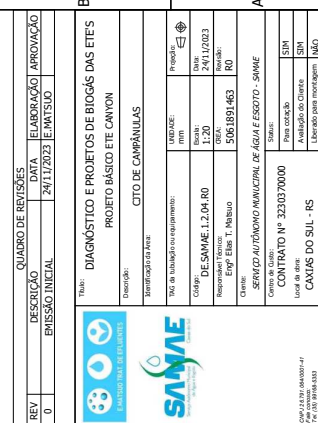
Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1 1/2 Pol:	46 m
Selo hídrico:	1 unidade
Flare de chama aparente:	1 com cap. 1 a 4 m ³ /h























 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: MD.SAMAE.2.2.01.R0					
	OBRA:		FOLHA:					
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		1 de 30					
	TÍTULO:							
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - 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		ENG. RESP.:	CREA:					
E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES		ELIAS TAKESHI MATSUO	5061891463					
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:						
ÍNDICE DE REVISÕES								
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS							
0	EMISSÃO INICIAL							
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	8/12/2023							
EXECUÇÃO	E. MATSUO							
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	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 MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	2 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

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

Dados do projeto:

Código do documento:	MD.SAMAE.2.2.01.R0
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:	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	8/12/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	3 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE BELO	5
3	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE BELO	5
3.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	5
3.1.1	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	6
3.2	REATORES UASB.....	13
3.2.1	Substituição dos insertes metálicos	13
3.2.2	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.....	15
3.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	17
3.3.1	Substituição da tubulação externa do biogás	19
3.3.2	Substituição do queimador do biogás.....	21
4	PROJETO BÁSICO.....	26
4.1	REATOR UASB.....	26
4.2	TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS.....	27



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	4 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 2 – Projeto Básico – 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.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	5 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

2 RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE BELO

Com base na etapa de diagnóstico, elencamos as seguintes alternativas para as melhorias e adequações necessárias relacionadas à coleta e queima do biogás gerado nos reatores UASB da ETE Belo.

Tabela 1. Relação das propostas e alternativas para as melhorias e adequações relacionadas à coleta e queima do biogás na ETE Belo.

	<i>Propostas</i>	<i>Alternativas</i>
1.0	Tratamento preliminar	
	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	Tambor rotativo de fluxo interno
		Cestos removíveis
		Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal
2.0	Reatores UASB	
	Substituição dos insertes metálicos	Aço inoxidável
		Ferro fundido
	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD
		Placas rígidas de PRFV
		Chapas de aço inoxidável
3.0	Sistema de queima do biogás	
	Substituição da tubulação externa de biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD
		Tubos em aço inoxidável
		Tubos em PRFV
	Substituição do queimador	Queimador de chama aparente
		Queimador de chama semi-enclausurada
		Queimador de chama enclausurada

*Com fundo em verde, as alternativas eleitas.

3 DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE BELO

Apresentamos a seguir as descrições das propostas para correções e melhorias do sistema de coleta do biogás da ETE Belo.

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	6 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

3.1.1 Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm

Justificativa:

Conforme apresentado na etapa de diagnóstico, o acúmulo de espuma no interior da campânula pode prejudicar e até mesmo impedir a coleta do biogás gerado no reator UASB.

Com base na experiência do responsável técnico deste projeto, que acompanhou a operação de 14 ETE's com reatores UASB, desde o ano de 2002, foi verificado que a utilização de peneiramento fino com abertura de 1 mm contribuiu para evitar o acúmulo de espuma no interior do reator trifásico.

A lista de referência das ETE's acompanhadas por este responsável técnico é apresentada a seguir.

Nestas ETE's, nunca houve necessidade de interrupção da operação dos reatores por problemas relacionados ao acúmulo de espuma no interior das campânulas ou por entupimento no sistema de coleta de biogás.

Tabela 2. Lista de referências das ETE's com reatores UASB acompanhadas pelo autor deste projeto.

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
1	Águas do Mirante	Piracicaba/SP	3 x 22	2014
2	SAAE	Águas de Lindóia/SP	22	2014
3	Prefeitura Municipal	Reginópolis/SP	22	2014
4	CODEN	Nova Odessa/SP	4 x 45	2013
5	SAEIT	Igaraçu do Tietê/SP	45	2006
6	SEMAE	Piracicaba/SP	11	2006
7	DMAE	Poços de Caldas/MG	22	2002
8	DAE	Americana - SP	2 X 45	2018
9	BRK/SANEAQUA	Mainrinque-SP	45	2018
10	Estaleiro Jurong/SAAE	Aracruz-ES	33	2020



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	7 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIÓGÁS - BELO		

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
11	SAAES	São Pedro - SP	2 x 45 s	2018
12	SAEAN – ETE Três Barras	Artur Nogueira - SP	1 x 45	2017
13	SAEAN – ETE Stocco	Artur Nogueira - SP	2 x 45	2018

Com base também nas inspeções realizadas nas ETE's do SAMAE, onde verificamos o acúmulo de espessas crostas de espuma no interior das campânulas dos reatores UASB, bem como a necessidade de sua remoção, incluímos então a instalação de peneiramento fino com abertura de 1 mm como uma das medidas para evitar o acúmulo de espuma.

Apresentamos à seguir as alternativas para peneiramento fino.

Tabela 3. Alternativas para peneiramento fino na ETE Belo.

	Descrição	Fabricantes
1	Tambor rotativo de fluxo interno	JS Filtração Vibropac Johnson Screens Werjen
2	Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal	
3	Cestos removíveis	JS Filtração Caldeirarias em geral

Tambor rotativo de fluxo interno

O tambor rotativo de fluxo axial ou interno corresponde ao equipamento para peneiramento de esgoto recomendado pelo autor deste projeto, pelas seguintes razões:

- Elevado desempenho;
- Facilidade operacional;
- Perfil de tela autolimpante;



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	8 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

- Facilidade de manutenção.

A distribuição do esgoto no interior da peneira é realizada através de uma canaleta vertedora ao longo do comprimento do tambor em movimento. É importante destacar que o tambor deve estar em movimento durante a alimentação do esgoto, não devendo confundir o seu funcionamento com o de uma peneira estática.

A calha vertedora distribui o esgoto bruto em ambos os lados de seu comprimento, sendo que o lado contrário à rotação do tambor recebe a maior parcela da vazão. Esta forma de distribuição do esgoto no interior do tambor resulta na aplicação de esforços de cisalhamento sobre os resíduos, desagregando-os e promovendo a sua “lavagem”. O interior do tambor possui também “aletas” ou “pás” que direcionam os resíduos sólidos do fundo do tambor para a sua saída.

O tambor possui também dois ramais de limpeza, sendo um para o lado externo e outro para o lado interno, através de bicos ejetores que aplicam água com alta pressão.

Um grande diferencial desta tecnologia é que não há partes móveis, como coroa e pinhão, correntes, dentre outros, em contato com o esgoto.

Como pontos negativos, no caso da ETE Belo, podemos destacar que é necessário desenvolver um projeto específico para alimentação da peneira, uma vez que não há estruturas aproveitáveis para isto. O local ideal para a sua instalação seria após o gradeamento fino. Porém, deve haver um desnível geométrico para a descarga dos resíduos em uma caçamba. Caso contrário, será necessário instalar um parafuso classificador para o transporte vertical destes resíduos.



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	9 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			



Figura 1: Peneiramento com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.



Figura 2: Vista do interior da Peneira com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.

Modulação/quantidade:	1 em operação + 1 reserva
Capacidade unitária mínima:	800 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Peneira rotativa de fluxo axial ou interno
Abertura da tela:	1 mm



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	10 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal

Podem acomodar aberturas de 2 a 6 mm para tela perfurada e 0,25 mm a 2 mm para tela com perfil trapezoidal autolimpante. Possui parafuso classificador, que remove os sólidos para um sistema de lavagem e compactação.

Por possuir diversos sistemas integrados, com muitas partes móveis, quando comparado ao tambor rotativo de fluxo interno, sua manutenção é mais complexa. O rolamento de tela está sempre submerso em águas residuais e na prática precisa ser substituído periodicamente.

Para a manutenção do tambor rotativo submersível e peças é necessário também um dispositivo de basculação.

Sua instalação poderá ser feita entre o gradeamento e a desarenação, havendo dois canais que podem ser utilizados para esta finalidade. Este aproveitamento do perfil hidráulico e estruturas existentes corresponde a sua maior vantagem perante a alternativa em tambor rotativo de fluxo interno.

Modulação/quantidade: 1 em operação + 1 reserva

Capacidade unitária mínima: 800 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de canal

Abertura da tela: 1 mm



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	11 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior



Figura 3: Tambor rotativo de canal. Fonte: Catálogo técnico da empresa Vibropac.

Sua instalação poderá ser feita após a desarenação, em tanque de concreto, sendo que o aproveitamento do perfil hidráulico corresponde a sua maior vantagem perante a alternativa em tambor rotativo de fluxo interno.

Cestos removíveis

Os cestos removíveis correspondem à solução mais simples para o peneiramento. Este equipamento normalmente é indicado para baixas vazões de esgoto e necessitam ser instalados onde haja desnível hidráulico suficiente para promover a lavagem dos resíduos e evitar a rápida colmatção das suas aberturas. Sua limpeza é feita de forma manual e em função de seu peso, pode ser necessária a utilização de sistema de içamento.

Para a ETE Belo, esta solução dificilmente poderá ser implantada, devido à elevada



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	12 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

vazão e por não haver perfil hidráulico disponível para a implantação por gravidade, sem a necessidade de recalque à montante.



Figura 4: Gradeamento tipo cesto. Imagem meramente ilustrativa.

Modulação/quantidade: 3

Capacidade unitária mínima: 300 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Grade tipo cesto removível com limpeza manual

Abertura da tela: 1 mm

Dimensões aproximadas: 580 x 580 x 350 mm
Comprimento x largura x altura

Acessórios: Sistema de içamento do cesto para remoção dos sólidos



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 13 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

Materiais Construtivos:

Cesto: AISI 304

lçamento AISI 304

3.2 REATORES UASB

O uso de placas rígidas de PRFV foi bem-sucedido na ETE Belo, pois o flare encontra-se em operação a bastante tempo. Não há problemas crônicos em relação ao projeto que necessitem ser corrigidos. Portanto, não se especula a necessidade de substituição das campânulas no curto prazo.

3.2.1 Substituição dos insertes metálicos

Justificativa:

Os insertes metálicos correspondem à dispositivos de tubulações embutidos na parede de concreto para conectar a tubulação interna com a tubulação externa ao reator. No caso no reator da ETE Belo, não há tubulação interna e por isto o inserte irá conectar a câmara do biogás diretamente à tubulação externa, sendo requerido inserte do tipo flange e ponta.

Estes insertes metálicos devem ser fabricados em materiais resistentes mecanicamente e contra a corrosão e devem garantir também a estanqueidade, de forma a evitar vazamentos de biogás e esgoto. Para isto, o inserte possui aba de travamento que também tem a função de melhorar a vedação.

Atualmente a tubulação de PVC é embutida diretamente na parede. Esta alternativa dispensa custos adicionais com insertes metálicos, porém não permite a realização de desmontagem para manutenções emergenciais.

Sua instalação em estruturas de concreto existente é feita através da abertura com martelo rompedor, seguida pela limpeza, posicionamento do inserte e grauteamento.



	ESTUDO Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA 14 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

As principais alternativas para execução dos insertes metálicos são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 4. Alternativas para insertes metálicos.

	Descrição	Fabricantes
1	Aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Calderarias*
2	Ferro fundido	Tec San PAM Saint Gobain Ferpac Hidramac

Inserte metálico em aço inoxidável

São resistentes à corrosão e podem ser fabricados sob medida. São facilmente soldáveis e permitem adequações em campo, caso seja necessário.



Figura 5: Inserte metálico tipo "Flange e Ponta" em aço inoxidável.

Inserte metálico em ferro fundido

Deve possuir revestimento interno e externo de proteção contra a corrosão. É fornecido por grandes empresas, altamente especializadas na fabricação de tubos e acessórios em ferro fundido. Havendo algum dano, sua recuperação é bastante difícil



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	15 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

de ser executada.



Figura 6: Inserte (toco) de ferro fundido com aba de vedação.

3.2.2 Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás

Justificativa:

As tampas de visita da ETE Belo aparentam serem flangeadas, mas são de encaixe, com as juntas de vedação pressionadas pelo encaixe da tampa. Há um perfil de aço carbono fixado através de dois parafusos borboleta. Tanto este perfil, como as juntas de borracha, estão sofrendo com os ataques de corrosão.

O pressionamento da junta de vedação entre flanges garante uma vedação mais eficiente, capaz de suportar maiores valores de pressão interna de biogás e capazes de evitar a entrada de ar.

Tabela 5. Alternativas para substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 16 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

2	Chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base
3	Placas rígidas de PRFV	JE-Fiber Empresa de Engenharia Ambiental – EEA Fibrav Fibratec

Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD

As placas rígidas de Polipropileno ou PEAD tem sido empregadas com bastante sucesso em reatores UASB e outros tipos de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes industriais.

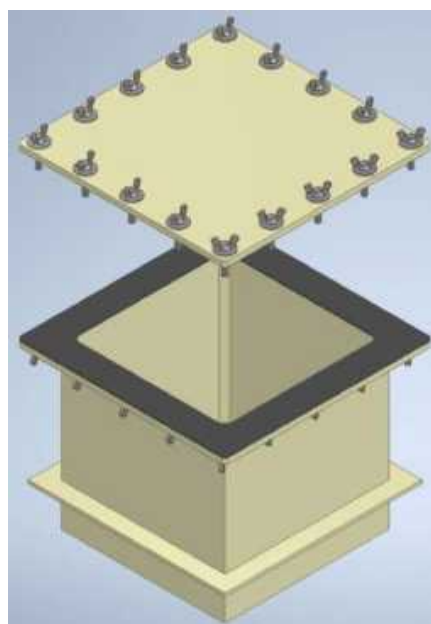


Figura 7: Tampa de acesso em chapa de PEAD ou Polipropileno, com junta de vedação prensada entre flanges.

Vantagens:

- Resistência mecânica suficiente;
- Elevada resistência à corrosão;



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	17 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

- Elevada vida útil;
- Material soldável em campo;

Chapas de aço inoxidável

As chapas de aço inoxidável devem ser no mínimo em AISI 304. Tecnicamente é um bom material, com elevada resistência mecânica e à corrosão. O flange e a tampa flangeada possuem maiores espessuras em implicam em maior utilização de aço inoxidável, podendo encarecer significativamente o custo desta alternativa.

Placas rígidas de PRFV

Para esta aplicação, não há restrições técnicas ao uso de tampas em PRFV, elaboradas conforme o projeto básico. A especificação técnica deve prever o uso de aditivos para garantir à resistência aos raios Ultravioleta. As espessuras das chapas poderão ser as mesmas adotadas para as alternativas em chapas de PEAD e de Polipropileno.

3.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

O principal objetivo do sistema de queima de biogás da ETE Belo é a redução de risco de acidentes devido à formação de atmosferas explosivas. Como objetivos secundários, temos a redução das emissões de gás metano, por questões ambientais, e redução das emissões de gás sulfídrico, que podem causar incômodos relacionados à exalação de odores desagradáveis.

Observações:

- 1) Não será feito o reaproveitamento energético do biogás, de modo que não é necessário o beneficiamento prévio do biogás, com remoção de umidade, material particulado, gás sulfídrico, gás carbono, dentre outros.
- 2) Operacionalmente, o sistema de queima deve então focar na queima imediata do biogás produzido nos reatores UASB.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA 18 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

Na ETE Belo será necessária a correção para adequação do sistema de queima do biogás, de forma a incluir os requisitos mínimos.

- Substituição da tubulação do biogás;
- Substituição do queimador.

Apresentamos a estimativa das vazões de biogás realizada na etapa de diagnóstico.

Tabela 6. Vazões médias estimadas de biogás para a ETE Belo.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanco de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m³/h	0,36	0,00
Cenário II	m³/h	2,27	1,83
Cenário III	m³/h	60,07	50,81
Cenário IV	m³/h	48,06	40,45

Devido à grande variabilidade na estimativa da vazão de biogás, uma das estratégias para evitar ociosidade nos equipamentos a serem adquiridos é a implantação em etapas, devendo-se prever facilidades para ampliações.

Na etapa inicial o sistema de queima deve ser capaz de tratar as seguintes vazões de biogás:

Vazão máxima de biogás: 10 m³/h

Vazão mínima de biogás: 2 m³/h

Já o projeto de tubulação deve ser dimensionado considerando a vazão de 80 m³/h.

O diâmetro mínimo da tubulação deverá ser de 40 mm, o que atende com bastante folga a vazão de gás gerada em apenas um módulo, ao mesmo tempo em que resulta em estrutura mecanicamente resistente e autoportante, dispensando uma boa quantidade de suportes.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	19 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

O trecho de tubulação por onde escoar a vazão de biogás dos dois módulos de reatores UASB terá diâmetro mínimo de 50 mm.

Entendemos que não há risco de entrada de espuma na tubulação, por haver uma distância de 500 mm entre o nível d'água e a entrada na tubulação.

3.3.1 Substituição da tubulação externa do biogás

Justificativa:

O atual sistema de tubulações externas de coleta do biogás foi construído a partir de tubulações de PVC rígido com conexões tipo ponta e bolsa soldáveis. Além disso, apresenta as seguintes patologias que futuramente poderão gerar a necessidade de correções:

- Ausência de válvulas de bloqueio na saída de cada reator UASB;
- Deterioração da tubulação de PVC exposta ao sol.

Tabela 7. Alternativas para substituição da tubulação externa de biogás.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento de materiais como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's, não sendo necessariamente os fabricantes. Tratando-se somente da do fornecimento e instalação de tubulação, há uma grande quantidade de empresas com plena capacidade técnica, inclusive no município sede.

O uso de tubulação em aço carbono e aço galvanizado não é recomendado para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.



	ESTUDO	Nº	REV.
		MD.SAMAE.2.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	20 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			



Figura 8: Tubulação de coleta do biogás da ETE de Itabirito-MG, fabricada em aço galvanizado, estando totalmente corroída. Fonte: Acervo do autor.

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, por possuírem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, pode não ser adequado para a esta aplicação, onde haverá extensões de tubulação de cerca de 100 m, expostas ao sol.

São soldáveis em campo, por alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possui menor resistência mecânica, em relação às alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	21 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica.

A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígida ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

3.3.2 Substituição do queimador do biogás

Justificativa:

A concepção atual do sistema de filtração e queima do biogás não apresenta os dispositivos mínimos de segurança, tais como válvula corta chamas, bem como válvula bloqueio e válvula reguladora de pressão, para interrupção da queima do biogás



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	22 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

quando a vazão estiver muito baixa, o que resulta em problemas na queima.

Estes itens normalmente são fornecidos junto com o queimador, e fazem parte da garantia de desempenho e contratual, não sendo indicado que sejam fornecidos separadamente.

Processo de queima do biogás:

A eficiência da destruição do biogás depende de 3 fatores:

- I. Temperatura de combustão;
- II. Proporção da mistura ar - combustível;
- III. Tempo de residência dos gases na câmara de combustão.

A temperatura de combustão deve ser maior que a temperatura de autoignição do gás metano, que corresponde à 540º C.

A falta de oxigênio na mistura ar – combustível resulta em combustão incompleta, com emissão de gás metano, monóxido de carbono e gás sulfídrico. Na prática, não é possível controlar a quantidade de ar fornecida ao processo, sendo recomendado manter uma quantidade maior que a requerida teoricamente.

O tempo de residência na câmara de combustão na faixa de 0,5 a 2 segundos é necessário para que a queima seja satisfatória.

Na tabela a seguir, são apresentados dados que relacionam a eficiência na destruição de gás metano e gás sulfídrico com os principais parâmetros.

Tabela 8. Eficiência da destruição do metano em função da temperatura.

Eficiência de destruição (%)	Temperatura (º C)	Tempo de residência (s)
95%	690	0,5
98%	745	0,5
99%	790	0,75
99,9%	830	1,00
99,99%	885	2,00



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	23 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

Para estações de tratamento de esgoto, as tecnologias para a queima do biogás normalmente disponíveis no mercado são:

Tabela 9. Alternativas para queima do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Queimador de chama aparente	Teccalor
2	Queimador de chama semi-enclausurada	Combustec
3	Queimador de chama enclausurada	Wolta Biochama Brasprocess

Queimador de chama aparente

O queimador de chama aparente basicamente não possui câmara de combustão e por isso alcança menores temperaturas durante a queima. Assim, sua eficiência é menor, porém é mais apropriado para aplicações com baixa vazão de biogás. Basicamente sua operação pode ser automatizada através de ignitor temporizado e válvula mantenedora de pressão, cuja função é estabelecer um valor mínimo de pressão de biogás para alimentação do queimador, fazendo sua interrupção durante os horários em que a produção de biogás é nula ou muito baixa. Assim, evita-se misturas pobres em combustível, o que também interfere na eficiência da queima.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	24 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		



Figura 9: Flare de chama aparente fabricado e fornecido pela Combustec. Fonte: Catálogo técnico da empresa Combustec.

Queimador de chama semi-enclausurada

O queimador de chama semi-enclausurada combina características dos queimadores de chama aparente e enclausurada. Basicamente o queimador possui câmara de combustão simples, com dimensões menores que a do queimador de chama enclausurada, para evitar a dispersão da chama.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação pode ser totalmente automatizada para o objetivo de queima imediata do biogás.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula solenoide;
- Válvula bloqueio na entrada do queimador;
- Válvula corta chamas;



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.2.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	25 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.

Queimador de chama enclausurada

O queimador de chama enclausurada câmara de combustão com proteção contra chuva e vento e isolante térmico para reduzir perdas de calor. Assim, busca-se atingir altas temperaturas na queima, com altos tempos de residência, garantindo assim altas eficiências na destruição do metano e gás sulfídrico.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação necessita ser automatizada, sendo comuns apresentarem dispositivos para controle de temperatura, vazões e pressão. A relação dos equipamentos mínimos é mais sofisticada e poderá ser mais difícil uma equalização de especificações técnicas entre os fornecedores deste equipamento.



Figura 10: Flare de chama enclausurada fabricado e fornecido pela Brasprocess.
Fonte: Catálogo técnico Brasprocess.



	ESTUDO Nº		REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	26 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			

4 PROJETO BÁSICO

4.1 REATOR UASB

Conforme apresentado, não haverá necessidade de substituição ou reforma das campânulas dos reatores UASB da ETE Belo. A concepção deste reator não utiliza também tubulações internas para coleta do biogás.

Foram elaborados os seguintes projetos padrões:

- I. Inserte Flange e ponta, para conectar a câmara de biogás em concreto com a tubulação externa (Desenho DE.SAMAE.0.2.02);
- II. Tampa de acesso à câmara do biogás (Desenho DE.SAMAE.0.2.03);
- III. Locação dos insertes e tampas do reator UASB (Desenho DE.SAMAE.0.2.04).

A remoção de espuma do reator UASB será executada prevendo-se as seguintes atividades:

- 1 – Fechamento da válvula de bloqueio da saída do reator UASB;
- 2 – Abertura das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 3 – Sucção da espuma, através de caminhões limpa fossa;
- 4 – Fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 5- Retorno da operação do flare: O flare deverá permanecer desligado, com escoamento do biogás, por no mínimo 6 horas após o fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás.



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	27 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			

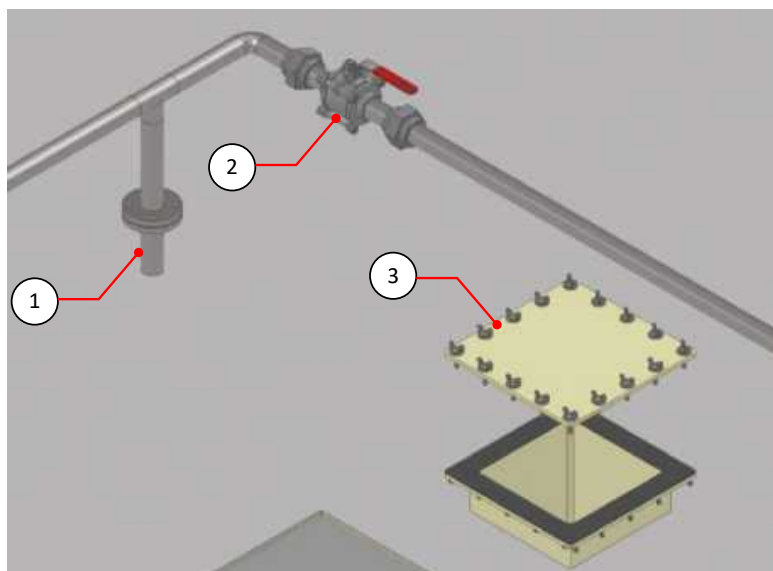


Figura 11: Inserte flange e ponta (1); válvula bloqueio a ser fechada (2); e abertura da tampa de acesso à câmara do biogás (3).

4.2 TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS

O layout da ETE Belo é bastante compacto e apresenta diversas porções com restrições significativas para a implantação do flare, apresentadas a seguir:

- I. Todo o entorno possui matas adjacentes aos limites da área da ETE. Torna-se necessário estabelecer um afastamento de no mínimo 10 m;
- II. Buffer de segurança do reator UASB, estabelecido em 10 metros;
- III. Buffer de segurança de 10 metros para as unidades onde há motores elétricos de processo, com potência acima de 5 cavalos.

As alternativas locais viáveis para a implantação do flare e as porções de áreas restritivas são apresentadas na figura à seguir.



