



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

FÁBIO SOUSA DA GRAÇA

**CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DE UMA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE
BALSAS-MA**

**BALSAS-MA
2015**

Fábio Sousa da Graça

Concepção do sistema de esgotamento sanitário de uma área urbana do município de Balsas-
MA

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Caroline Alves Carvalho.

Coorientador: Eng. Civil Matheus H. C. dos Santos.

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Graça, Fábio Sousa da.

Concepção do sistema de esgotamento sanitário de uma
área urbana do município de Balsas-MA / Fábio Sousa da
Graça. - 2025.

71 p.

Orientador(a): Carla Caroline Alves Carvalho Matheus
Henrique Cardoso dos Santos.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2025.

1. Sistema de Esgotamento Sanitário. 2. Coleta e
Afastamento de Esgoto. 3. Tratamento de Efluente. I.
Matheus Henrique Cardoso dos Santos, Carla Caroline Alves
Carvalho. II. Título.

Fábio Sousa da Graça

Concepção do sistema de esgotamento sanitário de uma área urbana do município de Balsas-MA.

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 20 de fevereiro de 2025.

Profa. Dra. Carla Caroline Alves Carvalho – Orientadora

Eng. Civil. Matheus Henrique Cardoso dos Santos – Coorientador

Profa. Dra. Amanda Paiva Farias – Examinadora

Prof. Dr. Claudio Luís de Araújo Neto – Examinador

Balsas-MA
2025

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus toda honra e toda glória sob minha vida, a Ele o Senhor que permite caminhos pelo deserto mais és luz na escuridão, onde seu Filho afirma em João 14:1-3.

Que o coração de vocês não fique aflito, creiam em Deus e creiam em mim, existem várias moradas na casa do meu Pai, se não fosse assim eu lhes diria, vou preparar moradas para vocês. Quando tudo estiver pronto eu irei buscar todos para que possam sempre estar onde eu estiver.

Dedico os professores do Centro de Ciência de Balsas do curso de Engenharia Civil, aos envolvidos na realização do trabalho de conclusão, a banca examinadora minha eterna gratidão, aos meus professores de cálculo João Valério e Paulo Queiroz, professores de física Edson Nunes, Antônio Rodrigues e Madson Rubin, as professoras de química Regina Maria e Queli Fidélis ao professor Bruno Roberto a diretora do campus de Balsas Gisélia Brito, as técnica da assistência estudantil Ana Laura e Hellen, aos bibliotecários Consolação e Gilliard, reconheço a participação de todos algo que estará em minha recordações. Aos meus colegas de aula a quem compartilhei diversas aflições e aos quais considero minha família do coração.

Dedico a minha família de sangue, tias e tios por toda dedicação em minha criação e educação, pela concepção de valores e princípios. Aos meus avós e meus pais, caso estivessem presentes imagino sua felicidade em presenciar esse episódio da minha vida.

E espero que a pesquisa desenvolvida beneficie a população afetada com situação do esgotamento sanitário a céu aberto, em uma quadra escolhida pela presença da passagem do fluxo do manancial superficial visivelmente afetado, para que assim minha dedicação vire satisfação.

AGRADECIMENTOS

Meus verdadeiros e sinceros agradecimentos a instituição Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciência de Balsas.

RESUMO

No Brasil, a população enfrenta desafios significativos para garantir o acesso à água potável, bem como à coleta e ao tratamento de esgoto. Além de afetar a qualidade de vida, a falta de saneamento compromete o meio ambiente, agravando a poluição dos recursos hídricos e a degradação dos ecossistemas. Nesse contexto, este trabalho objetivou propor a concepção de um sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgoto de uma quadra do Bairro da Tresidela em Balsas – MA. Nessa quadra em questão, um riacho recebe os esgotos das casas sem nenhum tratamento. Diante disso, a metodologia envolveu o diagnóstico da situação atual, o perfil socioeconômico dos moradores e a definição da concepção do sistema de esgotamento sanitário incluindo a coleta, afastamento e tratamento do esgoto. Os resultados indicaram a necessidade de implantação de um sistema de esgotamento sanitário, pois o esgoto percorre a céu aberto nas ruas. Constatou-se também que os moradores possuem baixa renda, estão insatisfeitos com a condição atual do saneamento, mas que eles desconhecem as técnicas relacionadas. Assim, definiu-se uma concepção de sistema de esgoto coletivo convencional, atendendo todos os moradores. O sistema é composto pela rede coletora, ligação domiciliar e dispositivos acessórios que coletam o efluente, após isso o emissário de esgoto bruto conduz até a ETE, que depois de tratar, conduz ao riacho por meio do emissário de esgoto tratado. Essa abordagem favorece a implementação de um sistema coletivo de esgotamento sanitário, essencial para a melhoria da qualidade de vida da população local.

Palavras-chave: sistema de esgotamento sanitário; coleta e afastamento de esgoto; tratamento de efluente.

ABSTRACT

In Brazil, the population faces significant challenges in ensuring access to drinking water, as well as sewage collection and treatment. In addition to affecting the quality of life, the lack of sanitation compromises the environment, exacerbating water resource pollution and ecosystem degradation. In this context, this study aimed to propose the design of a sewage collection, conveyance, and treatment system for a block in the Tresidela neighborhood in Balsas – MA. In this specific block, a stream receives untreated sewage from households. Given this situation, the methodology involved diagnosing the current conditions, assessing the socioeconomic profile of residents, and defining the concept of a sanitation system, including sewage collection, conveyance, and treatment. The results indicated the urgent need for a sanitation system, as sewage currently flows openly through the streets. It was also found that residents have low incomes, are dissatisfied with the current sanitation conditions, yet lack knowledge about related techniques. Thus, a conventional collective sewage system was designed to serve all residents. The system consists of a collection network, household connections, and accessory devices that collect the effluent. The raw sewage is then transported by a sewer main to the wastewater treatment plant (WWTP), which, after treating the sewage, discharges the treated effluent into the stream through an outfall. This approach facilitates the implementation of a collective sanitation system, which is essential for improving the quality of life for the local population.

Keywords: sanitation system; sewage collection and conveyance; effluent treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação do Sistema de Esgotamento Sanitário	20
Figura 2 - Ligação Predial do Sistema Condominial.....	23
Figura 3 - Ramal Condominial	24
Figura 4 - Caixa de Inspeção Interna e Externa do Sistema Condominial	24
Figura 5 - Disposição da Rede Condominial.....	25
Figura 6 - Balanço esquemático de DQO nos sistemas aeróbios e anaeróbios	28
Figura 7 - Esquema simplificado de lagoa facultativa	29
Figura 8 - Representação de lagoa com sistema mecanizado para adição de ar	29
Figura 9 - Esquema de instalação de tanque séptico e valas de infiltração	30
Figura 10 - Esquematização de decantador retangular.....	32
Figura 11- Esquematização de decantador circular.....	32
Figura 12 - tratamento primário convencional	32
Figura 13 - Tecnologia de tratamento com lodo ativado.....	33
Figura 14 - Sistema Fossa Séptica com filtro anaeróbio	33
Figura 15 - Sistema com lagoas de estabilização	34
Figura 16 -Tecnologia com reator UASB e pós-tratamento.....	35
Figura 17 - Esquematização de estação compacta de tratamento.....	36
Figura 18 - Limite territorial do município de Balsas-MA	43
Figura 19 - Identificação da quadra para aplicação do projeto piloto	44
Figura 20 - Procedimentos metodológicos	44
Figura 21 - Conhecimento sobre técnicas de tratamento de efluente doméstico	46
Figura 22 - Rua Teixeira de Freitas, Tresidela, Balsas-MA.....	51
Figura 23 - Cruzamento entre rua Flora Rica com Aprígio Alencar	52
Figura 24 - Esquina entre rua Aprígio Alencar com rua 2 de junho, bairro Tresidela, Balsas-MA.....	53
Figura 25 - Esquina entre rua Teixeira de Freitas com rua 2 de junho bairro Tresidela, Balsas-MA.....	54
Figura 26 - Cruzamento entre Teixeira de Freitas, rua da Fazenda com trecho da MA.....	54
Figura 27 - Renda salarial.....	55
Figura 28 - Nível de satisfação com situação atual do esgoto.....	55
Figura 29 - Conhecimento sobre técnicas de tratamento de efluente doméstico	56
Figura 30 - Concepção do SES.....	57

Figura 31 - Tubo PVC OCRE DN 150 E 150 MM	60
Figura 32 - Poço de visita em PEAD.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes da Rede Coletora de Efluentes (continuação)	21
Quadro 2- Comparativo entre variantes dos Sistemas de Tratamento.....	31
Quadro 3 - Padrões de Lançamentos de Efluentes CONAMA N° 430 DE 2011.....	38
Quadro 4 - Vazão média inicial e final de projeto a ser transportada	46
Quadro 5 - Taxa de contribuição por rede de coleta de esgotamento sanitário.....	47
Quadro 6 - Equação para determinação do diâmetro da tubulação	48
Quadro 7 - Declividade mínima para serviço de esgotamento sanitário	48
Quadro 8 - Velocidade crítica.....	49
Quadro 9 - Análise SWOT (continuação)	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA.....	15
3	OBJETIVOS.....	16
3.1	OBJETIVO GERAL	16
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1	CONTEXTO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	17
4.2	CONCEITOS ENVOLVENDO A COLETA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	20
4.3	SISTEMA CONDOMINIAL DE ESGOTO	23
4.4	TÉCNICA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE	25
4.5	COMBINAÇÃO DAS TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTE	30
4.6	PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE	37
5	METODOLOGIA	42
5.1	ÁREA DE ESTUDO	42
5.2	PROCEDIMENTOS.....	44
5.3	ANÁLISE DOS MORADORES.....	45
5.4	CENÁRIO ATUAL.....	45
5.5	CONCEPÇÃO DO SES	45
5.5.1	Etapa 01 - Definição do traçado.....	45
5.5.2	Etapa 02 – Metodologia de tratamento	45
5.5.3	Etapa 03 – Cálculo das redes	46
6	RESULTADOS.....	51
6.1	SITUAÇÃO ATUAL.....	51
6.2	ANÁLISE DOS MORADORES.....	55

6.3	CONCEPÇÃO DO SES	56
6.4	DIMENSIONAMENTO DAS REDES	59
7	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	65
	APÊNDICE B – PLANILHA DE CÁLCULO	68

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é pauta central na agenda internacional, podendo ser exemplificado por 17 (dezessete) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) previstos para a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Dentre os objetivos, em especial, o sexto objetivo destaca questões relacionadas à água potável e saneamento para todos, com metas específicas para garantir acesso universal e equitativo a esses serviços essenciais, de acordo com a ONU (2020).

No Brasil, o saneamento básico ainda enfrenta desafios em relação ao atendimento da população ao serviço de coleta, transporte, tratamento e disposição final do efluente produzido segundo Veronica Sanchez Diretora Presidente da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico em entrevista ao *Podcast* nº146 Sem Ar (2024). Complementa que pela vasta imensidão brasileira, onde inúmeras bacias hidrográficas são fatores econômicos imprescindível para municípios, regiões e estados fazem imaginar a complexibilidade do atendimento do serviço de esgotamento no País.

Porém, as amplas condições técnicas fazem o serviço de esgotamento sanitário ser adaptável a condições técnicas que melhor atenda demanda haja visto que em 2020, 84,1% da população brasileira tinha acesso à rede de abastecimento de água, enquanto apenas 55% eram atendidos pela rede de esgoto, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS (2021).

Diante disso, visando alinhar-se à agenda internacional, o cenário político e legislativo do setor tem passado por modificações, especialmente com a promulgação da Lei nº 14.026/2020, que atualizou o marco legal do saneamento básico. Entre as mudanças trazidas, vale ressaltar: maiores competências atribuídas à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), como a capacidade de editar normas de referência; flexibilização da oferta de serviços de saneamento básico por meio de empresas privadas; estabelecimento de objetivos ambiciosos de universalização dos serviços até 2033, prevendo acesso a água potável para 99% da população e cobertura de coleta e tratamento de esgoto para 90%. O alcance desses objetivos prevê a necessidade de investimentos entre R\$ 500 e R\$ 700 bilhões, Brasil (2020).

No entanto, a desigualdade regional em termos de direcionamento de investimentos no país ainda é muito evidente. Acerca disso, o Plano Nacional de Saneamento Básico ressaltava que em 2021, “o valor de investimento por habitante no Sudeste foi de (R\$ 1.131 /hab., aprox.), sendo 9 vezes maior do que no Norte (R\$ 126/hab., aprox.) e mais de 4 vezes maior do que no Nordeste (R\$ 257 hab., aprox.).” PLANSAB (2021). Esse cenário ajuda a explicar

a posição desfavorável de muitas cidades no ranking de saneamento básico, incluindo Balsas-MA, situada na região sul do estado maranhense.

Além disso, a estruturação de instrumentos legislativos para o planejamento é recente no município, sendo que institui a política municipal de saneamento foi promulgada em 2019, Lei N° 1.467 (Balsas, 2019).

Esse contexto de saneamento precário tem um efeito direto na saúde da população, bem como na sua qualidade de vida, que é exacerbada por uma falta de planejamento e políticas eficazes por parte do governo. O impacto do ambiente construído e das condições sociais no bem-estar das comunidades é bem documentado e destaca a necessidade de abordar as condições adversas resultantes de uma falta de acesso a instalações de saneamento.

Mediante do cenário de precariedade do esgotamento sanitário do município de Balsas-MA, agravado pela falta de infraestrutura adequada e presença de esgoto a céu aberto, e do fato de que a ausência de saneamento torna as populações vulneráveis socioeconomicamente, sendo ainda mais desassistida de políticas públicas e exposta a riscos de saúde e qualidade de vida, uma das questões que norteia o trabalho.

2 JUSTIFICATIVA

O saneamento básico é um dos pilares imprescindíveis do desenvolvimento sustentável e do bem-estar do ser humano, por esse motivo ele tem um impacto direto na saúde pública, na economia e no meio ambiente. A falta de coleta de esgoto adequada é a causa dominante de doenças transmitidas pela água, como diarreias, hepatites e outras. Isso é um desafio para a saúde pública, em particular, para as comunidades vulneráveis, *Bayer*, et. al, (2023).

Economicamente, os custos de doenças originadas pela falta de saneamento muitas vezes ultrapassam o investimento requerido para a instalação dos sistemas necessários. Além disso, há a redução dos gastos públicos com saúde, e o saneamento diminui o impacto da água sobre doenças contagiosas e hídricas em trabalhadores e estudantes, o que contribui para o aumento da produtividade. De acordo com o Instituto Trata Brasil, para cada real investido em saneamento nos próximos 20 anos, o país pode obter ganhos superiores a 4 reais, deixando um legado positivo considerável para as futuras gerações. O cumprimento das metas de universalização do saneamento básico, previstas para as próximas duas décadas, representa não apenas uma solução para os problemas atuais, mas também uma estratégia econômica que trará benefícios duradouros ao Brasil segundo Instituto Trata Brasil (2024).

