




Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	1/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N023500-R-1MD006	03

[illegible]

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	2/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			


ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	APRESENTAÇÃO	5
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	5
3.0	INTRODUÇÃO	5
4.0	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE TUMIRITINGA	7
5.0	PREMISSAS E NORMAS	11
6.0	PRODUÇÃO DE LODO	14
7.0	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DA UTR	15
8.0	VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO CENÁRIO 2 - PERCENTIL 80%	19
9.0	LAYOUT DE IMPLANTAÇÃO	21

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	3/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N023500-R-1MD006	03



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mancha urbana e principais rodovias de Tumiritinga	6
Figura 2 - Localização da ETA de Tumiritinga.....	7
Figura 3 - Balsa flutuante para captação	9
Figura 4 - Acesso à ETA	9
Figura 5 - Prédio em construção	9
Figura 6 - Reservatório e casa de armazenamento de produtos químicos	9
Figura 7 - Unidades de filtração.....	10
Figura 8 – Decantador	10
Figura 9 – Flocculadores	10
Figura 10 - Abrigo para painel elétrico.....	10
Figura 11 – Caçamba drenante	18
Figura 12 – Layout de implantação da UTR na área da ETA	21

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	4/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
	N023500-R-1MD006	03		

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Documentos de referência	5
Tabela 2 - Produção de lodo: Média RDO-08.....	14
Tabela 3 - Dimensionamento Tanque de Sedimentação.....	16
Tabela 4 - Dimensionamento Adensador	17
Tabela 5 – Volume de lodo diário dos cenários 1 e 2.....	19
Tabela 6 – Verificação do tanque de sedimentação.....	19
Tabela 7 – Verificação do adensador	20
Tabela 8 – Verificação das caçambas drenantes	20

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	5/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
	N023500-R-1MD006	03		

1.0 APRESENTAÇÃO

A Fundação Renova contratou a HIDROBR CONSULTORIA LTDA para a elaboração dos projetos conceitual, básico e executivo da Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) da Estação de Tratamento de Água (ETA) Tumiritinga.

O presente documento contempla o Memorial Descritivo do Projeto Conceitual referente à UTR da ETA de Tumiritinga. Todas as atividades desenvolvidas pela HIDROBR durante a realização do projeto seguiram as diretrizes estabelecidas pelas Normas Técnicas vigentes, bem como as premissas estabelecidas pela Fundação Renova.

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

O presente documento foi elaborado tendo como referência as premissas de dimensionamento dos documentos listados na Tabela 1, apresentada a seguir.



Tabela 1 - Documentos de referência

Nº do documento	Descrição
N023500-R-1RT009	SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - UTR - 15L/S – TUMIRIINGA - SE32752 RELATÓRIO TÉCNICO - ENGENHARIA SANITÁRIA ESTUDO DE ALTERNATIVAS - UTR TUMIRITINGA

Fonte: HIDROBR (2024)

3.0 INTRODUÇÃO

O município de Tumiritinga está localizado na mesorregião do Vale do Rio Doce, no interior do estado de Minas Gerais. A localidade possui área aproximada de 500,073 km² e população de cerca de 5.886 habitantes, segundo o Censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. A principal rodovia estadual que dá acesso a Tumiritinga é a 775, que se inicia a oeste da sede municipal e é originada a partir das rodovias estadual 766 e federal BR – 116, que dão acesso ao município de Governador Valadares (Figura 1).

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	6/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

