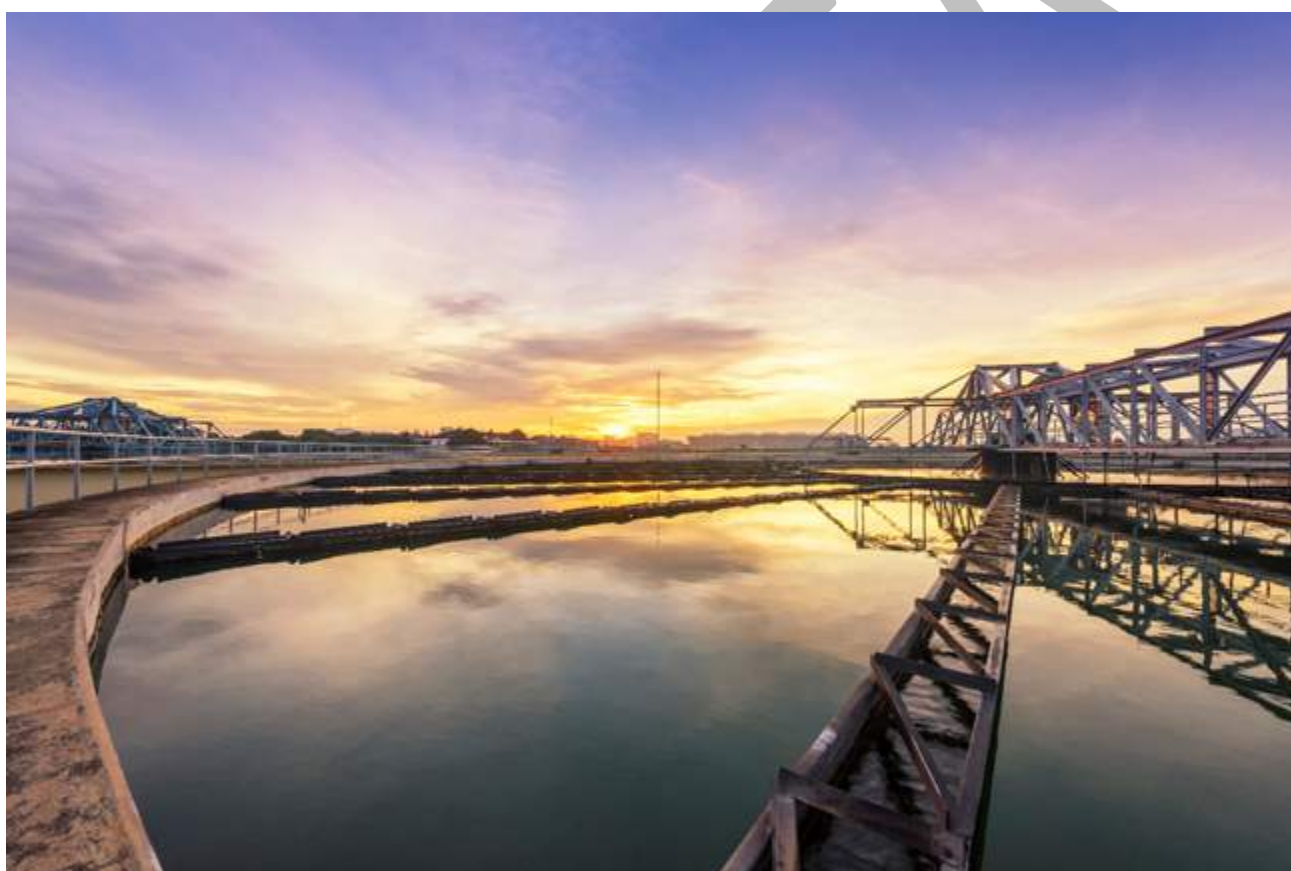


Produto 05 – Termo de Referência para Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de Projeto-Piloto de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia

SUBPRODUTO 5.1 – IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA PARA PROJETO-PILOTO



25 de setembro de 2020

Revisão 00

1 Introdução

O presente documento corresponde ao Subproduto 5.1 que integra a versão parcial do Produto 05 – Termo de Referência para Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de Projeto-Piloto de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia do contrato firmado, em outubro de 2019, entre o INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA e o Consórcio Worley, no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica (PCT) BRA/IICA/16/003 com a Entidade Executora Nacional - Embasa. A autorização de serviços foi emitida em 24 de outubro de 2019.