Além disso, a falta de saneamento básico acentua a desigualdade social porque as comunidades de baixa renda são afetadas de forma mais severa, criando um ciclo vicioso de pobreza e exclusão. Esse fenômeno evidencia uma relação bidirecional: enquanto a pobreza restringe o acesso a serviços essenciais como saneamento e água potável, a ausência desses serviços contribui para perpetuar a pobreza de acordo com Figueiredo (2022).

Dessa forma, o presente trabalho se justifica pela sua relevância nas dimensões social, econômica, ambiental e científica, mas também favorece o alcance de metas globais, como o ODS 6 da Agenda 2030, que busca garantir o acesso universal à água limpa e saneamento, essenciais para a justiça social e o progresso sustentável.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma solução sustentável e eficiente para o tratamento de esgoto na quadra situada no Bairro da Tresidela em Balsas-MA, considerando as condições locais e a hipótese de que uma estação de tratamento compacta seja a alternativa mais viável.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Diagnosticar a situação atual do saneamento básico na quadra em estudo, identificando os impactos ambientais e sociais decorrentes do esgoto a céu aberto na área;
- Avaliar a viabilidade técnica e econômica de uma estação de tratamento compacta em comparação com outras soluções de saneamento básico, com base características topográficas e hídricas da região;
- Realizar o pré-dimensionamento da rede de coleta de esgoto e da estação de tratamento compacta para parcela da população de moradores da quadra inviabilizados pelo método do sistema de esgotamento convencional em estudo, levando em consideração as características locais, a demanda de esgoto e as especificidades do terreno.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONTEXTO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O saneamento básico é um pilar indispensável para o desenvolvimento do país TRATA BRASIL (2024). Sendo conceituado como “conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais constituído pelas atividades de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários” (ANA, 2024). Apesar de tamanha importância, os serviços de saneamento básico praticamente inexistiam de forma planejada na maior parte dos aglomerados urbanos brasileiros até fins do século XIX (Jesus, 2020). De maneira que abastecimento de água, coleta de esgoto e dejetos aconteciam de forma individualizada em todo o país.

Segundo o Ministério da Saúde (2022), só em 2022 o Brasil registrou quase 191 mil internações provocadas pelas chamadas doenças de veiculação hídricas, causadas por contaminações na água. Este número alarmante revela o quanto a falta de saneamento prejudica a qualidade de vida da população brasileira, evidenciando que o desenvolvimento urbano no Brasil se deu sem um aporte de planejamento e gestão adequados, o que compromete as condições de qualidade ambiental urbana Bezerra (2024).

Vale ressaltar que é competência da União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos, segundo o parágrafo XX do Artigo 21 da Constituição Federal BRASIL (1988). Apesar disso, o processo de institucionalização de instrumentos legislativos que regulamentam o saneamento básico no país é muito recente, haja visto que somente em 2007 foi aprovada a Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei nº 11.445) que dispunha sobre o planejamento, a regularização, a fiscalização, a prestação dos serviços e a participação e controle social da política federal de saneamento, BRASIL (2007). De maneira geral, a lei estimula a articulação de políticas de desenvolvimento urbano e regional de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de recursos hídricos e promoção da saúde.

A Lei nº 11.445 BRASIL (2007) especifica que dentro do contexto da universalização do serviço de esgotamento sanitário exista um sistema de operação composto por conjunto de condutos, instalações, e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar o esgoto sanitário a uma disposição final adequada de forma constante e higienicamente segura, apresentando destinação às águas que após a utilização humana apresentam características naturais alteradas.

Os serviços de esgotamento sanitário vem se tornando realidade nos municípios brasileiros, porém enfrenta desafios econômicos, técnicos e políticos para a sua universalização e carece de sustentabilidade segundo Gallego-Schmid *et al.* (2019).

Os desafios técnicos estão vinculados às instalações das componentes do sistema, conhecimentos prévios na criação de Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Unidade responsável por realizar o tratamento em boas condições, sejam lançados os em rios, lagos, mares ou reutilizados para fins não potáveis.

Diversas iniciativas têm se destacado no processo de expansão do setor de saneamento básico. Entre elas, as capacitações oferecidas pela Agência Nacional das Águas (ANA) aos municípios e demais interessados, que abordam inovações tecnológicas no setor, como soluções baseadas na natureza para o amortecimento e tratamento de efluentes pluviais e sanitários. Além disso, o Programa Cidades Sustentáveis (PCS), alinhado aos princípios da Agenda 2030 e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conta com o apoio do Governo Federal e de outras entidades para sensibilizar e mobilizar governos locais. O programa busca fomentar a implementação de políticas públicas estruturantes que enfrentem a desigualdade social e contribuam para a construção de cidades mais justas, inclusivas e sustentáveis (PCS, 2023).

Em 2020, foi aprovado o novo Marco Legal do Saneamento Básico por meio da Lei nº 14.026, que trouxe importantes avanços para o setor. Essa legislação promoveu um salto significativo nos investimentos, com um aumento de 1.000% destinados à ampliação e universalização dos serviços de saneamento no Brasil segundo a ex-diretora presidente da ANA, Veronica Sanchez (2022). O novo marco estabelece metas ambiciosas, como garantir que, até 2033, 99% da população tenha acesso à água potável e 90% tenham acesso ao serviço de coleta e tratamento de esgoto.

Ainda dando continuidade a fala de Veronica Sanchez essa iniciativa buscou corrigir décadas de atraso no setor, promovendo melhorias estruturais e ampliando a qualidade de vida da população. Embora seja único o modelo de esgotamento sanitário, as múltiplas realidades regionais do território brasileiro fazem com que existem diversas possibilidades de soluções técnicas para atender as demandas do saneamento básico no Brasil.

No País, entre os 5.700 municípios da federação, observa-se uma diversificação significativa na predominância de tipos de moradias, como palafitas, favelas, áreas rurais, comunidades quilombolas e aglomerados urbanos em geral. Nesse contexto, a estruturação do esgotamento sanitário nos municípios exige um aprofundamento no planejamento urbanístico, frequentemente impulsionado por parcerias com empresas privadas no setor, Maricato (2013).

Tomando como referência os Planos de Cidades Sustentáveis (PCS), Peretti (2024) destaca que “o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável fornece aos gestores indicativos de ações que possam ser desenvolvidas e criadas no âmbito municipal, por meio da transparência na divulgação de suas ações”. Portanto, é necessário incorporar o saneamento como parte de um planejamento urbano sustentável e inclusivo, considerando as especificidades locais, como áreas rurais, quilombolas e aglomerados informais.

Segundo base do painel de saneamento no Brasil no ano de 2022 foram investidos R\$: 4.299.166.320,00 bilhões de reais, onde desses R\$: 162.260.763,22 reais foram atribuídos ao estado do Maranhão. Balsas município com população de 101.767 houve destinação de R\$: 1.899.200,66 reais investimento per capital de R\$:18,66 no município, porém cerca de 96.1% ou seja, 97.767 da população vivencia a realidade da falta sem coleta de esgoto adequada, TRATA BRASIL (2022). Esses dados evidenciam um cenário, especialmente no estado do Maranhão e, em particular, no município de Balsas. Apesar dos esforços legais e institucionais promovidos pelo novo Marco Legal do Saneamento Básico e pela Lei nº 11.445/2007, que estabelecem diretrizes claras para a universalização dos serviços de água e esgoto, a realidade mostra um grande descompasso entre as metas estabelecidas e a execução prática dessas políticas.

O investimento per capita de apenas R\$18,66 em Balsas revela o desafio econômico enfrentado para garantir um sistema eficiente de coleta e tratamento de esgoto em um município onde mais de 96% da população ainda vive sem acesso adequado a esses serviços. Esses números contrastam com a premissa dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visam universalizar o acesso ao saneamento básico e reduzir desigualdades sociais.

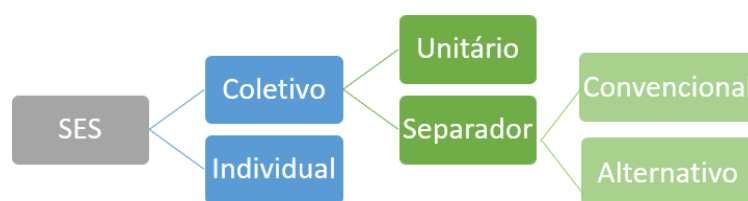
Dessa forma, os dados refletem a urgência de se intensificar os investimentos no setor, mas também de repensar as estratégias de implementação, promovendo uma articulação mais eficaz entre políticas públicas, gestão municipal e o envolvimento de parceiros privados.

O saneamento básico deve ser entendido como um pilar essencial não apenas para a saúde pública, mas também para o desenvolvimento social e ambiental, contribuindo para cidades mais resilientes e igualitárias.

4.2 CONCEITOS ENVOLVENDO A COLETA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Os sistemas de esgotamento sanitário (SES) podem ser divididos em duas categorias principais: sistemas individuais e sistemas coletivos, conforme apresenta a Figura 1. Os sistemas individuais, também conhecidos como estáticos, são aplicáveis a soluções locais, geralmente utilizadas para uma única residência ou para um número reduzido de domicílios, e não envolvem o transporte dos efluentes a grandes distâncias. Já os sistemas coletivos, mais amplamente aplicados em áreas urbanas, caracterizam-se pelo afastamento dos esgotos da área atendida por meio de canalizações que recebem os lançamentos e transportam os efluentes ao destino final, como estações de tratamento ou locais de disposição final, Nuvolari (2011).

Figura 1 - Classificação do Sistema de Esgotamento Sanitário



Fonte: Autor (2025).

Os sistemas coletivos podem ser subdivididos em unitários e separadores, sendo que cada um pode adotar tecnologias convencionais ou alternativas, dependendo das condições locais e das exigências de sustentabilidade e eficiência do projeto. Essa classificação reflete a diversidade de soluções possíveis para atender às demandas de saneamento em diferentes contextos, considerando fatores como densidade populacional, condições geográficas e viabilidade econômica, Nota Técnica nº 4 ANA (2022).

De acordo com a ABNT NBR 9648 (ABNT, 1986), os sistemas de esgoto sanitário do tipo separador devem atender às condições exigíveis no estudo de concepção, abrangendo requisitos suficientes para o desenvolvimento do projeto em todas ou em qualquer das suas partes, conforme regulamentações específicas das entidades responsáveis pelo planejamento e operação do sistema.

A implementação de um sistema de esgotamento sanitário tem um caráter ambientalmente favorável por sua contribuição para a diminuição do lançamento de patógenos e poluentes nos corpos hídricos. No entanto, a construção, a operação e a manutenção do SES causam impactos ambientais (Paulo *et al.*, 2019).

Dentro do sistema de esgotamento sanitário, existem conceitos fundamentais que compõem a rede coletora, incluindo elementos como singularidades e órgãos de travessia. O sistema inicia-se pela ligação predial, que é o trecho do coletor predial situado entre o limite do terreno e o coletor de esgoto. No quadro 1 são descritos os principais componentes da rede coletora de esgoto.

Quadro 1 - Componentes da Rede Coletora de Efluentes (continuação)

Componente da rede coletora	Descrição
Coletor público	Tubulação da rede coletora que recebe o esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo do seu comprimento.
Subcoletor	Tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto.
Trecho	Segmento de coletor tronco, interceptor ou emissário, compreendido entre singularidades sucessivas. Singularidades são definidas como qualquer órgão acessório, mudança de direção, variação de seção, declividade ou vazão significativa.
Coletor de esgoto	Tubulação da rede coletora que recebe a contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento.
Subcoletor	Tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto.
Trecho	Segmento de coletor tronco, interceptor ou emissário, compreendido entre singularidades sucessivas. Singularidades são definidas como qualquer órgão acessório, mudança de direção, variação de seção, declividade ou vazão significativa.
Bacia de drenagem	Área delimitada pelos coletores que contribuem para um determinado ponto de reunião das vazões finais coletadas nessa área.
Corpo receptor	Qualquer massa de água natural ou solo que recebe o lançamento de esgoto em seu estágio final.
Coletor principal	Tubulação de maior extensão dentro de uma mesma bacia. É a tubulação que recebe diretamente as contribuições dos coletores prediais ou subcoletores e pode ser considerado a espinha dorsal da rede coletora em determinada área.
Coletor tronco	É tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores de esgotos, ao longo do comprimento havendo necessidade de poços de visita pela profundidade e conexão entre os elementos e conduz a um interceptor ou emissário. Recebe a contribuição de coletores nos PVs, tem diâmetros e profundidade maiores e em geral estão localizados ao longo dos córregos.
Interceptor	Canalização cuja função principal é receber e transportar o esgoto sanitário, caracterizada pela defasagem das contribuições, da qual resulta o amortecimento das vazões máximas. Recebe a contribuição, ou seja, intercepta de coletores troncos e principais, sem recebimento direto de ligações prediais.
Emissário	Tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante sendo um conduto destinado ao afastamento final da rede para o ponto de lançamento, correspondendo ao último trecho do interceptor, da EEE e ETE e da ETE ao lançamento. Considerar no dimensionamento a defasagem e o amortecimento das vazões máximas.

Quadro 1 - Componentes da Rede Coletora de Efluentes (conclusão)

Passagem forçada	Corresponde ao trecho com escoamento sob pressão, sem rebaixamento
Estação elevatória de esgoto sanitário	Instalação que se destina ao transporte do esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações de vazão. Estação elevatória em caso de necessidade corresponde a toda instalação construída e equipada de forma a transportar o esgoto de uma cota mais baixa para outra superior, acompanhando principalmente as variações das vazões afluentes.
Órgãos acessórios	Tubos que permitem a introdução de equipamentos de limpeza e a opção de substituir poços de visitas no início dos coletores.
Caixa de passagem	Câmara sem acesso localizado em pontos singulares por necessidade construtiva e econômica de projeto sendo obrigatória ao mudar de direção, declividade, material e diâmetro.
Tubo de inspeção e limpeza (TIL)	Dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza, sendo seu local de aplicação em início de coletores, mudança de direção, reunião de coletores, mudança de declividade, material, diâmetro ou tipo de seção transversal obrigatório quando houver reunião de coletores por exemplo, três entradas e uma saída ou quando não há degraus que exigem tubo de queda (TQ) geralmente a jusante de ligações prediais que possam acarretar problemas de manutenção.
Poço de visita (PV)	Câmara visitável através de aberturas em sua parte superior, que permite a reunião de várias canalizações e realização de manutenção e limpeza dessas canalizações. O esgoto corre na parte inferior, em canaletas que orientam os fluxos conforme conveniência. No entanto, devido ao alto custo dos poços de visitas, e à evolução dos processos de limpeza das tubulações com equipamentos mecanizados, os poços de visitas têm sido substituídos em alguns casos por dispositivos mais simples e baratos TL ou TIL.
Tubo de queda (TQ)	Usado quando o coletor afluente chega a uma cota igual ou superior 0,5 metros do fundo do PV, para que o efluente do coletor a montante deságue no fundo do poço.