	ESTUDO Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA 28 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO		

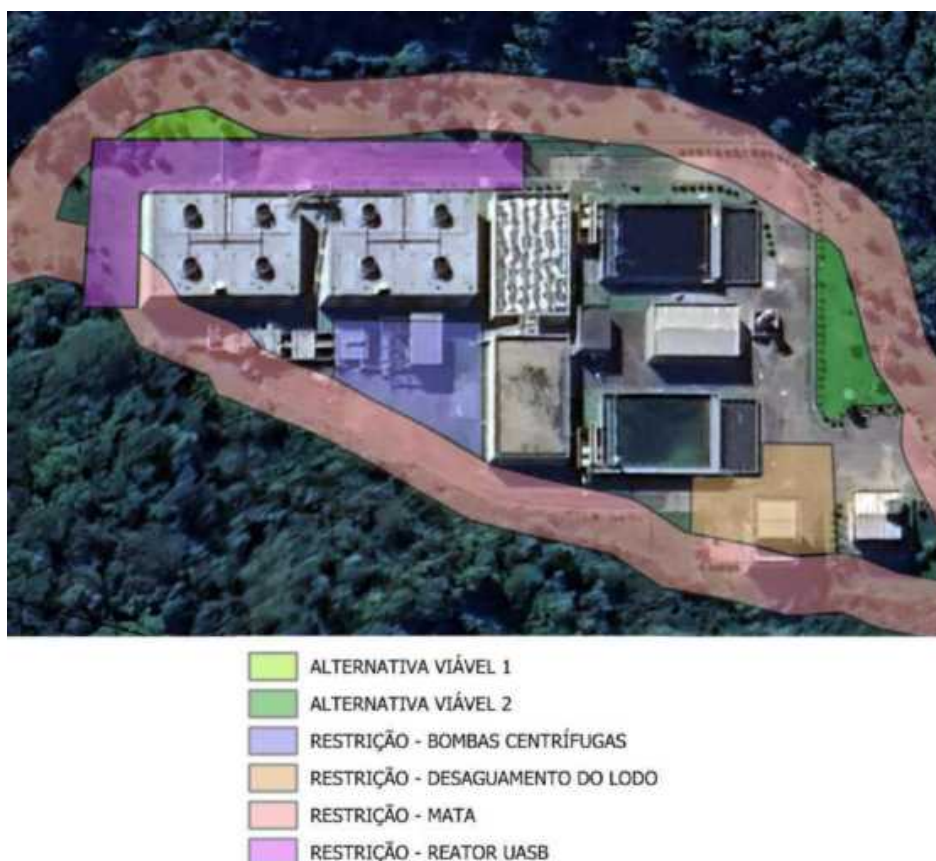


Figura 12: Mapa de viabilidade e restrições à implantação do queimador do biogás: Em vermelho, área com restrições; em amarelo, alternativas locais viáveis.

Alternativa 1:

Basicamente nesta alternativa, é mantida a localização atual do flare existente. Apresenta a vantagem de já possuir também toda a infraestrutura de acesso e paisagismo já preparados. Neste projeto foram incluídos todos os dispositivos básicos de segurança, tais como válvulas bloqueio na entrada do flare e na saída de cada reator UASB, bem como válvula sustentadora de pressão e válvula corta-chamas.

Esta alternativa é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.2.2.01 e DE.SAMAE.2.2.02 e apresenta os seguintes indicadores:



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO	FOLHA	29 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO			

:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol: 76,4 m

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol: 17 m

Flare de chama aparente: 1 com cap. 2 a 10 m³/h

Alternativa 2:

Basicamente nesta alternativa, são necessários os mesmos dispositivos da alternativa 1. O traçado da tubulação externa seria apenas acrescentado de uma extensão adicional de 130,6 metros, o que representa apenas um custo adicional, sem nenhuma vantagem significativa. Por esta razão, tal alternativa não foi detalhada em nível de projeto básico.



Figura 13: Localização do flare e diretriz da tubulação externa adicional na alternativa 2.

Esta alternativa apresenta os seguintes indicadores:



	ESTUDO		Nº	REV.
	MD.SAMAE.2.2.01.R0			R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BELO		FOLHA	
			30 DE 30	
TÍTULO:				
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - BELO				

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol: 76,4 m

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol: 147,6 m

Flare de chama aparente: 1 com cap. 2 a 10 m³/h







26807000010642

 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: MD.SAMAE.2.2.01.R0						
	OBRA:		ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PENA BRANCA				FOLHA:		1 de 30
	TÍTULO:								MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - 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	EMISSÃO INICIAL								
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	
DATA	11/12/2023								
EXECUÇÃO	E. MATSUO								
VERIFICAÇÃO									
APROVAÇÃO	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.									



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	2 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

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

Dados do projeto:

Código do documento:	MD.SAMAE.3.2.01.R0
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:	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - PENA BRANCA
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	11/12/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	3 DE 30
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PENA BRANCA	5
3	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PENA BRANCA.....	5
3.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	5
3.1.1	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	6
3.2	REATORES UASB.....	13
3.2.1	Substituição dos insertes metálicos	13
3.2.2	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.....	15
3.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	17
3.3.1	Substituição da tubulação externa do biogás	19
3.3.2	Substituição do queimador do biogás.....	21
4	PROJETO BÁSICO.....	26
4.1	REATOR UASB.....	26
4.2	TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS.....	27



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	4 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 2 – Projeto Básico – 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.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	5 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

2 RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PENA BRANCA

Com base na etapa de diagnóstico, elencamos as seguintes alternativas para as melhorias e adequações necessárias relacionadas à coleta e queima do biogás gerado nos reatores UASB da ETE Pena Branca.

Tabela 1. Relação das propostas e alternativas para as melhorias e adequações relacionadas à coleta e queima do biogás na ETE Pena Branca.

	<i>Propostas</i>	<i>Alternativas</i>
1.0	Tratamento preliminar	
	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	Tambor rotativo de fluxo interno Cestos removíveis Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal
2.0	Reatores UASB	
	Substituição dos insertes metálicos	Aço inoxidável Ferro fundido
	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD Placas rígidas de PRFV Chapas de aço inoxidável
3.0	Sistema de queima do biogás	
	Substituição da tubulação externa de biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD Tubos em aço inoxidável Tubos em PRFV
	Substituição do queimador	Queimador de chama aparente Queimador de chama semi-enclausurada Queimador de chama enclausurada

*Com fundo em verde, as alternativas eleitas.

3 DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PENA BRANCA

Apresentamos a seguir as descrições das propostas para correções e melhorias do sistema de coleta do biogás da ETE Pena Branca.

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	6 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

3.1.1 Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm

Justificativa:

Conforme apresentado na etapa de diagnóstico, o acúmulo de espuma no interior da campânula pode prejudicar e até mesmo impedir a coleta do biogás gerado no reator UASB.

Com base na experiência do responsável técnico deste projeto, que acompanha a operação de 14 ETE's com reatores UASB, desde o ano de 2002, foi verificado que a utilização de peneiramento fino com abertura de 1 mm contribuiu para evitar o acúmulo de espuma no interior do reator trifásico.

A lista de referência das ETE's acompanhadas por este responsável técnico é apresentada a seguir.

Tabela 2. Lista de referências das ETE's com reatores UASB acompanhadas pelo autor deste projeto.

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
1	Águas do Mirante	Piracicaba/SP	3 x 22	2014
2	SAAE	Águas de Lindóia/SP	22	2014
3	Prefeitura Municipal	Reginópolis/SP	22	2014
4	CODEN	Nova Odessa/SP	4 x 45	2013
5	SAEIT	Igarapu do Tietê/SP	45	2006
6	SEMAE	Piracicaba/SP	11	2006
7	DMAE	Poços de Caldas/MG	22	2002
8	DAE	Americana - SP	2 X 45	2018
9	BRK/SANEAQUA	Mainrinque-SP	45	2018
10	Estaleiro Jurong/SAAE	Aracruz-ES	33	2020
11	SAAESP	São Pedro - SP	2 x 45 s	2018
12	SAEAN – ETE Três Barras	Artur Nogueira - SP	1 x 45	2017
13	SAEAN – ETE Stocco	Artur Nogueira - SP	2 x 45	2018



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	7 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

Nestas ETE's, nunca houve necessidade de interrupção da operação dos reatores por problemas relacionados ao acúmulo de espuma no interior das campânulas ou por entupimento no sistema de coleta de biogás.

Com base também nas inspeções realizadas nas ETE's do SAMAE, onde verificamos o acúmulo de espessas crostas de espuma no interior das campânulas dos reatores UASB, bem como a necessidade de sua remoção, incluímos então a instalação de peneiramento fino com abertura de 1 mm como uma das medidas para evitar o acúmulo de espuma.

Apresentamos à seguir as alternativas para peneiramento fino.

Tabela 3. Alternativas para peneiramento fino na ETE Pena Branca.

	Descrição	Fabricantes
1	Tambor rotativo de fluxo interno	JS Filtração Vibropac Johnson Screens Werjen
2	Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal	
3	Cestos removíveis	JS Filtração Caldeirarias em geral

Tambor rotativo de fluxo interno

O tambor rotativo de fluxo axial ou interno corresponde ao equipamento para peneiramento de esgoto recomendado pelo autor deste projeto, pelas seguintes razões:

- Elevado desempenho;
- Facilidade operacional;
- Perfil de tela autolimpante;
- Facilidade de manutenção.

A distribuição do esgoto no interior da peneira é realizada através de uma canaleta



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	8 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

vertedora ao longo do comprimento do tambor em movimento. É importante destacar que o tambor deve estar em movimento durante a alimentação do esgoto, não devendo confundir o seu funcionamento com o de uma peneira estática.

A calha vertedora distribui o esgoto bruto em ambos os lados de seu comprimento, sendo que o lado contrário à rotação do tambor recebe a maior parcela da vazão. Esta forma de distribuição do esgoto no interior do tambor resulta na aplicação de esforços de cisalhamento sobre os resíduos, desagregando-os e promovendo a sua “lavagem”. O interior do tambor possui também “aletas” ou “pás” que direcionam os resíduos sólidos do fundo do tambor para a sua saída.

O tambor possui também dois ramais de limpeza, sendo um para o lado externo e outro para o lado interno, através de bicos ejetores que aplicam água com alta pressão.

Um grande diferencial desta tecnologia é que não há partes móveis, como coroa e pinhão, correntes, dentre outros, imersos no esgoto.



Figura 1: Peneiramento com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	9 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		



Figura 2: Vista do interior da Peneira com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.

Modulação/quantidade:	1 em operação + 1 reserva
Capacidade unitária mínima:	800 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Peneira rotativa de fluxo axial ou interno
Abertura da tela:	1 mm
Materiais Construtivos:	
Tela:	Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

A peneira rotativa poderá ser instalada na unidade de tratamento preliminar existente, à montante do canal de desarenação, aproveitando a plataforma de concreto como base para a sua instalação e utilizando o sistema de recalque existente. O aproveitamento das estruturas existentes aumenta a competitividade desta alternativa.

Na foto a seguir indicamos o local onde as peneiras rotativas podem ser instaladas.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 10 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		



Figura 3: Vista em perfil da unidade de tratamento preliminar.

Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal

Podem acomodar aberturas de 2 a 6 mm para tela perfurada e 0,25 mm a 2 mm para tela com perfil trapezoidal autolimpante. Possui parafuso classificador, que remove os sólidos para um sistema de lavagem e compactação.

Por possuir diversos sistemas integrados, com muitas partes móveis, quando comparado ao tambor rotativo de fluxo interno, sua manutenção é mais complexa. O rolamento de tela está sempre submerso em águas residuais e na prática precisa ser substituído periodicamente.

Para a manutenção do tambor rotativo submersível e peças é necessário também um dispositivo de basculação.

Modulação/quantidade: 1 em operação + 1 reserva

Capacidade unitária mínima: 800 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de canal



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	11 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior



Figura 4: Tambor rotativo de canal. Fonte: Catálogo técnico da empresa Vibropac.

Sua instalação poderá ser feita no mesmo local da peneira rotativa de fluxo interno. No caso da ETE Pena Branca, esta alternativa apresenta as seguintes desvantagens:

- Dimensões limitadas na plataforma de concreto;
- Dificuldade de realização da manutenção devido ao grande porte do equipamento e por estar localizado em plataforma elevada.

Cestos removíveis

Os cestos removíveis correspondem à solução mais simples para o peneiramento. Este equipamento normalmente é indicado para baixas vazões de esgoto e necessitam ser instalados onde haja desnível hidráulico suficiente para promover a lavagem dos resíduos e evitar a rápida colmatção das suas aberturas. Sua limpeza é feita de forma



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 12 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

manual e em função de seu peso, pode ser necessária a utilização de sistema de içamento.

Para a ETE Pena Branca, esta solução dificilmente poderá ser implantada, devido à elevada vazão e por não haver perfil hidráulico disponível para a implantação por gravidade, sem a necessidade de recalque à montante.



Figura 5: Gradeamento tipo cesto. Imagem meramente ilustrativa.

Modulação/quantidade:	2
Capacidade unitária mínima:	800 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Grade tipo cesto removível com limpeza manual
Abertura da tela:	1 mm
Dimensões aproximadas:	800 x 800 x 600 mm Comprimento x largura x altura
Acessórios:	Sistema de içamento do cesto para remoção dos sólidos
Materiais Construtivos:	
Cesto:	AISI 304
Içamento	AISI 304



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	13 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

3.2 REATORES UASB

O uso de placas rígidas de PRFV foi bem-sucedido na ETE Belo, pois o flare encontra-se em operação a bastante tempo. Não houve problemas crônicos em relação ao projeto que necessitem ser corrigidos. A ETE Pena Branca compartilha deste mesmo projeto de reator UASB. Portanto, não se especula a necessidade de substituição das campânulas no curto prazo.

3.2.1 Substituição dos insertes metálicos

Justificativa:

Os insertes metálicos correspondem à dispositivos de tubulações embutidos na parede de concreto para conectar a tubulação interna com a tubulação externa ao reator. No caso no reator da ETE Pena Branca, não há tubulação interna e por isto o inserte irá conectar a câmara do biogás diretamente à tubulação externa, sendo requerido inserte do tipo flange e ponta.

Estes insertes metálicos devem ser fabricados em materiais resistentes mecanicamente e contra a corrosão e devem garantir também a estanqueidade, de forma a evitar vazamentos de biogás e esgoto. Para isto, o inserte possui aba de travamento que também tem a função de melhorar a vedação.

Atualmente a tubulação de PVC é embutida diretamente na parede. Esta alternativa dispensa custos adicionais com insertes metálicos, porém não permite a realização de desmontagem para manutenções emergenciais.

Sua instalação em estruturas de concreto existente é feita através da abertura com martelo rompedor, seguida pela limpeza, posicionamento do inserte e grauteamento.

As principais alternativas para execução dos insertes metálicos são apresentadas na tabela a seguir:



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	14 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

Tabela 4. Alternativas para insertes metálicos.

	Descrição	Fabricantes
1	Aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Calderarias*
2	Ferro fundido	Tec San PAM Saint Gobain Ferpac Hidramac

Inserte metálico em aço inoxidável

São resistentes à corrosão e podem ser fabricados sob medida. São facilmente soldáveis e permitem adequações em campo, caso seja necessário.



Figura 6: Inserte metálico tipo “Flange e Ponta” em aço inoxidável.

Inserte metálico em ferro fundido

Deve possuir revestimento interno e externo de proteção contra a corrosão. É fornecido por grandes empresas, altamente especializadas na fabricação de tubos e acessórios em ferro fundido. Havendo algum dano, sua recuperação é bastante difícil de ser executada.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 15 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		



Figura 7: Inserte (toco) de ferro fundido com aba de vedação.

3.2.2 Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás

Justificativa:

As tampas de acesso à câmara do biogás da ETE Pena Branca encontram-se bastante degradadas pela corrosão. Além disso, não foi instalada tampa adequada, com vedação e proteção contra a corrosão. Este aspecto necessita ser corrigido para que possa ser realizada a coleta do biogás sem risco de vazamento ou entrada de ar.

As alternativas para a substituição das tampas de acesso são apresentadas à seguir:

Tabela 5. Alternativas para substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs
2	Chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base
3	Placas rígidas de PRFV	JE-Fiber Empresa de Engenharia Ambiental – EEA Fibrav Fibratec



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	16 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD

As placas rígidas de Polipropileno ou PEAD tem sido empregadas com bastante sucesso em reatores UASB e outros tipos de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes industriais.

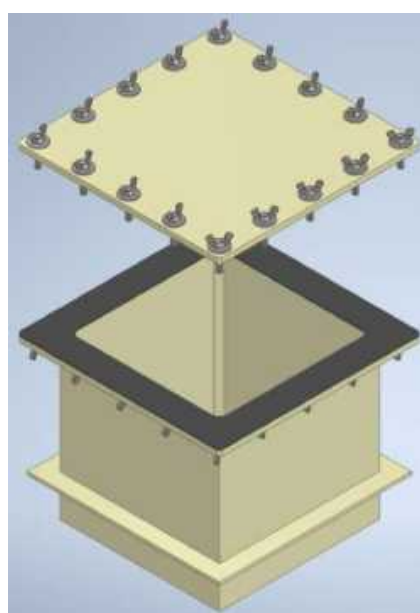


Figura 8: Tampa de acesso em chapa de PEAD ou Polipropileno, com junta de vedação prensada entre flanges.

Vantagens:

- Resistência mecânica suficiente;
- Elevada resistência à corrosão;
- Elevada vida útil;
- Material soldável em campo;

Chapas de aço inoxidável

As chapas de aço inoxidável devem ser no mínimo em AISI 304. Tecnicamente é um



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	17 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

bom material, com elevada resistência mecânica e à corrosão. O flange e a tampa flangeada possuem maiores espessuras e implicam em maior utilização de aço inoxidável, podendo encarecer significativamente o custo desta alternativa.

Placas rígidas de PRFV

Para esta aplicação, não há restrições técnicas ao uso de tampas em PRFV, elaboradas conforme o projeto básico. A especificação técnica deve prever o uso de aditivos para garantir a resistência aos raios Ultravioleta. As espessuras das chapas poderão ser as mesmas adotadas para as alternativas em chapas de PEAD e de Polipropileno.

3.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

O principal objetivo do sistema de queima de biogás da ETE Pena Branca é a redução de risco de acidentes devido à formação de atmosferas explosivas. Como objetivos secundários, temos a redução das emissões de gás metano, por questões ambientais, e redução das emissões de gás sulfídrico, que podem causar incômodos relacionados à exalação de odores desagradáveis.

Observações:

- 1) Não será feito o reaproveitamento energético do biogás, de modo que não é necessário o beneficiamento prévio do biogás, com remoção de umidade, material particulado, gás sulfídrico, gás carbono, dentre outros.
- 2) Operacionalmente, o sistema de queima deve então focar na queima imediata do biogás produzido nos reatores UASB.

Na ETE Pena Branca será necessária a correção para adequação do sistema de queima do biogás, de forma a incluir os requisitos mínimos.

- Substituição da tubulação do biogás;
- Substituição do queimador.
- Alteração da localização do queimador.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	18 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

Apresentamos a estimativa das vazões de biogás realizada na etapa de diagnóstico.

Tabela 6. Vazões médias estimadas de biogás para a ETE Pena Branca.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanco de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m³/h	0,9	1,0
Cenário II	m³/h	4,8	4,3
Cenário III	m³/h	35,5	31,6
Cenário IV	m³/h	52,4	46,5

Devido à grande variabilidade na estimativa da vazão de biogás, uma das estratégias para evitar ociosidade nos equipamentos a serem adquiridos é a implantação em etapas, devendo-se prever facilidades para ampliações.

Na etapa inicial o sistema de queima deve ser capaz de tratar as seguintes vazões de biogás:

Vazão máxima de biogás: 10 m³/h

Vazão mínima de biogás: 2 m³/h

Já o projeto de tubulação deve ser dimensionado considerando a vazão de 80 m³/h.

O diâmetro mínimo da tubulação deverá ser de 40 mm, o que atende com bastante folga a vazão de gás gerada em apenas um módulo, ao mesmo tempo em que resulta em estrutura mecanicamente resistente e autoportante, dispensando uma boa quantidade de suportes.

O trecho de tubulação por onde escoar a vazão de biogás dos dois módulos de reatores UASB terá diâmetro mínimo de 50 mm.

Entendemos que não há risco de entrada de espuma na tubulação, por haver uma distância de 500 mm entre o nível d'água e a entrada na tubulação.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	19 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

3.3.1 Substituição da tubulação externa do biogás

Justificativa:

O atual sistema de tubulações externas de coleta do biogás foi construído a partir de tubulações de PVC rígido com conexões tipo ponta e bolsa soldáveis. Além disso, apresenta as seguintes patologias que futuramente poderão gerar a necessidade de correções:

- Ausência de válvulas de bloqueio na saída de cada reator UASB;
- Deterioração da tubulação de PVC exposta ao sol.

Tabela 7. Alternativas para substituição da tubulação externa de biogás.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento de materiais como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's, não sendo necessariamente os fabricantes. Tratando-se somente da do fornecimento e instalação de tubulação, há uma grande quantidade de empresas com plena capacidade técnica, inclusive no município sede.

O uso de tubulação em aço carbono e aço galvanizado não é recomendado para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	20 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		



Figura 9: Tubulação de coleta do biogás da ETE de Itabirito-MG, fabricada em aço galvanizado, estando totalmente corroída. Fonte: Acervo do autor.

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, por possuírem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, pode não ser adequado para a esta aplicação, onde haverá extensões de tubulação de cerca de 100 m, expostas ao sol.

São soldáveis em campo, por alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possui menor resistência mecânica, em relação às alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	21 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica.

A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígida ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

3.3.2 Substituição do queimador do biogás

Justificativa:

A concepção atual do sistema de filtração e queima do biogás não apresenta os dispositivos mínimos de segurança, 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.

Estes itens normalmente são fornecidos junto com o queimador, e fazem parte da



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	22 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

garantia de desempenho e contratual, não sendo indicado que sejam fornecidos separadamente.

Processo de queima do biogás:

A eficiência da destruição do biogás depende de 3 fatores:

- I. Temperatura de combustão;
- II. Proporção da mistura ar - combustível;
- III. Tempo de residência dos gases na câmara de combustão.

A temperatura de combustão deve ser maior que a temperatura de autoignição do gás metano, que corresponde à 540º C.

A falta de oxigênio na mistura ar – combustível resulta em combustão incompleta, com emissão de gás metano, monóxido de carbono e gás sulfídrico. Na prática, não é possível controlar a quantidade de ar fornecida ao processo, sendo recomendado manter uma quantidade maior que a requerida teoricamente.

O tempo de residência na câmara de combustão na faixa de 0,5 a 2 segundos é necessário para que a queima seja satisfatória.

Na tabela a seguir, são apresentados dados que relacionam a eficiência na destruição de gás metano e gás sulfídrico com os principais parâmetros.

Tabela 8. Eficiência da destruição do metano em função da temperatura.

Eficiência de destruição (%)	Temperatura (º C)	Tempo de residência (s)
95%	690	0,5
98%	745	0,5
99%	790	0,75
99,9%	830	1,00
99,99%	885	2,00



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	23 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

Para estações de tratamento de esgoto, as tecnologias para a queima do biogás normalmente disponíveis no mercado são:

Tabela 9. Alternativas para queima do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Queimador de chama aparente	Teccalor
2	Queimador de chama semi-enclausurada	Combustec
3	Queimador de chama enclausurada	Wolta Biochama Brasprocess

Queimador de chama aparente

O queimador de chama aparente basicamente não possui câmara de combustão e por isso alcança menores temperaturas durante a queima. Assim, sua eficiência é menor, porém é mais apropriado para aplicações com baixa vazão de biogás. Basicamente sua operação pode ser automatizada através de ignitor temporizado e válvula mantenedora de pressão, cuja função é estabelecer um valor mínimo de pressão de biogás para alimentação do queimador, fazendo sua interrupção durante os horários em que a produção de biogás é nula ou muito baixa. Assim, evita-se misturas pobres em combustível, o que também interfere na eficiência da queima.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Pannel do ignitor.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	24 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			



Figura 10: Flare de chama aparente fabricado e fornecido pela Combustec. Fonte: Catálogo técnico da empresa Combustec.

Queimador de chama semi-enclausurada

O queimador de chama semi-enclausurada combina características dos queimadores de chama aparente e enclausurada. Basicamente o queimador possui câmara de combustão simples, com dimensões menores que a do queimador de chama enclausurada, para evitar a dispersão da chama.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação pode ser totalmente automatizada para o objetivo de queima imediata do biogás.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula solenoide;
- Válvula bloqueio na entrada do queimador;
- Válvula corta chamas;



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	25 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		

- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.

Queimador de chama enclausurada

O queimador de chama enclausurada câmara de combustão com proteção contra chuva e vento e isolante térmico para reduzir perdas de calor. Assim, busca-se atingir altas temperaturas na queima, com altos tempos de residência, garantindo assim altas eficiências na destruição do metano e gás sulfídrico.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação necessita ser automatizada, sendo comuns apresentarem dispositivos para controle de temperatura, vazões e pressão. A relação dos equipamentos mínimos é mais sofisticada e poderá ser mais difícil uma equalização de especificações técnicas entre os fornecedores deste equipamento.



Figura 11: Flare de chama enclausurada fabricado e fornecido pela Brasprocess.
Fonte: Catálogo técnico Brasprocess.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	26 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

4 PROJETO BÁSICO

4.1 REATOR UASB

Conforme apresentado, não haverá necessidade de substituição ou reforma das campânulas dos reatores UASB da ETE Pena Branca. A concepção deste reator não utiliza também tubulações internas para coleta do biogás.

Foram elaborados os seguintes projetos padrões:

- I. Inserte Flange e ponta, para conectar a câmara de biogás em concreto com a tubulação externa (Desenho DE.SAMAE.0.2.02);
- II. Tampa de acesso à câmara do biogás (Desenho DE.SAMAE.0.2.03);
- III. Locação dos insertes e tampas do reator UASB (Desenho DE.SAMAE.0.2.04).