O principal objetivo do projeto, estabelecido no Edital, é a **elaboração de um Estudo de Avaliação de Potencialidades de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Estado da Bahia, visando gerar produtos que apoiem o desenvolvimento sustentável de sistemas para reúso de efluentes provenientes dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) operados pela Embasa.**

O Estudo é dividido em cinco principais tarefas:

- Tarefa 1 – Plano de Trabalho;
- Tarefa 2 – Diagnóstico do Potencial de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia;
- Tarefa 3 – Mapa Temático com os Potenciais de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia;
- Tarefa 4 – Manual de Orientações e Práticas de Reúso de Efluente Tratado; e
- **Tarefa 5 – Termo de Referência para Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de Projeto-Piloto de Reúso de Efluente Tratado no Estado da Bahia.**

O **Produto 05** corresponde à Tarefa 5 e apresentará quando completo:

- Contexto e Objetivos
- Estudos de Caso
 - Reúso para Desenvolvimento no Semiárido
- Conclusões e Recomendações
- Referências Técnicas

2 Estudos de Caso

2.1 Reúso para Desenvolvimento no Semiárido

2.1.1 Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

2.1.1.1 Definição do conceito do projeto

O estudo de caso da ETE Vitória da Conquista foi desenvolvido a partir do conceito de reúso para desenvolvimento no semiárido. Este conceito considera o reúso para atender a demandas existentes e demandas “reprimidas” em municípios do semiárido. Considera o fornecimento de água para fins não potáveis dependentes de chuvas, como a agricultura de sequeiro e a irrigação de pastagem para criação de animais.

Este conceito dá preferência à utilização de tecnologias de tratamento com baixos custos de implementação e requisitos de operação, mas que demandam maior área para implementação e com vistas ao uso agrícola restrito.

O estresse hídrico do município de Vitória da Conquista é conhecido e foi caracterizado em diversos estudos. De acordo com o Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca da Bahia (BAHIA, 2014), Vitória da Conquista se enquadra na classificação “subúmido seco”. O Balanço Hídrico Quali-quantitativo do Brasil (ANA, 2016) classificou a bacia hidrográfica localizada no município como “criticidade quantitativa”. O ATLAS de Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010) indicou ainda que é necessário novo manancial para o município.

A maior parte do limite do município está localizada na Região de Planejamento e Gestão da Água (RPGA) do Rio Pardo e, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) da Bahia (INEMA, 2012), esta RPGA não possui conflitos pelo uso da água.

Em Vitória da Conquista, o conceito foi desenvolvido para atender a dois potenciais consumidores: a Fazenda Miraflores e o Projeto de Assentamento Amaralina, indicados na Figura 2.

A Fazenda Miraflores é um imóvel rural localizado a menos de 2 km de distância da ETE Vitória da Conquista. Em 2014, a Embasa e o proprietário da fazenda estudaram a implementação de um projeto de reúso agrícola nesta fazenda, mas o projeto não foi concluído. O estudo de caso representa uma oportunidade de retomar o diálogo com o proprietário da Fazenda Miraflores e estudar a viabilização deste uso.

O Projeto de Assentamento (PA) Amaralina é um terreno pertencente ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), estabelecido em 1987 e faz limite com a ETE Vitória da Conquista. De acordo com o Painel de Assentamentos do INCRA (2020), o PA Amaralina possui área de 2.722 hectares, e nele vivem 137 famílias. O cadastro de imóveis rurais (CEFIR, 2020) indica a atividade de agricultura de sequeiro.