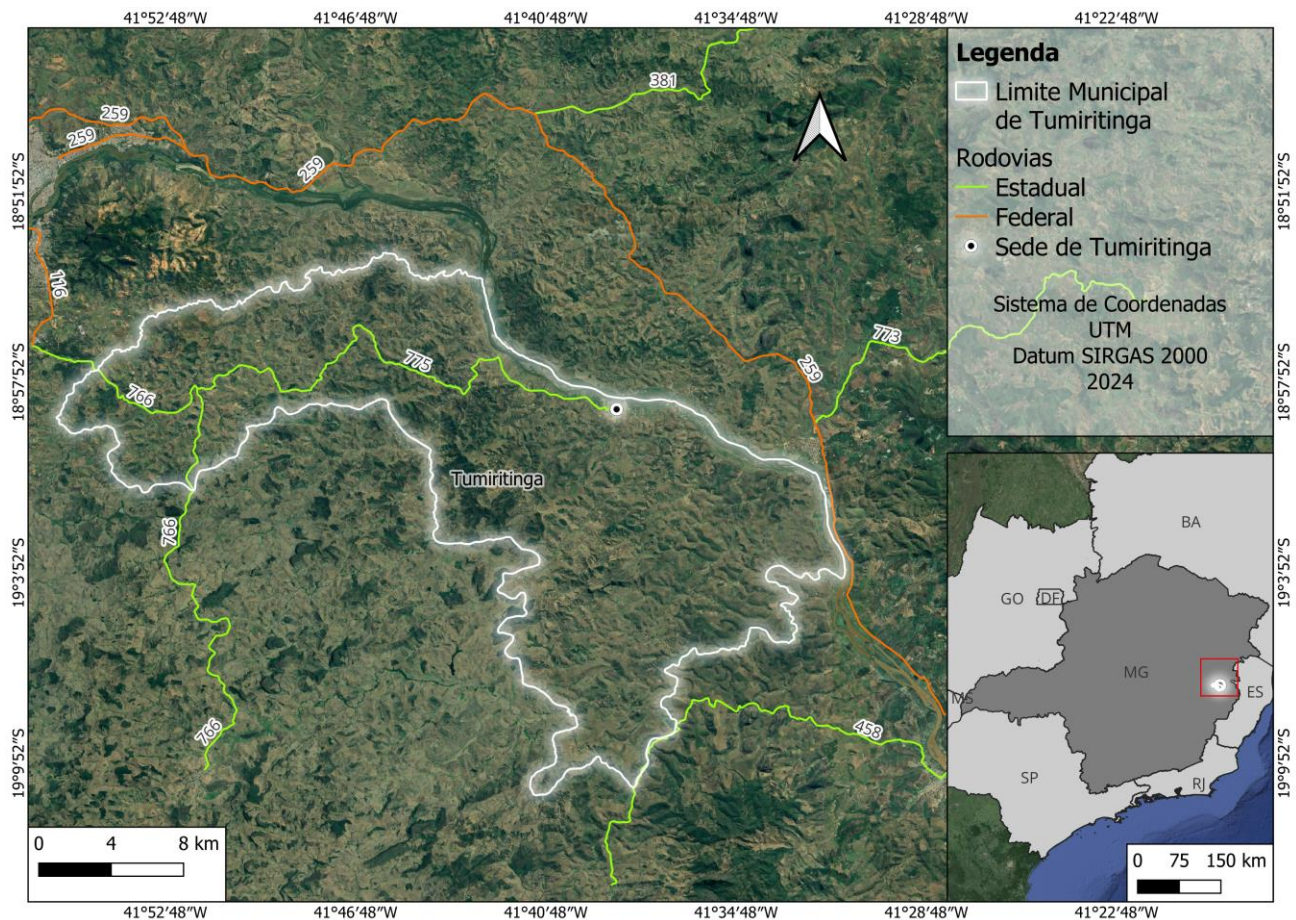




Figura 1 - Mancha urbana e principais rodovias de Tumiritinga
Fonte: HIDROBR (2024)

O abastecimento de água do município de Tumiritinga é realizado pela COPASA, que utiliza a ETA Tumiritinga para fazer o tratamento da água a ser distribuída. Entretanto, parte da população rural residente faz uso de outros métodos de captação de água, como a captação em poço ou nascente, uma vez que o abastecimento público, realizado por uma única ETA, não contempla toda a população territorial do município.

Assim sendo, visando um melhor controle sobre o gerenciamento de resíduos da ETA de Tumiritinga, foi proposta a construção de uma Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR), responsável por receber o lodo gerado na ETA e fazer o seu tratamento por meio da separação do lodo e clarificado, visando gerar um material sólido que posteriormente será devidamente descartado em local apropriado.

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	7/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

Dessa forma, a UTR do município de Tumiritinga será conectada à ETA por meio de uma tubulação e contará com as seguintes unidades:

- Tanque de sedimentação;
- Abrigo de polímero e de painéis elétricos;
- Dois adensadores;
- Estação de bombeamento com conjuntos motobombas de deslocamento positivo;
- Quatro caçambas drenantes (caçambas bags).

4.0 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE TUMIRITINGA

A ETA de Tumiritinga, operada pela COPASA, está localizada na parte mais alta do município, próxima ao leito do rio Doce, conforme indica a Figura 2.