A remoção de espuma do reator UASB será executada prevendo-se as seguintes atividades:

- 1 – Fechamento da válvula de bloqueio da saída do reator UASB;
- 2 – Abertura das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 3 – Sucção da espuma, através de caminhões limpa fossa;
- 4 – Fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 5- Retorno da operação do flare: O flare deverá permanecer desligado, com escoamento do biogás, por no mínimo 6 horas após o fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	27 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

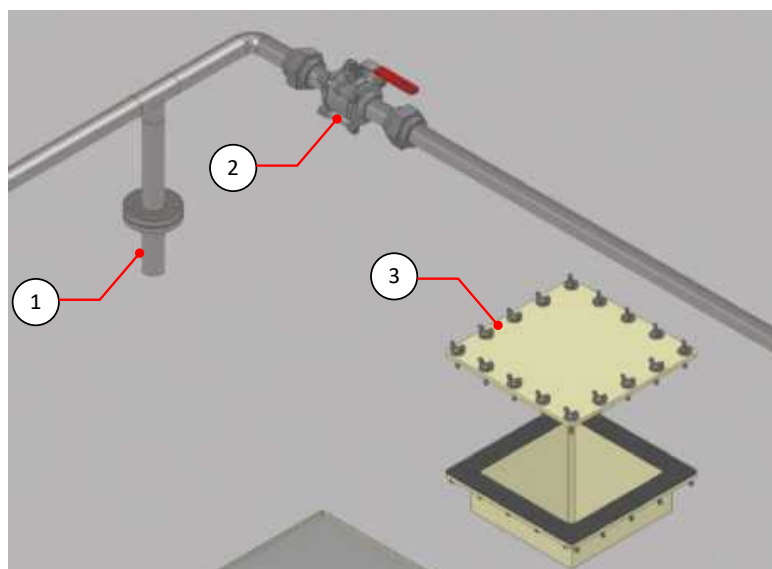


Figura 12: Inserte flange e ponta (1); válvula bloqueio a ser fechada (2); e abertura da tampa de acesso à câmara do biogás (3).

4.2 TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS

O layout da ETE Pena Branca é bastante compacto e apresenta diversas porções com restrições significativas para a implantação do flare, apresentadas a seguir:

- I. Todo o entorno possui matas adjacentes aos limites da área da ETE. Torna-se necessário estabelecer um afastamento de no mínimo 10 m;
- II. Buffer de segurança do reator UASB, estabelecido em 10 metros;
- III. Buffer de segurança de 10 metros para as unidades onde há motores elétricos de processo, com potência acima de 5 cavalos.

As alternativas locais viáveis para a implantação do flare e as porções de áreas restritivas são apresentadas na figura à seguir.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.3.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA		FOLHA 28 DE 30
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA		



- FLARE**
- ALTERNATIVA 1 - FLARE
 - ALTERNATIVA 2 - FLARE
 - ALTERNATIVA 3 - FLARE
- TUBULAÇÃO EXTERNA DN 2 POL**
- ALTERNATIVA 1 - TUBULAÇÃO
 - ALTERNATIVA 2 - TUBULAÇÃO
 - ALTERNATIVA 3 - TUBULAÇÃO

Figura 13: Alternativas para a planta do sistema de coleta e queima do biogás, na ETE Pena Branca.

Em todas as alternativas foram incluídos todos os dispositivos básicos de segurança, tais como válvulas bloqueio na entrada do flare e na saída de cada reator UASB, bem como válvula sustentadora de pressão e válvula corta-chamas.

Alternativa 1:



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	29 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

A alternativa 1 é viável desde que realizadas alguns preparos no terreno, tais como terraplenagem e limpeza dos arredores, com remoção de árvores num entorno de pelo menos 10 metros. Ainda assim, o formato geométrico dos arredores continuarão a conferir certo aspecto de ventilação restringida, por haver barreiras naturais e formadas pelas edificações e tanques.

Entretanto, esta alternativa resulta na menor extensão de tubulação.

Esta alternativa é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.3.2.01 e DE.SAMAE.3.2.03. Os seguintes indicadores estão disponíveis para esta alternativa:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol: 67,2 m

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol: 16,7 m

Flare de chama aparente: 1 com cap. 2 a 10 m³/h

Considerando a área de implantação do flare retangular, em dois lados haverá confrontante de vegetação e em um lado o confrontante é o reator UASB.

Portanto, mesmo que sejam realizadas as atividades de terraplenagem e de limpeza do terreno, dentre todas as alternativas, esta é a que apresenta maior risco de causar incêndios acidentais na mata adjacente, seja por descuido na realização da poda ou remoção de árvores adjacentes, como também devido ao confinamento natural por ventilação deficiente.

Alternativa 2:

Na alternativa 2 o flare estará localizado tendo como confrontantes o tanque de aeração do Filtro Aeróbio Submerso, além de contar com um maior afastamento em relação ao UASB.

Há uma via de acesso confrontante e que por isto auxiliará na manutenção de um afastamento constante da vegetação. O traçado da tubulação resulta em uma extensão um pouco maior que na alternativa 1. Há boas condições de ventilação



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.3.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PENA BRANCA	FOLHA	30 DE 30
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PENA BRANCA			

natural, pois não há contenção no nível do topo do queimador. Esta alternativa oferece ganhos significativos de segurança em relação à alternativa 1.

O risco de causar incêndios acidentais e explosões é menor.

Esta alternativa é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.3.2.02 e DE.SAMAE.3.2.04 e apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol:	52 m
Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol:	48 m
Flare de chama aparente:	1 com cap. 2 a 10 m ³ /h

Alternativa 3:

Esta alternativa corresponde a uma continuidade da Alternativa 2, sendo que seu traçado se desenvolve seguindo a mesma diretriz e sendo acrescentada de uma extensão adicional de 47 metros. , e resulta em ganhos de segurança, por resultar em localização ao flare com maior isolamento e melhor ventilação natural.

Esta alternativa poderá ser considerada como um upgrade da alternativa 1, podendo trabalhar em série, com 2 queimadores operando simultaneamente, ou em paralelo, onde um dos queimadores será utilizado como reserva.

O risco de causar incêndios acidentais e explosões é a menor, dentre as alternativas para a ETE Pena Branca.

Esta alternativa apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol:	52 m
Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol:	95 m
Flare de chama aparente:	1 com cap. 2 a 10 m ³ /h

Devido à extrema baixa vazão de biogás apresentada para as condições atuais de operação, a alternativa 3 será definitivamente postergada para uma etapa futura.

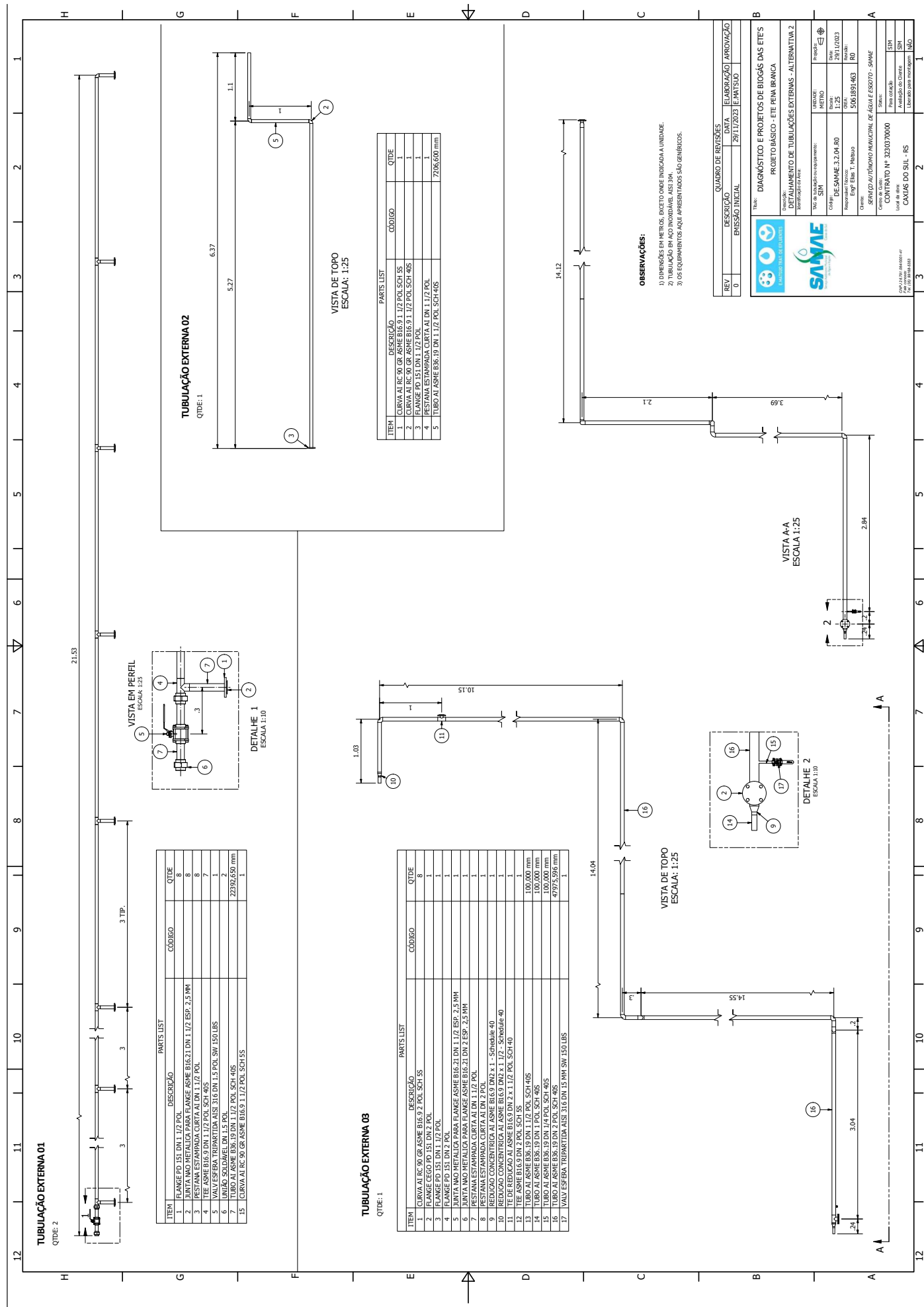








26807000010642





 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: MD.SAMAE.4.2.01.R0						
	OBRA:		ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PINHAL				FOLHA:		1 de 28
	TÍTULO:								MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - 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	EMISSÃO INICIAL								
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	
DATA	11/12/2023								
EXECUÇÃO	E. MATSUO								
VERIFICAÇÃO									
APROVAÇÃO	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.									



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	2 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

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

Dados do projeto:

Código do documento:	MD.SAMAE.4.2.01.R0
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:	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - PINHAL
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	11/12/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	3 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PINHAL	5
3	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PINHAL	5
3.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	5
3.1.1	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	6
3.2	REATORES UASB.....	12
3.2.1	Substituição dos insertes metálicos	13
3.2.2	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.....	15
3.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	17
3.3.1	Substituição da tubulação externa do biogás	18
3.3.2	Substituição do queimador do biogás.....	21
4	PROJETO BÁSICO.....	25
4.1	REATOR UASB.....	25
4.2	TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS.....	26



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	4 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 2 – Projeto Básico – 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.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	5 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

2 RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PINHAL

Com base na etapa de diagnóstico, elencamos as seguintes alternativas para as melhorias e adequações necessárias relacionadas à coleta e queima do biogás gerado nos reatores UASB da ETE Pinhal.

Tabela 1. Relação das propostas e alternativas para as melhorias e adequações relacionadas à coleta e queima do biogás na ETE Pinhal.

	Propostas	Alternativas
1.0	Tratamento preliminar	
	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	Tambor rotativo de fluxo interno
		Cestos removíveis
		Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal
2.0	Reatores UASB	
	Substituição dos insertes metálicos	Aço inoxidável
		Ferro fundido
	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD
		Placas rígidas de PRFV
		Chapas de aço inoxidável
3.0	Sistema de queima do biogás	
	Substituição da tubulação externa de biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD
		Tubos em aço inoxidável
		Tubos em PRFV
	Substituição do queimador	Queimador de chama aparente
		Queimador de chama semi-enclausurada
		Queimador de chama enclausurada

*Com fundo em verde, as alternativas eleitas.

3 DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE PINHAL

Apresentamos a seguir as descrições das propostas para correções e melhorias do sistema de coleta do biogás da ETE Pinhal.

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	6 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

3.1.1 Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm

Justificativa:

Conforme apresentado na etapa de diagnóstico, o acúmulo de espuma no interior da campânula pode prejudicar e até mesmo impedir a coleta do biogás gerado no reator UASB.

Com base na experiência do responsável técnico deste projeto, que acompanha a operação de 14 ETE's com reatores UASB, desde o ano de 2002, foi verificado que a utilização de peneiramento fino com abertura de 1 mm contribuiu para evitar o acúmulo de espuma no interior do reator trifásico.

A lista de referência das ETE's acompanhadas por este responsável técnico é apresentada a seguir.

Tabela 2. Lista de referências das ETE's com reatores UASB acompanhadas pelo autor deste projeto.

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
1	Águas do Mirante	Piracicaba/SP	3 x 22	2014
2	SAAE	Águas de Lindóia/SP	22	2014
3	Prefeitura Municipal	Reginópolis/SP	22	2014
4	CODEN	Nova Odessa/SP	4 x 45	2013
5	SAEIT	Igaraçu do Tietê/SP	45	2006
6	SEMAE	Piracicaba/SP	11	2006
7	DMAE	Poços de Caldas/MG	22	2002
8	DAE	Americana - SP	2 X 45	2018
9	BRK/SANEAQUA	Mairinque-SP	45	2018
10	Estaleiro Jurong/SAAE	Aracruz-ES	33	2020
11	SAAESP	São Pedro - SP	2 x 45 s	2018
12	SAEAN – ETE Três Barras	Artur Nogueira - SP	1 x 45	2017
13	SAEAN – ETE Stocco	Artur Nogueira - SP	2 x 45	2018



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	7 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

Nestas ETE's, nunca houve necessidade de interrupção da operação dos reatores por problemas relacionados ao acúmulo de espuma no interior das campânulas ou por entupimento no sistema de coleta de biogás.

Com base também nas inspeções realizadas nas ETE's do SAMAE, onde verificamos o acúmulo de espessas crostas de espuma no interior das campânulas dos reatores UASB, bem como a necessidade de sua remoção, incluímos então a instalação de peneiramento fino com abertura de 1 mm como uma das medidas para evitar o acúmulo de espuma.

Apresentamos à seguir as alternativas para peneiramento fino.

Tabela 3. Alternativas para peneiramento fino na ETE Pinhal.

	Descrição	Fabricantes
1	Tambor rotativo de fluxo interno	JS Filtração
2	Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal	Vibropac Johnson Screens Werjen
3	Cestos removíveis	JS Filtração Caldeirarias em geral

Tambor rotativo de fluxo interno

O tambor rotativo de fluxo axial ou interno corresponde ao equipamento para peneiramento de esgoto recomendado pelo autor deste projeto, pelas seguintes razões:

- Elevado desempenho;
- Facilidade operacional;
- Perfil de tela autolimpante;
- Facilidade de manutenção.

A distribuição do esgoto no interior da peneira é realizada através de uma canaleta



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	8 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

vertedora ao longo do comprimento do tambor em movimento. É importante destacar que o tambor deve estar em movimento durante a alimentação do esgoto, não devendo confundir o seu funcionamento com o de uma peneira estática.

A calha vertedora distribui o esgoto bruto em ambos os lados de seu comprimento, sendo que o lado contrário à rotação do tambor recebe a maior parcela da vazão. Esta forma de distribuição do esgoto no interior do tambor resulta na aplicação de esforços de cisalhamento sobre os resíduos, desagregando-os e promovendo a sua “lavagem”. O interior do tambor possui também “aletas” ou “pás” que direcionam os resíduos sólidos do fundo do tambor para a sua saída.

O tambor possui também dois ramais de limpeza, sendo um para o lado externo e outro para o lado interno, através de bicos ejetores que aplicam água com alta pressão.

Um grande diferencial desta tecnologia é que não há partes móveis, como coroa e pinhão, correntes, dentre outros, imersos no esgoto.



Figura 1: Peneiramento com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	9 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			



Figura 2: Vista do interior da Peneira com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.

Modulação/quantidade:	2 em operação + 1 reserva
Capacidade unitária mínima:	900 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Peneira rotativa de fluxo axial ou interno
Abertura da tela:	1 mm
Materiais Construtivos:	
Tela:	Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

A peneira rotativa poderá ser instalada na unidade adjacente à caixa de distribuição de esgoto para os reatores, à jusante da caixa de areia e recebendo o esgoto proveniente da unidade de recalque. Evita-se assim a necessidade de instalação de uma unidade de recalque adicional. Porém, é necessário investir em uma nova plataforma para suporte das peneiras.

Na foto a seguir indicamos o local onde as peneiras rotativas podem ser instaladas.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	10 DE 28
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

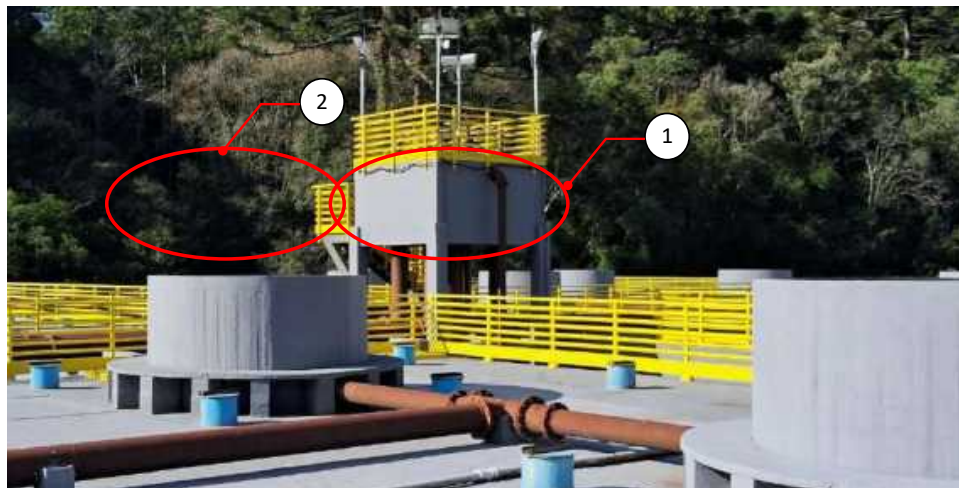


Figura 3: Vista caixa central de distribuição do esgoto (1) e trecho adjacente com potencial para instalação de plataforma para suporte das peneiras (2).

Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal

Podem acomodar aberturas de 2 a 6 mm para tela perfurada e 0,25 mm a 2 mm para tela com perfil trapezoidal autolimpante. Possui parafuso classificador, que remove os sólidos para um sistema de lavagem e compactação.

Por possuir diversos sistemas integrados, com muitas partes móveis, quando comparado ao tambor rotativo de fluxo interno, sua manutenção é mais complexa. O rolamento de tela está sempre submerso em águas residuais e na prática precisa ser substituído periodicamente.

Para a manutenção do tambor rotativo submersível e peças é necessário também um dispositivo de basculação.

Modulação/quantidade: 2 em operação + 1 reserva

Capacidade unitária mínima: 900 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de canal



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 11 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior



Figura 4: Tambor rotativo de canal. Fonte: Catálogo técnico da empresa Vibropac.

Sua instalação poderá ser feita à montante da desarenação, em tanques / canais de concreto novos.

Cestos removíveis

Os cestos removíveis correspondem à solução mais simples para o peneiramento. Este equipamento normalmente é indicado para baixas vazões de esgoto e necessitam ser instalados onde haja desnível hidráulico suficiente para promover a lavagem dos resíduos e evitar a rápida colmatção das suas aberturas. Sua limpeza é feita de forma manual e em função de seu peso, pode ser necessária a utilização de sistema de içamento.

Para a ETE Pinhal, esta solução dificilmente poderá ser implantada, devido à elevada vazão e por não haver perfil hidráulico disponível para a implantação por gravidade, sem a necessidade de recalque à montante.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	12 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			



Figura 5: Gradeamento tipo cesto. Imagem meramente ilustrativa.

Modulação/quantidade:	5 (1 por reator + 1 reserva)
Capacidade unitária mínima:	450 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Grade tipo cesto removível com limpeza manual
Abertura da tela:	1 mm
Dimensões aproximadas:	800 x 800 x 600 mm Comprimento x largura x altura
Acessórios:	Sistema de içamento do cesto para remoção dos sólidos
Materiais Construtivos:	
Cesto:	AISI 304
Içamento	AISI 304

3.2 REATORES UASB

O uso de placas rígidas de PRFV foi bem-sucedido na ETE Belo, pois o flare encontra-se em operação a bastante tempo. Não houve problemas crônicos em relação ao projeto que necessitem ser corrigidos. A ETE Pinhal compartilha deste mesmo projeto de reator UASB. Portanto, não se especula a necessidade de substituição das campânulas



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	13 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

no curto prazo.

3.2.1 Substituição dos insertes metálicos

Justificativa:

Os insertes metálicos correspondem à dispositivos de tubulações embutidos na parede de concreto para conectar a tubulação interna com a tubulação externa ao reator. No caso no reator da ETE Pinhal, não há tubulação interna e por isto o inserte irá conectar a câmara do biogás diretamente à tubulação externa, sendo requerido inserte do tipo flange e ponta.

Estes insertes metálicos devem ser fabricados em materiais resistentes mecanicamente e contra a corrosão e devem garantir também a estanqueidade, de forma a evitar vazamentos de biogás e esgoto. Para isto, o inserte possui aba de travamento que também tem a função de melhorar a vedação.

Atualmente a tubulação de PVC é embutida diretamente na parede. Esta alternativa dispensa custos adicionais com insertes metálicos, porém não permite a realização de desmontagem para manutenções emergenciais.

Sua instalação em estruturas de concreto existente é feita através da abertura com martelo rompedor, seguida pela limpeza, posicionamento do inserte e grauteamento.

As principais alternativas para execução dos insertes metálicos são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 4. Alternativas para insertes metálicos.

	Descrição	Fabricantes
1	Aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Calderarias*
2	Ferro fundido	Tec San PAM Saint Gobain Ferpac Hidramac



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	14 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

Inserte metálico em aço inoxidável

São resistentes à corrosão e podem ser fabricados sob medida. São facilmente soldáveis e permitem adequações em campo, caso seja necessário.



Figura 6: Inserte metálico tipo “Flange e Ponta” em aço inoxidável.

Inserte metálico em ferro fundido

Deve possuir revestimento interno e externo de proteção contra a corrosão. É fornecido por grandes empresas, altamente especializadas na fabricação de tubos e acessórios em ferro fundido. Havendo algum dano, sua recuperação é bastante difícil de ser executada.



Figura 7: Inserte (toco) de ferro fundido com aba de vedação.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	15 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

3.2.2 Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás

Justificativa:

As tampas de acesso à câmara do biogás da ETE Pinhal encontram-se bastante degradadas pela corrosão. Além disso, não foi instalada tampa adequada, com vedação e proteção contra a corrosão. Este aspecto necessita ser corrigido para que possa ser realizada a coleta do biogás sem risco de vazamento ou entrada de ar.

As alternativas para a substituição das tampas de acesso são apresentadas à seguir:

Tabela 5. Alternativas para substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs
2	Chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base
3	Placas rígidas de PRFV	JE-Fiber Empresa de Engenharia Ambiental – EEA Fibrav Fibratec

Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD

As placas rígidas de Polipropileno ou PEAD tem sido empregadas com bastante sucesso em reatores UASB e outros tipos de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes industriais.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 16 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

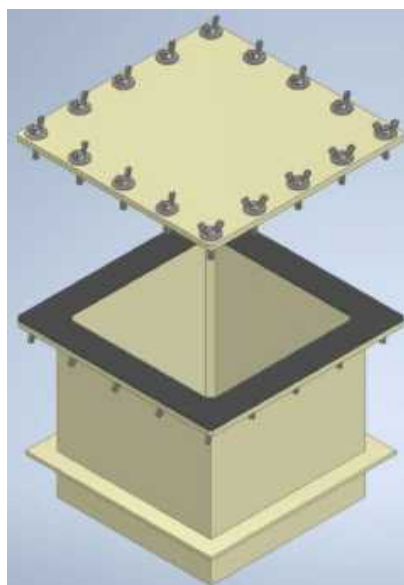


Figura 8: Tampa de acesso em chapa de PEAD ou Polipropileno, com junta de vedação prensada entre flanges.

Vantagens:

- Resistência mecânica suficiente;
- Elevada resistência à corrosão;
- Elevada vida útil;
- Material soldável em campo;

Chapas de aço inoxidável

As chapas de aço inoxidável devem ser no mínimo em AISI 304. Tecnicamente é um bom material, com elevada resistência mecânica e à corrosão. O flange e a tampa flangeada possuem maiores espessuras e implicam em maior utilização de aço inoxidável, podendo encarecer significativamente o custo desta alternativa.

Placas rígidas de PRFV

Para esta aplicação, não há restrições técnicas ao uso de tampas em PRFV, elaboradas



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	17 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

conforme o projeto básico. A especificação técnica deve prever o uso de aditivos para garantir à resistência aos raios Ultravioleta. As espessuras das chapas poderão ser as mesmas adotadas para as alternativas em chapas de PEAD e de Polipropileno.

3.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

O principal objetivo do sistema de queima de biogás da ETE Pinhal é a redução de risco de acidentes devido à formação de atmosferas explosivas. Como objetivos secundários, temos a redução das emissões de gás metano, por questões ambientais, e redução das emissões de gás sulfídrico, que podem causar incômodos relacionados à exalação de odores desagradáveis.

Observações:

- 1) Não será feito o reaproveitamento energético do biogás, de modo que não é necessário o beneficiamento prévio do biogás, com remoção de umidade, material particulado, gás sulfídrico, gás carbono, dentre outros.
- 2) Operacionalmente, o sistema de queima deve então focar na queima imediata do biogás produzido nos reatores UASB.

Apresentamos a estimativa das vazões de biogás realizada na etapa de diagnóstico.

Tabela 6. Vazões médias estimadas de biogás para a ETE Pinhal.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanço de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m³/h	4,5	3,2
Cenário II	m³/h	6,9	5,7
Cenário III	m³/h	70,9	63,2
Cenário IV	m³/h	155,5	151,4

Devido à grande variabilidade na estimativa da vazão de biogás, uma das estratégias para evitar ociosidade nos equipamentos a serem adquiridos é a implantação em etapas, devendo-se prever facilidades para ampliações.