Fontes: NBR 9648 (ABNT, 1986); Nuvolari (2011).

Conforme o SNIS (2022), o sistema de esgotamento sanitário convencional é composto por duas etapas principais: coleta e tratamento. A primeira envolve a coleta, realizada por meio de uma rede de tubulações que transportam os esgotos domésticos gerados em residências, edifícios e estabelecimentos comerciais até uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). Na segunda etapa, ocorre o tratamento, onde os poluentes são removidos até atingirem níveis considerados seguros para o lançamento nos corpos, conforme a CONAMA (nº 430 de 2011) para condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água e CONAMA (nº 357 de 2005) quanto a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, como rios ou lagos, que será descrito em tópicos padrões de lançamento de efluente.

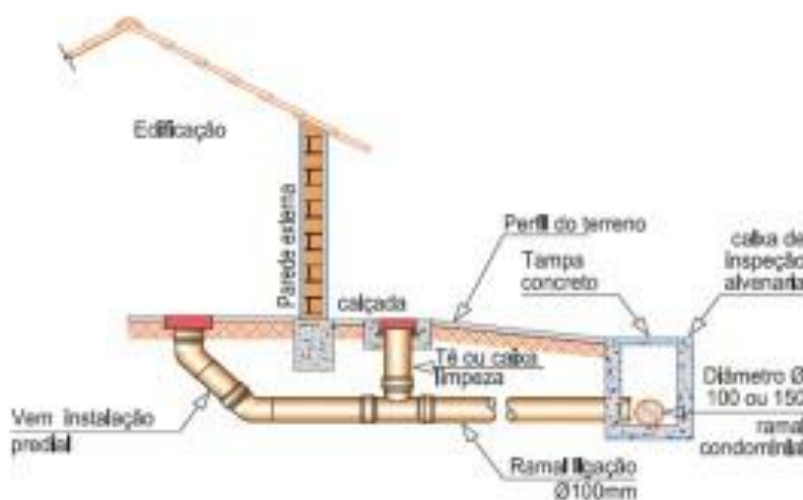
4.3 SISTEMA CONDOMINIAL DE ESGOTO

O sistema de coleta condominial é uma solução desenvolvida no Brasil da década de 1980 que pode ser implantado em qualquer região, especialmente quando os terrenos apresentam declividades acentuadas para os fundos FUNASA (2025). Geralmente, esses sistemas são compostos por ligação predial, ramal condominial, caixa de inspeção, caixa de inspeção externa e rede básica, que serão descritos a seguir:

a) **Ligação predial.**

Tubulação com diâmetro mínimo de 100 mm e declividade mínima compatível, que faz a ligação entre o sub-coletor de esgoto em cada edificação até a caixa de inspeção situada no ramal condominial de acordo com ABNT NBR 9649 (1986). Como representado na Figura 2.

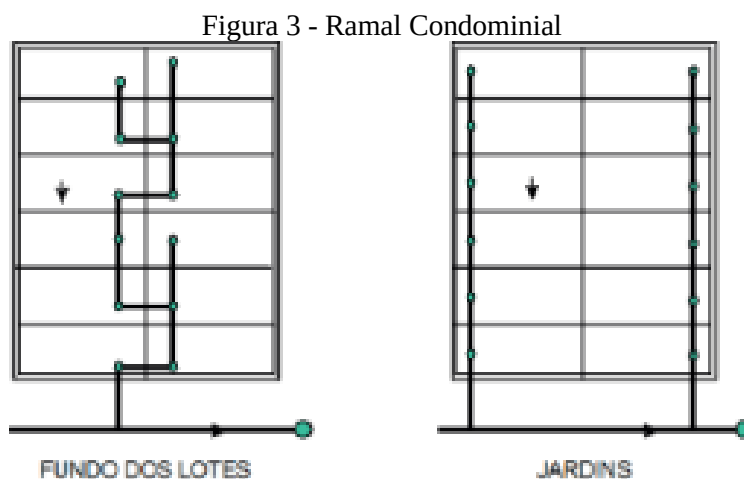
Figura 2 - Ligação Predial do Sistema Condominial



Fonte: FUNASA (2015).

b) **Ramal Condominial.**

Rede Coletora que passa por dentro do lote e reúne as ligações dos usuários que compõem um condomínio (quarteirão), podendo ser de jardim ou de fundo, quando instalada na frente ou no fundo do lote ABNT NBR 9649 (1986). Conforme ilustra a Figura 3 a seguir.



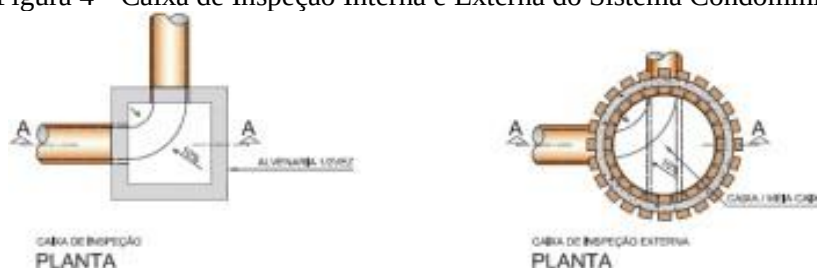
c) Caixa de Inspeção (CI).

Acessório instalado em cada lote para receber a ligação de uma edificação no ramal condominial e construída nas mudanças de direção do ramal ABNT NBR 9649 (1986).

d) Caixa de Inspeção Externa (Clex).

De acordo com ABNT NBR 9649 (1986), é acessório instalado no final de cada conjunto residencial, antes de ligar o ramal condominial interno à rede básica (rede pública no passeio ou na rua) o que pode ser visto na Figura 4.

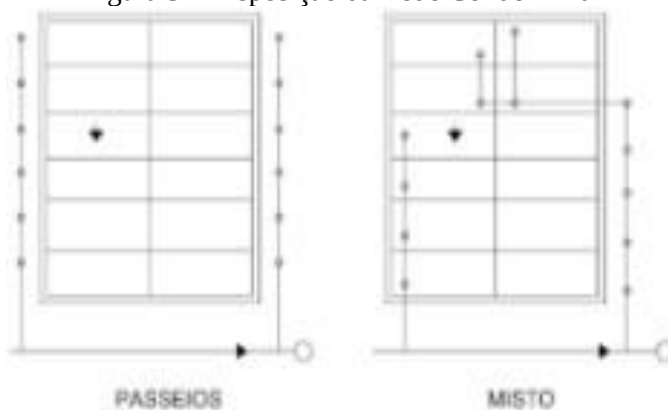
Figura 4 - Caixa de Inspeção Interna e Externa do Sistema Condominial



e) Rede Básica

Ainda de acordo com ABNT NBR 9649 (1986), rede coletora pública pode estar situada no passeio (rede dupla) ou na rua (rede simples) que reúne os efluentes da última caixa de inspeção de cada condomínio representada de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Disposição da Rede Condominial



Fonte: FUNASA (2015).

4.4 TÉCNICA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE

De acordo com resolução 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA de 13/05/2011 onde dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, o tratamento de esgoto desempenha um papel essencial na preservação ambiental e na saúde pública, e seus diferentes estágios são projetados para remover gradativamente os poluentes presentes no efluente.

a) Tratamento Preliminar de Efluente

Consiste na remoção de sólidos grosseiros etapa composta pelo gradeamento operação pela qual o material flutuante e a matéria em suspensão que for maior que a abertura da grade são retidas ou removidas segundo ABNT NBR 17076 (2024). A etapa preliminar apresenta desarenador unidade que protege os equipamentos contra a brasão, entupimento e obstrução de canalizações e depósito de material inerte como areias e outros detritos minerais nos decantadores e digestores.

- Gradeamento;
- Desarenador;
- Calhas Parshall.

b) Tratamento Primário

O tratamento primário concentra-se na remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes, que permanecem mesmo após passarem por tratamentos preliminares. Essa etapa é capaz de atingir uma eficiência de remoção de sólidos em suspensão de aproximadamente 60% a 70% e uma redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) entre 25% e 35% (SPERLING, 2018).

Além disso, o uso de decantadores primários possibilita a sedimentação e retirada prévia de parte da matéria orgânica em suspensão, reduzindo o volume do reator biológico e otimizando o consumo energético, especialmente nos processos de aeração.

c) Tratamento Secundário

O tratamento secundário proporciona a remoção da matéria orgânica dissolvida e coloidal no esgoto doméstico, através de processos biológicos e, em alguns casos, físico-químicos. Segundo Chernicharo (2016), “onde as características mais importantes de um tratamento biológico são o tempo de resistência de sólidos e as condições de microrganismos presentes no meio”.

Nessa etapa, os microrganismos decompõem a matéria orgânica por meio de processos aeróbios ou anaeróbios, ao comparar com trabalho de Augusto e Silva (2024), afirmam que o processo secundário de ‘tratamento de efluente doméstico aplicado para cidade de Indianópolis, Paraná, apresentou eficiência estimada na remoção de DBO de 86,8%, em conformidade, portanto, com o que determina o padrão legal no Brasil. Concebido por um sistema composto por lagoa anaeróbia e duas lagoas facultativas em paralelo, seguido de série de três lagoas de maturação

d) Tratamento Terciário

O tratamento terciário é o complemento das etapas acima, visando remover contaminantes específicos, a exemplo do nitrogênio e fósforo (nutrientes), metais pesados, microrganismos patogênicos e refinar a qualidade do efluente para atender a padrões mais exigentes. Nessa etapa, serão aplicadas técnicas como flotação, utilização de filtros avançados, processos de desinfecção e métodos químicos ou biológicos na presença do

efluente tratado tenha impacto mínimo ao meio ambiente ou esteja qualificado para reutilização em atividades específicas. Andreoli et al, (2014, p 29).

e) Técnicas de Tratamento Fossa Verde

Tecnologia Fossa Verde é modelo alternativo de tratamento de efluente domiciliar havendo considerável contribuição com o saneamento rural e áreas urbanas que apresente característica topográficas desfavoráveis, de acordo com Silva e Neto (2014), um dos principais objetivos da fossa verde é tratar esgoto doméstico, prevenindo a contaminação do solo, consequentemente do lençol freático e evitando existência de esgoto a céu aberto, como vantagem reduzindo a carga orgânica que será desejada no rio após ser realizado o tratamento do esgoto.

Esse sistema exige baixa demanda de manutenção, uma vez que é necessário remoção do lodo da câmara de digestão, de acordo com Silva e Picanço (2021). O método de tratamento de efluente por meio da fossa verde é uma possibilidade para áreas urbanas carentes do serviço de saneamento público.

f) Técnica de Tratamento com Tanque Séptico

Tanque Séptico é formado por uma câmara que armazena o esgoto por um determinado tempo, havendo sedimentação do material sólido e a flotação de gorduras e óleos. A norma técnica brasileira ABNT-NBR 17076 (2024) atualizada ano passado, substituindo as antigas NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997, sendo responsável pela orientação técnica para dimensionamento de tanques sépticos. Em estudo de Almeida, Pitaluga e Reis, (2010) a eficiência desta tecnologia na purificação do esgoto foi de 13% nos níveis de DBO e de BQO. Ao comparar com estudo de Colares e Sandri (2013) envolvendo tratamento de efluente com utilização do tanque séptico os sólidos em suspensão total atendem a resolução CONAMA nº 430/2011 assim afirmam.

g) Técnica de Tratamento com Zona de Raízes

Tecnologia Zona de Raízes consiste em sistema de tratamento local com grande potencialidade a ser usando em áreas pouco adensada carente de sistema de esgotamento

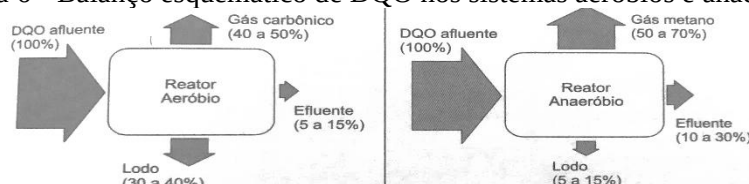
sanitário, tratamento é físico-biológico com processo de filtragem física, das camadas de areia e pedras e biofiltro realizado pelas plantas afirma Silva e Picanço (2021).

É necessário haver um tratamento primário para remover os sólidos sedimentáveis. De acordo com Lohmann (2011) em estações de tratamento de esgoto a remoção de bactérias heterotróficas e fungos totais apresentam maior densidade em região das raízes, além de controle de odores, pois as próprias raízes funcionam com filtro.

h) Técnica de Tratamento com Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

O reator anaeróbico de fluxo ascendente, representação na Figura 6, é uma tecnologia anaeróbia no tratamento de esgoto doméstico que apresenta características como baixo consumo de energia, baixos custos de implementação e operação, tolerância a elevadas cargas orgânicas, e possibilidade hidráulica. A remoção da matéria orgânica realiza-se no reator em determinadas condições da matéria nitrogenada, subsequentemente a biomassa utiliza do substrato presente no esgoto bruto devido sua propriedade de floculação no decantador secundário ocorre sedimentação do sólido decorrente característica gelatinosa das bactérias, Andreoli *et al.* (2014, p 123).