O estudo “Uso de Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020) apresenta comparações entre a produção agrícola irrigada e de sequeiro, mostrando claro aumento na produtividade de diferentes culturas quando realizada a irrigação. O presente estudo de caso considera o fornecimento de água de reúso para agricultura familiar, possibilitando o aumento da produção agrícola das famílias no assentamento e conseqüente desenvolvimento social e econômico da região.

A ETE Vitória da Conquista possui vazão média de tratamento de 613 L/s, com estimativa de aumento para 750 L/s em 2024. A ETE possui tratamento secundário com digestor anaeróbico de fluxo ascendente (DAFA), tanque de aeração, decantador secundário e tanque de desinfecção. No entanto, o monitoramento de coliformes totais apresentado indicou concentração de $4,37 \times 10^6$ NMP/100 mL. Este valor ultrapassa a

referência de 10^4 NMP/100 mL, indicada para o reúso agrícola restrito. Portanto, são necessárias adequações operacionais na etapa de desinfecção para atender os critérios de qualidade do uso pretendido.

As demandas hídricas dos consumidores foram estimadas com base no estudo “Uso da Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020), conforme detalhado adiante. Para a Fazenda Miraflores, foi estimado um consumo de 0,45 L/s e para o PA Amaralina, 48,8 L/s. Com isto, a demanda estimada total para este estudo de caso foi de 70,40 L/s. O balanço hídrico esquemático do estudo de caso está apresentado na Figura 1 e a localização da ETE, dos consumidores, e das principais estruturas de distribuição propostas, na Figura 2.

Figura 1. Balanço hídrico esquemático do Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



Figura 2. Localização da ETE Vitória da Conquista, potenciais consumidores e estrutura de distribuição proposta



2.1.1.2 Premissas de projeto

2.1.1.2.1 Vazão de efluente tratado

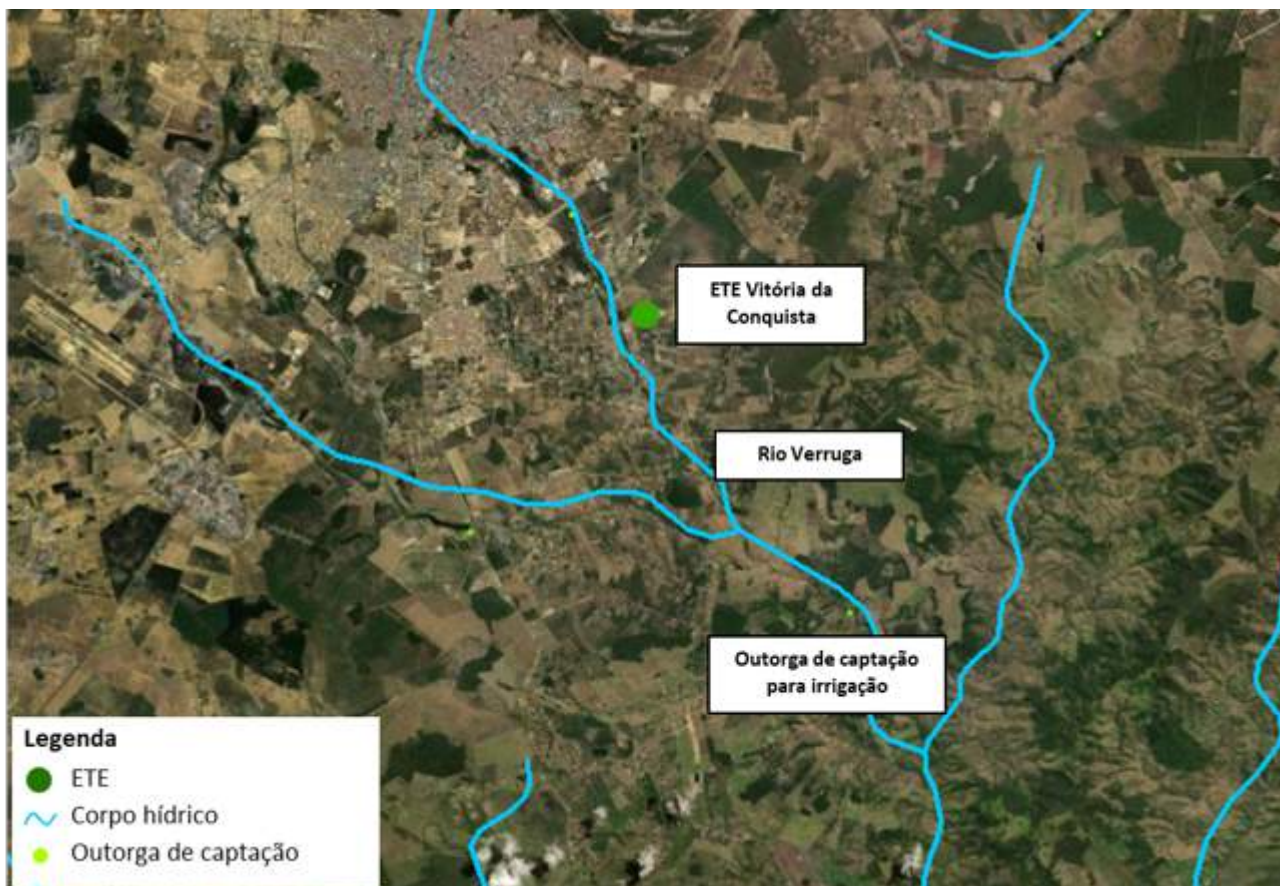
A ETE Vitória da Conquista atualmente opera com vazão média de **613 L/s**, com projeção de 750 L/s para 2024. O efluente tratado é descartado no Rio Verruga.