Na ETE Pinhal será necessária a correção para adequação do sistema de queima do



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	18 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

biogás, de forma a incluir os requisitos mínimos.

- Substituição da tubulação do biogás;
- Substituição do queimador.
- Alteração da localização do queimador.

Na etapa inicial o sistema de queima deve ser capaz de tratar as seguintes vazões de biogás:

Vazão máxima de biogás: 20 m³/h

Vazão mínima de biogás: 4 m³/h

Já o projeto de tubulação deve ser dimensionado considerando a vazão de 80 m³/h, nos trechos onde há vazão de biogás de 20 módulos de reatores UASB e 160 m³/h, nos trechos da alternativa 2, onde haverá vazão de 4 módulos de reatores UASB.

O diâmetro mínimo da tubulação deverá ser de 40 mm, o que atende com bastante folga a vazão de gás gerada em apenas um módulo, ao mesmo tempo em que resulta em estrutura mecanicamente resistente e autoportante, dispensando uma boa quantidade de suportes.

O trecho de tubulação por onde escoar a vazão de biogás dos dois módulos de reatores UASB terá diâmetro mínimo de 50 mm.

O trecho de tubulação por onde escoar a vazão de biogás dos quatro módulos de reatores UASB terá diâmetro mínimo de 75 mm.

Entendemos que não há risco de entrada de espuma na tubulação, por haver uma distância de 500 mm entre o nível d'água e a entrada na tubulação.

3.3.1 Substituição da tubulação externa do biogás

Justificativa:

O atual sistema de tubulações externas de coleta do biogás foi construído a partir de tubulações de PVC rígido com conexões tipo ponta e bolsa soldáveis. Além disso, apresenta as seguintes patologias que futuramente poderão gerar a necessidade de



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	19 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

correções:

- Ausência de válvulas de bloqueio na saída de cada reator UASB;
- Deterioração da tubulação de PVC exposta ao sol.

Tabela 7. Alternativas para substituição da tubulação externa de biogás.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento de materiais como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's, não sendo necessariamente os fabricantes. Tratando-se somente da do fornecimento e instalação de tubulação, há uma grande quantidade de empresas com plena capacidade técnica, inclusive no município sede.

O uso de tubulação em aço carbono e aço galvanizado não é recomendado para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.

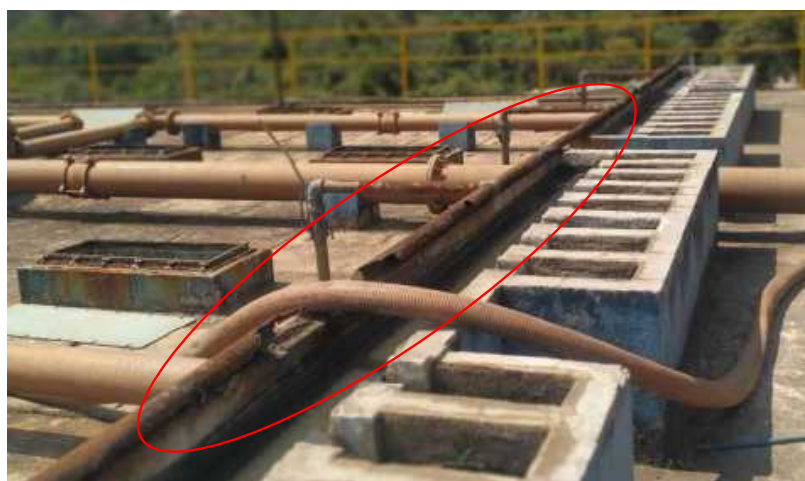


Figura 9: Tubulação de coleta do biogás da ETE de Itabirito-MG, fabricada em aço galvanizado, estando totalmente corroída. Fonte: Acervo do autor.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	20 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, por possuírem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, pode não ser adequado para a esta aplicação, onde haverá extensões de tubulação de cerca de 100 m, expostas ao sol.

São soldáveis em campo, por alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possui menor resistência mecânica, em relação às alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica.

A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígida ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	21 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

3.3.2 Substituição do queimador do biogás

Justificativa:

A concepção atual do sistema de filtração e queima do biogás não apresenta os dispositivos mínimos de segurança, 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.

Estes itens normalmente são fornecidos junto com o queimador, e fazem parte da garantia de desempenho e contratual, não sendo indicado que sejam fornecidos separadamente.

Processo de queima do biogás:

A eficiência da destruição do biogás depende de 3 fatores:

- I. Temperatura de combustão;
- II. Proporção da mistura ar - combustível;
- III. Tempo de residência dos gases na câmara de combustão.

A temperatura de combustão deve ser maior que a temperatura de autoignição do gás metano, que corresponde à 540º C.

A falta de oxigênio na mistura ar – combustível resulta em combustão incompleta, com emissão de gás metano, monóxido de carbono e gás sulfídrico. Na prática, não é possível controlar a quantidade de ar fornecida ao processo, sendo recomendado manter uma quantidade maior que a requerida teoricamente.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	22 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

O tempo de residência na câmara de combustão na faixa de 0,5 a 2 segundos é necessário para que a queima seja satisfatória.

Na tabela a seguir, são apresentados dados que relacionam a eficiência na destruição de gás metano e gás sulfídrico com os principais parâmetros.

Tabela 8. Eficiência da destruição do metano em função da temperatura.

Eficiência de destruição (%)	Temperatura (° C)	Tempo de residência (s)
95%	690	0,5
98%	745	0,5
99%	790	0,75
99,9%	830	1,00
99,99%	885	2,00

Para estações de tratamento de esgoto, as tecnologias para a queima do biogás normalmente disponíveis no mercado são:

Tabela 9. Alternativas para queima do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Queimador de chama aparente	Teccalor Combustec Wolta Biochama Brasprocess
2	Queimador de chama semi-enclausurada	
3	Queimador de chama enclausurada	

Queimador de chama aparente

O queimador de chama aparente basicamente não possui câmara de combustão e por isso alcança menores temperaturas durante a queima. Assim, sua eficiência é menor, porém é mais apropriado para aplicações com baixa vazão de biogás. Basicamente sua operação pode ser automatizada através de ignitor temporizado e válvula



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	23 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

mantenedora de pressão, cuja função é estabelecer um valor mínimo de pressão de biogás para alimentação do queimador, fazendo sua interrupção durante os horários em que a produção de biogás é nula ou muito baixa. Assim, evita-se misturas pobres em combustível, o que também interfere na eficiência da queima.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.



Figura 10: Flare de chama aparente fabricado e fornecido pela Combustec. Fonte: Catálogo técnico da empresa Combustec.

Queimador de chama semi-enclausurada

O queimador de chama semi-enclausurada combina características dos queimadores de chama aparente e enclausurada. Basicamente o queimador possui câmara de



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	24 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

combustão simples, com dimensões menores que a do queimador de chama enclausurada, para evitar a dispersão da chama.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação pode ser totalmente automatizada para o objetivo de queima imediata do biogás.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula solenoide;
- Válvula bloqueio na entrada do queimador;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Pannel do ignitor.

Queimador de chama enclausurada

O queimador de chama enclausurada câmara de combustão com proteção contra chuva e vento e isolante térmico para reduzir perdas de calor. Assim, busca-se atingir altas temperaturas na queima, com altos tempos de residência, garantindo assim altas eficiências na destruição do metano e gás sulfídrico.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação necessita ser automatizada, sendo comuns apresentarem dispositivos para controle de temperatura, vazões e pressão. A relação dos equipamentos mínimos é mais sofisticada e poderá ser mais difícil uma equalização de especificações técnicas entre os fornecedores deste equipamento.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 25 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		



Figura 11: Flare de chama enclausurada fabricado e fornecido pela Brasprocess.
Fonte: Catálogo técnico Brasprocess.

4 PROJETO BÁSICO

4.1 REATOR UASB

Conforme apresentado, não haverá necessidade de substituição ou reforma das campânulas dos reatores UASB da ETE Pinhal. A concepção deste reator não utiliza também tubulações internas para coleta do biogás.

Foram elaborados os seguintes projetos padrões:

- I. Inserte Flange e ponta, para conectar a câmara de biogás em concreto com a tubulação externa (Desenho DE.SAMAE.0.2.02);
- II. Tampa de acesso à câmara do biogás (Desenho DE.SAMAE.0.2.03);
- III. Locação dos insertes e tampas do reator UASB (Desenho DE.SAMAE.0.2.04).

A remoção de espuma do reator UASB será executada prevendo-se as seguintes atividades:



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.4.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL		FOLHA 26 DE 28
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL		

- 1 – Fechamento da válvula de bloqueio da saída do reator UASB;
- 2 – Abertura das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 3 – Sucção da espuma, através de caminhões limpa fossa;
- 4 – Fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 5- Retorno da operação do flare: O flare deverá permanecer desligado, com escoamento do biogás, por no mínimo 6 horas após o fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás.

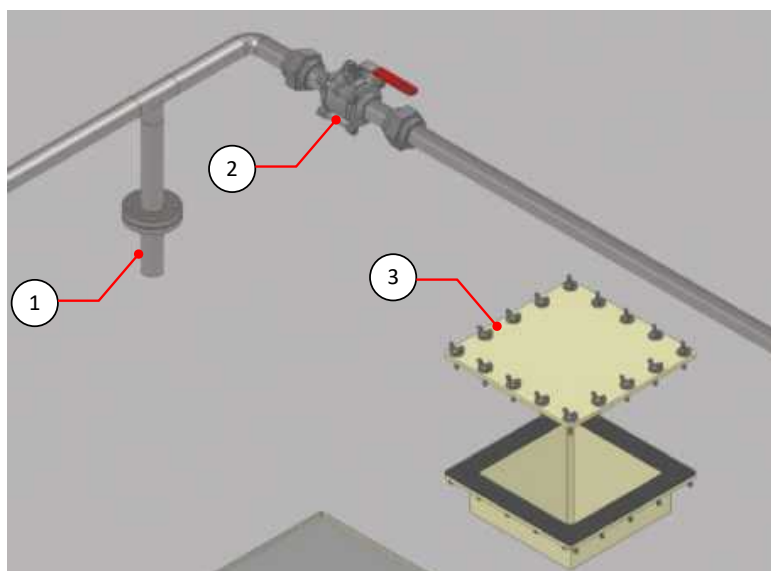


Figura 12: Inserte flange e ponta (1); válvula bloqueio a ser fechada (2); e abertura da tampa de acesso à câmara do biogás (3).

4.2 TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS

O layout da ETE Pinhal é bastante compacto e apresenta diversas porções com restrições significativas para a implantação do flare, apresentadas a seguir:

- I. Todo o entorno possui matas adjacentes aos limites da área da ETE. Torna-se necessário estabelecer um afastamento de no mínimo 10 m;
- II. Buffer de segurança do reator UASB, estabelecido em 10 metros;
- III. Buffer de segurança de 10 metros para as unidades onde há motores elétricos



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	27 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

de processo, com potência acima de 5 cavalos.

Em ambas as alternativas foram incluídos todos os dispositivos básicos de segurança, tais como válvulas bloqueio na entrada do flare e na saída de cada reator UASB, bem como válvula sustentadora de pressão e válvula corta-chamas.

Alternativa 1:

Na alternativa 1 haverá dois subsistemas para a coleta e queima do biogás. Em ambos os subsistemas, o flare estará localizado afastado a 15 m do reator UASB e tendo como confrontantes paralelos o filtro aeróbio submerso e decantador.

A divisão em dois subsistemas tem por finalidade somente reduzir a extensão da zona de calor que poderá ser formada durante a queima do biogás. Assim, para as baixas vazões de biogás atualmente presentes, esta medida pode não trazer nenhum ganho.

Esta alternativa é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.4.2.01 e DE.SAMAE.4.2.03. Os seguintes indicadores estão disponíveis para esta alternativa:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol: 90,2 m

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol: 104,2 m

Flare de chama aparente: 2 com cap. 2 a 10 m³/h

Considerando a área de implantação do flare retangular, em dois lados haverá confrontante de vegetação e em um lado o confrontante é o reator UASB.

Alternativa 2:

Nesta alternativa é utilizado somente um sistema de queima do biogás para atendimento a todos os módulos de reatores UASB da ETE Pinhal. O flare estará afastado a uma distância de 15 m do reator UASB e há confrontantes somente em um lado, correspondente ao filtro aeróbio submerso. A alternativa 2 é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.4.2.02 e DE.SAMAE.4.2.04.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.4.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRAT. DE ESGOTO PINHAL	FOLHA	28 DE 28
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS – PINHAL			

As condições de ventilação natural são melhores que na alternativa 1, porém a vazão de biogás é maior também. Não há contenção no nível do topo do queimador. Portanto, esta alternativa é similar à alternativa 1, em termos de segurança.

O risco de causar incêndios acidentais e explosões é menor.

Esta alternativa é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.4.2.02 e DE.SAMAE.4.2.04 e apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol:	106,4 m
Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 2 Pol:	23 m
Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 3 Pol:	55 m
Flare de chama aparente:	1 com cap. 4 a 20 m³/h











 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: MD.SAMAE.5.2.01.R0	
	OBRA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA: 1 de 25	
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - 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		ENG. RESP.: ELIAS TAKESHI MATSUO		CREA: 5061891463
CONTRATO Nº 3230370000		ASSINATURA:		

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

REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7
DATA	11/12/2023							
EXECUÇÃO	E. MATSUO							
VERIFICAÇÃO								
APROVAÇÃO	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.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	2 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

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

Dados do projeto:

Código do documento:	MD.SAMAE.5.2.01.R0
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:	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	11/12/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	3 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE SAMUARA.....	5
3	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE SAMUARA.....	5
3.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	5
3.1.1	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	6
3.2	REATORES UASB.....	12
3.2.1	Substituição dos insertes metálicos	12
3.2.2	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.....	14
3.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	16
3.3.1	Substituição da tubulação externa do biogás	17
3.3.2	Substituição do queimador do biogás.....	19
4	PROJETO BÁSICO.....	24
4.1	REATOR UASB.....	24
4.2	TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS.....	24



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	4 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 2 – Projeto Básico – 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.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	5 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

2 RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE SAMUARA

Com base na etapa de diagnóstico, elencamos as seguintes alternativas para as melhorias e adequações necessárias relacionadas à coleta e queima do biogás gerado nos reatores UASB da ETE Samuara.

Tabela 1. Relação das propostas e alternativas para as melhorias e adequações relacionadas à coleta e queima do biogás na ETE Samuara.

	<i>Propostas</i>	<i>Alternativas</i>
1.0	Tratamento preliminar	
	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	Tambor rotativo de fluxo interno
		Cestos removíveis
		Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal
2.0	Reatores UASB	
	Substituição dos insertes metálicos	Aço inoxidável
		Ferro fundido
	Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD
		Placas rígidas de PRFV
		Chapas de aço inoxidável
3.0	Sistema de queima do biogás	
	Substituição da tubulação externa de biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD
		Tubos em aço inoxidável
		Tubos em PRFV
	Substituição do queimador	Queimador de chama aparente
		Queimador de chama semi-enclausurada
		Queimador de chama enclausurada

*Com fundo em verde, as alternativas eleitas.

3 DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE SAMUARA

Apresentamos a seguir as descrições das propostas para correções e melhorias do sistema de coleta do biogás da ETE Samuara.

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	6 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

3.1.1 Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm

Justificativa:

Conforme apresentado na etapa de diagnóstico, o acúmulo de espuma no interior da campânula pode prejudicar e até mesmo impedir a coleta do biogás gerado no reator UASB.

Com base na experiência do responsável técnico deste projeto, que acompanhou a operação de 14 ETE's com reatores UASB, desde o ano de 2002, foi verificado que a utilização de peneiramento fino com abertura de 1 mm contribuiu para evitar o acúmulo de espuma no interior do reator trifásico.

A lista de referência das ETE's acompanhadas por este responsável técnico é apresentada a seguir.

Tabela 2. Lista de referências das ETE's com reatores UASB acompanhadas pelo autor deste projeto.

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
1	Águas do Mirante	Piracicaba/SP	3 x 22	2014
2	SAAE	Águas de Lindóia/SP	22	2014
3	Prefeitura Municipal	Reginópolis/SP	22	2014
4	CODEN	Nova Odessa/SP	4 x 45	2013
5	SAEIT	Igaraçu do Tietê/SP	45	2006
6	SEMAE	Piracicaba/SP	11	2006
7	DMAE	Poços de Caldas/MG	22	2002
8	DAE	Americana - SP	2 X 45	2018
9	BRK/SANEAQUA	Mainrinque-SP	45	2018
10	Estaleiro Jurong/SAAE	Aracruz-ES	33	2020
11	SAAESP	São Pedro - SP	2 x 45 s	2018
12	SAEAN – ETE Três Barras	Artur Nogueira - SP	1 x 45	2017
13	SAEAN – ETE Stocco	Artur Nogueira - SP	2 x 45	2018



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	7 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Nestas ETE's, nunca houve necessidade de interrupção da operação dos reatores por problemas relacionados ao acúmulo de espuma no interior das campânulas ou por entupimento no sistema de coleta de biogás.

Com base também nas inspeções realizadas nas ETE's do SAMAE, onde verificamos o acúmulo de espessas crostas de espuma no interior das campânulas dos reatores UASB, bem como a necessidade de sua remoção, incluímos então a instalação de peneiramento fino com abertura de 1 mm como uma das medidas para evitar o acúmulo de espuma.

Apresentamos à seguir as alternativas para peneiramento fino.

Tabela 3. Alternativas para peneiramento fino na ETE Samuara.

	Descrição	Fabricantes
1	Tambor rotativo de fluxo interno	JS Filtração Vibropac Johnson Screens Werjen
2	Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal	
3	Cestos removíveis	JS Filtração Caldeirarias em geral

Tambor rotativo de fluxo interno

O tambor rotativo de fluxo axial ou interno corresponde ao equipamento para peneiramento de esgoto recomendado pelo autor deste projeto, pelas seguintes razões:

- Elevado desempenho;
- Facilidade operacional;
- Perfil de tela autolimpante;
- Facilidade de manutenção.

A distribuição do esgoto no interior da peneira é realizada através de uma canaleta



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	8 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

vertedora ao longo do comprimento do tambor em movimento. É importante destacar que o tambor deve estar em movimento durante a alimentação do esgoto, não devendo confundir o seu funcionamento com o de uma peneira estática.

A calha vertedora distribui o esgoto bruto em ambos os lados de seu comprimento, sendo que o lado contrário à rotação do tambor recebe a maior parcela da vazão. Esta forma de distribuição do esgoto no interior do tambor resulta na aplicação de esforços de cisalhamento sobre os resíduos, desagregando-os e promovendo a sua “lavagem”. O interior do tambor possui também “aletas” ou “pás” que direcionam os resíduos sólidos do fundo do tambor para a sua saída.

O tambor possui também dois ramais de limpeza, sendo um para o lado externo e outro para o lado interno, através de bicos ejetores que aplicam água com alta pressão.

Um grande diferencial desta tecnologia é que não há partes móveis, como coroa e pinhão, correntes, dentre outros, em contato com o esgoto.

Como pontos negativos, no caso da ETE Samuara, podemos destacar que é necessário desenvolver um projeto específico para alimentação da peneira, uma vez que não há estruturas aproveitáveis para isto. O desnível geométrico entre as unidades do tratamento preliminar e o reator UASB é insuficiente para garantir a alimentação da peneira por gravidade. Isto aumenta bastante o custo da alternativa, uma vez que seria necessário praticamente a implantação de uma estação elevatória de esgoto.

Modulação/quantidade:	1 em operação
Capacidade unitária mínima:	400 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Peneira rotativa de fluxo axial ou interno
Abertura da tela:	1 mm
Materiais Construtivos:	
Tela:	Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior



	MEMORIAL TÉCNICO Nº	REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0	R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA 9 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA		



Figura 1: Peneiramento com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.



Figura 2: Vista do interior da Peneira com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.

Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal

Podem acomodar aberturas de 2 a 6 mm para tela perfurada e 0,25 mm a 2 mm para tela com perfil trapezoidal autolimpante. Possui parafuso classificador, que remove os sólidos para um sistema de lavagem e compactação.

Por possuir diversos sistemas integrados, com muitas partes móveis, quando comparado ao tambor rotativo de fluxo interno, sua manutenção é mais complexa. O rolamento de tela está sempre submerso em águas residuais e na prática precisa ser substituído periodicamente.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.5.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA		FOLHA 10 DE 25
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA		

Para a manutenção do tambor rotativo submersível e peças é necessário também um dispositivo de basculação.

Sua instalação poderá ser feita entre o gradeamento e a desarenação, havendo dois canais que podem ser utilizados para esta finalidade. Este aproveitamento do perfil hidráulico e estruturas existentes corresponde a sua maior vantagem perante a alternativa em tambor rotativo de fluxo interno.

Modulação/quantidade: 1 em operação

Capacidade unitária mínima: 400 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de canal

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior



Figura 3: Tambor rotativo de canal. Fonte: Catálogo técnico da empresa Vibropac.

Sua instalação poderá ser feita após a desarenação, em tanque de concreto, sendo que o aproveitamento do perfil hidráulico corresponde a sua maior vantagem perante a alternativa em tambor rotativo de fluxo interno.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	11 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Cestos removíveis

Os cestos removíveis correspondem à solução mais simples para o peneiramento. Este equipamento normalmente é indicado para baixas vazões de esgoto e necessitam ser instalados onde haja desnível hidráulico suficiente para promover a lavagem dos resíduos e evitar a rápida colmatção das suas aberturas. Sua limpeza é feita de forma manual e em função de seu peso, pode ser necessária a utilização de sistema de içamento.

Para a ETE Samuara, esta solução apresenta uma boa chance de ser implantada, pois há um desnível geométrico viável para isto, entre a saída da caixa de areia e o reator UASB.



Figura 4: Gradeamento tipo cesto. Imagem meramente ilustrativa.

Modulação/quantidade:	2
Capacidade unitária mínima:	200 m ³ /h de esgoto gradeado em # 40 mm
Especificações Básicas:	
Equipamento:	Grade tipo cesto removível com limpeza manual
Abertura da tela:	1 mm
Dimensões aproximadas:	500 x 500 x 350 mm Comprimento x largura x altura
Acessórios:	Sistema de içamento do cesto para remoção dos sólidos



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	12 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Materiais Construtivos:

Cesto: AISI 304

3.2 REATORES UASB

O uso de placas rígidas de PRFV foi bem-sucedido na ETE Belo, pois o flare encontra-se em operação a bastante tempo. Não houve problemas crônicos em relação ao projeto que necessitem ser corrigidos. A ETE Pinhal compartilha deste mesmo projeto de reator UASB. Portanto, não se especula a necessidade de substituição das campânulas no curto prazo.

3.2.1 Substituição dos insertes metálicos

Justificativa:

Os insertes metálicos correspondem à dispositivos de tubulações embutidos na parede de concreto para conectar a tubulação interna com a tubulação externa ao reator. No caso no reator da ETE Samuara, não há tubulação interna e por isto o inserte irá conectar a câmara do biogás diretamente à tubulação externa, sendo requerido inserte do tipo flange e ponta.

Estes insertes metálicos devem ser fabricados em materiais resistentes mecanicamente e contra a corrosão e devem garantir também a estanqueidade, de forma a evitar vazamentos de biogás e esgoto. Para isto, o inserte possui aba de travamento que também tem a função de melhorar a vedação.

Atualmente a tubulação de PVC é embutida diretamente na parede. Esta alternativa dispensa custos adicionais com insertes metálicos, porém não permite a realização de desmontagem para manutenções emergenciais.

Sua instalação em estruturas de concreto existente é feita através da abertura com martelo rompedor, seguida pela limpeza, posicionamento do inserte e grauteamento.

As principais alternativas para execução dos insertes metálicos são apresentadas na tabela a seguir:



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	13 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Tabela 4. Alternativas para insertes metálicos.

	Descrição	Fabricantes
1	Aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Calderarias*
2	Ferro fundido	Tec San PAM Saint Gobain Ferpac Hidramac

Inserte metálico em aço inoxidável

São resistentes à corrosão e podem ser fabricados sob medida. São facilmente soldáveis e permitem adequações em campo, caso seja necessário.



Figura 5: Inserte metálico tipo "Flange e Ponta" em aço inoxidável.

Inserte metálico em ferro fundido

Deve possuir revestimento interno e externo de proteção contra a corrosão. É fornecido por grandes empresas, altamente especializadas na fabricação de tubos e acessórios em ferro fundido. Havendo algum dano, sua recuperação é bastante difícil de ser executada.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	14 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			



Figura 6: Inserte (toco) de ferro fundido com aba de vedação.

3.2.2 Substituição das tampas de acesso à câmara do biogás

Justificativa:

As tampas de acesso à câmara do biogás da ETE Pinhal encontram-se bastante degradadas pela corrosão. Além disso, não foi instalada tampa adequada, com vedação e proteção contra a corrosão. Este aspecto necessita ser corrigido para que possa ser realizada a coleta do biogás sem risco de vazamento ou entrada de ar.

As alternativas para a substituição das tampas de acesso são apresentadas à seguir:

Tabela 5. Alternativas para substituição das tampas de acesso à câmara do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs
2	Chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base
3	Placas rígidas de PRFV	JE-Fiber Empresa de Engenharia Ambiental – EEA Fibrav Fibratec



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	15 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD

As placas rígidas de Polipropileno ou PEAD tem sido empregadas com bastante sucesso em reatores UASB e outros tipos de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes industriais.

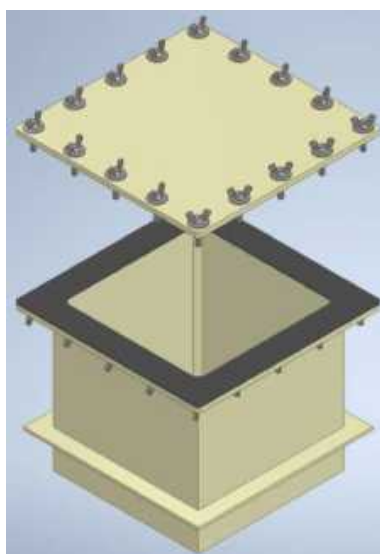


Figura 7: Tampa de acesso em chapa de PEAD ou Polipropileno, com junta de vedação prensada entre flanges.