Figura 6 - Balanço esquemático de DQO nos sistemas aeróbios e anaeróbios



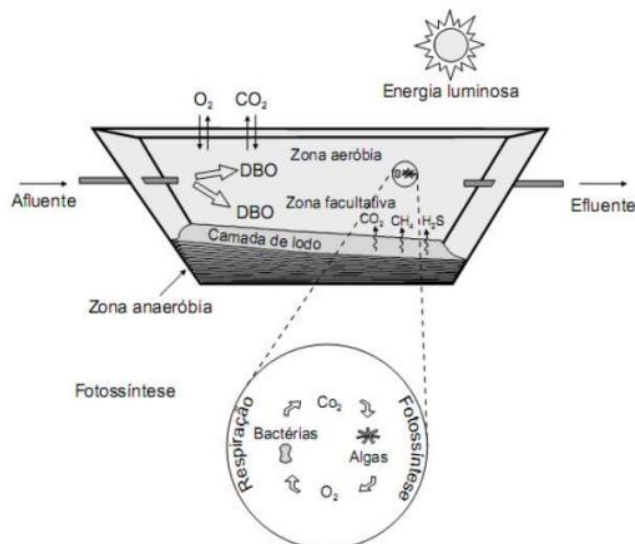
Fonte: Chernicharo (2016).

i) Técnica de Tratamento com Lagoa Facultativa

As lagoas facultativas, Figura 7, são unidades construídas por meio da movimentação de terra com corte, aterro e preparação de taludes, são operadas com a finalidade de tratar os esgotos. O processo de tratamento decorrente de lagoa facultativa depende unicamente de fenômeno natural onde parte da matéria orgânica em suspensão tende a sedimentar posteriormente vinda a decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido principalmente em gás carbônico, e metano e vindo a construir. A matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões não sedimentar para sua decomposição necessita de bactérias facultativas capazes de reprodução tanto com presença ou ausência de oxigênio. Por

esse motivo não necessitam de equipamentos mecanizados, de modo que a matéria orgânica é processada em taxas mais lentas, o que resulta em períodos superiores a 20 dias de detenção na lagoa, segundo Sperling (2018).

Figura 7 - Esquema simplificado de lagoa facultativa



Fonte: Sperling (2018).

j) Técnica de Tratamento com Lagoa Aerada

A forma de suprimento de oxigênio é obtida através de equipamentos mecânicos. Os aeradores mecânicos são unidades de eixo vertical que, ao rodarem em alta velocidade, causam um grande borbulhamento na água capaz de propiciar a penetração do oxigênio atmosférico na massa líquida. “Em decorrência o tempo de detenção dos esgotos na lagoa pode ser na ordem de 5 a 10 dias” Sperling (2018). De forma complementar as lagoas apresentaram eficiência estimada na remoção de DBO de 86,8%, resultando em eficiência esperada de 99,85%. Além disso, este estudo abordou tópicos relativos à localização e a operação do sistema proposto, de acordo com Augusto e Silva (2024). A introdução de oxigênio no meio, através de um sistema mecanizado ilustração na Figura 8.

Figura 8 - Representação de lagoa com sistema mecanizado para adição de ar

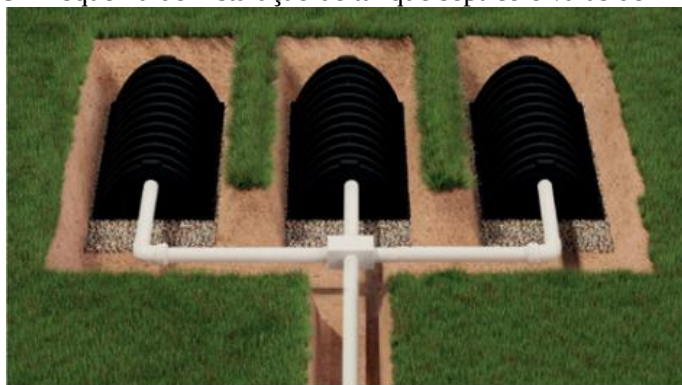


Fonte: Sperling (2005).

k) Técnica de Tratamento com Baías e Valas de Infiltração

Sua aplicabilidade está relacionada às propriedades do solo em conduzir a assimilação e composto orgânicos complexos a taxa de infiltração está relacionada ao tipo de cobertura vegetal e condições climáticas do local de estudo, Figura 9. De forma complementar, a degradação de resíduos orgânicos necessita de boa aeração do solo a qual é inversamente à umidade do solo, por esse motivo a área de aplicação deve possuir solo argiloso, com boa capacidade de drenagem, e que permaneça com água subterrânea em profundidade superior a 1,5 metros Sperling (2018).

Figura 9 - Esquema de instalação de tanque séptico e valas de infiltração



Fonte: Fortlev (2024).

4.5 COMBINAÇÃO DAS TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

A combinação dos principais métodos e tecnologias utilizadas para remoção de poluentes de águas residuais é permitida como complementada pelo pensamento a seguir. A participação em conjunta das técnicas de tratamento promovem significativas reduções da DBO e estabilização do efluente para outras etapas efetivas de tratamento, Andreoli et al, (2014, p 29). Contudo, o efluente ao chegar na estação de tratamento é destinado ao tratamento preliminar, composto pelo gradeamento dos materiais sólidos maiores, podendo ser mecanizado ou manual, em seguida o efluente bruto é encaminhado para desarenador, local de estacionamento do materias sólidos de granulometria menores como caso de areias, em seguida medidor de vazão, a seguir demonstrativo das principais junção de técnicas de tratamentos incentivadas na literatura. Em seguida, o Quadro 2 representa comparativo entre principais técnicas de tratamento em função das vantagens e desvantagens do sistema de tratamento a ser escolhido.

Quadro 2- Comparativo entre variantes dos Sistemas de Tratamento

Comparação entre Variantes dos Sistemas de Lodo Ativado.			
Item	Lodo ativado convencional	Aeração prolongada	UASB
Idade do lodo	4 a 10 dias	18 a 30 dias	6 a 10 dias
Decantação primária	presente	ausente	ausente
Reator UASB	ausente	ausente	presente
BDO solúvel efluente	baixa, praticamente desprezível		
BDO em suspensão efluente	Depende da sedimentabilidade do lodo e do desempenho do decantador secundário. Com a nitrificação deverá ocorrer, caso não haja desnitrificação do reator, a mesma pode ocorrer no decantador secundário, causando ascensão e perda do lodo. Decantador secundário sujeito a problemas com bactérias filamentosas.		
Volume do reator aeróbio	reduzido- tempo de detenção hidráulica entre 6 a 8 h	Elevado - 16 a 24 h	reduzido entre 3 a 5 horas
Requisitos energético	reduzida, devido ao baixo consumo de oxigênio.	elevado, devido consumo de oxigênio.	reduzida, devido ao baixo consumo de oxigênio.
Estabilidade do lodo no reator.	baixa e insuficiente para encaminhamento à secagem natural (geração de maus odores)	Suficiente e comparável a processo separada, como a digestão anaeróbia	
Adensamento do lodo	necessário principalmente para o lodo secundário.	recomendado adensamento mecanizado.	normalmente desnecessário.

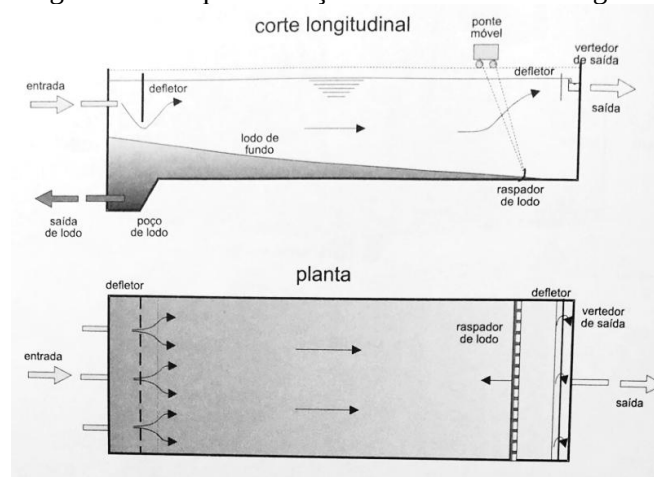
Fonte: Adaptada parcialmente de von Sperling (1997). Digestão do lodo primário Sperling et al (2001).

a) Tratamento com Decantação Primária

Tratamento com decantação primária apresenta maior eficiência na remoção de poluente de efluente sendo utilizada após tratamento preliminar.

Consiste no encaminhamento do efluente ao decantadores podendo ser a principal tecnologia de remoção para tratamento do lodo. A Figura 10 ilustra esquematização de decantador retangular em conformidade com ABNT NBR 17076 (2024).

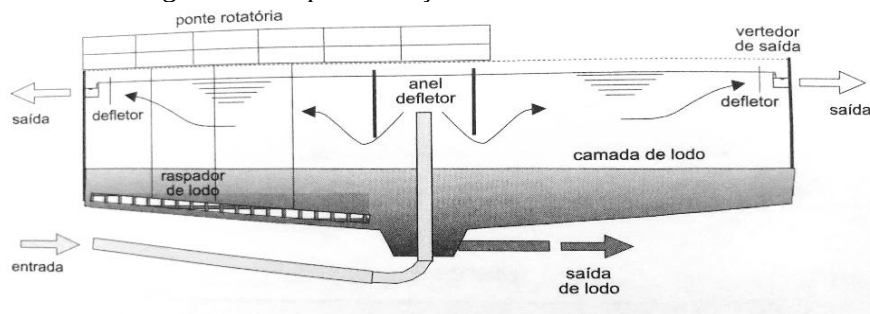
Figura 10 - Esquemática de decantador retangular



Fonte: Sperling (2018).

Decantadores circulares também podem ser utilizados para a obtenção do lodo, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11- Esquemática de decantador circular

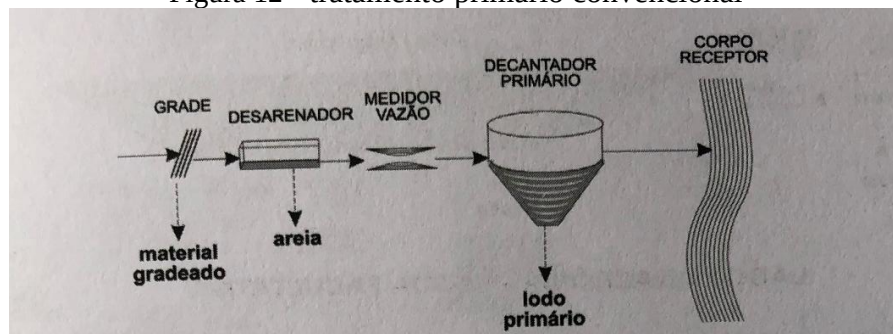


Fonte: Sperling (2018).

Após processo físico-químico ocorrido no decantador o efluente é destinado ao corpo receptor, após está em conformidade aos parâmetros de lançamentos de efluentes.

A Figura 12 representa o tratamento primário convencional precedido do tratamento preliminar.

Figura 12 - tratamento primário convencional

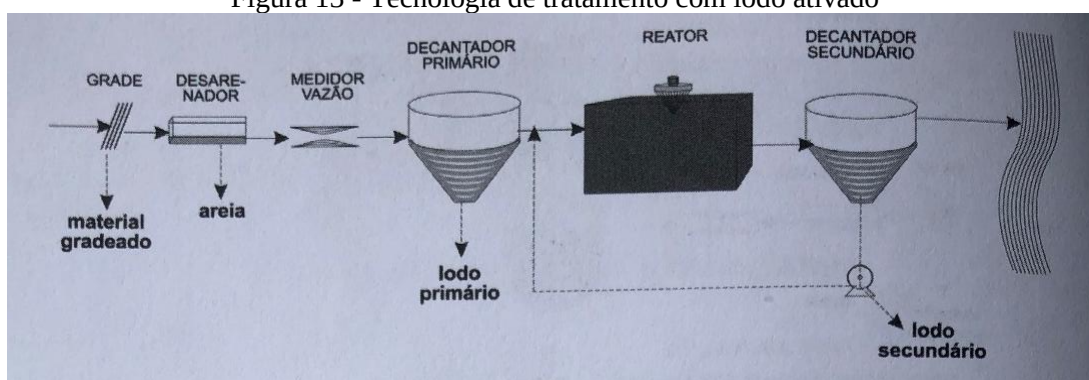


Fonte: Sperling (2018).

b) Tratamento com Recirculação do Lodo

O lodo ativado subproduto gerado no tratamento é frequentemente empregado para eliminar matéria orgânica e outros poluentes através de métodos biológicos aeróbicos. Segundo Sperling (2018) a classificação segundo a idade do lodo se aplica tanto para os sistemas de fluxo contínuo processo em que líquido entra e sai continuamente do reator de lodos ativados tanto quanto para sistemas de fluxo intermitente ou batelada, Figura 13. No intuito de economia de energia no sistema preferencialmente para aeração e redução do volume no reator biológico parte da matéria orgânica em suspensão é sedimentada e retirada antes, através do decantador primário. A configuração típica de uma ETE com reator e lodos ativados é mostrada na sequência.

Figura 13 - Tecnologia de tratamento com lodo ativado

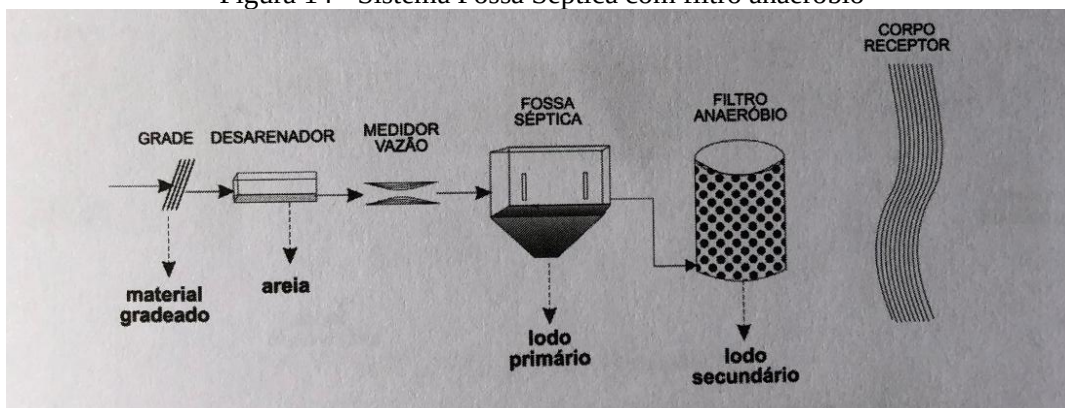


Fonte: Sperling (2018).

c) Tratamento com Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio

O tratamento a seguir, Figura 14, é representado pelo tratamento preliminar, fossa séptica, filtro anaeróbio e então encaminhando o efluente tratado ao corpo receptor.