2.1.1.2.2 Vazão disponível para reúso

Foi identificada uma outorga de captação de 54,9 L/s água para uso em irrigação no rio Verruga, 9 km a jusante do ponto de lançamento da ETE Vitória da Conquista, exibida na Figura 3. Por este motivo, a vazão considerada disponível para reúso não será a totalidade da vazão da ETE.

A princípio, será considerada metade da vazão de tratamento como disponível para reúso, resultando em **307 L/s**.

Figura 3. Outorga de captação de água a jusante do lançamento da ETE Vitória da Conquista



2.1.1.2.3 Demanda de água de reúso não potável

O cadastro da Fazenda Miraflores no CEFIR não indica nenhuma captação de água superficial ou subterrânea. Declara apenas recebimento de água da concessionária, mas não traz nenhum valor de consumo de água.

Já para o PA Amaralina, foram identificados 12 cadastros com diferentes combinações de vazões de captação superficial e subterrânea. Os maiores valores declarados foram de 66 m³/dia de captação superficial e 66 m³/dia de captação subterrânea. Indica ainda captação de água da chuva, mas não o recebimento de água da concessionária. A soma das vazões declaradas é de 132 m³/dia, ou 1,52 L/s.

No entanto, por se tratar de agricultura de sequeiro, o conceito de fornecimento de água de reúso para estes clientes visa atender a uma demanda reprimida, que excederia as vazões declaradas no CEFIR. A estimativa desta demanda foi realizada com base no estudo “Uso da Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)” (ANA, 2020). O estudo define a necessidade hídrica de uma cultura como sendo “a quantidade de água necessária para o pleno desenvolvimento das culturas. (...) pode ser subdividida em consumo efetivo (necessidade hídrica atendida) e déficit total (necessidade hídrica não atendida)”. A necessidade hídrica foi caracterizada para diversas culturas e considera a área colhida, tipo, ciclo e fases da cultura, calendário de colheita e clima.