Vantagens:

- Resistência mecânica suficiente;
- Elevada resistência à corrosão;
- Elevada vida útil;
- Material soldável em campo;

Chapas de aço inoxidável

As chapas de aço inoxidável devem ser no mínimo em AISI 304. Tecnicamente é um bom material, com elevada resistência mecânica e à corrosão. O flange e a tampa flangeada possuem maiores espessuras e implicam em maior utilização de aço inoxidável, podendo encarecer significativamente o custo desta alternativa.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	16 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Placas rígidas de PRFV

Para esta aplicação, não há restrições técnicas ao uso de tampas em PRFV, elaboradas conforme o projeto básico. A especificação técnica deve prever o uso de aditivos para garantir à resistência aos raios Ultravioleta. As espessuras das chapas poderão ser as mesmas adotadas para as alternativas em chapas de PEAD e de Polipropileno.

3.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

O principal objetivo do sistema de queima de biogás da ETE Samuara é a redução de risco de acidentes devido à formação de atmosferas explosivas. Como objetivos secundários, temos a redução das emissões de gás metano, por questões ambientais, e redução das emissões de gás sulfídrico, que podem causar incômodos relacionados à exalação de odores desagradáveis.

Observações:

- 1) Não será feito o reaproveitamento energético do biogás, de modo que não é necessário o beneficiamento prévio do biogás, com remoção de umidade, material particulado, gás sulfídrico, gás carbono, dentre outros.
- 2) Operacionalmente, o sistema de queima deve então focar na queima imediata do biogás produzido nos reatores UASB.

Tendo como objetivo a queima do biogás, é necessário executar as seguintes medidas:

- Substituição da tubulação do biogás;
- Substituição do queimador.

Na etapa inicial o sistema de queima deve ser capaz de tratar as seguintes vazões de biogás:

Vazão máxima de biogás: 4 m³/h

Vazão mínima de biogás: 0,5 m³/h

Apresentamos a estimativa das vazões de biogás realizada na etapa de diagnóstico.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	17 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Tabela 6. Vazões médias estimadas de biogás para a ETE Samuara.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanço de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m³/h	0,2	0,2
Cenário II	m³/h	0,9	0,5
Cenário III	m³/h	17,7	15,8
Cenário IV	m³/h	29,4	26,3

Já o projeto de tubulação deve ser dimensionado considerando a vazão de 40 m³/h.

O diâmetro mínimo da tubulação deverá ser de 40 mm, o que atende com bastante folga a vazão de gás gerada em apenas um módulo, ao mesmo tempo em que resulta em estrutura mecanicamente resistente e autoportante, dispensando uma boa quantidade de suportes.

Entendemos que não há risco de entrada de espuma na tubulação, por haver uma distância de 500 mm entre o nível d'água e a entrada na tubulação.

3.3.1 Substituição da tubulação externa do biogás

Justificativa:

O atual sistema de tubulações externas de coleta do biogás foi construído a partir de tubulações de PVC rígido com conexões tipo ponta e bolsa soldáveis. Há necessidade de correções e nesta ocasião pode ser mais vantajosa a substituição completa das tubulações externas, por alternativa de maior vida útil.

Tabela 7. Alternativas para substituição da tubulação externa de biogás.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	18 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento de materiais como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's, não sendo necessariamente os fabricantes. Tratando-se somente da do fornecimento e instalação de tubulação, há uma grande quantidade de empresas com plena capacidade técnica, inclusive no município sede.

O uso de tubulação em aço carbono e aço galvanizado não é recomendado para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.

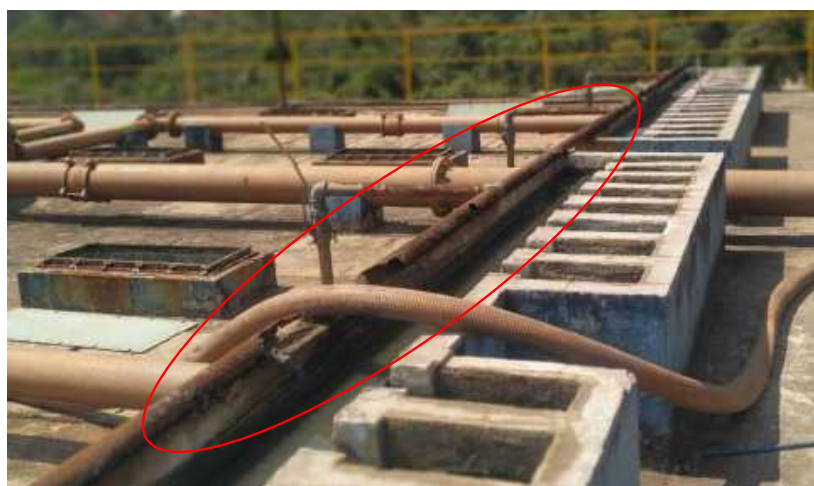


Figura 8: Tubulação de coleta do biogás da ETE de Itabirito-MG, fabricada em aço galvanizado, estando totalmente corroída. Fonte: Acervo do autor.

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, por possuírem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, pode não ser adequado para a esta aplicação, onde haverá extensões de tubulação de cerca de 100 m, expostas ao sol.

São soldáveis em campo, por alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofundição.

A disponibilidade de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	19 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

Possui menor resistência mecânica, em relação às alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica.

A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígida ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

3.3.2 Substituição do queimador do biogás

Justificativa:

A concepção atual do sistema de filtração e queima do biogás não apresenta os dispositivos mínimos de segurança, tais como válvula corta chamas, bem como válvula bloqueio e válvula reguladora de pressão, para interrupção da queima do biogás



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	20 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

quando a vazão estiver muito baixa, o que resulta em problemas na queima.

Estes itens normalmente são fornecidos junto com o queimador, e fazem parte da garantia de desempenho e contratual, não sendo indicado que sejam fornecidos separadamente.

Processo de queima do biogás:

A eficiência da destruição do biogás depende de 3 fatores:

- I. Temperatura de combustão;
- II. Proporção da mistura ar - combustível;
- III. Tempo de residência dos gases na câmara de combustão.

A temperatura de combustão deve ser maior que a temperatura de autoignição do gás metano, que corresponde à 540º C.

A falta de oxigênio na mistura ar – combustível resulta em combustão incompleta, com emissão de gás metano, monóxido de carbono e gás sulfídrico. Na prática, não é possível controlar a quantidade de ar fornecida ao processo, sendo recomendado manter uma quantidade maior que a requerida teoricamente.

O tempo de residência na câmara de combustão na faixa de 0,5 a 2 segundos é necessário para que a queima seja satisfatória.

Na tabela a seguir, são apresentados dados que relacionam a eficiência na destruição de gás metano e gás sulfídrico com os principais parâmetros.

Tabela 8. Eficiência da destruição do metano em função da temperatura.

Eficiência de destruição (%)	Temperatura (º C)	Tempo de residência (s)
95%	690	0,5
98%	745	0,5
99%	790	0,75
99,9%	830	1,00
99,99%	885	2,00



	MEMORIAL TÉCNICO Nº MD.SAMAE.5.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	21 DE 25
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA		

Para estações de tratamento de esgoto, as tecnologias para a queima do biogás normalmente disponíveis no mercado são:

Tabela 9. Alternativas para queima do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Queimador de chama aparente	Teccalor Combustec Wolta Biochama Brasprocess
2	Queimador de chama semi-enclausurada	
3	Queimador de chama enclausurada	

Queimador de chama aparente

O queimador de chama aparente basicamente não possui câmara de combustão e por isso atinge menores temperaturas durante a queima. Assim, sua eficiência é menor, porém é mais apropriado para aplicações com baixa vazão de biogás. Basicamente sua operação pode ser automatizada através de ignitor temporizado e válvula mantenedora de pressão, cuja função é estabelecer um valor mínimo de pressão de biogás para alimentação do queimador, fazendo sua interrupção durante os horários em que a produção de biogás é nula ou muito baixa. Assim, evita-se misturas pobres em combustível, o que também interfere na eficiência da queima.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Pannel do ignitor.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	22 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			



Figura 9: Flare de chama aparente fabricado e fornecido pela Combustec. Fonte: Catálogo técnico da empresa Combustec.

Queimador de chama semi-enclausurada

O queimador de chama semi-enclausurada combina características dos queimadores de chama aparente e enclausurada. Basicamente o queimador possui câmara de combustão simples, com dimensões menores que a do queimador de chama enclausurada, para evitar a dispersão da chama.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação pode ser totalmente automatizada para o objetivo de queima imediata do biogás.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula solenoide;
- Válvula bloqueio na entrada do queimador;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	23 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

- Pannel do ignitor.

Queimador de chama enclausurada

O queimador de chama enclausurada câmara de combustão com proteção contra chuva e vento e isolante térmico para reduzir perdas de calor. Assim, busca-se atingir altas temperaturas na queima, com altos tempos de residência, garantindo assim altas eficiências na destruição do metano e gás sulfídrico.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação necessita ser automatizada, sendo comuns apresentarem dispositivos para controle de temperatura, vazões e pressão. A relação dos equipamentos mínimos é mais sofisticada e poderá ser mais difícil uma equalização de especificações técnicas entre os fornecedores deste equipamento.



Figura 10: Flare de chama enclausurada fabricado e fornecido pela Brasprocess.
Fonte: Catálogo técnico Brasprocess.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	24 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

4 PROJETO BÁSICO

4.1 REATOR UASB

Conforme apresentado, não haverá necessidade de substituição ou reforma das campânulas dos reatores UASB da ETE Samuara. A concepção deste reator não utiliza também tubulações internas para coleta do biogás.

Foram elaborados os seguintes projetos padrões:

- I. Inserte Flange e ponta, para conectar a câmara de biogás em concreto com a tubulação externa (Desenho DE.SAMAE.0.2.02);
- II. Tampa de acesso à câmara do biogás (Desenho DE.SAMAE.0.2.03);
- III. Locação dos insertes e tampas do reator UASB (Desenho DE.SAMAE.0.2.04).

A remoção de espuma do reator UASB será executada prevendo-se as seguintes atividades:

- 1 – Fechamento da válvula de bloqueio na entrada do flare;
- 2 – Abertura das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 3 – Sucção da espuma, através de caminhões limpa fossa;
- 4 – Fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás;
- 5- Retorno da operação do flare: O flare deverá permanecer desligado, com escoamento do biogás, por no mínimo 6 horas após o fechamento das tampas de acesso à câmara do biogás.

4.2 TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS

Basicamente será mantida a localização atual do flare existente, devido à baixa vazão. Porém, o novo flare será instalado com um maior afastamento em relação à vegetação adjacente.

Neste projeto foram incluídos todos os dispositivos básicos de segurança, tais como



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.5.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMUARA	FOLHA	25 DE 25
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - SAMUARA			

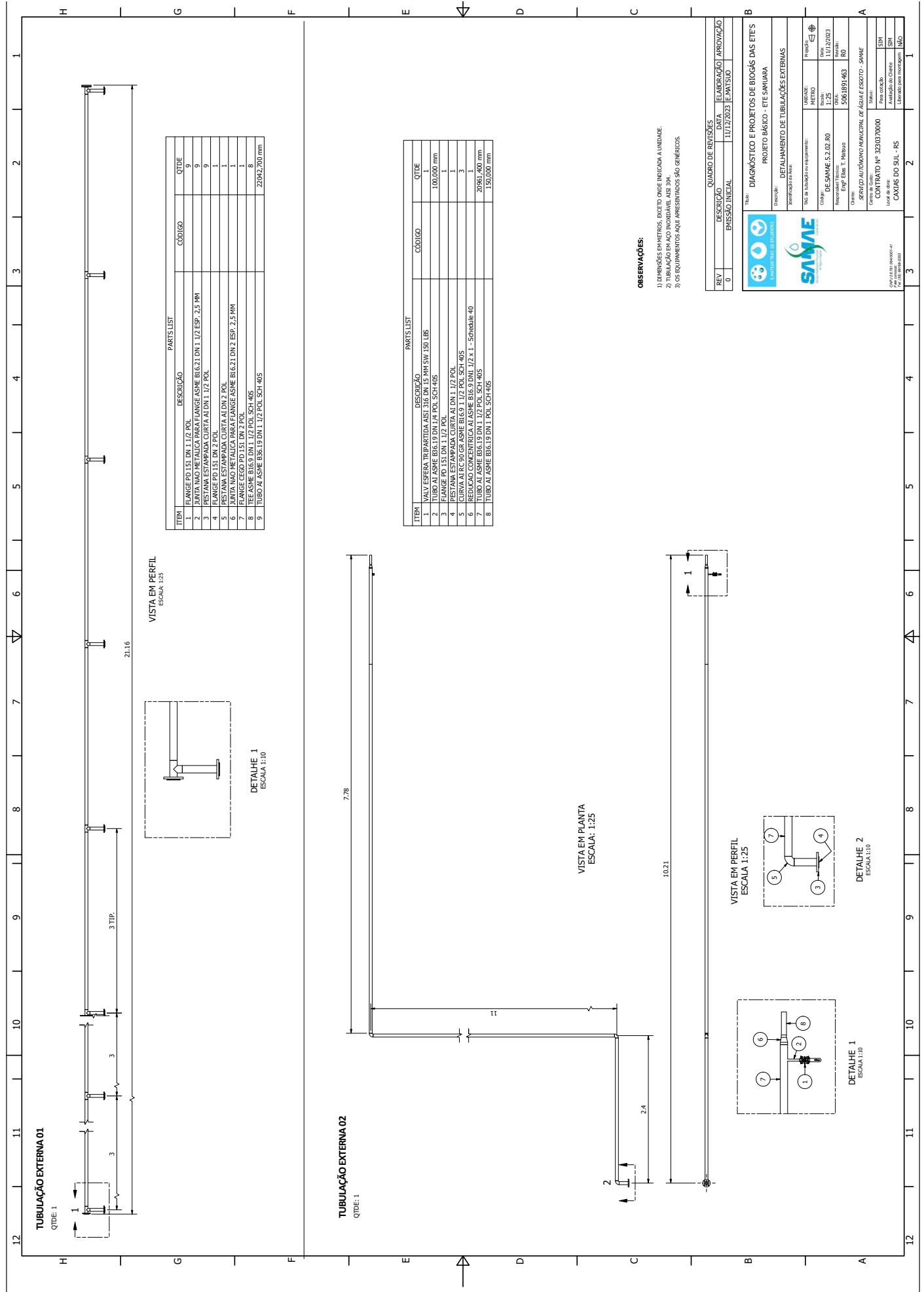
válvulas bloqueio na entrada do flare e na saída de cada reator UASB, bem como válvula sustentadora de pressão e válvula corta-chamas.

Esta alternativa é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.5.2.01 e DE.SAMAE.5.2.02 e apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inox. AISI 304 DN 1.1/2 Pol: 43 m

Flare de chama aparente: 1 com cap. 0,5 a 4 m³/h







 	ESTUDO		CÓDIGO Nº: MD.SAMAE.6.2.01.R0						
	OBRA:		ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA				FOLHA:		1 de 47
	TÍTULO:								
	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - 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			ENG. RESP.:			CREA:			
E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES			ELIAS TAKESHI MATSUO			5061891463			
CONTRATO Nº 3230370000			ASSINATURA:						
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0	EMISSÃO INICIAL								
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	
DATA	7/12/2023								
EXECUÇÃO	E. MATSUO								
VERIFICAÇÃO									
APROVAÇÃO	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.
	MD.SAMAE.6.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	2 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

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

Dados do projeto:

Código do documento:	MD.SAMAE.6.2.01.R0
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:	MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	7/12/2023
Contato:	(35) 99168-5353 elias@monerasolucoes.com.br



	ESTUDO Nº		REV.
	MD.SAMAE.6.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	3 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE TEGA.....	5
3	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE TEGA.....	6
3.1	TRATAMENTO PRELIMINAR.....	6
3.1.1	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	6
3.2	REATORES UASB.....	13
3.2.1	Substituição das campânulas dos reatores UASB	14
3.2.2	Substituição das tubulações internas de coleta do biogás	19
3.2.3	Correção dos vazamentos de biogás nas campânulas	22
3.2.4	Instalação de insertes metálicos	24
3.3	SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS.....	26
3.3.1	Instalação de selo hídrico	28
3.3.2	Substituição da tubulação externa do biogás	29
3.3.3	Substituição do queimador do biogás.....	31
4	PROJETO BÁSICO.....	35
4.1	CAMPÂNULAS DO REATOR UASB	36
4.2	TUBULAÇÃO INTERNA DE COLETA DO BIOGÁS	42
4.3	SELO HÍDRICO	44
4.4	TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS.....	45



	ESTUDO Nº		REV.
	MD.SAMAE.6.2.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	4 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 2 – Projeto Básico – 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.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 5 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

2 RESUMO DAS PROPOSTAS PARA A ETE TEGA

Com base na etapa de diagnóstico, elencamos as seguintes alternativas para as melhorias e adequações necessárias relacionadas à coleta e queima do biogás gerado nos reatores UASB da ETE Tega.

Tabela 1. Relação das propostas e alternativas para as melhorias e adequações relacionadas à coleta e queima do biogás na ETE Tega.

	<i>Propostas</i>	<i>Alternativas</i>
1.0	Tratamento preliminar	
	Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm	Tambor rotativo de fluxo interno Cestos removíveis Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal
2.0	Reatores UASB	
	Substituição das campânulas do reator	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD Placas de Concreto armado Chapas de aço inoxidável Placas rígidas de PRFV
	Substituição das tubulações internas de coleta do biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD Tubos em aço inoxidável Tubos em PRFV
	Correção dos vazamentos de biogás nas campânulas	Revestimento monolítico com Resina isoftálica com NPG Revestimento monolítico com Poliuretano vegetal
	Instalação de insertes metálicos	Aço inoxidável Ferro fundido
3.0	Sistema de queima do biogás	
	Instalação de selo hidráulico	Selo hidráulico fabricado em chapas de aço inoxidável Selo hidráulico fabricado em placas rígidas de Polipropileno ou PEAD
	Substituição da tubulação externa de biogás	Tubos em polipropileno ou PEAD Tubos em aço inoxidável Tubos em PRFV
	Substituição do queimador	Queimador de chama aparente Queimador de chama semi-enclausurada Queimador de chama enclausurada

*Com fundo em verde, as alternativas eleitas.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	6 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

3 DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS PARA A ETE TEGA

Apresentamos a seguir as descrições das propostas para correções e melhorias do sistema de coleta do biogás da ETE Tega.

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

3.1.1 Instalação de Peneiramento fino com abertura de 1 mm

Justificativa:

Conforme apresentado na etapa de diagnóstico, o acúmulo de espuma no interior da campânula pode prejudicar e até mesmo impedir a coleta do biogás gerado no reator UASB.

Com base na experiência do responsável técnico deste projeto, que acompanhou a operação de 14 ETE's com reatores UASB, desde o ano de 2002, foi verificado que a utilização de peneiramento fino com abertura de 1 mm contribuiu para evitar o acúmulo de espuma no interior do reator trifásico.

A lista de referência das ETE's acompanhadas por este responsável técnico é apresentada a seguir.

Nestas ETE's, nunca houve necessidade de interrupção da operação dos reatores por problemas relacionados ao acúmulo de espuma no interior das campânulas ou por entupimento no sistema de coleta de biogás.

Tabela 2. Lista de referências das ETE's com reatores UASB acompanhadas pelo autor deste projeto.

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
1	Águas do Mirante	Piracicaba/SP	3 x 22	2014
2	SAAE	Águas de Lindóia/SP	22	2014
3	Prefeitura Municipal	Reginópolis/SP	22	2014
4	CODEN	Nova Odessa/SP	4 x 45	2013



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	7 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

	OPERADOR	LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (l/s)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
5	SAEIT	Igarapu do Tietê/SP	45	2006
6	SEMAE	Piracicaba/SP	11	2006
7	DMAE	Poços de Caldas/MG	22	2002
8	DAE	Americana - SP	2 X 45	2018
9	BRK/SANEAQUA	Mainrinque-SP	45	2018
10	Estaleiro Jurong/SAAE	Aracruz-ES	33	2020
11	SAAESP	São Pedro - SP	2 x 45 s	2018
12	SAEAN – ETE Três Barras	Artur Nogueira - SP	1 x 45	2017
13	SAEAN – ETE Stocco	Artur Nogueira - SP	2 x 45	2018

Com base também nas inspeções realizadas nas ETE's do SAMAE, onde verificamos o acúmulo de espessas crostas de espuma no interior das campânulas dos reatores UASB, bem como a necessidade de sua remoção, incluímos então a instalação de peneiramento fino com abertura de 1 mm como uma das medidas para evitar o acúmulo de espuma.

Apresentamos à seguir as alternativas para peneiramento fino.

Tabela 3. Alternativas para peneiramento fino na ETE Tega.

	Descrição	Fabricantes
1	Tambor rotativo de fluxo interno	JS Filtração Vibropac Johnson Screens Werjen
2	Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal	
3	Cestos removíveis	JS Filtração Caldeirarias em geral

Tambor rotativo de fluxo interno

O tambor rotativo de fluxo axial ou interno corresponde ao equipamento para



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	8 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

peneiramento de esgoto recomendado pelo autor deste projeto, pelas seguintes razões:

- Elevado desempenho;
- Facilidade operacional;
- Perfil de tela autolimpante;
- Facilidade de manutenção.

A distribuição do esgoto no interior da peneira é realizada através de uma canaleta vertedora ao longo do comprimento do tambor em movimento. É importante destacar que o tambor deve estar em movimento durante a alimentação do esgoto, não devendo confundir o seu funcionamento com o de uma peneira estática.

A calha vertedora distribui o esgoto bruto em ambos os lados de seu comprimento, sendo que o lado contrário à rotação do tambor recebe a maior parcela da vazão. Esta forma de distribuição do esgoto no interior do tambor resulta na aplicação de esforços de cisalhamento sobre os resíduos, desagregando-os e promovendo a sua “lavagem”. O interior do tambor possui também “aletas” ou “pás” que direcionam os resíduos sólidos do fundo do tambor para a sua saída.

O tambor possui também dois ramais de limpeza, sendo um para o lado externo e outro para o lado interno, através de bicos ejetores que aplicam água com alta pressão.

Um grande diferencial desta tecnologia é que não há partes móveis, como coroa e pinhão, correntes, dentre outros, imersas no esgoto.

Como pontos negativos, no caso da ETE Tega, podemos destacar que é necessário desenvolver um projeto específico para alimentação da peneira, uma vez que não há estruturas aproveitáveis para isto. O local ideal para a sua instalação seria após o gradeamento fino. Porém, deve ser reservado desnível geométrico para garantir a pressurização do reator UASB. É necessário também um desnível geométrico para a descarga dos resíduos para uma caçamba. Caso contrário, seria necessário instalar um



	ESTUDO	Nº	REV.
		MD.SAMAE.6.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	9 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

parafuso classificador para o transporte vertical destes resíduos.

Assim, a instalação de uma peneira rotativa dentro da área da ETE Tega poderá certamente requerer um sistema de bombeamento.



Figura 1: Peneiramento com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.



Figura 2: Vista do interior da Peneira com tambor rotativo de fluxo interno. Fonte: Acervo do autor.

Modulação/quantidade: 2 em operação + 1 reserva

Capacidade unitária mínima: 1400 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 10 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de fluxo axial ou interno

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

Tambor rotativo de fluxo interno instalado em canal

Podem acomodar aberturas de 2 a 6 mm para tela perfurada e 0,25 mm a 2 mm para tela com perfil trapezoidal autolimpante. Possui parafuso classificador, que remove os sólidos para um sistema de lavagem e compactação.

Por possuir diversos sistemas integrados, com muitas partes móveis, quando comparado ao tambor rotativo de fluxo interno, sua manutenção é mais complexa. O rolamento de tela está sempre submerso em águas residuais e na prática precisa ser substituído periodicamente.

Para a manutenção do tambor rotativo submersível e peças é necessário também um dispositivo de basculação.

Sua instalação poderá ser feita após a desarenação, em tanque de concreto, sendo que o aproveitamento do perfil hidráulico corresponde a sua maior vantagem perante a alternativa em tambor rotativo de fluxo interno.



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.6.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	11 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			



Figura 3: Tambor rotativo de canal. Fonte: Catálogo técnico da empresa Vibropac.

Modulação/quantidade: 2 em operação + 1 reserva

Capacidade unitária mínima: 1400 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Peneira rotativa de canal

Abertura da tela: 1 mm

Materiais Construtivos:

Tela: Perfil trapezoidal em AISI 304 ou superior

Sua instalação poderá ser feita após a desarenação, em tanque de concreto, sendo que o aproveitamento do perfil hidráulico corresponde a sua maior vantagem perante a alternativa em tambor rotativo de fluxo interno.

Cestos removíveis

Os cestos removíveis correspondem à solução mais simples para o peneiramento. Este



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 12 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

equipamento normalmente é indicado para baixas vazões de esgoto e necessitam ser instalados onde haja desnível hidráulico suficiente para promover a lavagem dos resíduos e evitar a rápida colmatção das suas aberturas. Sua limpeza é feita de forma manual e em função de seu peso, pode ser necessária a utilização de sistema de içamento.

Para a ETE Tega, esta solução poderá ser implantada somente de forma EXPERIMENTAL, devido à elevada vazão. Pelo fato de a ETE Tega já possuir unidade de peneiramento mecanizado com abertura de 6 mm, entendemos que o peneiramento fino poderá ou não operar como etapa de “polimento” do pré-tratamento, estando sujeita a uma menor acumulação de resíduos sólidos.

Sua aplicação de forma experimental poderá ser realizada com facilidade, na caixa de distribuição do esgoto para o reator UASB. Constitui uma preocupação a operação de limpeza destes cestos, que deverá ser de forma manual.

Após a colocação em operação, caso constatado que a frequência de limpeza esteja dentro de parâmetros viáveis aos operadores, esta solução poderá ser implantada na escala total da ETE.