Figura 14 - Sistema Fossa Séptica com filtro anaeróbio



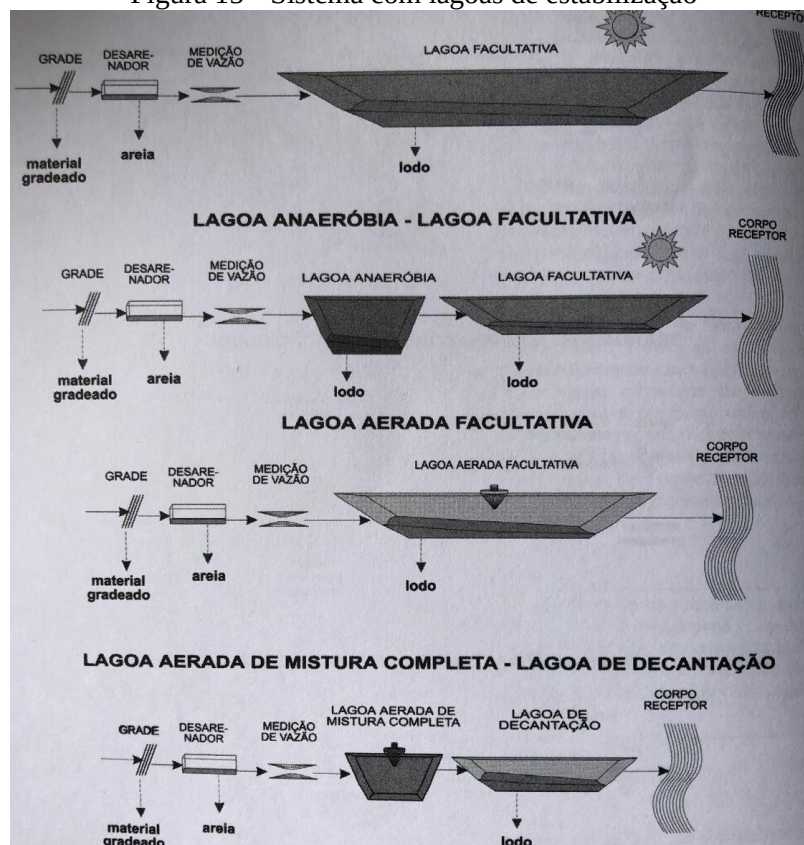
Fonte: Sperling (2018).

d) Tratamento com Aplicação de Lagoas

Em sistemas de tratamento envolvendo lagoas, segundo Van Sperling; Castro; e Costa; (1995). As características específicas entre a melhor utilização das lagoas, Figura 15, estão relacionadas com a remoção de matéria orgânica e patógenos, enquanto a lagoa sem aeração consiste em eficiência entre 80 a 90%, 60-99,9% necessitando área 1,5 a 5 m² por habitante atendido. Enquanto lagoa com aeração a respectivamente 70-90%, 60-90% necessidade de área 1,5 a 4 m² por habitante.

As lagoas facultativas, assim como as baías e valas de infiltração, representam opções de tratamento que requerem menos tecnologia. As lagoas facultativas utilizam uma mistura de processos aeróbios e anaeróbios, em comparação às lagoas aeradas são totalmente aeróbias, demandando uma maior quantidade de energia para aeração. As baías e valas de infiltração, por sua vez, são sistemas passivos que se baseiam na habilidade do solo de filtrar e tratar o esgoto, sendo mais recomendadas para regiões com baixa densidade demográfica. Em última análise, o método de flotação é empregado para a separação de sólidos suspensos e gorduras, atuando como um passo adicional em tratamentos terciários, Von Sperling (1976).

Figura 15 - Sistema com lagoas de estabilização



Fonte: Sperling (2018).

e) Tratamento com Reator UASB

Em sistema com utilização de reatores anaeróbios, tais como o UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente), sobressaem-se pela eficácia na eliminação de matéria orgânica sob condições de consumo energético reduzido. Diferentemente dos sistemas aeróbios, os anaeróbios não precisam de oxigênio para funcionar, o que resulta em um funcionamento mais econômico.

O tratamento utilizando reatores do tipo RAFA - reator anaeróbio de fluxo ascendente, ou do inglês, UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e lagoas de estabilização apresentam resultados que evidenciam bons desempenhos operacional a partir dos valores de eficiência de remoção da carga orgânica dos parâmetros de DBO e DQO, Chernicharo (2016, p.49).

No entanto a falta de decantação primária e a diminuição do volume do reator que em média apresenta de 3 a 5 horas de retenção hidráulica, fazem com que os reatores anaeróbios sejam mais compactos. Chernicharo (2016, p.50).

Mas, vale ressaltar que a quantidade de DBO suspensa no efluente pode variar de acordo com o desempenho de decantadores posteriores e a capacidade de sedimentação do lodo, Von Sperling (1976). A Figura 16 representa a abordagem biológica utilizando reator UASB com lagoas e filtros biológicos para tratamento de efluente doméstico.

Figura 16 -Tecnologia com reator UASB e pós-tratamento



Fonte: Sperling (2018).

Em conformidade com estudo de Dias (2024), que ao avaliar uma estação de tratamento que utiliza UASB apresentou eficiência de remoção de DBO média de 92,55%, ao

longo do período analisado, com desvio padrão de 3,95 e coeficiente de variação de 4%. Para o parâmetro DQO, a média de remoção foi de 81,83%, com taxa de variação de 8% e desvio padrão de 6,36%, evidenciando que a eficiência de remoção sempre esteve acima da mínima estabelecida nas legislações vigentes.

f) Tratamento com Estação de Tratamento Compacta

A estação de tratamento compacta consiste em separar inicialmente a parte sólida da parte líquida, ou seja, a parte em que a DBO particulado ou em suspensão é depositada no tratamento primário e a parte solúvel é direcionada para lagoas de aeração e depois para um tanque de tratamento secundário, Chernicharo (2016). Para tanto, inicialmente, no tratamento preliminar é feito o peneiramento através de barras para remoção de sólidos grosseiros; no tratamento primário acontece sedimentação simples do material havendo redução de poluentes; no tratamento, de acordo com Mendonça (2017).

As vantagens do tratamento compacto são referentes a manutenção e operação simples, tratamento biológico aeróbio com placas de PVC, polietileno, poliestireno que ficam cerca 40% submersas, com diâmetro que varia de 1 a 3 metros; equipamentos mecânicos simples, não gera ruídos, elevada eficiência na remoção de DBO. nitrificação frequente, requisitos de áreas bem baixos, conceitualmente mais simples que lodos ativados, Figura 17, ilustra estação compacta de tratamento, vantagens relacionadas à possibilidade de reuso do efluente tratado para irrigação, descarga em bacias sanitárias, lavagens de pisos externos e estacionamentos, pouca sensível a mudança brusca de cargas como vazão e DBO, economia de energia elétrica (40% a 50% gasta em lodo ativado), baixa produção de lodo, ótima qualidade do lodo, em conformidade com Von Sperling (2016).

Figura 17 - Esquematização de estação compacta de tratamento



Fonte: Água Clara Engenharia (2016).

Segundo o trabalho de Andrade (2014), o sistema compacto anaeróbio-aeróbio tratava diariamente 288 litros de esgoto, durante 10 meses de monitoramento. A remoção média de DBO total no efluente do reator UASB foi de 60%, e para o efluente final de 90%. Os sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSB) apresentaram remoção média de 96% e 97%.

O estudo de Alves (2024), teve como objetivo otimizar o tratamento de esgoto doméstico a baixo custo, com ênfase na remoção de matéria orgânica e nitrogenada utilizando um biorreator anaeróbio de membrana dinâmica (BRAnMD) seguido por um filtro aeróbio intermitente. O tratamento compacto apresentou desempenho ótimo em relação a remoção da turbidez, DQO total e remoção de sólidos suspensos total e volátil. Entretanto as baixas remoções de nitrogênio foram atribuídas à alta carga nitrogenada afluente, baixa disponibilidade de oxigênio para nitrificação e falhas operacionais de alimentação enfrentadas durante os ensaios que provocaram em alguns dias a inundação do sistema e consequente deslocamento populacional da comunidade bacteriana responsável pelo ciclo do nitrogênio.

Os critérios e parâmetros para o dimensionamento de uma estação de tratamento compacta envolvem: área de superfície de contato, vazão média diária, carga orgânica de afluente (DBO, volume útil do reator (V), tempo de detenção hidráulica (TDH), Altura útil do reator (H), eficiência esperada, área da superfície de contato; os quais serão descritos no sub tópico 4.7.

4.6 PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE

Conforme a CONAMA nº 430 de (2011) para condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em mananciais.

Embora não exista valores estabelecidos de Demanda Química Orgânica- DQO na legislação federal, os estados podem determinar por meio de legislações locais esses parâmetros, a exemplo disso está Minas Gerais com a Deliberação Normativa- DN Conjunta COPAM-CERH/MG no 08/2022 determina valor máximo para efluentes de até 180 mg L-1 ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65%, Minas Gerais, (2022).

O estado do Maranhão segue recomendações e condições de lançamento de efluente do CONAMA com Ph entre 5 e 9,9, temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação do corpo receptor não deverá exceder a 3° C na zona de mistura do manancial receptor. Ainda de acordo com Resolução do CONAMA nº 400, de (2011), para regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média de atividade diária do agente poluidor, óleos

minerais de até 20 mg/L, óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L efluente apresente ausência de matérias flutuantes.

Quadro 3 - Padrões de Lançamentos de Efluentes CONAMA N° 430 DE 2011.

Padrões Inorgânicos	
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cadmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,3 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Padrões Orgânicos	
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4 aminoantipirina)	0,5 mg/L – C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Fonte: Conama (2011).

a) Desinfecção de Efluente das ETES

A desinfecção é uma etapa crucial no tratamento de efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), garantindo a redução de microrganismos patogênicos e a segurança sanitária do efluente final. Entre as formas de desinfecção pode-se ressaltar o cloro e o uso de ácido peracético.

O cloro é um desinfetante extremamente decisivo para inativação de bactérias, pode ser utilizado em forma de gás, hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio, resultados indicam que HOCl (ácido hipocloroso) é 70 a 80 vezes mais eficiente que OCl⁻¹ (íon hipoclorito), Matos (2014). Havendo uma contribuição significativa na utilização do cloro para saneamento decorrente de suas vantagens relacionadas a inativação eficaz de vários

patogênicos, seus resíduos são facilmente medidos, controlados e economicamente viáveis. Para uso na desinfecção do cloro.

Na inativação de vírus a utilização de cloro demonstrou resistência de 20 diferentes vírus sob concentração de 0,5 mg/L exigiram apenas 2,7 minutos para inativação de 99,99%, Matos (2014). No entanto, os vírus de maior resistência necessitavam de uma média de 60 minutos. Entretanto, o cloro tem mostrado sucesso limitado na inativação de protozoários. Nuvolari, p 431(2011).

b) Operação e Manutenção do Sistema de Esgotamento Sanitário

De acordo com a Funasa, (2017), a operação e a manutenção de um sistema de esgotamento sanitário englobam as atividades necessárias para o funcionamento de todas as suas unidades, objetivando garantir a sua eficiência, eficácia e sustentabilidade.

A operação e a manutenção do sistema são de competência do titular do serviço local e deverão ser realizadas diretamente, por meio de gestão estruturada, ou autorizadas mediante delegação dos serviços, com definição do ente responsável.

A viabilidade e a sustentabilidade do sistema dependerão dos recursos financeiros disponíveis, seja por intermédio de tarifas ou taxas, seja por outras receitas do titular ou do operador do serviço, desde que suficientes para cobrir as despesas de operação e manutenção. Essas despesas devem ser estimadas pelo proponente considerando os custos com pessoal, energia elétrica, produtos químicos, combustíveis, materiais e equipamentos para manutenção, entre outros, BRASIL, lei nº 14.273 (2021).

c) Planejamento da Operação e Manutenção

Ainda de acordo com Funasa (2017), ao final da execução da obra referente ao projeto de engenharia aprovado, será obrigatória a apresentação de projeto definitivo ou “as built” ou “como construído” relativo aos serviços executados. Essa documentação deverá ser devidamente assinada e disponibilizada, em meio físico e digital (dwg, .docx, .xlsx), para comprovação dos serviços efetivamente executados, bem como composição de acervo técnico. Memorial Descritivo caracterizando da área de projeto e diagnóstico da situação atual, apresentação e justificativa da concepção adotada e descrição das unidades do sistema proposto, BRASIL (2015).

A caracterização da área de projeto e diagnóstico da situação atual compreendem o levantamento de informações para reconhecimento da área de intervenção de projeto, a fim de subsidiar a definição da concepção do sistema.

Para tanto, devem ser apresentados, no mínimo, os seguintes dados: localização da área de intervenção; características físicas da região em estudo; caracterização topográfica da área; caracterização dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem pluvial existente, hidrologia, dados demográficos, condições sanitárias identificação de grandes geradores de cargas poluidoras ou de vazões de contribuição responsável pela operação, manutenção do sistema e diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário existente BRASIL (2015).

A apresentação e justificativa da concepção adotada devem ser apresentadas com respectiva justificativa, demonstrando aspectos técnico, econômico, financeiro, social e ambiental, adequados à realidade local. Contendo dados como: delimitação da área do projeto, levantamento topográfico da área do projeto, análise dos aspectos ambientais e sociais, estudo da projeção populacional até o alcance do projeto, em consonância com o plano de saneamento básico, contribuição per capita e vazões de dimensionamento, caracterização do solo ou do corpo receptor, caracterização/cadastro das unidades do sistema existente passíveis de aproveitamento, custo de operação e manutenção, BRASIL (2015).

d) Manutenção Preventiva e Corretiva

Segundo a NBR 5462 ABNT, (1994) que define os termos relacionados a confiabilidade e viabilidade, a “Manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”, em outras palavras, manter significa fazer de possível para assegurar, que Sistema de esgotamento sanitário continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

A manutenção do sistema de esgotamento sanitário envolve ações preventivas e corretivas, incluindo a limpeza dos coletores, a remoção de obstruções, reparos, e a conservação das instalações de recalque e demais unidades acessórias, de acordo com Medeiros Filho, (20x23). As manutenções podem ser classificadas em dois tipos principais, preventiva e corretiva seguindo o manual de orientações de técnicas para elaboração de propostas e projetos para sistemas de esgotamento sanitário.

- **Manutenção Preventiva:** é realizada para evitar interrupções ou desgastes excessivos dos componentes do sistema, englobando atividades como lubrificação de rolamentos, substituição de gaxetas, remoção de incrustações e lavagem dos coletores. Além disso, inclui vistorias em poços de visita, caixas de passagem e inspeções no sistema, utilizando equipamentos como hidrojateadores para assegurar a limpeza das tubulações.
- **Manutenção Corretiva:** tem como objetivo adaptar as instalações a novas demandas ou corrigir problemas de projeto, abrangendo ações como substituições, reformas, remanejamentos, melhorias funcionais e aumento da capacidade das unidades, além da troca de equipamentos.