O déficit hídrico total corresponde à necessidade hídrica não atendida. As faixas de valores apresentadas no estudo para o município de Vitória da Conquista, por cultura, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Faixas de consumo e déficit hídrico médios em Vitória da Conquista

Cultura	Consumo médio (L/s/ha)	Déficit médio (L/s/ha)
Café	< 0,012	0,020 a 0,032
Cana de açúcar	< 0,015	0,015 a 0,030
Feijão	< 0,012	0,02 a 0,045
Mandioca	< 0,01	0,009 a 0,02
Milho	0,01 a 0,015	0,02 a 0,045
Média	-	0,0168 a 0,0344

Fonte: "Uso de Água na Agricultura de Sequeiro no Brasil (2013-2017)", ANA, 2020

Não foi possível identificar a cultura predominante no PA Amaralina. No presente estudo de caso, será adotada como demanda hídrica para irrigação o valor de **0,0256 L/s/ha**, valor médio das faixas de déficits hídricos apresentados para Vitória da Conquista. No entanto, este valor deve ser confirmado no Estudo de Viabilidade a partir da caracterização das culturas que se pretende irrigar. Esta taxa de consumo será aplicada tanto para a Fazenda Miraflores quanto para o PA Amaralina.

A Figura 4 destaca a Fazenda Miraflores e outros 4 imóveis registrados no nome do mesmo proprietário. O PA Amaralina está apresentado na Figura 5. Para este estudo, a demanda hídrica foi calculada aplicando a taxa média de déficit hídrico para 70% da área total destes terrenos.

Figura 4. Fazenda Miraflores e demais terrenos registrados em nome de Marcelo dos Santos Flores



Figura 5. Projeto de Assentamento Amaralina



A Tabela 2 apresenta as áreas e a demanda estimadas para estes consumidores. No Estudo de Viabilidade, deve ser realizado um estudo mais detalhado das áreas cultivadas de cada terreno para confirmação da demanda.

Tabela 2. Áreas e estimativas de demanda hídrica para os potenciais consumidores em Vitória da Conquista

Imóvel	Área Total (ha)	70% da Área (ha)	Demanda estimada (L/s)
Fazenda Miraflores	3,70	2,59	0,07
Fazenda Miraflores	0,31	0,22	0,01
Fazenda Quinta do Buçaco	6,27	4,38	0,11
Fazenda Quinta do Buçaco	6,16	4,31	0,11
Fazenda Quinta Serra da Estrela	5,33	3,73	0,10
Fazenda Quinta Serra da Estrela	3,56	2,49	0,06
Total Miraflores	25,33	17,73	0,45
PA Amaralina	2724,83	1907,38	48,83
Total Geral	2750,15		49,28

A demanda de água para irrigação de culturas é diretamente influenciada pela sazonalidade dos períodos de seca e períodos chuvosos de uma região e pelos ciclos de desenvolvimento e colheita das diferentes culturas.

As estruturas de tratamento e distribuição foram dimensionadas para a vazão total de 70,40 L/s, mas é prevista intermitência ou, ao menos, sazonalidade no padrão de consumo devido aos fatores mencionados. Tal sazonalidade deve ser estudada em etapas posteriores para os dimensionamentos e estimativas de custos.

2.1.1.2.4 Critérios de qualidade de água de reúso

A estimativa de demanda considerou as culturas de feijão, mandioca, café, cana-de-açúcar e milho. Enquadra-se na modalidade de reúso agrícola restrito.

A ETE Vitória da Conquista possui tratamento secundário com DAFA, tanque de aeração, decantador secundário e tanque de desinfecção. A princípio, não são necessárias etapas adicionais de tratamento para a modalidade de reúso agrícola restrito.

A Tabela 3 resume os critérios mínimos de qualidade para esta modalidade de reúso, conforme apresentados no Produto 2, e apresenta os dados de monitoramento da ETE Vitória da Conquista.

Tabela 3. Critérios de qualidade mínimos e realizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Parâmetro	Resultado do monitoramento do efluente bruto	Objetivo de qualidade	Resultado do monitoramento do efluente tratado	Resultado esperado do tipo de tratamento
Coliformes termotolerantes (NMP/ 100 mL)	4,20 x 10 ⁹	< 10 ⁴ ^{(I)(II)}	4,37 x 10 ⁶	10 ²
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1,61 x 10 ⁷	-	9,33 x 10 ⁵	-
Ovos de helmintos (ovos/L)	-	< 1 ^(I)	-	-
pH	-	6,0 – 9,0	-	-
DBO (mg/L)	616	-	48,58	20
Turbidez (UNT)	-	-	-	-
Cl ₂ residual (mg/L)	-	-	-	-

I. Exigências de desinfecção e critério de coliformes e ovos de helminto podem ser flexibilizados (limite até dez vezes maior) ou dispensados caso ações especiais de proteção dos trabalhadores forem implementadas. Esta possibilidade deverá ser avaliada durante a fase de licenciamento do projeto.