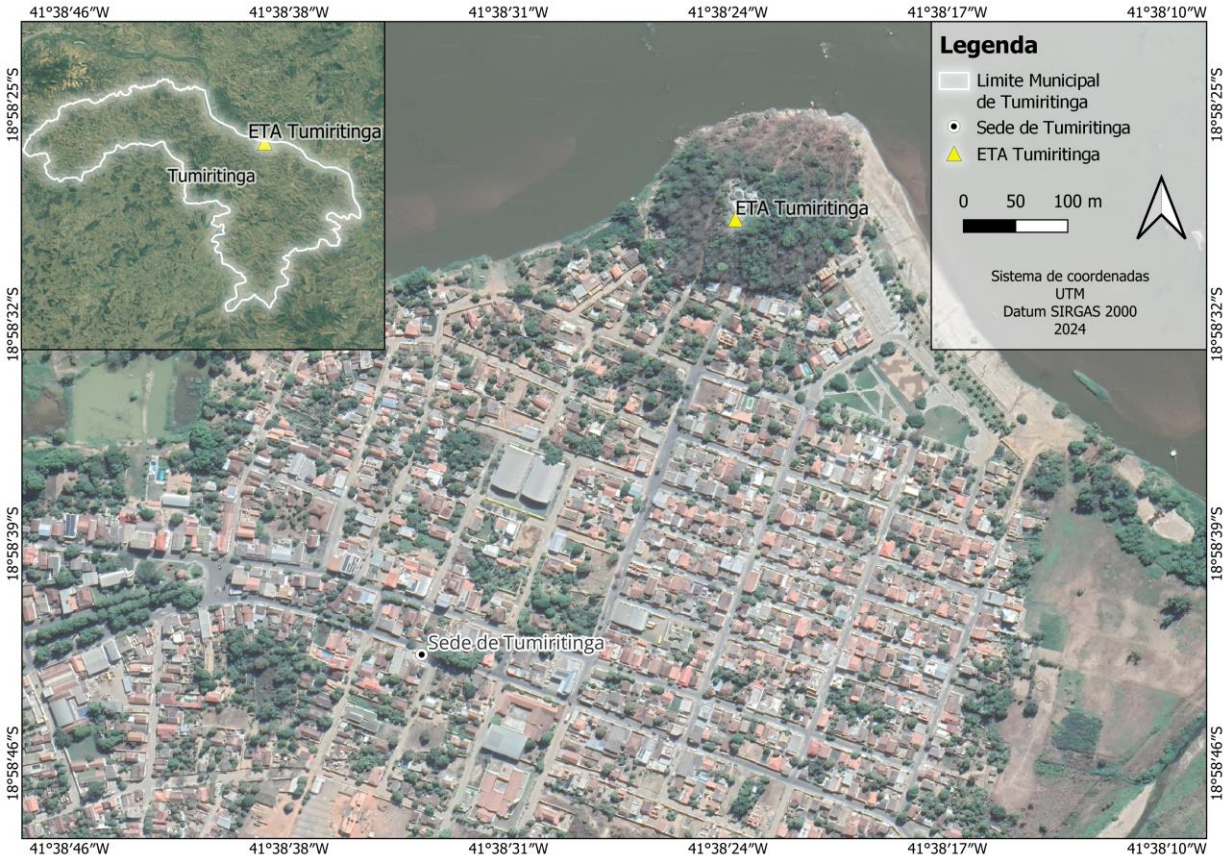



Figura 2 - Localização da ETA de Tumiritinga
 Fonte: HIDROBR (2024)

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público	<div>SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA</div> <div>PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752</div> <div>MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO</div>		
		Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)		
		SE32752		
		Nº CONTRATADA	PÁGINA	
		HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	8/21	
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
		N023500-R-1MD006	03	

A ETA Tumiritinga é responsável pelo tratamento da água captada no rio Doce, distribuída para abastecimento do município de Tumiritinga. Assim sendo, a estação é composta por um misturador do tipo Calha Parshall, responsável pela mistura do coagulante policloreto de alumínio (PAC) e pela medição de vazão; quatro unidades de floculadores; um decantador de alta taxa; e cinco filtros de fluxo rápido descendente com sistema de retrolavagem autolavável.

A ETA em questão foi projetada para tratar 12 L/s, mas hoje opera com uma vazão máxima de 15 L/s. A captação de água bruta é realizada por meio de um conjunto motobomba em balsa flutuante com adução por recalque.

A área da ETA possui uma casa de armazenamento de produtos químicos e um prédio principal, onde localiza-se o laboratório. Além disso, há um prédio em construção que não está apto à utilização, um abrigo para painel de energia elétrica, localizado próximo à área de captação de água bruta.

Ademais, de acordo com informações da operação, a ETA Tumiritinga funciona por um período médio de 18 horas por dia.

São apresentadas, a seguir, registros fotográficos da ETA Tumiritinga, feitos por representantes da HIDROBR Consultoria LTDA, durante visita técnica na unidade.



Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público	<div><div>SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA</div><div>PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752</div><div>MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO</div></div>		
		Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)		
		SE32752		
		Nº CONTRATADA	PÁGINA	
		HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	9/21	
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
		N023500-R-1MD006	03	



Figura 3 - Balsa flutuante para captação
Fonte: HIDROBR (2024)



Figura 5 - Prédio em construção
Fonte: HIDROBR (2024)



Figura 4 – Acesso à ETA para pedestres
Fonte: HIDROBR (2024)



Figura 6 - Reservatório e casa de armazenamento de produtos químicos
Fonte: HIDROBR (2024)


Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público	<div>SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA</div> <div>PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752</div> <div>MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO</div>		
		Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)		
		SE32752		
		Nº CONTRATADA	PÁGINA	
		HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	10/21	
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
		N023500-R-1MD006	03	



Figura 7 - Unidades de filtração
Fonte: HIDROBR (2024)



Figura 9 – Floculadores
Fonte: HIDROBR (2024)

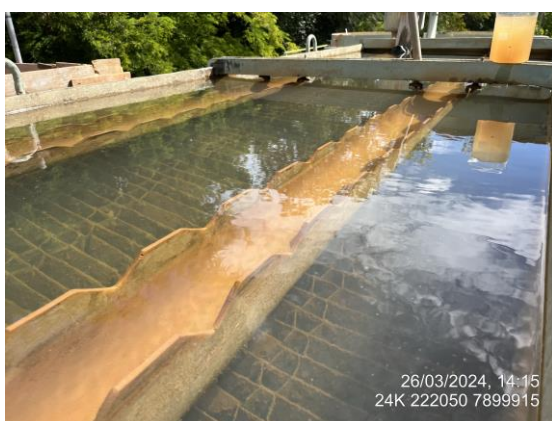


Figura 8 – Decantador
Fonte: HIDROBR (2024)



Figura 10 - Abrigo para painel elétrico
Fonte: HIDROBR (2024)

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	11/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

5.0 PREMISSAS E NORMAS

5.1 PREMISSAS

Para a estimativa da produção de lodo da Unidade de Tratamento de Resíduos da ETA Tumiritinga foi adotado o parâmetro de turbidez (90 NTU) definido a partir da análise da série histórica de dados da estação RDO-08 do PMQQS¹.

Para a definição da dosagem de coagulante utilizou-se a média dos dados encaminhados pela COPASA (Lista de Dosagens Mensais) dos últimos 3 anos (2021, 2022 e 2023). Com isso, adotou-se uma dosagem média de coagulante de 26 mg/L.

Ressalta-se que foram realizadas verificações das unidades projetadas quanto ao atendimento aos valores de turbidez 104,9 NTU (denominado como Cenário 2), correspondente ao percentil 80% dos dados analisados da estação RDO-08.

5.2 NORMAS TÉCNICAS

Para a elaboração do projeto conceitual da UTR, foram utilizadas as seguintes normas técnicas e diretrizes:

- Diretrizes, critérios e parâmetros da Fundação Renova.
- Projeto de Estação de Tratamento de Água para abastecimento público - NBR 12.216/92 (NB 592/1977);



Destaca-se que, em função de não haver normas técnicas específicas para o dimensionamento de Unidades de Tratamento de Resíduos, foram utilizadas referências bibliográficas disponíveis na literatura para a elaboração do presente produto.

5.3 PROGRAMAS ELETRÔNICOS

São utilizados programas eletrônicos como ferramentas de auxílio para o dimensionamento das estruturas e estimativa da produção de lodo. Nesta etapa do trabalho, utilizou-se o seguinte programa:

- EXCEL: Planilha eletrônica.

¹ Programa de Monitoramento Qualiquantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Trata-se do programa de monitoramento mais completo do Brasil, fazendo o acompanhamento das águas dos rios afetados pelo rompimento da barragem de Fundão. São 92 pontos de monitoramento, sendo 22 estações automáticas de coleta de dados, medindo a evolução da qualidade das águas, identificando tendências e apoiando a elaboração de diagnósticos.

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	12/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
	N023500-R-1MD006	03		

5.4 EQUAÇÃO DA MASSA DE SÓLIDOS

Para a estimativa da produção de lodo gerada durante a operação da ETA Tumiritinga foi utilizada a equação da massa de sólidos proposta por Soares em 2008 (modificada*).

*Obs.: A razão estequiométrica que corresponde ao fator 0,44 da fórmula original foi revisado para 0,47 em função do coagulante comercialmente utilizado na ETA de Tumiritinga.