Figura 4: Gradeamento tipo cesto. Imagem meramente ilustrativa.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 13 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Modulação/quantidade: 3 por reator

Capacidade unitária mínima: 240 m³/h de esgoto gradeado em # 40 mm

Especificações Básicas:

Equipamento: Grade tipo cesto removível com limpeza manual

Abertura da tela: 1 mm

Dimensões aproximadas: 580 x 580 x 350 mm
Comprimento x largura x altura

Acessórios: Sistema de içamento do cesto para remoção dos sólidos

Materiais Construtivos:

Cesto: AISI 304

Içamento AISI 304

3.2 REATORES UASB

Conforme experiência do SAMAE, o uso de lonas de PVC com reforço em poliéster não foi bem-sucedida, devido a sua deterioração, falta de resistência mecânica, imprevisto na fabricação e dificuldades na conexão eficiente com a tubulação do biogás.

O uso de placas rígidas de PRFV foi parcialmente bem-sucedido na ETE Tega, sendo necessária a correção dos problemas de estanqueidade nos módulos 3 e 4, para corrigir o vazamento do biogás.

Não é possível colocar o reator UASB módulo 2 em operação sem antes fazer uma reforma completa nos separadores trifásicos, devido ao alto grau de deterioração das



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	14 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

campânulas do separador trifásico.

Apresentamos então as seguintes propostas para adequação e melhoria

- I. Substituição das campânulas dos reatores UASB;
- II. Substituição das tubulações internas de coleta do biogás.

Observações:

- I. Não se trata da apresentação da reforma completa do reator.
- II. As substituições acima envolvem previamente a revisão completa do projeto básico e executivo.
- III. A reforma completa do reator UASB depende também da revisão com potencial substituição dos seguintes itens:
 - a. Sistema de distribuição do esgoto no interior do reator;
 - b. Sistema de distribuição do esgoto na parte externa do reator;
 - c. Tubulações de interligação do tratamento preliminar ao reator UASB;
 - d. Sistema de pressurização do esgoto para o reator UASB.

3.2.1 Substituição das campânulas dos reatores UASB

Justificativa:

As campânulas dos reatores UASB são estruturas que em condições normais podem estar sujeitas a esforços de pressão interna de pequena magnitude.

Porém, no caso da ETE Tega, as campânulas encontram-se bastante submergidas e permite a entrada da espuma na tubulação de coleta do biogás, causando o seu entupimento. Para evitar que isto ocorra, foi prevista a pressurização através de selo hídrico, o que vem a aumentar consideravelmente os valores de empuxo e pressão sobre as campânulas.

O acúmulo e solidificação da espuma no interior da câmara de biogás aumenta ainda mais o valor do empuxo, sendo a causa principal do colapso de reatores UASB



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	15 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

existentes.

Os valores dos empuxos solicitantes foram calculados e são apresentados à seguir:

Em condições normais de operação: 128 kgf/m

Com aprisionamento total do biogás: 654 kgf/m

Portanto, devido às peculiaridades do reator UASB da ETE Tega, as alternativas para substituição das campânulas devem atender aos seguintes requisitos técnicos:

- Resistência mecânica adequada.
- Resistência à corrosão perante os compostos sulfurosos.
- Geometria compatível com o tanque de concreto do reator UASB.

Elencamos à seguir as seguintes alternativas para fabricação das campânulas dos reatores UASB para a ETE Tega.

Tabela 4. Alternativas para substituição das campânulas dos reatores UASB.

	Descrição	Fabricantes
1	Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs
2	Placas de Concreto armado	Construtoras
3	Chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base
4	Placas rígidas de PRFV	JE-Fiber Empresa de Engenharia Ambiental – EEA Fibrav Fibratec



	ESTUDO	Nº	REV.
		MD.SAMAE.6.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	16 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

Placas rígidas de Polipropileno ou PEAD

As placas rígidas de Polipropileno ou PEAD tem sido empregadas com bastante sucesso em reatores UASB e outros tipos de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes industriais.

Vantagens:

- Resistência mecânica suficiente;
- Elevada resistência à corrosão;
- Elevada vida útil;
- Material soldável em campo;

Desvantagens:

Não encontramos desvantagens perante as alternativas técnicas elencadas neste projeto. Porém, se o projeto do equipamento for inadequado, poderá haver problemas relacionados aos aspectos mecânicos e de processo.



Figura 5: Reator UASB em chapas de polipropileno. Fonte: Catálogo Hidrothane.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	17 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Chapas de aço inoxidável

As chapas de aço inoxidável devem ser no mínimo em AISI 304. Tecnicamente é um bom material, mas na prática, o seu custo tem sido o principal impeditivo para a sua aplicação, sendo por este motivo que normalmente não há registros de reatores UASB com campânulas em aço inoxidável.

As chapas muito finas encontram também problemas para serem soldadas em campo.

Placas de Concreto armado

Tecnicamente o uso de concreto armado para a fabricação das campânulas dos reatores UASB é desvantajoso pelas seguintes razões:

- A norma NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto, exige recobrimento mínimo da armadura de 4,5 cm para estruturas em classe de agressividade ambiental IV, o que inclui o interior do reator UASB. Portanto, a fabricação das campânulas em concreto armado resultará demasiadamente espessa.
- Não é desejável também que haja mais estruturas fixas dificultando ainda mais o acesso ao interior do reator.
- O peso das estruturas de concreto é demasiadamente alto e irá demandar novos suportes e ancoragens, sendo estes um dos fatores impeditivos à sua aplicação na ETE Tega.
- A estrutura de concreto necessita ser impermeabilizada e protegida contra a corrosão.

As vantagens do uso de placas rígidas de concreto são:

- O elevado peso contribui para resistir aos esforços de empuxo no interior das campânulas.
- Elevada resistência mecânica, mantendo sua integridade estrutural mediante aos esforços de empuxo.



	ESTUDO	Nº	REV.
		MD.SAMAE.6.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	18 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

Placas rígidas de PRFV

O uso de placas rígidas de PRFV tem sido tradicionalmente empregado na fabricação de campânulas para reatores UASB no Brasil.

Há que se considerar as seguintes particularidades para os reatores UASB da ETE Tega:

- O acesso ao interior do reator se dá apenas pelas aberturas na laje de cobertura, com largura de 800 mm e comprimento máximo de 7.400 mm.
- O projeto das campânulas em PRFV deve ser totalmente revisado, para que haja um mínimo de serviços de campo.

Sendo resolvidas as questões de projeto, algumas das desvantagens são:

- A elevada quantidade de serviços de emendas em campo pode inviabilizar a alternativa em PRFV, devido ao elevado consumo de materiais (manta de fibra de vidro, resinas, etc), que resultam também em gases tóxicos em quantidades elevadas para ambientes confinados.



Figura 6: Campânulas para reator UASB fabricadas em PRFV. Fonte: Catálogo técnico da empresa JE-FIBER.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	19 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

3.2.2 Substituição das tubulações internas de coleta do biogás

Justificativa:

A substituição das tubulações internas de coleta do biogás devem ocorrer de forma concomitante à substituição das campânulas.

As alternativas de materiais devem atender aos seguintes requisitos técnicos:

- Resistência à corrosão;
- Estanqueidade das conexões;

As principais alternativas para tubulações de biogás normalmente empregadas em ETE's são as seguintes:

Tabela 5. Alternativas para substituição das tubulações internas de coleta do biogás dos reatores UASB.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's.

O uso de tubulação em aço carbono e aço galvanizado não é recomendado para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.



	ESTUDO	Nº	REV.
		MD.SAMAE.6.2.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	20 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			



Figura 7: Tubulação de coleta do biogás da ETE de Itabirito-MG, fabricada em aço galvanizado, estando totalmente corroída. Fonte: Acervo do autor.

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, possuem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, não sendo recomendado o seu uso caso a tubulação esteja exposta ao sol.

São soldáveis em campo, havendo alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade no mercado de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possui menor resistência mecânica, em relação às outras alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

A execução das emendas e soldas para esta alternativa não depende do uso de solventes e gases, além de não produzir efluentes gasosos, sendo mais favorável do ponto de vista de atendimento às normas de segurança de trabalho, no tocante a



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 21 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

ambientes confinados, devido ao uso de processos de solda com gases inertes, dentre outros.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica. A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

A execução das soldas deve atender também às normas de segurança de trabalho, no tocante a ambientes confinados, devido ao uso de processos de solda com gases inertes, dentre outros.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígido ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	22 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

A execução das emendas deve atender também às normas de segurança de trabalho, no tocante a ambientes confinados, devido ao uso de resinas sintéticas.

3.2.3 Correção dos vazamentos de biogás nas campânulas

Justificativa:

Conforme apontado no diagnóstico da ETE Tega, nos reatores UASB módulos 3 e 4, executados com campânulas em placas rígidas de PRFV, foi verificado vazamentos de biogás pelas campânulas de forma contínua para a zona de exaustão, sendo mais críticos no módulo 3. Tais vazamentos necessitam ser corrigidos, pois quando estes módulos forem colocados para operar à plena carga, a vazão de vazamento de biogás poderá aumentar, atingindo valores críticos para a formação de atmosferas explosivas.

Os reatores UASB módulos 3 e 4 foram pouco utilizados e apresentam-se conservados.

A solução basicamente envolve a aplicação de resinas ou gel coat específicas para a impermeabilização e proteção contra a corrosão em reatores UASB e peças de fibra de vidro, que após a polimerização, formam uma membrana impermeável e monolítica (Revestimento monolítico).

É necessário realizar o esvaziamento e limpeza do interior dos reatores. Como medida complementar visando prolongar a vida útil do reator, recomenda-se aplicar também a camada de revestimento sobre as tubulações de ferro fundido localizadas dentro do reator.

É necessário remover a camada de tinta existente nas regiões a serem impermeabilizadas.

O revestimento monolítico para o interior dos reatores UASB deve atender às



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	23 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

seguintes especificações:

- Formação de uma estrutura monolítica (sem juntas);
- Alta resistência abrasiva e a intempéries;
- Alta resistência a compostos sulfurosos e umidade;
- Alta aderência a superfícies de PRFV, PVC rígido, concreto e metálicas;
- Baixa espessura e peso;
- Impermeabilidade;
- Superfície lisa e de fácil limpeza;
- Rápida execução e cura.
- Amplo histórico de aplicações em reatores UASB e PRFV.

As principais alternativas para execução do revestimento monolítico são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 7. Alternativas para substituição das tubulações internas de coleta do biogás dos reatores UASB.

	Descrição	Fornecedores
1	Revestimento monolítico com Resina isoftálica com NPG	Poliresinas (Resina Poli 2001) Polglass Ideal
2	Revestimento monolítico com Poliuretano vegetal	Miaki Revestimentos (Ureflex) Imperveg Sinergia Viapol impermeabilizantes

Resina isoftálica com NPG

A resina isoftálica é um produto amplamente utilizado no segmento industrial e também para fabricação de peças de PRFV. Possui viscosidade média e após a polimerização, cria uma película protetora na superfície com elevada resistência mecânica. A resina isoftálica com NPG é utilizada quando as peças necessitam ficar em



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	24 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

contato contínuo com água. Possui alta resistência à hidrólise e alta aderência com PVC rígido. Sua utilização para impermeabilização

Poliuretano vegetal

O uso do poliuretano vegetal na impermeabilização interna de reatores UASB encontra-se bastante consolidado, contando com um amplo histórico de aplicações e podendo ser utilizado em todas as estruturas internas do reator UASB, tais como tubulações internas e tanque de concreto. Possui também a vantagem de ser isento de solvente, o que permite sua aplicação em ambientes fechados. Atende a NBR 15.487:2007 – Membrana de poliuretano para impermeabilização.

Soma-se às vantagens desta alternativa o fato de ser um produto ambientalmente amigável, por ser obtido de recursos naturais renováveis (óleo de mamona) e por serem atóxicos, livre de metais pesados e solventes.

3.2.4 Instalação de insertes metálicos

Justificativa:

Os insertes metálicos correspondem à dispositivos de tubulações embutidos na parede de concreto para conectar a tubulação interna com a tubulação externa ao reator. Estes insertes metálicos devem ser fabricados em materiais resistentes mecanicamente e contra a corrosão e devem garantir também a estanqueidade, de forma a evitar vazamentos de biogás e esgoto. Para isto, o inserte possui aba de travamento que também tem a função de melhorar a vedação.

Atualmente a tubulação de PVC é embutida diretamente na parede. Esta alternativa dispensa custos adicionais com insertes metálicos, porém não permite a realização de desmontagem para manutenções emergenciais.

Sua instalação em estruturas de concreto existente é feita através da abertura com martelo rompedor, seguida pela limpeza, posicionamento do inserte e grauteamento.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	25 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

As principais alternativas para execução dos insertes metálicos são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 8. Alternativas para insertes metálicos.

	Descrição	Fabricantes
1	Aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Calderarias*
2	Ferro fundido	Tec San PAM Saint Gobain Ferpac Hidramac

Inserte metálico em aço inoxidável

São resistentes à corrosão e podem ser fabricados sob medida. São facilmente soldáveis e permitem adequações em campo, caso seja necessário.



Figura 1: Inserte metálico tipo “Carretel” em aço inoxidável.

Inserte metálico em ferro fundido

Deve possuir revestimento de proteção contra a corrosão. É fornecido por grandes empresas, altamente especializadas na fabricação de tubos e acessórios em ferro



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 26 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

fundido. Havendo algum dano, sua recuperação é bastante difícil de ser executada.



Figura 2: Inserte (toco) de ferro fundido com aba de vedação.

3.3 SISTEMA DE QUEIMA DO BIOGÁS

O principal objetivo do sistema de queima de biogás da ETE Tega é a redução de risco de acidentes devido à formação de atmosferas explosivas. Como objetivos secundários, temos a redução das emissões de gás metano, por questões ambientais, e redução das emissões de gás sulfídrico, que podem causar incômodos relacionados à exalação de odores desagradáveis.

Observações:

- 1) Não será feito o reaproveitamento energético do biogás, de modo que não é necessário o beneficiamento prévio do biogás, com remoção de umidade, material particulado, gás sulfídrico, gás carbono, dentre outros.

Operacionalmente, o sistema de queima deve então focar na queima imediata do biogás produzido nos reatores UASB.

Na ETE Tega será necessária a correção para adequação do sistema de queima do biogás, de forma a incluir os requisitos mínimos.

- Instalação de selo hídrico



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 27 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

- Substituição da tubulação do biogás
- Substituição do queimador

Com base na estimativa das vazões de biogás realizada na etapa de diagnóstico, encontramos grande variação, o que normalmente está acima da capacidade dos queimadores.

Tabela 9. Vazões médias estimadas de biogás para cada módulo de sistema de queima.

	Unidade	Vazão estimada de biogás	
		Balanco de massa	PROBIO 1.0
Cenário I	m³/h	4,0	2,9
Cenário II	m³/h	8,2	7,0
Cenário III	m³/h	65,0	80,4
Cenário IV	m³/h	81,3	72,5

Devido à grande variabilidade da vazão de biogás, uma das estratégias para evitar ociosidade nos equipamentos a serem adquiridos é a implantação em etapas, devendo-se prever facilidades para ampliações.

Na etapa inicial o sistema de queima deve ser capaz de tratar as seguintes vazões de biogás:

Vazão máxima de biogás: 20 m³/h

Vazão mínima de biogás: 3 m³/h

Já o projeto de tubulação deve ser dimensionado considerando a vazão de 80 m³/h, considerando dois subsistemas de coleta de queima do biogás, ou 160 m³/h, considerando um único sistema de coleta e queima de biogás.

O diâmetro mínimo da tubulação deverá ser de 100 mm, o que é adequado à manutenção para remoção de partículas sólidas (escuma) que possam adentrar



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	28 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

acidentalmente na tubulação, devido à falhas no selo hídrico, por exemplo.

Recomendamos instalar medidor de vazão do biogás, dada a dificuldade na previsibilidade das vazões das etapas intermediárias.

3.3.1 Instalação de selo hídrico

Justificativa:

O selo hídrico tem como função principal criar um volume pressurizado de biogás no interior da campânula, para evitar que as escumas flutuantes entrem na tubulação do biogás.

O selo hídrico é um dispositivo indispensável ao funcionamento do reator UASB da ETE Tega. Porém, sua instalação não foi prevista no projeto inicial, não sendo viável a sua instalação como equipamento interno, devendo ser instalado externamente ao longo da tubulação externa do biogás.

Tabela 10. Alternativas para fabricação do selo hídrico.

	Descrição	Fornecedores
1	Selo hídrico fabricado em chapas de aço inoxidável	Dedini Ind. de Base Empresas locais (Caxias do Sul)
2	Selo hídrico fabricado em placas rígidas de Polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Ecoscienses Alphenzs

Ambas as alternativas apresentaram o mesmo desempenho e facilidades para manutenção e adequações. A alternativa em aço inoxidável AISI 304 poderá oferecer maior vida útil. O diferencial na escolha da alternativa será o custo de aquisição.

Modulação/quantidade: 1 em operação + 1 reserva no futuro



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	29 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Capacidade unitária mínima: 160 m³/h de biogás

3.3.2 Substituição da tubulação externa do biogás

Justificativa:

O atual sistema de tubulações externas de coleta do biogás foi construído a partir de tubulações de PVC rígido com conexões tipo ponta e bolsa soldáveis.

- Existência de pontos baixos com formação de sifões;
- Ausência de válvulas de bloqueio na saída de cada reator UASB;
- Indícios de entupimento, haja visto que não há escoamento de biogás para os sistemas de filtração e queima do biogás.
- Deterioração da tubulação de PVC exposta ao sol.

Tabela 11. Alternativas para substituição da tubulação externa de biogás.

	Descrição	Fornecedores
1	Tubos em polipropileno ou PEAD	Paques Brasil Dedini Ind. de Base Alphenz
2	Tubos em aço inoxidável	
3	Tubos em PRFV	

*Os fabricantes de tubos e acessórios podem não fazer a instalação do sistema de tubulações. Portanto, foram listadas algumas empresas que tradicionalmente fazem tanto o fornecimento de materiais como a instalação destes sistemas de tubulações em ETE's, não sendo necessariamente os fabricantes. Tratando-se somente da do fornecimento e instalação de tubulação, há uma grande quantidade de empresas com plena capacidade técnica, inclusive no município sede.

As alternativas em tubulação de aço carbono ou aço galvanizado não adequadas para esta aplicação, por não apresentarem resistência à corrosão.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 30 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Tubos em Polipropileno ou PEAD

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil. Porém, por possuírem também alto coeficiente de dilatação ou expansão térmica, pode não ser adequado para a esta aplicação, onde haverá extensões de tubulação de cerca de 100 m, expostas ao sol.

São soldáveis em campo, por alternativas de alto desempenho, tais com as soldas de topo com placas aquecidas e conexões para eletrofusão.

A disponibilidade de tubulações e acessórios em PEAD é maior do que em Polipropileno, podendo ser este um fator decisivo para a escolha da alternativa em PEAD.

Possui menor resistência mecânica, em relação às alternativas, podendo exigir uma maior quantidade de suportes.

Tubos em aço inoxidável

Possuem alta resistência à corrosão e elevada vida útil, além do diferencial de alta resistência mecânica e baixo coeficiente de dilatação térmica.

A questão do custo será o diferencial na sua escolha.

Tubos em PRFV

Atendem aos requisitos de durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão. Deve ser prestada especial atenção às emendas entre tubos, as quais podem ser do tipo:

Junta rígida ponta e bolsa soldada:

A união ocorre mediante a introdução da ponta do tubo na bolsa, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	31 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Junta rígida ponta solda (JR-PPS)

União de topo das extremidades do tubo, e a restauração da capacidade resistiva é feita por laminação manual por meio da aplicação de uma bandagem constituída por manta, tecido e resina (Kit de solda).

Junta rígida flangeada (JR-FL)

A união ocorre com a utilização de flanges fixados por parafusos com junta de borracha.

3.3.3 Substituição do queimador do biogás

Justificativa:

A concepção atual do sistema de filtração e queima do biogás não apresenta os dispositivos mínimos de segurança, 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.

Estes itens normalmente são fornecidos junto com o queimador, e fazem parte da garantia de desempenho e contratual, não sendo indicado que sejam fornecidos separadamente.

Processo de queima do biogás:

A eficiência da destruição do biogás depende de 3 fatores:

- I. Temperatura de combustão;
- II. Proporção da mistura ar - combustível;
- III. Tempo de residência dos gases na câmara de combustão.

A temperatura de combustão deve ser maior que a temperatura de autoignição do gás metano, que corresponde à 540º C.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	32 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

A falta de oxigênio na mistura ar – combustível resulta em combustão incompleta, com emissão de gás metano, monóxido de carbono e gás sulfídrico. Na prática, não é possível controlar a quantidade de ar fornecida ao processo, sendo recomendado manter uma quantidade maior que a requerida teoricamente.

O tempo de residência na câmara de combustão na faixa de 0,5 a 2 segundos é necessário para que a queima seja satisfatória.

Na tabela a seguir, são apresentados dados que relacionam a eficiência na destruição de gás metano e gás sulfídrico com os principais parâmetros.

Tabela 12. Eficiência da destruição do metano em função da temperatura.

Eficiência de destruição (%)	Temperatura (° C)	Tempo de residência (s)
95%	690	0,5
98%	745	0,5
99%	790	0,75
99,9%	830	1,00
99,99%	885	2,00

Para estações de tratamento de esgoto, as tecnologias para a queima do biogás normalmente disponíveis no mercado são:

Tabela 13. Alternativas para queima do biogás.

	Descrição	Fabricantes
1	Queimador de chama aparente	Teccalor
2	Queimador de chama semi-enclausurada	Combustec
3	Queimador de chama enclausurada	Wolta
		Biochama
		Brasprocess



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 33 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Queimador de chama aparente

O queimador de chama aparente basicamente não possui câmara de combustão e por isso alcança menores temperaturas durante a queima. Assim, sua eficiência é menor, porém é mais apropriado para aplicações com baixa vazão de biogás. Basicamente sua operação pode ser automatizada através de ignitor temporizado e válvula mantenedora de pressão, cuja função é estabelecer um valor mínimo de pressão de biogás para alimentação do queimador, fazendo sua interrupção durante os horários em que a produção de biogás é nula ou muito baixa. Assim, evita-se misturas pobres em combustível, o que também interfere na eficiência da queima.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula de alívio sustentadora de pressão (controle de pressão à montante);
- Válvula bloqueio;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Painel do ignitor.





	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 34 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

Figura 3: Flare de chama aparente fabricado e fornecido pela Combustec. Fonte: Catálogo técnico da empresa Combustec.

Queimador de chama semi-enclausurada

O queimador de chama semi-enclausurada combina características dos queimadores de chama aparente e enclausurada. Basicamente o queimador possui câmara de combustão simples, com dimensões menores que a do queimador de chama enclausurada, para evitar a dispersão da chama.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação pode ser totalmente automatizada para o objetivo de queima imediata do biogás.

Componentes mínimos:

- Corpo do queimador, em aço inoxidável AISI 304 ou superior;
- Válvula solenoide;
- Válvula bloqueio na entrada do queimador;
- Válvula corta chamas;
- Válvula de dreno.
- Pannel do ignitor.

Queimador de chama enclausurada

O queimador de chama enclausurada câmara de combustão com proteção contra chuva e vento e isolante térmico para reduzir perdas de calor. Assim, busca-se atingir altas temperaturas na queima, com altos tempos de residência, garantindo assim altas eficiências na destruição do metano e gás sulfídrico.

É recomendado para ETE's de médio e grande porte, com vazões de biogás a partir de 100 Nm³/h. Sua operação necessita ser automatizada, sendo comuns apresentarem dispositivos para controle de temperatura, vazões e pressão. A relação dos



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 35 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

equipamentos mínimos é mais sofisticada e poderá ser mais difícil uma equalização de especificações técnicas entre os fornecedores deste equipamento.



Figura 4: Flare de chama enclausurada fabricado e fornecido pela Brasprocess. Fonte: Catálogo técnico Brasprocess.

4 PROJETO BÁSICO

Para executar a proposta de substituição das campânulas e tubulações internas, é necessário fazer antes uma revisão do projeto com os seguintes objetivos:

- I. Correção dos problemas crônicos relacionados ao projeto da ETE, conforme apontado na etapa de diagnóstico;
- II. Fornecer detalhamento suficiente da proposta para permitir a sua cotação.

Os equipamentos internos do reator devem ser reprojutados simultaneamente. Caso contrário, o desempenho do reator em relação à sua eficiência e operação podem ser



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 36 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

prejudicados.

A simples substituição através do uso de materiais mais resistentes resolve parcialmente os problemas detectados em campo, mas não oferecem garantias de desempenho.

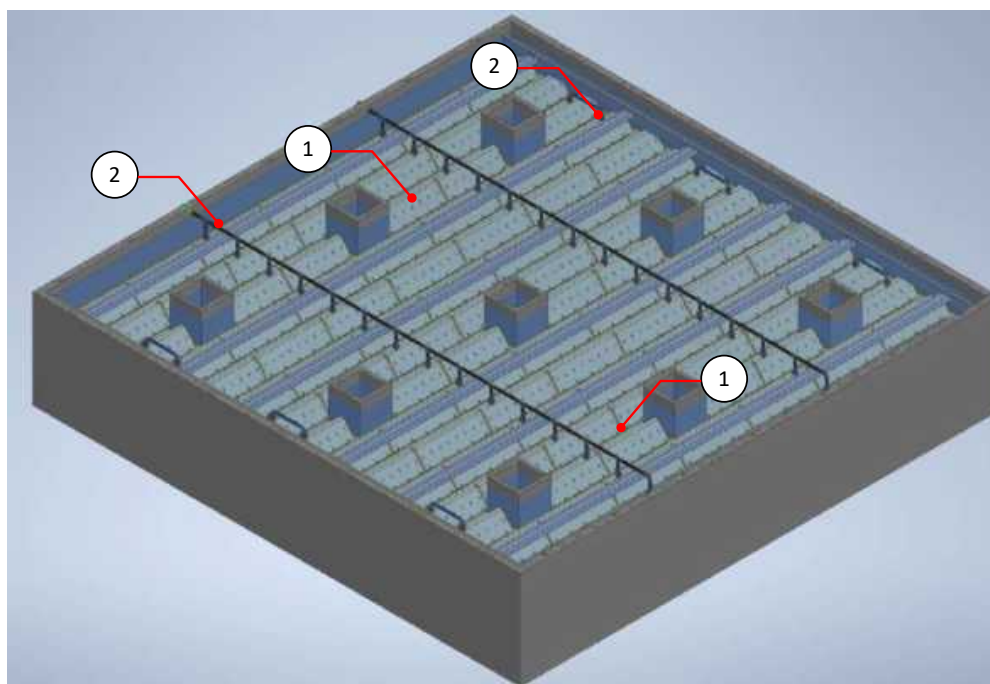


Figura 5: Vista do interior do Reator UASB da ETE Tega reprojetoado: Cjto de campânulas (1) e tubulações internas (2).