5 METODOLOGIA

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Balsas, com uma população estimada em 101.767 habitantes, apresenta apenas 18% de cobertura de esgotamento sanitário, apesar de possuir o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) do estado do Maranhão (IBGE, 2022). Em se tratando de esgotamento sanitário, o município de Balsas declarou para o SNIS que no ano de 2022, apenas 4000 pessoas, ou seja, 3,9% da população, estavam sendo atendidas por serviço de esgotamento sanitário sendo que nenhum volume de esgoto é tratado na cidade, 13.831 pessoas, representando 13,59% da população, estão sem água encanada, e 18.266 habitantes, correspondente a 17,94% da população, não é atendida com coleta regular de resíduos de pelo menos uma vez por semana (SNIS, 2022).

Ou seja, de acordo com o SNIS, somente 3,9% da população de Balsas é servida por rede de esgoto (101.767 mil habitantes), cuja realidade deixa a população do município vulnerável a riscos sanitários graves, piora o nível de qualidade de vida, mingua a produtividade econômica e sobrecarrega os sistemas de saúde.

O saneamento inadequado amplifica os riscos de doenças e aprofunda desigualdades sociais e regionais, além de prejudicar a sustentabilidade ambiental e econômica das cidades, de acordo com Araújo (2021). Tais condições destacam a necessidade de um planejamento urbano que contemple soluções integradas e universais para o saneamento básico, conforme preconizado na Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), Lei 11.445/2007, que busca garantir acesso equitativo e ambientalmente responsável aos serviços essenciais de saneamento.

Do ponto de vista ambiental, a ausência de tratamento adequado de esgoto contribui para a contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos, além de degradar ecossistemas locais. Assim, no território da cidade de Balsas, o rio das Balsas, que faz parte da Bacia do rio Parnaíba, é o recurso hídrico principal, e desempenha um papel crítico para a economia da cidade, com destaque para a agricultura, o turismo e o abastecimento de água, contribuindo para a dinâmica ecológica e social da região (Lima, (2023) Moreira (2022); Sousa (2022).

O município de Balsas, Figura 20, que está localizada em uma latitude 07° 31'57" ao sul, Longitude 46° 02'08" ao norte Google Earth (2025), tratando-se da terceira maior cidade

do estado do Maranhão, em território o município possui 13.141.162 km². Com crescente aumento no somatório de bens e serviços Produto Interno Bruto (PIB) dos últimos seis anos.

A economia da região sul do Maranhão é caracterizada pela agricultura, tendo como destaque a produção de soja na região de Balsas-MA, além do município ser cercado por belezas naturais como a Chapada das Mesas, rio das Balsas, rio Maravilha, rio Neves, rio Cocal, ribeirão Jenipapo, rio Santa Maria, e diversas quedas d'águas tornando a região um importante atrativo turístico futuro. Por via, os visitantes estão interligados ao trabalho, ressaltando que a falta do sistema de esgotamento sanitário desencoraja o potencial econômico do turista de negócio na região Graça (2021).

O município em desenvolvimento do projeto de análise e viabilização técnica de esgotamento sanitário residencial coletivo, se faz necessário ao considerar a potencialidade da região, com a falta de serviços básicos como da coleta e tratamento de efluentes domésticos, sendo inversamente proporcional à representatividade da economia da região ao Estado do Maranhão.

Figura 18 - Limite territorial do município de Balsas-MA



Fonte: IBGE (2025).

O bairro Tresidela fica situado às margens do rio das Balsas. Trata-se de um bairro residencial, com uma crescente aumento em pontos comerciais nos últimos cinco anos, ao considerarmos o surgimento do bairro em paralelo com a cidade de Balsas.

Ao restringirmos a área de estudo, nos deparamos com uma quadra do bairro Tresidela que enfrenta desafios em relação ao saneamento básico, especialmente devido a presença de esgoto a céu aberto e a contribuição desse esgoto a céu aberto ao manancial implicando em possível poluição e contaminação do corpo hídrico que é afluente direto do rio das Balsas. A quadra é apresentada na Figura 19:

5.3 ANÁLISE DOS MORADORES

Aplicou-se um questionário, apresentado no Apêndice A, para os moradores da quadra. Coletou-se informações sobre renda, acesso aos serviços de saneamento e percepção da comunidade em relação às condições atuais.

5.4 CENÁRIO ATUAL

Essa etapa compreendeu a fase de observação de campo e identificação do cenário atual. Para tanto, registrou-se por meio de fotos os seguintes aspectos:

- Nome da rua;
- Tipo de pavimento existente;
- Condição da Declividade favorável ou desfavorável;
- Presença ou não de esgoto a céu aberto.

5.5 CONCEPÇÃO DO SES

5.5.1 Etapa 01 - Definição do traçado

Nessa etapa, utilizou-se o Google Earth para verificar as condições topográficas e definir a melhor maneira de conceber o sistema, após isso, o desenho da concepção foi gerado por meio do software AutoCad. Desse modo foi possível definir:

- Traçado da rede coletora;
- Traçado do emissário de esgoto bruto;
- Posição da ETE;
- Traçado do emissário de esgoto tratado.

5.5.2 Etapa 02 – Metodologia de tratamento

Bracarense (2016) propôs uma metodologia de avaliação de projetos de saneamento. Neste trabalho, para análise de alternativas o autor propõe a utilização da matriz SOWT que apresenta as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças.

Visto isso, a indicação de uma metodologia de tratamento partiu da análise das forças, oportunidades, fraquezas e ameaças obtidas por meio da revisão de bibliografia, para os sistemas de lodos ativados, reatores UASB e lagoas de estabilização.

5.5.3 Etapa 03 – Cálculo das redes

As redes coletoras foram dimensionadas conforme NBR 9649 (ABNT, 1986), por meio do software excel, conforme apresenta a Figura 21.

Figura 21 - Conhecimento sobre técnicas de tratamento de efluente doméstico

PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO											SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS		CÁLCULO:		DATA	
											VERIFICADO:					
METODO	PVm - PVj (Trecho)	Extensão (m)	Taxa de Contr. Lin. (l / s km)	Contr.do Trecho (l / s)	Vazão a Montante (l / s)	Vazão a Jusante (l / s)	Diâmetro (mm)	Declividade (m/m)	Cota do Terreno (m)	Cota do Coletor (m)	Prof. do Coletor (m)	Lâmina Líquida (Y/D)	Vi (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Vc (m/s)	
ETAPA	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	
FÓRMULA	--	--	B	--	A	A	C	D	--	--	E	F	G	H	G	

Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).

a) Vazão a ser transportada

A contribuição média de esgoto doméstico ($\bar{Q}_d$) é determinada pelas equações 1 e 2 para início e final de plano, respectivamente no Quadro 4.

Quadro 4 - Vazão média inicial e final de projeto a ser transportada Vazão Inicial e Final de Projeto para Esgotamento Sanitário.	
$\bar{Q}_{d,i} = \frac{C * P_i * q_i}{86400}$	(Equação 1);
$\bar{Q}_{d,f} = \frac{C * P_f * q_f}{86400}$	(Equação 2).
Onde: C = coeficiente de retorno; P_i e P_f = população inicial e final de plano (hab.); q_i e q_f = consumo de água efetivo inicial e final de plano (L/hab*dia)	

Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).

A rede coletora deve ser projetada para uma vazão mínima de 1,5 l/s, ou 0,0015 m³/s pois segundo a norma NBR 9649 (ABNT, 1986), valor que corresponde, teoricamente, a uma onda típica proveniente de uma descarga dada em um vaso sanitário.

b) Taxa de Contribuição Linear

A contribuição linear em uma rede de esgoto refere-se à quantidade de esgoto gerada por unidade de comprimento da rede coletora, considerando a densidade populacional e o consumo médio de água na área atendida. Caso a tipologia de rede seja simples, os cálculos para a taxa de contribuição linear inicial e final podem ser estabelecidos a partir das equações 7 e 8 apresentadas no Quadro 5:

Quadro 5 - Taxa de contribuição por rede de coleta de esgotamento sanitário

Taxa de Contribuição Linear	
$T_{x,i} = K_2 * Q_{d,i} + (T_{inf});$	(Equação 7);
$T_{x,f} = K_1 * K_2 * Q_{d,i} + (T_{inf});$	(Equação 8);
Onde: Tx,i = Taxa de Contribuição Linear Inicial (l.s/m); K1 = Coeficiente de maior consumo diário; K2 = Coeficiente de maior consumo horário; Qd,i = Vazão doméstica inicial (l/s); L = Comprimento do trecho (m); Tinf = Taxa de Infiltração (l/s.m);	

Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).

a) Diâmetro

O diâmetro mínimo exigido pela norma NBR 9649 (ABNT, 1986) é o de 150 mm que também é caracterizado por ser o usual na execução de redes condominiais de esgotamento sanitário.

É necessário que o diâmetro calculado atenda a máxima vazão esperada ((Q_f)) e o limite máximo de lâmina de água ($y=0,75$) e a declividade do trecho (I_0) NBR 9649 (ABNT, 1986). Considerando, a equação de Manning, com $n = 0,013$. Ele está expresso pela equação 5, Quadro 6.

Os tubos de Policloreto de Vinila (PVC), são bastante utilizados em redes coletoras de esgoto. De acordo com Bezerra (2011), por englobar diversas utilidades existem diferentes tipos de PVC, sendo o material empregado para redes coletoras o PVC OCRE. Devido sua resistência hidráulica, baixo peso, facilidade de execução e baixo custo do material, dimensão comercial 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 350 mm, 400 mm.

Quadro 6 - Equação para determinação do diâmetro da tubulação

Diâmetro	
$d_0 = 0,3145 * (Q_f / I_0^{1/2})^{3/8}$	(Equação 5).
Onde: d_0 = Diâmetro Calculado (m); Q_f = Vazão de fim de plano (m³/s); I = Declividade do trecho (m/m).	

Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).

b) Declividade Mínima

A recomendação para adoção da declividade mínima para a execução das redes coletoras de esgoto é que elas atendam a tensão trativa crítica, equação 6 no Quadro 7, que precisa ser maior ou igual que 1,0 MPa que será responsável pelo arraste das partículas sólidas presentes no fundo da tubulação, NBR 9649 (ABNT, 1986). Recomenda-se adotar declividades maiores que 0,0050.

Quadro 7 - Declividade mínima para serviço de esgotamento sanitário

Declividade Mínima	
$I_{0\ min} = 0,0055 * (Q_i)^{-0,47}$	(Equação 6)
Onde: $I_{mín}$ = Declividade mínima (m/m); Q_i = Vazão de jusante de início de plano (l/s); Estabelece-se que a declividade mínima a ser usada para fins de cálculo é de 0,0055 m/m para garantir segurança no processo de autolimpeza da tubulação de esgoto.	

Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).

c) Recobrimento

A NBR 9649 (ABNT, 1986) exige que o recobrimento mínimo das redes coletoras não deve ser inferior a 0,90 m para um coletor assentado no leito da via de tráfego ou a 0,65 m para a tubulação que for assentada no passeio. Para executar a rede coletora abaixo do recobrimento mínimo necessário é preciso apresentar justificativa técnica. Segundo Melo (2008), na execução de ramais condominiais tem sido adotado o recobrimento mínimo de 0,30 m nos ramais internos e 0,60 m nos ramais localizados no passeio, entretanto a profundidade máxima recomendada para os ramais condominiais não deve ser superior a 1,0 m.

d) Lâmina Máxima Molhada

A norma NBR 9649 (ABNT, 1986) estabelece uma relação entre y/d de 0,75 ou 75% para garantir o escoamento livre, ou seja, que o conduto se comporte como livre (pressão interna é igual ou menor que a pressão atmosférica).

e) Velocidade de escoamento e velocidade crítica

NBR 9649 define a velocidade máxima de escoamento igual a 5m/s. Como a velocidade é intrínseca à declividade, maiores declividades implicam em maiores profundidades e, portanto, em maiores gastos. Em casos em que a velocidade final é superior à velocidade crítica, a lâmina máxima de água deve ser reduzida para 50% do diâmetro do coletor, sendo mais adequado o aumento do diâmetro. A velocidade crítica (V_c) em m/s, é determinada pela equação 10 no Quadro 8:

Quadro 8 - Velocidade crítica	
Velocidade crítica	
$V_c = 6\sqrt{g \cdot R_h}$	(Equação 10);
Sendo: RH: Raio hidráulico g: aceleração da gravidade (9,81 m/s ²)	

Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).

f) Tensão Trativa Média

A tensão trativa é um parâmetro utilizado no projeto de redes coletoras de esgoto para garantir que o escoamento seja suficiente para evitar o acúmulo de sólidos no interior das tubulações. Ela representa a força exercida pelo escoamento do líquido sobre a parede do tubo, sendo crucial para manter a autolimpeza da rede NBR 9649 (ABNT, 1986 p,3). Segundo a norma NBR 9649, a tensão trativa deve ser igual ou superior a 1,0 Pa, apresentada na equação 9 do Quadro 8.

Quadro 1 - Tensão trativa na rede coletora SES.

Tensão Trativa Média	
$\sigma = \gamma * Rh * I$	(Equação 9);
Sendo: σ = Tensão trativa média (Pa); γ = Peso específico da água (N/m³); Rh = Raio Hidráulico (m); I = Declividade (m/m). Adota-se que a tensão trativa média precisa ser superior a 1,0 MPa. Fonte: NBR 9649 (ABNT, 1986).	

6 RESULTADOS

6.1 SITUAÇÃO ATUAL

Trata-se de uma quadra da zona urbana de Balsas-MA, que enfrenta desafios significativos em relação ao saneamento básico, especificamente devido à presença de esgoto a céu aberto e gerando a poluição do manancial superficial que atravessa a área. Esse cenário evidencia que um sistema de esgotamento convencional, utilizando o leito da via, poderia ser uma solução economicamente e tecnicamente viável para a coleta dos efluentes. Por meio das imagens abaixo, pode-se identificar que as condições da declividade são favoráveis à implantação da rede coletora, sendo ela a favor do greide. Porém, as declividades são acentuadas, levando a maiores volumes de escavação.

Entre as ruas que fazem parte da quadra em estudo, a Rua Teixeira de Freitas, representou 61 % da população participante da pesquisa. Os moradores da rua que vivenciam com a ausência do serviço de esgotamento sanitário, requisito essencial do saneamento básico. A via possui pavimentação de blocos pré-moldados em toda a sua extensão, Figura 22, apresenta variação de 10 metros entre o ponto mais alto da rua (praça do Saraiva) 250 metros, ao ponto mais baixo (manancial superficial) 240 metros.