Na fórmula original considera-se que cada 1 mg de alumínio puro, gera 4,89 mg de precipitado na forma de $Al(OH)_3 \times 3 H_2O$. Para sulfato de alumínio comercial $Al_2(SO_4)_3 \times 14 H_2O$, tem-se 9,1% de Al (27 / 594), que resulta no fator original da fórmula de 0,44 (0,091 x 4,89). Para o policloreto de alumínio - PAC18 comercial utilizado em Tumiritinga, cujo componente principal é o Al_2O_3 a 18% (102 / 0,18 = 566,7), tem-se 9,53% de Al (54 / 566,7) e o fator revisado resulta em 0,47 (0,0953 x 4,89).



Para a determinação da turbidez média, foi empregada a estação de medição automática mais próxima de Tumiritinga, denominada RDO-08, localizada em Governador Valadares/MG. Trata-se de uma base de dados muito robusta, com medições que variaram de 30 em 30 minutos nos anos de 2018 e 2019 e de 60 em 60 minutos a partir de então. O emprego do período de 6 anos entre 2018 e 2023 é estratégico, pois apresenta um ano de estiagem histórica (2019), um ano de cheias históricas (2022) e quatro anos intermediários, sendo um muito próximo da média (2021), um ligeiramente abaixo (2018) e outro ligeiramente acima (2020).

Dessa forma, para a verificação da massa de sólidos produzida, massa seca, massa e volume de lodo, assim como demais parâmetros necessários para a estimativa da produção de lodo, cujos resultados fundamentarão o dimensionamento das estruturas, foi utilizada a equação da massa de sólidos (Soares, 2008) apresentada a seguir.

$$S = 0,75 \times T + 0,47 \times D$$

$$M_s = \eta SQ$$

$$M_L = \frac{M_s}{C}$$

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	13/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N023500-R-1MP006	03

$$\delta_L = \frac{1}{\frac{C}{\delta_s} + \frac{1-C}{\delta}}$$

$$V_L = \frac{C + (1-C) \frac{\delta_s}{\delta}}{\delta_s} \cdot M_L$$

Em que:

S = massa de sólidos secos precipitada em gramas de lodo por metro cúbico de água tratada (kg/m³);

T = turbidez média da água (90 NTU - Fonte: Média 2018 a 2023 - RDO08);

D = dosagem média de PAC18 (26 mg/L - Fonte: COPASA);

M_s = massa de sólidos removida (kg/s);

η = rendimento do processo de remoção (%);

Q = vazão da ETA (L/s);

M_L = massa de lodo (kg/s);

V_L = volume de lodo (m³);



C = concentração do lodo (%);

δ_L = densidade do lodo (Kg/m³);

δ_s = densidade dos sólidos secos (Kg/m³);

δ = densidade da água (Kg/m³).

Embora a COPASA esteja habituada com o parâmetro de 25g de lodo/m³ de água produzida em seus projetos próprios de UTR (Ex: Padrão COPASA 17.01.035/0), optou-se por uma abordagem mais precisa para refletir a particularidade do rio Doce. Desta forma,

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	14/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

empregaram-se parâmetros de entrada mais conservadores que resultam em unidades capazes de lidar com períodos de turbidez mais elevada.

6.0 PRODUÇÃO DE LODO

Para a estimativa da produção de lodo, foi utilizada a fórmula descrita no item 5.4 das premissas e normas deste documento, proposta por Soares (2008).

Para a estimativa da produção de lodo adensado ($C = 3\%$) e desidratado ($C=25\%$), considerou-se a densidade do lodo igual a 1.040 kg/m^3 e 1.200 kg/m^3 , respectivamente. Ainda, considerou-se a eficiência na remoção de sólidos da ordem de 90% , compatível com as tecnologias avaliadas.

Para a estimativa da produção de lodo, foi considerada a média geral dos dados do ponto RDO-08. Dessa forma, foi adotada turbidez média da água bruta igual a 90 NTU . Além disso, foi adotada dosagem de coagulante de 26 mg/L , referente a média dos dados de 2021, 2022 e 2023 encaminhados pela COPASA.

Nesse sentido, foram utilizados os seguintes dados em relação às condições de operação da ETA.

$$Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 90 \text{ NTU}$$

$$\delta_s = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 26 \text{ mg/L (PAC18)}$$

$$C = 1,0 \%$$


$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 100 \%$$

Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Produção de lodo: Média RDO-08

Parâmetro	Unidade	Dimensão
S (sólidos secos)	kg/m^3	0,0797
$M_{\text{Sólidos}}$	kg/s	0,0012
M_{Lodo}	kg/s	0,1196

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	15/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

Parâmetro	Unidade	Dimensão
δ_{Lodo}	kg/m ³	1004,46
V_{Lodo}	m ³ /s	119 x 10 ⁻⁶
V_{Lodo}	m ³ /h	0,4286

Fonte: HIDROBR (2024)

Para 18 horas de operação da ETA Tumiritinga, o total de massa seca produzida, com os parâmetros adotados, é da ordem de 77 kg.