4.1 CAMPÂNULAS DO REATOR UASB

Diretrizes consideradas na elaboração do projeto:

- I. Uso de materiais adequados.
- II. Análise de interferências.
- III. Garantia de estanqueidade do biogás.

Os materiais a serem utilizados na fabricação das campânulas devem possuir:

- Resistência mecânica adequada.
- Resistência à corrosão.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	37 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

- Viabilidade econômica.

Os seguintes materiais atendem a estes requisitos:

- Placas rígidas de Polipropileno, com espessura mínima de 8 mm.
- Placas rígidas de PEAD, com espessura mínima de 8 mm.
- Placas rígidas de PRFV, com espessura mínima de 8 mm.

As opções em polipropileno e PEAD permitem a execução de soldas em campo.

A opção em PRFV permite a execução de emendas em campo, mas pode não ser competitiva, por requerer maior quantidade de mão de obra e utilizar solventes e malha de fibra de vidro. Já a emenda de forma mecânica (parafusada), aumenta bastante o custo desta alternativa e requer medidas adicionais para melhorar a estanqueidade.

Os esforços solicitantes principais correspondem ao empuxo do biogás no interior da campânula. Os valores dos empuxos solicitantes foram calculados e são apresentados à seguir:

Em condições normais de operação: 128 kgf/m

Com aprisionamento total do biogás: 654 kgf/m

As dimensões para o cálculo dos volumes de biogás no interior das campânulas são apresentados na figura a seguir.

O projeto foi desenvolvido em software 3D com funcionalidades para realizar análise de interferências. As aberturas para o acesso ao interior do reator possuem as seguintes dimensões em planta:

Comprimento máximo: 7,4 m

Largura máxima: 0,8 m



	ESTUDO Nº	REV. R0
	MD.SAMAE.6.2.01.R0	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA 38 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

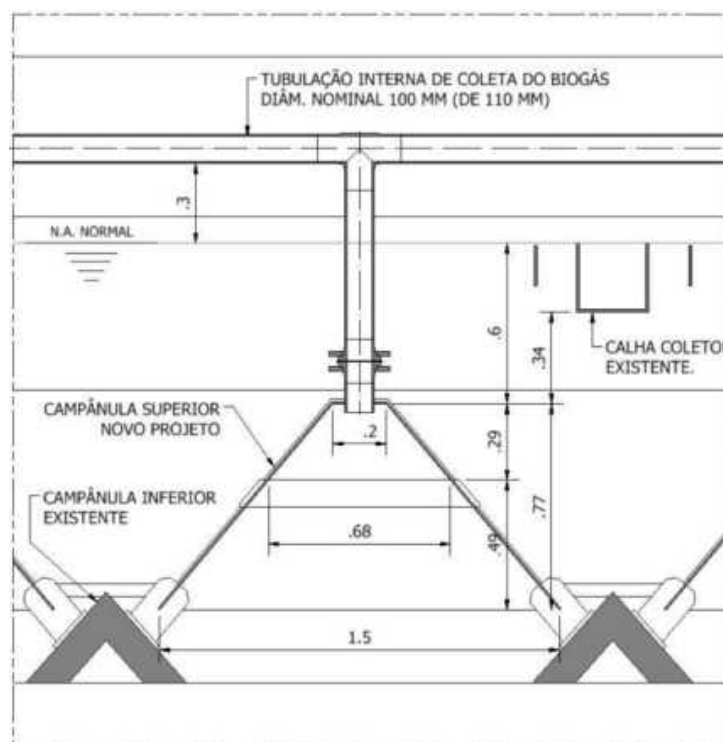


Figura 6: Detalhe típico da campânula reprojeta.

Considerando o uso de placas rígidas de polipropileno ou PEAD, a garantia da estanqueidade dependerá também da qualidade da execução das soldas e dobras.

O projeto dos módulos de campânulas foi feito para aproveitamento máximo do comprimento das placas, visando reduzir a quantidade de soldas.

As placas rígidas de Polipropileno e PEAD para espessuras até 20 mm podem ser fornecidas nas seguintes medidas:

Comprimento máximo: 4.000 mm

Largura máxima: 2.000 mm



	ESTUDO	Nº	REV.
	MD.SAMAE.6.2.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	39 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA			

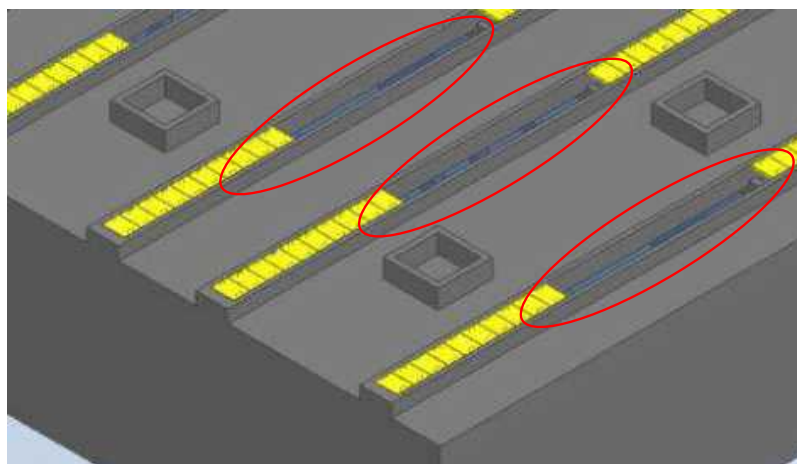


Figura 7: Aberturas para acesso ao interior do reator UASB.

Poderão ser utilizados comprimentos maiores, visando reduzir a quantidade de emendas em campo, à critério do fornecedor, desde que não ocorra danos no transporte e instalação.

Os ângulos das campânulas devem ser feitas através de dobras em chapa única e não através de emendas entre duas chapas.

Todos os componentes das campânulas poderão entrar nos reatores com extrema facilidade, dado que o peso de cada peça é no máximo 75 kg, podendo ser descidas manualmente e com segurança por 4 montadores.

Preferencialmente os módulos das campânulas devem ser pré-fabricados em galpão industrial, de forma a garantir maior qualidade em resistência mecânica e estanqueidade.

As campânulas devem ter pelo menos as dobras e soldas dos tirantes executados em fábrica, antes de serem enviadas para instalação em campo. Nas peças onde determinadas, deverão ser soldados também os tocos de tubulação, pestana e flange.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 40 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

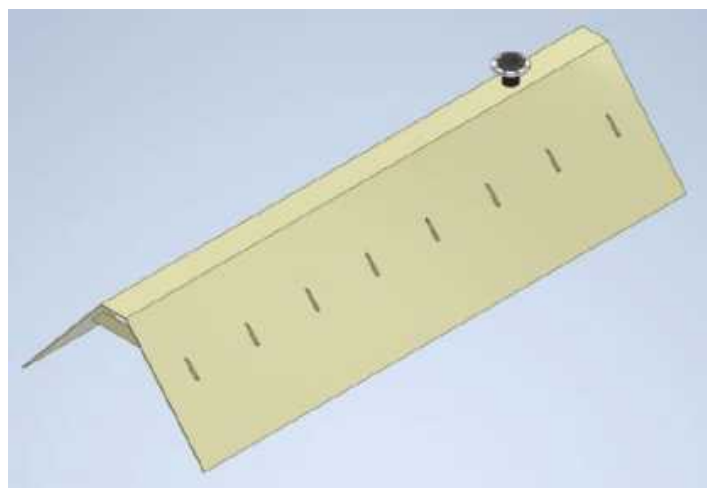


Figura 8: Componente pré-fabricado da campânula.

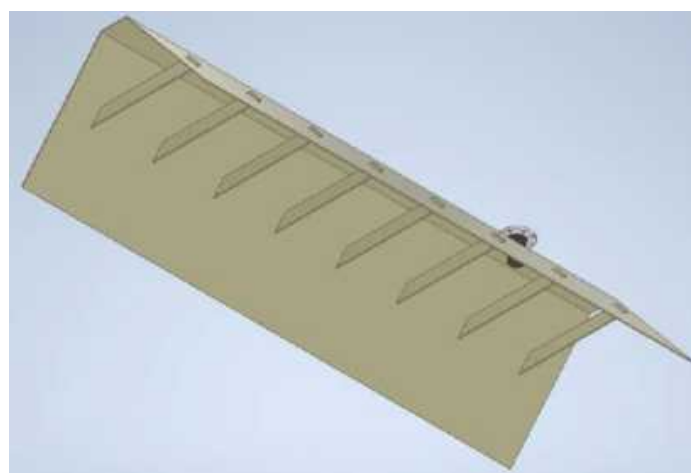


Figura 9: Vista do interior do componente pré-fabricada das campânulas.

Soldas das campânulas a serem executadas no interior do UASB:

- 1) Chapa de fechamento de fundo: Deverão ser soldadas após o transporte das campânulas e demais peças ao interior do reator.
- 2) Suportes das campânulas: Deverão ser soldadas após o nivelamento do conjunto de campânulas.



	ESTUDO Nº	REV. R0
	MD.SAMAE.6.2.01.R0	
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA 41 DE 47
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

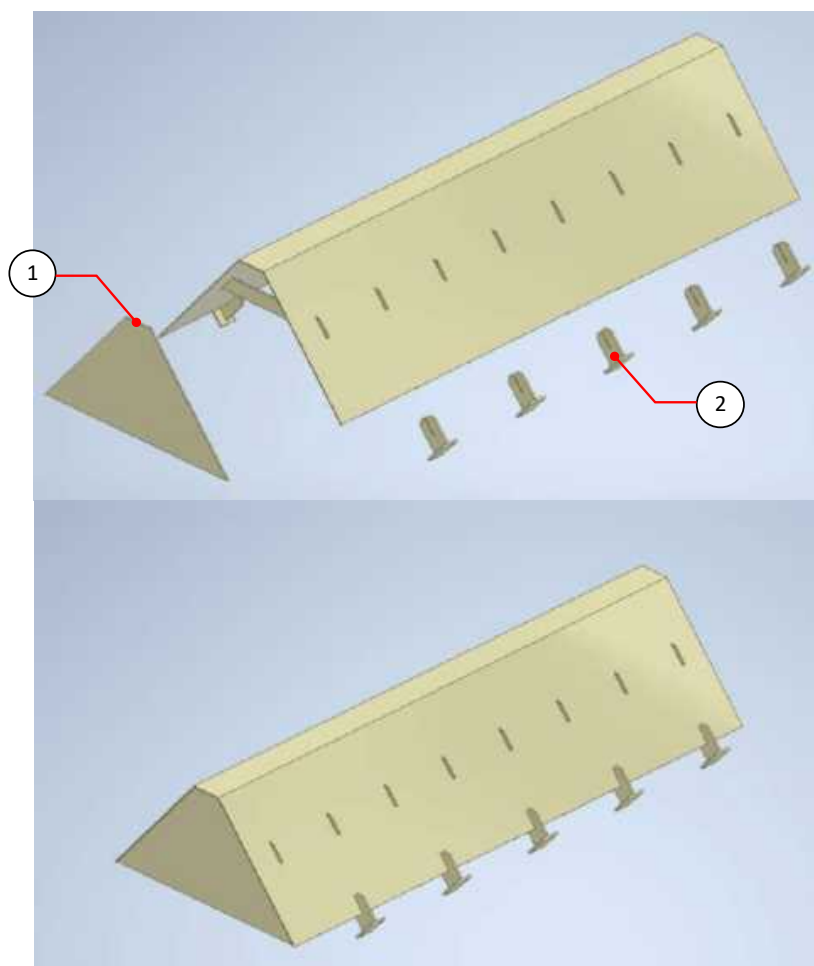


Figura 10: Soldas nas campânulas que devem ser executadas em campo.

As emendas longitudinais serão executadas através de um reforço de aba, que tem a função também de permitir ajustes em relação ao comprimento. As abas devem ser soldadas em ambos os lados, conectando duas campânulas. Para melhor resistência e estanqueidade, recomenda-se executar as soldas tanto no lado interno da campânula como também no lado externo.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 42 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

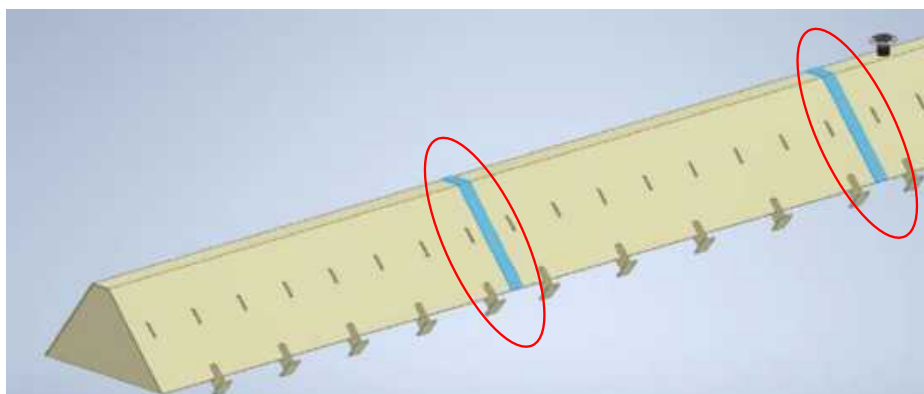


Figura 11: Emendas longitudinais entre campânulas.

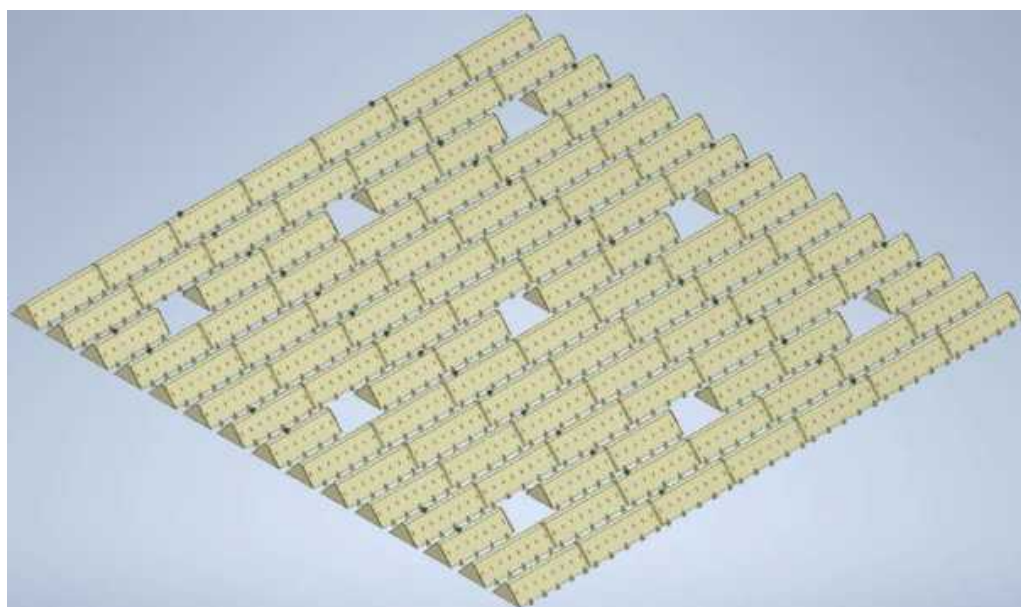


Figura 12: Conjunto total de campânulas do projeto do reator UASB da ETE Tega. O peso total das campânulas na opção em chapas de polipropileno corresponde a aproximadamente 8.120 kg.

4.2 TUBULAÇÃO INTERNA DE COLETA DO BIOGÁS

Diretrizes consideradas na elaboração do projeto:



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 43 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

- I. Simplificação da concepção do sistema de coleta de biogás.
- II. Aumento do diâmetro para evitar entupimento devido à entrada de espuma.
- III. Uso de conexões mais seguras e que permitam a manutenção.

A concepção do sistema de tubulação foi simplificada, resultando em menor extensão. Isto decorre que a própria campânula corresponde a um elemento para escoamento horizontal do biogás ao longo do seu comprimento. É necessário apenas realizar a adequada interligação entre todas as campânulas.

Através da simplificação, a extensão total da tubulação interna passou a ser de 71,4 m.

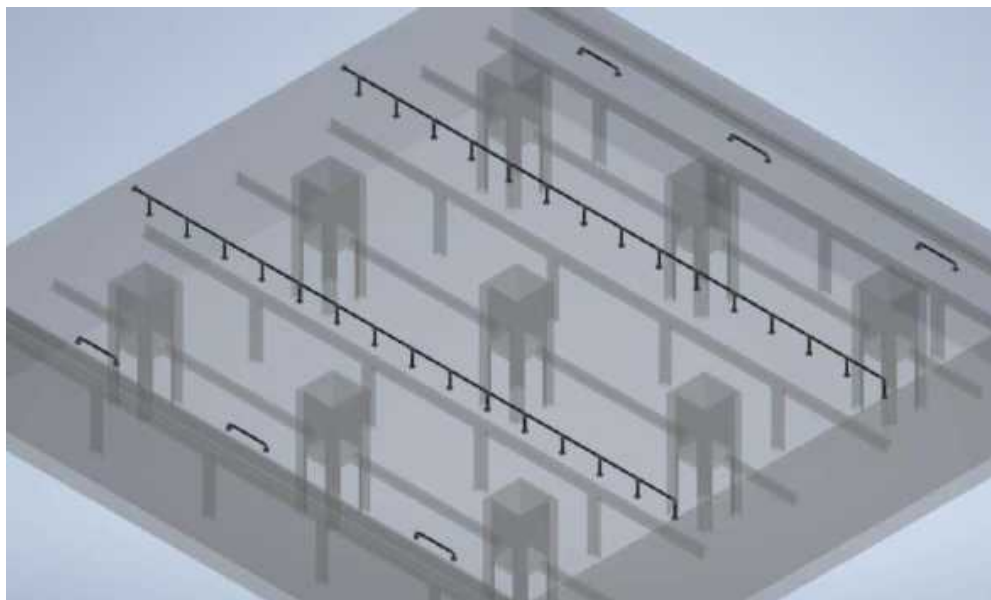


Figura 13: Concepção do sistema de tubulações internas para coleta do biogás dos reatores UASB da ETE Tega.

O diâmetro mínimo da tubulação será aumentado para 100 mm, visando evitar entupimentos pela entrada da espuma.

Serão permitidas somente dos seguintes tipos de emenda;

- Solda de topo com placa aquecida;
- Luva de eletrofusão.

Onde indicado no projeto, deverão ser utilizada conexões flangeadas, que permitirão a



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	44 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

desmontagem da tubulação para realização de limpeza e manutenção.

4.3 SELO HÍDRICO

Diretrizes consideradas na elaboração do projeto:

- I. Controle do nível d'água.
- II. Bocal de acesso para remoção de sólidos.
- III. Previsão de conexão flangeada para interligação com reservatório de biogás.

Será utilizada água limpa para enchimento do selo hídrico. A alimentação com água controlada por válvula esfera flutuante de instalação externa, cuja função é a mesma de um registro de boia. Haverá uma tubulação "ladrão" para o excesso de água.

A tubulação de entrada do biogás estará a uma profundidade que garantirá 850 mmca de contrapressão que o selo hídrico deverá promover, somado também à pressão de operação do flare, da ordem de 30 a 50 mmca.

Não será utilizado difusor do biogás para evitar a formação de borbulhamento excessivo, devido ao risco de entupimento por entrada de espuma na tubulação.

Será feito um rasgo na extremidade da saída do tubo, que poderá reduzir o borbulhamento excessivo.

O volume do selo hídrico é o suficiente para evitar as altas vazões de biogás promovam desuniformidade na contrapressão a ser fornecida.

O projeto básico do selo hídrico na alternativa em chapas de PP ou PEAD é apresentado no desenho DE.SAMAE.6.2.10.



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 45 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

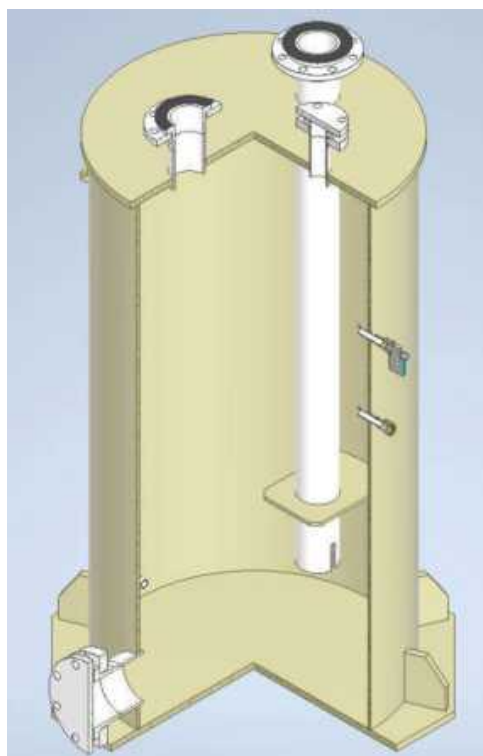


Figura 14: Desenho do selo hídrico para a ETE Tega, projetado em chapas de polipropileno.

4.4 TUBULAÇÕES EXTERNAS DE COLETA DO BIOGÁS

Tendo em vista a substituição das tubulações externas e queimadores, foram elaboradas 3 alternativas de concepção do sistema de coleta e queima do biogás na ETE Tega, onde o foco é o detalhamento da diretriz das tubulações e localização dos queimadores.

Alternativa 1:

Nesta alternativa são mantidas as locações atuais dos dois queimadores. A alternativa 1 é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.6.2.01.1.R0 e DE.SAMAE.6.2.01.2.R0.

A divisão em dois módulos queimadores pode ser vantajosa quando houver a produção total de biogás prevista neste projeto, que poderá ser da ordem de 80 m³/h. Porém, para as baixas vazões verificadas atualmente, a divisão em dois subsistemas



	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA		FOLHA 46 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

pode resultar em elevada ociosidade e alto custo.

Esta alternativa apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inoxidável AISI 304 DN 4 Pol:	177,4 m
Selo hídrico:	2 unidades
Flare de chama aparente:	2 com cap. 3 a 20 m³/h

Alternativa 2:

Nesta alternativa será mantida a locação do queimador do biogás dos reatores UASB módulos 1 e 2 e será feita a alteração da locação do queimador dos reatores UASB módulos 3 e 4. A alternativa 2 é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.6.2.02.

Nesta alternativa não é necessário o uso de tubulações enterradas e a locação do queimador 2 que atende aos reatores 3 e 4 ficará mais afastada da vegetação, o que diminui o risco de incêndios acidentais. Esta alternativa apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inoxidável AISI 304 DN 4 Pol:	16,5 m
Selo hídrico:	2 unidades
Flare de chama aparente:	2 com cap. 3 a 20 m³/h

Alternativa 3:

Nesta alternativa é utilizado somente um sistema de queima do biogás para atendimento a todos os módulos de reatores UASB da ETE Tega. A alternativa 3 é apresentada nos desenhos DE.SAMAE.6.2.03.