Figura 22 - Rua Teixeira de Freitas, Tresidela, Balsas-MA



Fonte: Autor (2025).

a) Esquina entre via Flora Rica e Aprígio Alencar

A Figura 23, a seguir ilustra a declividade acentuada da Rua da Fazenda também chamada de Rua Flora Rica, características favoráveis à implementação de um sistema de esgotamento convencional, conduzido pelo leito da via. Observa-se pouca variação entre a cota dos tanques sépticos com a cota de instalação do possível coletor tronco no leito da rua. Além disto, as residências apresentarem espaçamentos laterais como becos ou corredores,

torna viável do ponto de vista econômico a coleta pelo sistema convencional a serviço da concessionária responsável pela consolidação do esgotamento sanitário no município.

Já trecho que corresponde a rua Aprígio Alencar (Figura à esquerda), possui quatro residências e um terreno sem edificação. Nesta via, há a passagem subterrânea do manancial superficial por meio de condutos, identificada pelo manto asfáltico no calçamento da rua.

Figura 23 - Cruzamento entre rua Flora Rica com Aprígio Alencar



Fonte: Autor (2025).

b) Esquina entre via Aprígio Alencar e rua 2 de junho

É comum identificar o esgotamento a céu aberto nas vias, como no cruzamento entre a Rua Aprígio Alencar e a Rua 2 de Julho, Figura 24. Nesse ponto, o efluente percorre a sarjeta da Rua 2 de Julho e, em determinado trecho, atravessa a via devido à inclinação do terreno, sendo impulsionado pela força da gravidade. Esse fenômeno ocorre em razão da diferença topográfica entre as ruas, o que direciona o esgoto para a Rua Aprígio Alencar, causando insegurança à população que convive com essa situação. Após esse percurso, o esgoto segue em direção a um manancial superficial que atravessa perpendicularmente a Rua Aprígio Alencar. Esse cenário gravíssimo evidencia que um sistema de esgotamento convencional, utilizando o leito da via, poderia ser uma solução economicamente e tecnicamente viável para a coleta dos efluentes.

Figura 24 - Esquina entre rua Aprígio Alencar com rua 2 de junho, bairro Tresidela, Balsas-MA



Fonte: Autor; Google Earth (2025).

c) Esquina entre rua 2 de junho e rua Teixeira de Freitas

No cruzamento entre as ruas Dois de Junho e Teixeira de Freitas, onde também há exposição de esgoto doméstico, observa-se ao analisar o nível da porta da residência amarela em comparação com nível na rua é inferior, Figura 25. Consequentemente, os tanques sépticos estão localizados nos fundos dos quintais. Ao considerar os lotes sem edificações situados na área de restrição da pesquisa, esses espaços poderiam ser adaptados às duas formas de implantação de um sistema de drenagem de águas pluviais e de esgotamento sanitário (convencional e adaptável).

Além disso, as casas não possuem espaçamentos laterais, e a área estudada representa uma microbacia que drena a água da chuva para um manancial superficial que atravessa a quadra. Esse cenário favorece uma análise técnica para a possível implantação de um sistema de esgotamento sanitário adaptável a realidade local.

Figura 25 - Esquina entre rua Teixeira de Freitas com rua 2 de junho bairro Tresidela, Balsas-MA



Fonte: Autor; Google Earth (2025).

d) Cruzamento entre Teixeira de Freitas, rua Flora Rica e Rodovia MA 006

Cruzamento entre as ruas Teixeira de Freitas a direita, com rua da Fazenda/Flora Rica, presença de efluente nas vias, Figura 26.

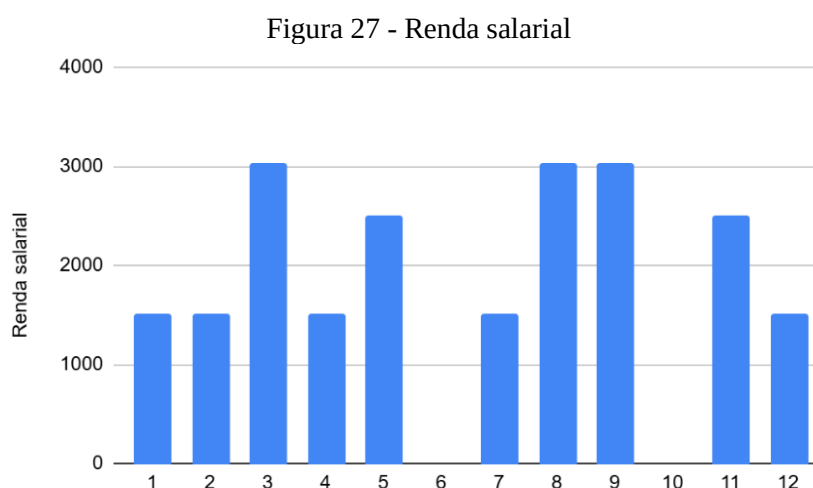
Figura 26 - Cruzamento entre Teixeira de Freitas, rua da Fazenda com trecho da MA



Fonte: Autor; Google Earth (2025).

6.2 ANÁLISE DOS MORADORES

Foram entrevistadas 12 casas, com uma média de 5 pessoas por residência. Resultando uma amostra de 60 pessoas. Desse modo, com base nos dados obtidos a partir a aplicação do questionário (Apêndice A), a média salarial da amostra pesquisada é de R\$ 2.169,80, Figura 27. Essa média salarial demonstra que uma tarifa de coleta e transporte de esgoto, comprometeria a renda das famílias.



Fonte: Autor (2025).

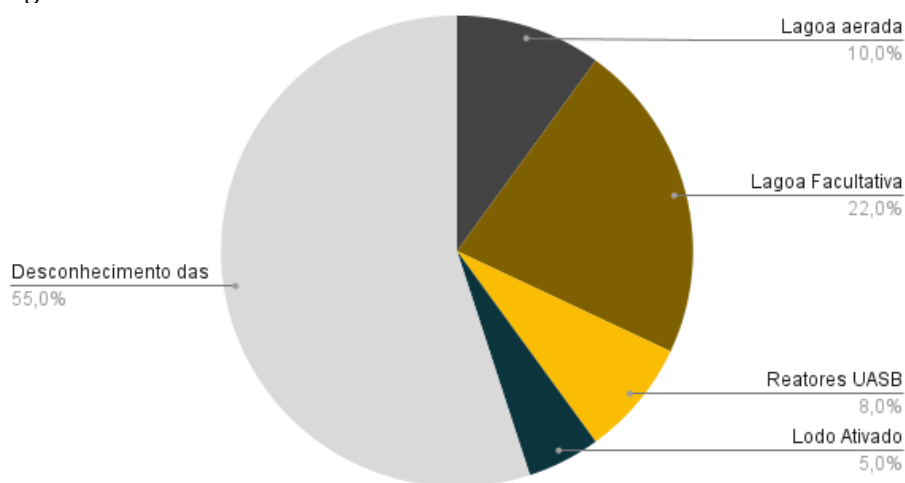
Com a falta da prestação de serviços de esgotamento sanitário, o nível de satisfação da população é evidentemente inexistente. No entanto, observou-se uma perspectiva de melhoria na realidade, bem como um conhecimento preliminar sobre a relação entre a ausência de saneamento básico e a saúde coletiva, Figura 28.



Fonte: autor (2025).

Dos moradores pesquisados, ao serem questionados sobre conhecimento envolvendo técnicas de tratamento de efluentes com características domésticas, prevaleceu o desconhecimento em relação a técnicas específicas de tratamento, como lagoas sem aeração, disposição no solo, sistemas anaeróbios, lagoas com aeração, filtros biológicos e tratamento de lodo ativado. A figura 29 representa o grau de conhecimento sobre as técnicas de tratamento na área de análise e identificação de esgoto a céu aberto.

Figura 29 - Conhecimento sobre técnicas de tratamento de efluente doméstico



Fonte: Autor (2025).

6.3 CONCEPÇÃO DO SES

O traçado delimitou um sistema do tipo separador absoluto, não admitindo o lançamento águas pluviais, reduzindo os custos. Baseou-se na análise da topografia, obedecendo a topografia natural do terreno.

Assim, a rede de coleta foi dimensionada conforme planilha apresentada no Apêndice B, pelo método convencional adotando a rede simples e localizada no passeio, com caimento favorável às cotas do terreno. A rede foi dividida em três trechos, o trecho 02 (que possui 07 segmentos), recebe o trecho 3 (que possui 2 segmentos) e segue para receber o trecho 01 (que possui 07 segmentos) no PV0108. A partir do PV0108.

Vale a pena ressaltar, que não foi necessário a adoção de sistemas de recalque. Desse modo, o efluente coletado é afastado pelo emissário de esgoto bruto, conduzindo-o para a estação de tratamento.

Após tratado, atendendo os padrões previstos pela legislação, o emissário de esgoto tratado conduz para a disposição final no riacho. A proposta de concepção descrita acima está mostrada na Planta baixa apresentada na Figura 30.

Para definir a melhor alternativa para o tratamento do esgoto, no Quadro 9 está apresentada a matriz SWOT para cada metodologia analisada:

01: REATOR UASB		
	<i>Contribui</i>	<i>Dificulta</i>
<i>INTERNOS</i>	<u>S: Quais são os pontos fortes?</u> - Baixo consumo de energia; - Produção de biogás como subproduto energético - Menor geração de lodo em comparação com lodos ativados - Ocupa menos espaço do que lagoas de estabilização - Tecnologia adequada para regiões tropicais e subtropicais	<u>W: Quais são os pontos fracos?</u> - Eficiência reduzida para remoção de nutrientes (N e P) - Necessidade de pós-tratamento para atingir padrões de lançamento - Sensibilidade a variações de carga orgânica e temperatura - Maior tempo de partida para atingir eficiência operacional - Possível liberação de odores no processo anaeróbio

Quadro 9 - Análise SWOT (continuação)

01: REATOR UASB		
	<i>Contribui</i>	<i>Dificulta</i>
EXTERNO	<u>O: Quais são as oportunidades?</u> - Uso do biogás gerado para geração de energia renovável - Expansão do uso em áreas urbanas de países em desenvolvimento - Desenvolvimento de sistemas híbridos para aumentar eficiência	<u>T: Quais são as ameaças?</u> - Normas ambientais cada vez mais rígidas podem exigir tratamentos adicionais - - - Dependência de condições ambientais favoráveis (temperatura mínima) - Necessidade de controle rigoroso do pH e temperatura
02: LODOS ATIVADOS		
	<i>Contribui</i>	<i>Dificulta</i>
INTERNOS	<u>S: Quais são os pontos fortes?</u> - Alta eficiência na remoção de matéria orgânica e nutrientes - Pode atingir padrões rigorosos de qualidade de efluente - Tecnologia amplamente utilizada e testada - Boa adaptabilidade a diferentes cargas orgânicas - Possibilidade de remoção de patógenos quando combinado com desinfecção	<u>W: Quais são os pontos fracos?</u> - Alto consumo de energia elétrica - Elevados custos operacionais e de manutenção - Grande produção de lodo excedente, necessitando disposição adequada - Necessidade de operadores especializados
EXTERNOS	<u>O: Quais são as oportunidades?</u> - Aplicação de tecnologias de otimização energética (ex: aeradores mais eficientes) - Integração com processos de reuso de água - Desenvolvimento de sistemas híbridos com reatores anaeróbios	<u>T: Quais são as ameaças?</u> - Custos de energia podem tornar o processo inviável em algumas localidades; - Regulações ambientais mais rigorosas podem aumentar os custos operacionais; - Necessidade de tratamento adicional para remoção de micro contaminantes.

Quadro 9 - Análise SWOT (conclusão)

03: LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO		
	<i>Contribui</i>	<i>Dificulta</i>
INTERNOS	<u>S: Quais são os pontos fortes?</u> - Baixo custo de implantação e operação - Processo natural e de fácil operação - Boa remoção de patógenos e estabilização do efluente - Menor consumo de energia em comparação a lodos ativados - Tecnologia robusta e sustentável para áreas rurais	<u>W: Quais são os pontos fracos?</u> - Necessidade de grandes áreas de terreno - Eficiência reduzida em períodos chuvosos devido à diluição - Baixa eficiência para remoção de nutrientes como fósforo - Possível proliferação de insetos e odores desagradáveis - Tempo de detenção elevado, exigindo grandes volumes de água no sistema
EXTERNOS	<u>O: Quais são as oportunidades?</u> - Uso em projetos de saneamento rural e comunidades isoladas; - Possibilidade de integração com sistemas de reuso de água - Potencial para aproveitamento de efluentes tratados para irrigação	<u>T: Quais são as ameaças?</u> - Expansão urbana pode limitar áreas disponíveis para instalação - Alterações climáticas podem afetar a eficiência do tratamento - Contaminação por algas pode reduzir a eficiência do tratamento

Fonte: Autor (2025).

Com base na análise acima, sugere-se a utilização dos lodos ativados, com um modelo compacto, que ocupe pouca área e seja compartimentado. Para tanto, faz-se necessária a automação dos processos e investimento em energia solar para reduzir custos com energia elétrica.

Sugere-se então, a adoção de um modelo comercial compacto com um esquema de compartimentos que tenha gradeamento inicial, decantador primário, seguido de lodos ativados, decantador secundário e recirculação do lodo.

6.4 DIMENSIONAMENTO DAS REDES

O dimensionamento respeitou a NBR 9649. Considerou-se a vazão mínima indicada por Norma, todas distâncias entre PV's são menores que 100 metros. A rede coletora possui 510 metros de comprimento, o emissário de esgoto bruto possui 20 metros e o emissário de esgoto tratado 40 metros, totalizando 570 metros de rede no diâmetro de 150 em PVC OCRE com junta elástica integrada, além disso, as ligações prediais serão no diâmetro de 100 mm no mesmo material da rede coletora, conforme Figura 31.

Figura 31 - Tubo PVC OCRE DN 150 E 150 MM



Fonte: Manual ASPERBRAS (2022).

Possui 3 terminais de limpeza e 14 poços de visita, totalizando 17 dispositivos acessório. Sugere-se utilizar PV em Polietileno de Alta Densidade, evitando a infiltração de águas subterrâneas. Exemplo na Figura 32.

Figura 32 - Poço de visita em PEAD



Fonte: Manual ASPERBRAS (2022).

Em termos de declividade, todas são maiores que 0,005 e apresentam declividades acentuadas. Porém, em todos os trechos a tensão trativa, velocidade de escoamento e velocidade crítica, estiveram dentro dos limites. A planta baixa com o projeto básico das redes está mostrada a seguir e na sequência apresenta-se a planilha de cálculo utilizada no dimensionamento.

7 CONCLUSÕES

Ao desenvolver essa pesquisa, constatou-se que a ausência de saneamento básico amplifica significativamente os riscos de doenças, aprofunda desigualdades sociais e regionais e prejudica a sustentabilidade ambiental e econômica das cidades. A análise de soluções para coleta e tratamento de esgoto em áreas urbanas é um tema relevante e atual, que, embora promissor, apresenta dificuldades pois os custos de implantação do sistema são elevados.