O volume diário de lodo esperado, a uma concentração de 1%, é da ordem de 7,7 m³/dia. Para os decantadores foi adotada uma eficiência de 90% na remoção de sólidos, sendo os 10% restantes retidos nos filtros. Assim, o volume diário de lodo advindo das unidades de decantação da ETA é da ordem de 6,93 m³, sendo os 0,77 m³ restantes advindos das unidades de filtração e demais estruturas da ETA.

Ressalta-se, porém, que o volume de lodo diário esperado de 7,7 m³, advindo da operação da ETA Tumiritinga, corresponde a um lodo bem diluído, na concentração de 1,0% de sólidos. Dessa forma, o tratamento do lodo realizado pela UTR proposta, e o consequente aumento da concentração de sólidos, ocasionará significativa redução do volume de lodo esperado.

Após as unidades de adensamento, o volume de lodo adensado na concentração de 3,0% de sólidos será da ordem de 2,48 m³ por dia, em conformidade com o volume das unidades de decantação e filtração, bem como com a operação atual da ETA, totalizando um volume de lodo adensado estimado em 74,4 m³ por mês.

Após o desaguamento, a produção média diária de lodo, na concentração final de 25%, será da ordem de 0,23 m³, resultando em um volume mensal estimado da ordem de 7 m³. Desse modo, pontua-se que o volume de lodo a uma concentração de 25% de sólidos a ser disposto é de 7 m³ por mês.

7.0 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DA UTR

O lodo advindo dos decantadores será removido por meio de tubulações fixas implantadas no fundo dos decantadores, responsáveis pela sucção e condução do lodo para o tanque de sedimentação. Além disso, cada decantador terá sua válvula de descarga independente para a realização desta operação. Assim sendo, as descargas deverão ser realizadas em intervalos de tempo durante a operação, tendo sua duração ajustada de acordo com a operação da ETA.

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	16/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N023500-R-1MD006	03

O lodo presente no tanque de sedimentação será bombeado para os adensadores. Devido às características da água bruta e operação da ETA Tumiritinga, foi considerada a adoção do desaguamento do lodo, realizando-se a etapa preliminar de adensamento otimizada a partir da aplicação prévia de polímero, utilizando da aplicação do polímero de policloreto de alumínio (PAC18) para aumentar a eficiência do processo.

As águas provenientes de lavagem também serão encaminhadas para o tanque de sedimentação, onde permanecerão até que as partículas presentes em sua composição sedimentem no fundo do tanque, para que então aconteça o bombeamento do sedimentado para os adensadores. Esse período deverá ser ajustado pela operação.

Após a etapa de adensamento do lodo, este será direcionado às caçambas drenantes, por meio de uma tubulação de recalque. Depois da etapa de desaguamento, será realizada a remoção e a disposição final do lodo. O sobrenadante e o clarificado de todas as unidades serão direcionados à descarga geral existente.

Nesse sentido, foi realizado o pré-dimensionamento de três unidades previstas para a UTR, sendo elas o tanque de sedimentação, o adensador e as caçambas drenantes. O layout de implantação também apresenta a área destinada ao abrigo de polímero e dos painéis elétricos, bem como os conjuntos motobomba para o bombeamento do lodo adensado às caçambas drenantes (caçambas bags).


7.1 TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

Um tanque de sedimentação foi pré-dimensionado para receber a água de lavagem dos filtros e as descargas provenientes dos decantadores, dos floculadores e do esvaziamento das unidades em manutenção da ETA Tumiritinga.