Nesta alternativa não é necessário o uso de tubulações enterradas e foi previsto um afastamento mínimo de 20 metros do queimador em relação aos reatores UASB. A locação do queimador é a mais segura em termos de riscos incêndios acidentais, por



26807000010642

	ESTUDO Nº MD.SAMAE.6.2.01.R0		REV. R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TEGA	FOLHA	47 DE 47
	TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS - TEGA		

estar mais isolada e afastada das matas. Esta alternativa apresenta os seguintes indicadores:

Tubulação de aço inoxidável AISI 304 DN 4 Pol: 174,1 m

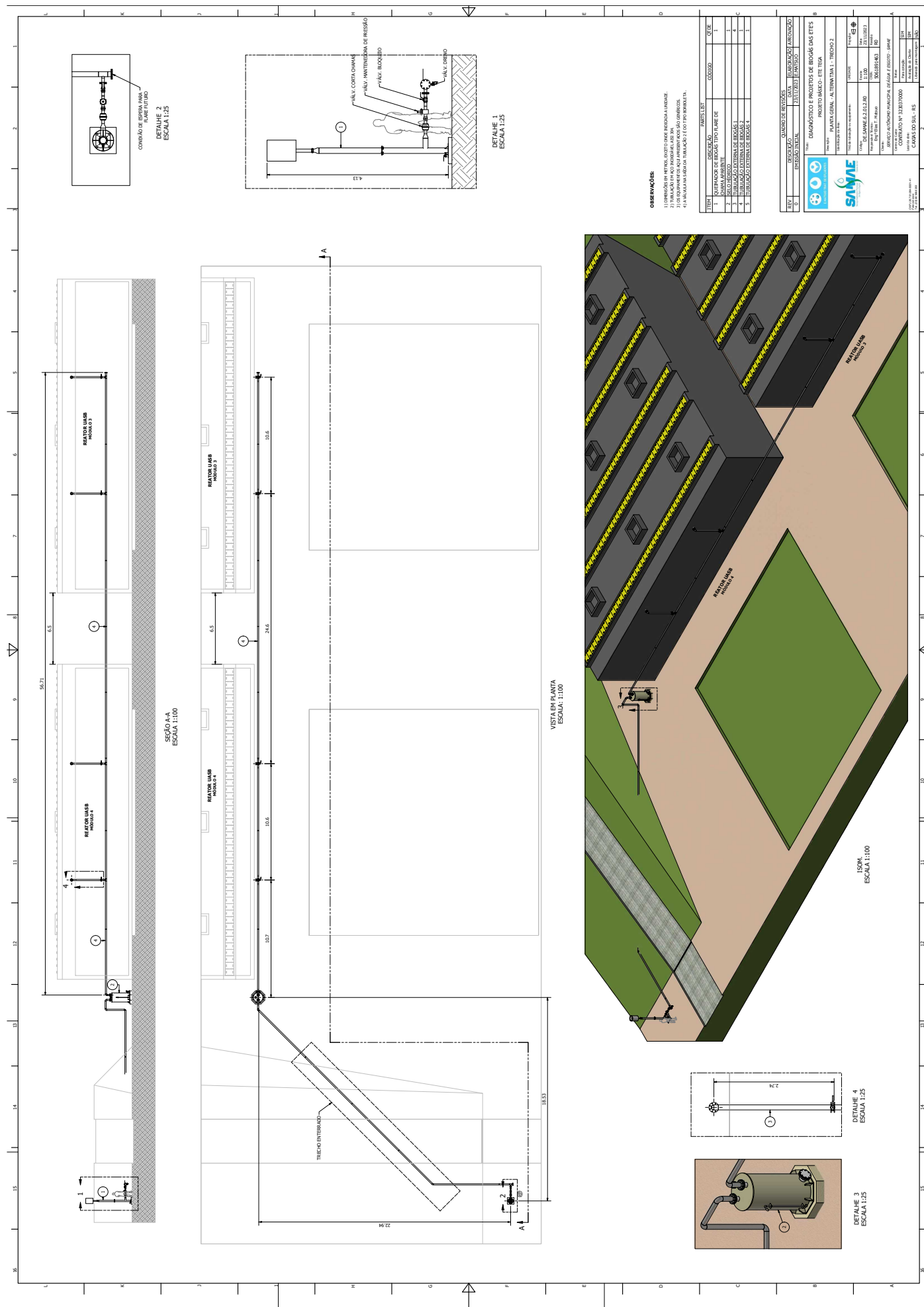
Selo hídrico: 1 unidades

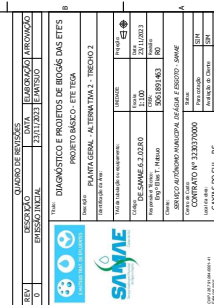
Flare de chama aparente: 1 flare com cap. 3 a 20 m³/h





26807000010642

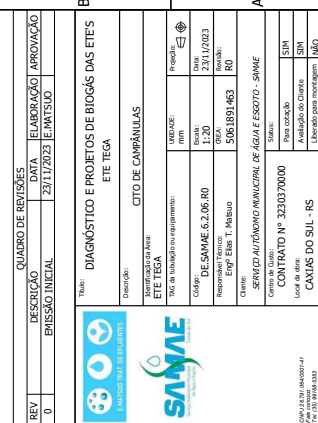






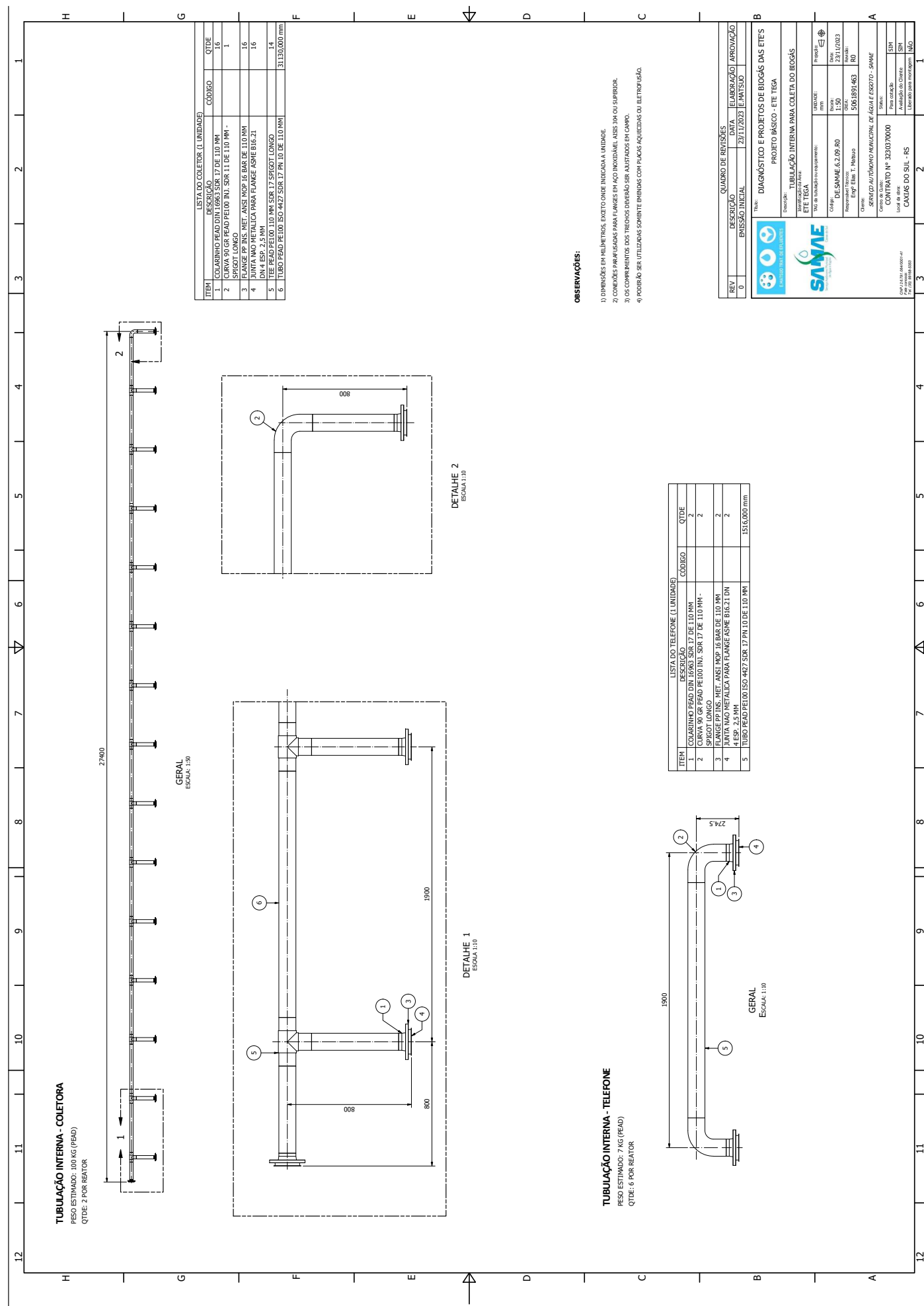










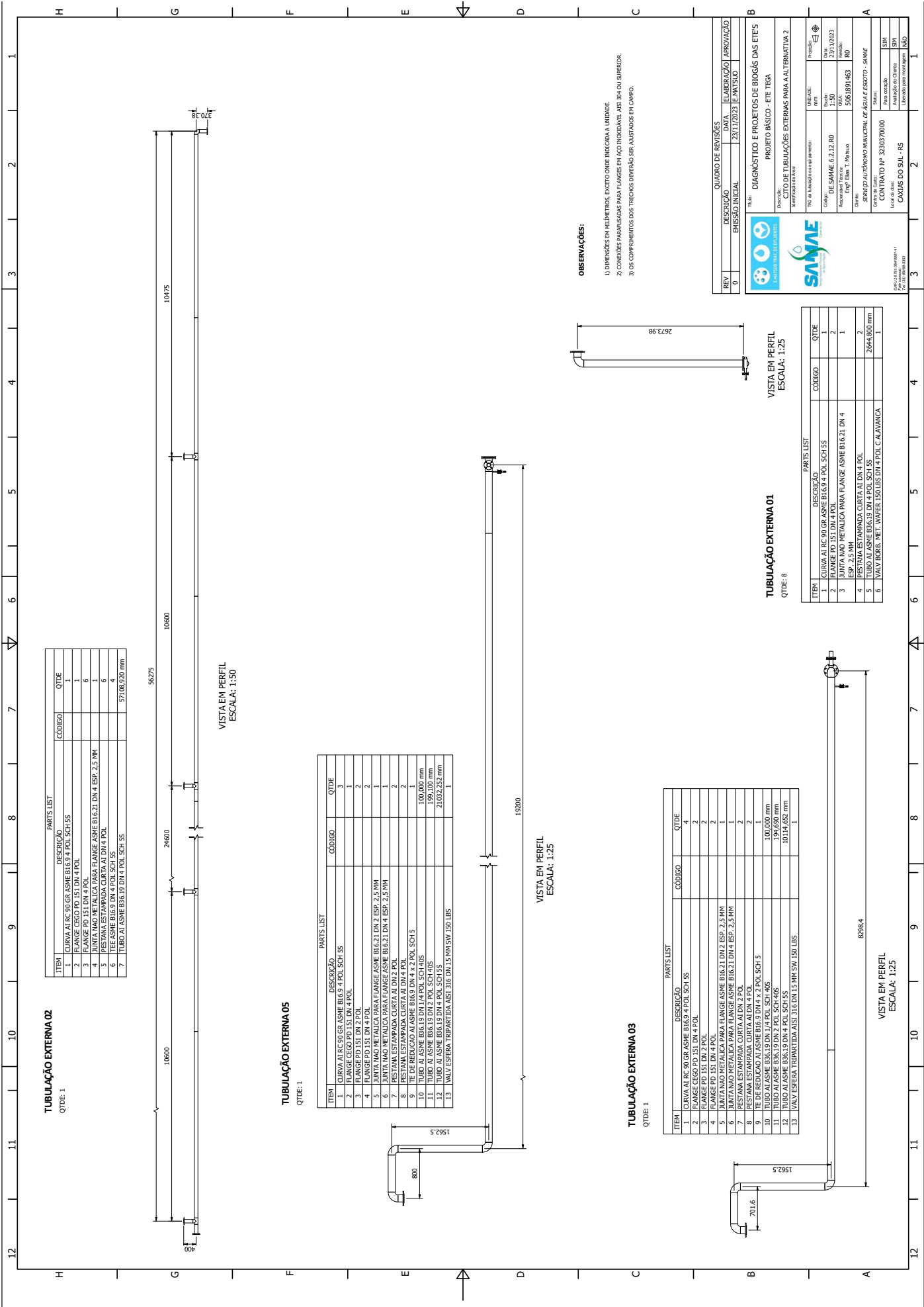








26807000010642





26807000010642

TUBULAÇÃO EXTERNA 02

QTDE: 1

ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	QTDE
1	CURVA AL RC 90 GR ASME B16.9 4 POL SCH 5S		4
2	FLANGE CEGO PD 151 DN 4 POL		1
3	FLANGE PD 151 DN 4 POL		10
4	JUNTA NAO METALICA PARA FLANGE ASME B16.21 DN 4 ESP. 2,5 MM		10
5	PESTANA ESTAMPADA CURTA AI DN 4 POL		10
6	TEE ASME B16.9 DN 4 POL SCH 5S		8
7	TUBO AL ASME B16.19 DN 4 POL SCH 5S		137359,168 mm

VISTA EM PLANTA
ESCALA: 1:125

VISTA EM PERFIL
ESCALA: 1:125

TUBULAÇÃO EXTERNA 07

QTDE: 1

ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	QTDE
1	CURVA AL RC 90 GR ASME B16.9 4 POL SCH 5S		3
2	FLANGE CEGO PD 151 DN 4 POL		1
3	FLANGE PD 151 DN 2 POL		2
4	JUNTA NAO METALICA PARA FLANGE ASME B16.21 DN 4 ESP. 2,5 MM		1
5	JUNTA NAO METALICA PARA FLANGE ASME B16.21 DN 4 ESP. 2,5 MM		1
6	JUNTA NAO METALICA PARA FLANGE ASME B16.21 DN 4 ESP. 2,5 MM		1
7	PESTANA ESTAMPADA CURTA AI DN 2 POL		2
8	PESTANA ESTAMPADA CURTA AI DN 4 POL		2
9	TEE DE REDUCAO AL ASME B16.9 DN 4 x 2 POL SCH 5		1
10	TUBO AL ASME B16.19 DN 3/4 POL SCH 40S		180,000 mm
11	TUBO AL ASME B16.19 DN 1/2 POL SCH 40S		21032,265 mm
12	TUBO AL ASME B16.19 DN 4 POL SCH 5S		21032,265 mm
13	VALV ESFERA TRIPARTIDA ANSI 316 DN 15 MM SW 150 LBS		1

VISTA EM PERFIL
ESCALA: 1:25

TUBULAÇÃO EXTERNA 01

QTDE: 8

ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	QTDE
1	CURVA AL RC 90 GR ASME B16.9 4 POL SCH 5S		1
2	FLANGE PD 151 DN 4 POL		2
3	JUNTA NAO METALICA PARA FLANGE ASME B16.21 DN 4 ESP. 2,5 MM		1
4	PESTANA ESTAMPADA CURTA AI DN 4 POL		2
5	TUBO AL ASME B16.19 DN 4 POL SCH 5S		2644,800 mm
6	VALV BOMB. MET. WAFER 150 LBS DN 4 POL C ALUMINICA		1

VISTA EM PERFIL
ESCALA: 1:25

OBSERVAÇÕES:

- 1) DIMENSÕES EM MILÍMETROS, EXCETO ONDE INDICADA A UNIDADE.
- 2) CONEXÕES PARAFUSADAS PARA FLANES EM AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 OU SUPERIOR.
- 3) OS COMPRIMENTOS DOS TRECHOS DIVERÃO SER AJUSTADOS EM CAMPO.

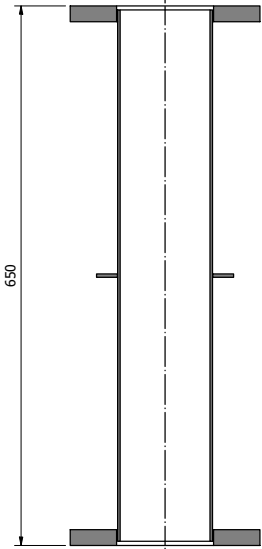
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
0	EMISSION INICIAL	23/11/2023	E-MTSUJO	

Nome: DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	
Projeto: PROJETO BÁSICO - ETE TEGA	
Título: CITO DE TUBULAÇÕES EXTERNAS PARA A ALTERNATIVA 3	
Identificação do Projeto:	
Coordenador:	DE-SAMAE 6.2.13 R0
Responsável Técnico:	Engº Elton T. Nóbrega
Carimbo:	5051891463
OBRIGADO AUTÔNOMO MANUTENÇÃO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE	
Contrato nº:	3230370000
Local de obra:	CAMAS DO SUL - RS
Projeto executado por:	Samae
Projeto executado por:	Samae
Assinatura do Cliente:	Samae
Assinatura do Projeto:	Samae
Assinatura do Projeto:	Samae

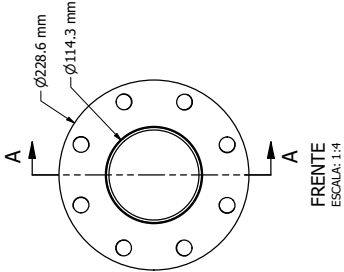


NOTAS:

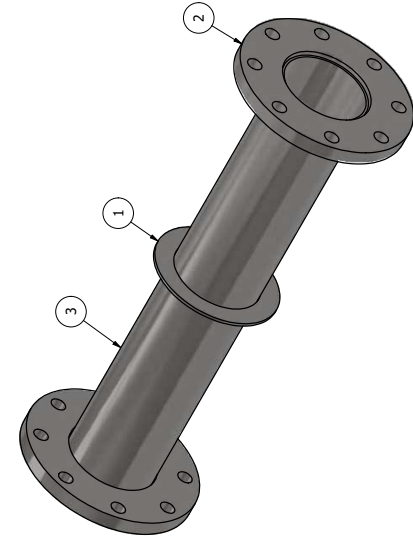
- 1) COLOCAR IDENTIFICAÇÃO PARA FACILITAR A MONTAGEM.
- 2) ACABADO FACE FLANGE: CONCÊNTRICO, PASSO DE 0,5 a 0,8 mm, RUGOSIDADE DE 125 a 500 RMS.
- 3) ACABADO: DECAPADO E APASSIVADO.
- 4) MATERIAL: CONDIÇÕES: CONFORME LEGENDA.
- 5) FURAÇÃO DOS FLANGES CONFORME ANSI B16.5 - 150 #.



SEÇÃO A-A
ESCALA 1:4



FRENTE
ESCALA 1:4



ISOM.
ESCALA 1:4

PARTS LIST			
ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	Q'TDE
1	ABA DE TRAVAMENTO A1 DN 4 POL X 4 mm		1
2	FLANGE PD 149 DN 4 POL		2
3	TUBO A1 ASME B36.19 DN 4 POL SCH 10S		640,000 mm

QUADRO DE REVISÕES			
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELABORAÇÃO APROVAÇÃO
0	EMISSION INICIAL	23/11/2023	E/MATSUO



SAMAE
Sociedade Autônoma Municipal de Água e Esgoto - SAMAE

Título: DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S
PROJETO BÁSICO - COMPONENTES GERAIS

Descrição: INSERTE EM A1 COMPR. 650 MM DN 6 POL

Identificação da Área:

UNIDADE:	mm
TAG da tubulação ou equipamento:	
Código:	DE.SAMAE.0.2.01.R0
Escala:	1:4
Responsável Técnico:	Engº Elias T. Matsuo
CREA:	5061891463
Revisão:	R0

Cliente: SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Cartão de Cadeia:

Salto:	
Para cotação:	CONTRATO Nº 3230370000
Local da obra:	CAXIAS DO SUL - RS

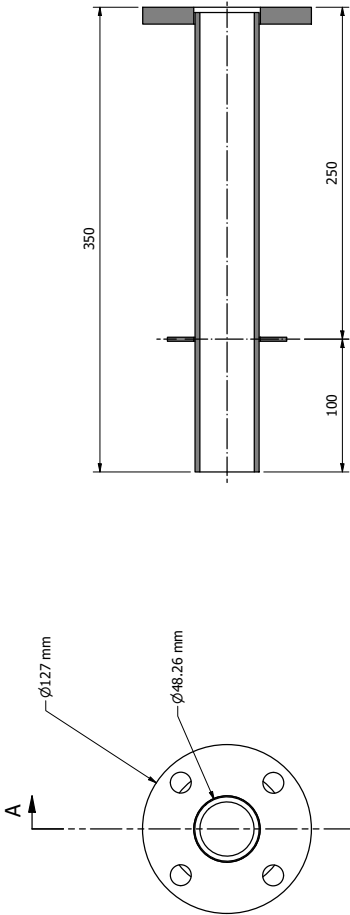
Outros dados:

Projeto:	Projeto de Engenharia
Revista:	Revista de Engenharia
Sim:	Sim
Sim:	Sim
Sim:	Sim

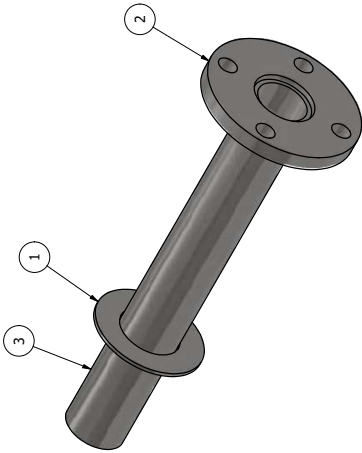


NOTAS:

- 1) COLOCAR IDENTIFICAÇÃO PARA FACILITAR A MONTAGEM.
- 2) ACABADO FACE FLANGE: CONCÊNTRICO, PASSO DE 0,5 a 0,8 mm, RUGOSIDADE DE 125 a 500 RMS.
- 3) ACABADO: DECAPADO E APASSIVADO.
- 4) MATERIAL: CONEXÕES: CONFORME LEGENDA.
- 5) FURAÇÃO DOS FLANGES CONFORME ANSI B16.5 - 150 #.



SEÇÃO A-A
ESCALA 1:2.5



PARTS LIST			
ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	Q'TDE
1	ABA DE TRAVAMENTO AI DN 1 1/2 POL X 3 mm		1
2	FLANGE PD 149 DN 1 1/2 POL		1
3	TUBO AI ASME B36.19 DN 1 1/2 POL SCH 40S		346,000 mm

QUADRO DE REVISÕES			
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELABORAÇÃO APROVAÇÃO
0	EMIÇÃO INICIAL	24/11/2023	E/MATSUO



SAMAE
Sociedade Autônoma Municipal de Água e Esgoto - SAMAE

Título: DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S
PROJETO BÁSICO - COMPONENTES GERAIS

Descrição: INSERTE EM AI COMPR. 350 MM DN 1.5 POL FLANGE E PONTA

Identificação da Atividade:

UNIDADE:	mm
Projeto de tubulação ou equipamento:	
Código:	DE SAMAE 0.2.02.R0
Escala:	1:2.5
Responsável Técnico:	Engº Elias T. Matsuo
CREA:	5061891463
Revisão:	R0

Cliente: SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Carteira de Cadastro: CONTRATO Nº 3230370000

Local da obra: CAXIAS DO SUL - RS

Para cotação: SIM

Aviação do Cliente: SIM

Liberado para montagem: NÃO

Projeto 26.791.004.0001-41

Rev. 00000000

24/11/2023 09:03



NOTAS:

- 1) PODERÁ SER FABRICADO EM CHAPAS DE POLIPROPILENO, PEAD OU PPVF.
- 2) PARA A OPÇÃO EM PPVF, O ITEM 1 DEVERÁ CONSTITUIR UMA ESTRUTURA MONOLÍTICA.
- 3) AS ESPESURAS INDICADAS CORRESPONDEM ÀS MÍNIMAS.
- 4) PREVER REVESTIMENTO OU ADITIVO NA RESINA PARA RESISTIR AOS RAIOS UV.

PARTS LIST				
ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	Q'TDE	
1	PARAFUSO BORBOLETA AI DN 3/8 POL X 45 MM COM ARRUELA LARGA		16	
2	PORCA BORBOLETA AI DN 3/8 POL COM ARRUELA LARGA AI		16	
3	PP.10MM.01		1	
4	PP.10MM.02		1	
5	VEDAÇÃO EM MANTA DE EPDM ESP. 3MM		1	

QUADRO DE REVISÕES				
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
0	EMISSION INICIAL	10/12/2023	E.MATSUO	



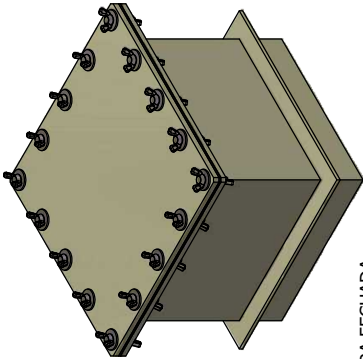
Título: DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETES
PROJETO BÁSICO - COMPONENTES GERAIS

Descrição: TAMPA DE ACESSO À CÂMARA DO BIOGÁS

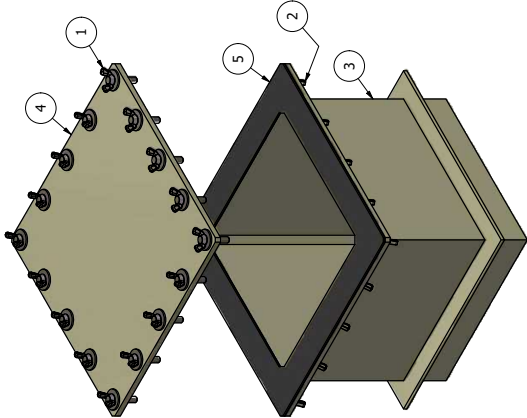
Identificação da Área:

UNIDADE:	mm	Projeto:	
TAG da tubulação ou equipamento:		Data:	10/12/2023
Código:	DE.SAMAE.0.2.03.R0	Escala:	1:4
Responsável Técnico:	Engº Elias T. Matsuo	Revisão:	R0
CREA:	5061891463		
Cliente:	SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE		
Cartão de Cadastro:	CONTRATO Nº 3230370000	Sigla:	SIM
Local da obra:	CAXIAS DO SUL - RS	Para cotação:	SIM
		Avaliação do Cliente:	SIM
		Liberado para montagem:	NÃO

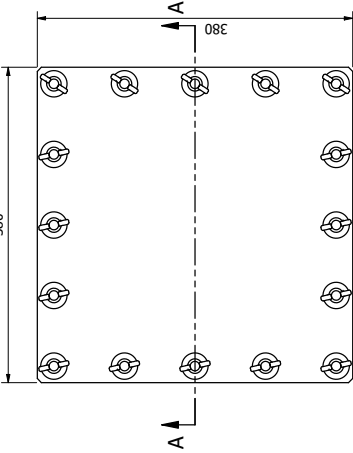
Projeto: 26.791.04.0007-41
Rev. 0000000
10/12/2023 09:03



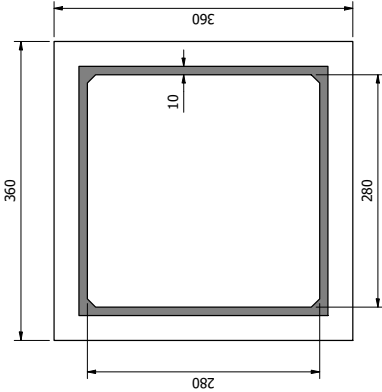
TAMPA FECHADA
ESCALA 1:5



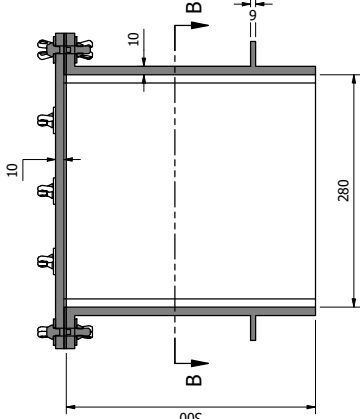
TAMPA ABERTA
ESCALA 1:5



VISTA DE TOPO
ESCALA 1:4



SEÇÃO B-B
ESCALA 1:4



SEÇÃO A-A
ESCALA 1:4



26807000010642