A pesquisa não apenas revisou a situação atual do saneamento básico na quadra em estudo. A proposta de uma concepção para a coleta, afastamento e tratamento de esgoto na quadra situada no Bairro da Tresidela em Balsas-MA, levou em consideração as condições locais e a implantação de uma estação de tratamento compactam com lodos para dispor no riacho somente efluente tratado, revelando a urgência da intervenção.

Com as soluções propostas para coleta e tratamento de esgoto, espera-se que o poder público possa olhar para a região e angariar recursos, para fazer da concepção um projeto executivo, implantando o sistema e melhorando a qualidade de vida da população

Portanto, espera-se que a implementação desta solução não apenas melhore a qualidade de vida dos moradores da região, mas também sirva como modelo para outras localidades que enfrentam desafios semelhantes e que o saneamento possa ser universalizado na cidade de Balsas, no Maranhão e no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. 2. ed. Rio de Janeiro: 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. 2. ed. Rio de Janeiro: 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. 2. ed. Rio de Janeiro: 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. VNR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Diário Oficial da União, publicado em setembro de 1993, 15 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Oficina da ANA sobre soluções baseadas na natureza no saneamento básico recebem inscrições até 5 de novembro, 31 out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- ALMEIDA, Lorena Sampaio; COTA, Ana Lúcia Soares; RODRIGUES, Diego Freitas. Saneamento, arboviroses e determinantes ambientais: Impactos na saúde urbana. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 3857-3868, 2020.
- ALMEIDA, R. A.; PITALUGA, D. P. S.; REIS, R. P. A. Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanques sépticos. *Revista Biociências*, v. 16, n. 1, p. 73-81, 2010.
- BALSAS (MA). Lei municipal n. 1.467 de 17 julho de 2019 institui a política municipal de saneamento básico e dá outras providências. Assembleia Municipal de Balsas-MA, 2019.
- BAYER, Natássia Molina; URANGA, Paulo Ricardo Ricco; FOCHEZATTO, Adelar. Política municipal de saneamento básico e a ocorrência de doenças nos municípios brasileiros. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 13, p. E20190375, 2021.
- BEZERRA, Letícia Gabriele da Silva et al. Qualidade ambiental como suporte ao planejamento e a gestão: Estudo aplicado à cidade de Mossoró/RN. *Desenvolvimento Regional em Debate*, v. 14, p. 643-668, 23 out. 2024. DOI: <https://doi.org/10.24302/DRD.V14.5140>.
- BRASIL. Constituição (1988). Lei nº 11.144, de 5 de julho de 2007. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Constituição (1988). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde - DATASUS. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br>. Acesso em: 3 nov. 2024.
- CAVALCANTE, T. F. F.; LIMA NETO, J. de C.; LIMA, D. de F.; SOUSA JUNIOR, A. M. de. Regularização fundiária em conjuntos habitacionais de Natal/RN. *Revista Brasileira de*

Gestão Urbana, v. 15, 2023. Disponível em:
<https://periodicos.pucpr.br/urbe/article/view/30236>. Acesso em: 20 jan. 2024.

COLORES, C. J. G.; SANDRI, D. Eficiências do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguido de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. *Revista Ambient. Água*, v. 8, n. 1, p. 172-185, 2013.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP CENTRAL AMERICA. GWP: Honduras, 2013. 80 p. Disponível em: <www.gwpcentroamerica.org>.

GONÇALVES, R. S.; SANTOS, C. R. Gestão da informalidade urbana e tolerância precária: Uma reflexão crítica em torno dos sentidos implicados em projetos de regularização fundiária. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 23, p. 1-21, 2021. DOI:
<https://doi.org/10.22296/2317-1529.RBEUR.202103>.

IBGE. Panorama cidade. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: [data de acesso].

INSTITUTO CIDADES SUSTENTÁVEIS. Programa Cidades Sustentáveis - PCS. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/paginas/pcs>. Acesso em: nov. 2024.

LAHMANN, G. Caracterização de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes utilizando variáveis abióticas e microbiológicas. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. 93 p.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana Di Cesare Marques. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p. ISBN: 9788577809653.

LIMA, Karollyne Sousa et al. Gerenciamento dos recursos hídricos de Balsas-MA: Análise da qualidade da água fornecida para consumo humano em bairros da cidade. *Anais Encontro Anual de Pesquisa e Iniciação Científica: Unibalsas*, 2022, p. 22.

LIMA, Valéria. Análise da qualidade ambiental urbana: O exemplo de Osvaldo Cruz/SP. *Geografia em Questão*, Paraná, v. 7, n. 2, p. 29-46, jul./dez. 2014.

MARICATO, E. É a questão urbana, estúpido! In: VAINER, C. et al. *Cidades rebeldes: Passe livre e as manifestações que tomaram conta do Brasil*. São Paulo: Boitempo, 2013. p. 32-46.

MARICATO, Ermínia. *Brasil, cidades: Alternativas para a crise urbana*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2013. 204 p. ISBN: 9788532626332.

MATOS, Antonio Teixeira de. *Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos*. 22. ed. Viçosa: UFV, 2014. 240 p. ISBN: 9798572695039.

MCCORMAC, Jack; SARASUA, Wayne; DAVIS, William. *Topografia*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 414 p. ISBN: 9788521627883.

MOREIRA, Bruna Karol de Sousa Quirino et al. Análise de anomalias na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Balsas, Maranhão. 2023.

NASCIMENTO, E. C.; RIBEIRO, W. C.; PASTERNAK, S. Por que o investimento e foco em questões habitacionais é também uma medida de saúde. *Estudos Avançados*, v. 37, n. 109, p. 25-40, 2023. DOI: <10.1590/S0103-4014.2023.37109.003>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/219666>. Acesso em: 20 jan. 2024.

NUVOLARI, Arioaldo (Coord.). *Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. cap. 2. p. 37-45.

NICOLLIER, V.; KIPERSTOK, A.; BERNARDES, M. E. C. A governança das águas no Brasil: Qual o papel dos municípios? *Estudos Avançados*, v. 37, n. 109, p. 279-302, 2023. DOI: <10.1590/S0103-4014.2023.37109.017>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/219660>. Acesso em: 20 jan. 2024.

PAHL-WOSTL, C. An evolutionary perspective on water governance: From understanding to transformation. *Water Resour Manage*, v. 31, p. 2917-2932, 2017.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO



QUESTIONÁRIO PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO COLETIVO SANITÁRIO EM ÁREA DA SEDE URBANA.

Município de avaliação questionário: Balsas-MA. Área do município (Km²): 13.141,162 km²

população (hab): 101.767 local

bioma: cerrado

Esgotamento sanitário adequado (%): 18

Índice de Desenvolvimento Humano Municipal: 0,687.

População sem coleta de esgoto 97.797 (96,1%).

Índice de esgoto tratado referido à água consumida 2,3%.

Perfil dos moradores com exposição ao esgotamento sanitário

Nome: _____ Idade: _____

Genêro: () Masculino () Feminino () Outros

Estado Civil: () Solteiro () Casado () Divorciado () Viúvo () Outros Filhos? __

Escolaridade: () primeiro grau completo

() segundo grau completo

() técnico _____

() superior completo _____

() pós graduação _____

() outros _____

Endereço _____ Bairro _____

Contato _____

Ocupação: _____

Morador do bairro desde quando: _____

Faixa de renda: () não possui renda própria

() até R\$ 3.000

() entre R\$ 3.000 e R\$ 7.000

() entre R\$ 7.000 e R\$ 15.000

() superior a R\$ 15.000

Dados do empreendimento

Tipo **Uso:** **Característica:**

() loteamento () residencial () vertical

() condomínio () comercial e industrial () horizontal

Área em m²

() do terreno

() a lotear

Nº Unidade:

() lote

() Unidade habitacional comercial

Documentação do Imóvel:

() nº do registro da matrícula

() Cartório de registro.

Sobre o Serviço de Esgotamento Sanitário

Aspectos positivos	Aspectos negativos
--------------------	--------------------

--	--

Como é realizada a coleta de esgoto na sua residência?

- ☐ rede de esgoto ☐ fossa séptica e sumidouro ☐ fossa séptica e sumidouro
☐ fossa séptica e rede de drenagem ☐ Direto

As ligações prediais são realizadas adequadamente? ☐ sim ☐ não ☐ inexistente.

Ocorre vazamento na rede de esgoto? ☐ sim ☐ não ☐.

É possível encontrar esgotamento a céu aberto? ☐ sim ☐ não ☐.

Em sua opinião, a coleta e o tratamento de esgotamento são realizados adequadamente?

- ☐ sim ☐ não ☐.

Cite algum problema na área de esgoto sanitário:

Sugestões de melhorias na coleta e tratamento de esgoto:

Tem conhecimento sobre partes constituintes do sistema de coleta, transporte e tratamento de efluente: ☐ sim ☐ não ☐.

Fale sobre conhecimento prévio sobre Coleta do Esgotamento Sanitário.

Fale sobre conhecimento prévio sobre Transporte do Esgotamento Sanitário.

Fale sobre conhecimento prévio sobre Tratamento do Esgotamento Sanitário.

Há ocorrência de inundação? ☐ sim ☐ não ☐.

Quando ocorre uma chuva intensa, é comum o alagamento de ruas? ☐ sim ☐ não ☐.

Como é realizada a coleta de esgoto na sua residência?

Cite algum problema na área de drenagem pluvial:

Sugestões de melhorias no sistema pluvial:

Sugestões de melhorias no sistema pluvial:

Comentários

APÊNDICE B – PLANILHA DE CÁLCULO

PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO								CÁLCULO: OK		DATA	FOLHA
SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS								VERIFICADO: OK		22/02/2025	1/1

PVm - PVj (Trecho)	Extensão (m)	Taxa de Contr. Lin. (l / s km)	Contr.do Trecho (l / s)	Vazão a Montante (l / s)	Vazão a Jusante (l / s)	Diâmetro (mm)	Declividade (m/m)	Cota do Terreno (m)	Cota do Coletor (m)	Prof. do Coletor (m)	Lâmina Líquida (Y/D)	Prof. da Singular. a Jusante (m)	Vi (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Vc (m/s)	observações
		Inicial	Inicial	Inicial	Inicial			Inicial	Inicial	Vf (m/s)						
		Final	Final	Final	Final			Final	Final							
TL0101	44,00	2,700	0,1188	0,0000	0,1188	150	0,0193	245,100	244,30	0,80	0,18		0,69	3,18	2,41	
PV0102		2,700	0,1188	0,0000	0,1188			244,250	243,45	0,80	0,18		0,69			
PV0102	44,00	2,700	0,1188	0,1188	0,2376	150	0,0502	244,25	243,45	0,80	0,14		0,97	6,69	2,17	
PV0103		2,700	0,1188	0,1188	0,2376			242,04	241,24	0,80	0,14		0,97			
PV0103	3,00	2,700	0,0081	0,2376	0,2457	150	0,0800	242,040	241,24	0,80	0,13		1,14	9,60	2,06	
PV0104		2,700	0,0081	0,2376	0,2457			242,000	241,00	1,00	0,13		1,14			
PV0104	52,00	2,700	0,1404	0,2457	0,3861	150	0,0294	242,000	241,00	1,00	0,16		0,80	4,41	2,30	
PV0105		2,700	0,1404	0,2457	0,3861			240,270	239,47	0,80	0,16		0,80			
PV0105	52,00	2,700	0,1404	0,3861	0,5265	150	0,0206	240,270	239,47	0,80	0,18		0,71	3,34	2,40	
PV0106		2,700	0,1404	0,3861	0,5265			239,200	238,40	0,80	0,18		0,71			
PV0106	3,00	2,700	0,0081	0,5265	0,5346	150	0,0333	239,200	238,40	0,80	0,16		0,84	4,86	2,27	
PV0107		2,700	0,0081	0,5265	0,5346			239,100	238,30	0,80	0,16		0,84			
PV0107	52,00	2,700	0,1404	0,5346	0,6750	150	0,0150	239,100	238,30	0,80	0,19		0,63	2,61	2,48	
PV0108		2,700	0,1404	0,5346	0,6750			238,420	237,52	0,90	0,19		0,63			
TL0201	34,00	2,700	0,0918	0,0000	0,0918	150	0,0259	245,100	244,30	0,80	0,17		0,77	4,00	2,34	
PV0202		2,700	0,0918	0,0000	0,0918			244,220	243,42	0,80	0,17		0,77			
PV0202	34,00	2,700	0,0918	0,0918	0,1836	150	0,0300	244,220	243,42	0,80	0,16		0,81	4,48	2,30	

PV0203		2,700	0,0918	0,0918	0,1836			243,200	242,40	0,80	0,16		0,81			
PV0203	34,00	2,700	0,0918	0,1836	0,2754	150	0,0618	243,200	242,40	0,80	0,14		1,04	7,85	2,12	
PV0204		2,700	0,0918	0,1836	0,2754			241,100	240,30	0,80	0,14		1,04			
PV0204	34,00	2,700	0,0918	0,2754	0,3672	150	0,0565	241,100	240,30	0,80	0,14		1,01	7,33	2,14	
PV0205		2,700	0,0918	0,2754	0,3672			239,180	238,38	0,80	0,14		1,01			
PV0205	2,00	2,700	0,0054	0,3672	0,3726	150	0,0100	239,180	238,38	0,80	0,21		0,55	1,90	2,59	
PV0206		2,700	0,0054	0,3672	0,3726			239,200	238,36	0,84	0,21		0,55			
PV0206	63,00	2,700	0,1701	0,3726	0,5427	150	0,005	239,200	238,36	0,84	0,25		0,43	1,09	2,80	
PV0207		2,700	0,1701	0,3726	0,5427			239,000	238,05	0,95	0,25		0,43			
TL0301	34,00	2,700	0,0918	0,0000	0,0918	150	0,0515	243,000	242,20	0,80	0,14		0,98	6,82	2,16	
PV0302		2,700	0,0918	0,0000	0,0918			241,250	240,45	0,80	0,14		0,98			
PV0302	34,00	2,700	0,0918	0,0918	0,1836	150	0,0706	241,250	240,45	0,80	0,13		1,09	8,71	2,09	
PV0207		2,700	0,0918	0,0918	0,1836			239,000	238,05	0,95	0,13		1,09			
PV0207	35,00	2,700	0,0945	0,7263	0,8208	150	0,0123	239,000	238,05	0,95	0,20		0,59	2,24	2,57	
PV0108		2,700	0,0945	1,4958	1,5903			238,420	237,62	0,80	0,21		0,60			