O pré-dimensionamento do tanque de sedimentação é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Dimensionamento Tanque de Sedimentação

Tanque de Sedimentação		
Parâmetro	Unidade	Média – Turbidez 90 NTU
Volume de Lodo	m³/d	7,7
Tempo de operação	H	18,0
Volume de Lodo	m³/h	0,43
Descarga	desc/dia	1,0
Frequência adotada	desc/dia	1,0
Intervalo entre descargas	H	24,0

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	17/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N023500-R-1MD006	03

Tanque de Sedimentação		
Volume de lodo	m³	7,7
Volume poço de lodo	m³	9,0

Fonte: HIDROBR (2024)

Conforme mencionado no item 4.0 do presente documento, a ETA Tumiritinga apresenta um decantador de alta taxa com volume total de aproximadamente 20 m³. Além disso, segundo a COPASA, operadora do sistema, a limpeza do decantador apresenta frequência semanal, requerendo um tempo entre 20 e 40 minutos para a descarga e limpeza total da água da unidade. Nesse sentido, visando comportar o volume de água da lavagem completa do decantador da ETA Tumiritinga, realizada semanalmente, foi projetado um tanque de sedimentação com volume total de 24 m³, que corresponde ao volume do decantador acrescido de 20%, garantindo a segurança operacional do sistema.

7.2 ADENSADORES

Um adensador estático circular foi pré-dimensionado para receber o lodo proveniente do tanque de sedimentação.


O pré-dimensionamento do adensador é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensionamento Adensador

Adensador		
Parâmetro	Unidade	Média – Turbidez 90 NTU
Volume de Lodo	m³/d	7,7
Massa seca	kg/d	77
Forma do adensador	-	Circular
Diâmetro do adensador	m	2,5
Área do adensador	m²	4,91
Taxa de aplicação de sólidos	Kg/m².d	15,8
Concentração do lodo adensado	%	3,0
Volume de lodo que sai do adensador	m³/dia	2,48

Fonte: HIDROBR (2024)

Ressalta-se ainda que o cenário apresentado atende ao limite recomendado para a taxa de aplicação de sólidos (<50 Kg/m²d).

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	18/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

7.3 CAÇAMBAS DRENANTES

O lodo adensado na concentração de 3,0% de sólidos é de cerca de 2,48 m³ por dia. Assim sendo, foi proposta a implantação de quatro caçambas drenantes, com dimensões de 3,40 x 1,70 e refis geotêxteis de 5 m³ em seu interior cada, de modo que cada caçamba receba descargas contínuas até o enchimento da unidade, sendo suficiente para atender a demanda de produção de lodo da ETA e garantir a segurança de operação.

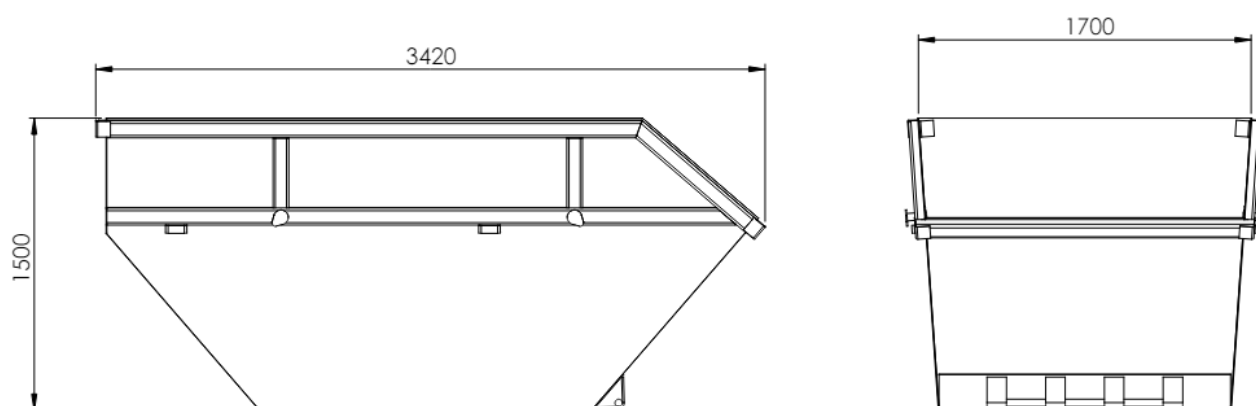


Figura 11 – Caçamba drenante
Fonte: SALUS Engenharia (2024)

Destaca-se que, após o enchimento de duas caçambas, elas serão encaminhadas para disposição final, onde será realizado o descarte do refil geotêxtil, que será repostado pelos funcionários da Estação de Tratamento de Água de Tumiritinga. Após o enchimento das duas primeiras caçambas o descarte do lodo realizar-se-á nas duas caçambas remanescentes.

Desta maneira, a produção média diária de lodo estipulada para a concentração final de 25% será da ordem de 0,23 m³, obtendo-se, assim, um volume mensal de cerca de 7 m³. A partir do dimensionamento das premissas adotadas, a autonomia da unidade será de cerca de 86 dias (aproximadamente três meses), possibilitando, então, a remoção da estrutura do lodo após este período para destinação final.

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	19/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

8.0 VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO CENÁRIO 2 - PERCENTIL 80%

No projeto em questão, foi adotada vazão de 15 L/s, turbidez de 90 NTU e dosagem média de coagulante policloreto de alumínio (PAC18) de 26 mg/L. Para verificação de atendimento, esse cenário será denominado Cenário 1, sendo as estruturas da UTR dimensionadas para tal.

Além do Cenário 1, foi realizada a estimativa da produção de lodo do Cenário 2, referente ao percentil 80% da RDO 08, com características de turbidez igual a 104,9 NTU e de dosagem igual a 26 mg/L.

A comparação do volume de lodo diário estimado nos cenários 1 e 2 e a verificação do tanque de sedimentação projetado são visualizados na Tabela 5 e na Tabela 6 respectivamente.

Tabela 5 – Volume de lodo diário dos cenários 1 e 2

Parâmetro	Unidade	Cenários	
		1	2
Turbidez média	NTU	90	104,9
Massa seca	Kg/d	77	88
Volume de lodo: C = 1%	m³/d	7,7	8,8
Volume de lodo adensado: C = 3%	m³/d	2,48	2,83
Volume de lodo desaguado: C = 25%	m³/d	0,23	0,27

Fonte: HIDROBR (2024)

Tabela 6 – Verificação do tanque de sedimentação

Cenários	Volume de lodo C = 1% (m³/d)	Volume do poço de lodo projetado (m³)
1	7,7	9,0
2	8,8	

Fonte: HIDROBR (2024)

A partir da verificação realizada observou-se que para as condições do cenário 2, o tanque de sedimentação atende à demanda.

A verificação do adensador projetado é visualizada na Tabela 7.

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	20/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N023500-R-1MD006	03			

Tabela 7 – Verificação do adensador

Parâmetro	Unidade	Cenários	
		1	2
Volume diário de lodo: C=1,0%	m³/d	7,7	8,8
Diâmetro do adensador	m	2,50	2,50
Área do adensador	m²	4,91	4,91
Taxa de aplicação de sólidos	Kg/m².d	15,8	18,0

Fonte: HIDROBR (2024)

A partir da verificação realizada observou-se o aumento da taxa de aplicação de sólidos no adensador, de 15,8 Kg/m².d para 18,0 Kg/m².d para os parâmetros adotados no cenário 2. Apesar disto, ressalta-se que o adensador projetado atenderia o cenário avaliado, visto que a taxa de aplicação de sólidos calculada na unidade permaneceu significativamente inferior a taxa máxima recomendada de 50 Kg/m².d.



A verificação das caçambas drenantes é visualizada na Tabela 8.

Tabela 8 – Verificação das caçambas drenantes

Parâmetro	Unidade	Cenários	
		1	2
Quantidade	UN	4,00	4,00
Comprimento	m	3,40	3,40
Largura	m	1,70	1,70
Volume do geotêxtil	m³	5,00	5,00
Volume total	m³	20,00	20,00
Volume de lodo mensal: C = 25%	m³	6,97	7,95
Autonomia das caçambas	dias	86,04	75,46
Autonomia das caçambas	meses	2,87	2,52
Tempo de enchimento de cada caçamba	dias	21,51	18,86

Fonte: HIDROBR (2024)

No que tange o desaguamento de lodo realizado pelas caçambas drenantes, a partir da verificação realizada observou-se uma redução da autonomia do sistema de 2,87 meses para 2,52 meses.

Código do Anexo:	FM-ENG-001			
Código do Documento:	PG-ENG-001			
Nº da revisão	02			
Elaborador:	Fernando de Abreu			
Aprovador:	Carlos Martini			
Data da aprovação:	11/01/2024			
Periodicidade da revisão:	Bienal			
Classificação:	Público			
SOCIOAMBIENTAL 02– PG 32 - MELHORIA SISTEMA ABASTECIMENTO ÁGUA TUMIRITINGA PROJETO CONCEITUAL - MELHORIAS ETA/CAP. ALTERNATIVA/UTR - TUMIRITINGA - SE32752 MEMORIAL DESCRITIVO - ENGENHARIA SANITARIA UTR - MEMORIAL DESCRITIVO			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE32752	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			HBR135-23-RENOVA-PT11- C-MD002	21/21
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N023500-R-1MD006	03

9.0 LAYOUT DE IMPLANTAÇÃO

Na figura a seguir está apresentado o layout de implantação da UTR da ETA de Tumiritinga.



Figura 12 – Layout de implantação da UTR na área da ETA
 Fonte: HIDROBR (2024)