II. Uma Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) associada a um projeto piloto poderia ajudar a confirmar proteção da saúde pública nos níveis desejados caso Órgão de Saúde julgue necessário.

Os resultados de monitoramento apresentados foram análises pontuais realizadas em 2019. Durante o Estudo de Viabilidade será necessário avaliar a existência de séries históricas de monitoramento destes parâmetros para compreender com mais exatidão a qualidade do efluente tratado na ETE Vitória da Conquista.

Considerando estes resultados como sendo representativos da situação atual, o resultado de coliformes termotolerantes supera o limite recomendado para esta modalidade de reúso e não atende à concentração esperada para o tipo de tratamento realizado na ETE. Por este motivo, consideram-se necessários ajustes operacionais na etapa de desinfecção antes do uso do efluente tratado para a irrigação proposta.

Para a viabilização do reúso, recomenda-se ainda implementar o monitoramento adequado dos parâmetros indicadores de patógenos, conforme apresentado na Tabela 4. Deve ser realizado o monitoramento mensal de coliformes termotolerantes (hoje intermitente) e anual de ovos de helmintos (hoje não realizado). Fases posteriores do projeto devem avaliar as alternativas disponíveis para monitoramento destes parâmetros em laboratórios externos ou internos. O monitoramento destes parâmetros é necessário para a garantia da qualidade da água de reúso e para a proteção da saúde pública.

Tabela 4. Critérios de monitoramento mínimos e realizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Parâmetros	Monitoramento mínimo	Monitoramento informado
Coliformes termotolerantes	Mensal ^(I)	Mensal com intermitência
<i>Escherichia coli</i>	-	-
Ovos de helmintos	Anual	Sem medição
pH	Mensal ^(I)	Mensal
DBO	Mensal ^(I)	Mensal
Turbidez	-	-
Cl ₂ residual	-	-

(I) Após um ano de operação contínua com ausência de não conformidades, a frequência de monitoramento poderá ser revisada.

Foi informado que, na ETE Vitória da Conquista, é utilizado o dicloro isocianurato de sódio como agente desinfetante. O dicloro isocianurato em água possui um complexo equilíbrio químico com 12 configurações que resultam de dissociações de H⁺ e reações de hidrólise. O equilíbrio é altamente dependente do pH e da temperatura (Wahman, 2018). Os métodos mais usuais e recomendados de determinação de cloro residual na água são o método DPD e a titulação amperométrica. Ambos alteram o pH da água e, com isso, deslocam o equilíbrio químico do dicloro isocianurato, alterando a concentração de cloro residual livre. Por este motivo, no caso do dicloro isocianurato, os métodos disponíveis medem cloro total, e não cloro residual.

Para este desinfetante, a determinação do cloro residual deve ser calculada a partir das reações de equilíbrio químico, utilizando como dados de entrada o pH, a temperatura, a concentração de cloro total e de isocianurato total (este, calculado com base na dosagem de dicloro isocianurato de sódio). A Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, na sigla em inglês) possui uma calculadora online para determinação do cloro residual livre e instruções detalhadas dos cálculos, disponível em: <https://shiny.epa.gov/fcdets/> (acesso em setembro de 2020). A diferenciação é importante pois o valor medido de cloro pelos métodos convencionais é superior ao valor real de cloro residual. Para a garantia da qualidade do efluente e para a proteção da saúde pública, deve ser considerado o cloro residual.

Além desses parâmetros, que visam a proteção da saúde pública, parâmetros de interesse para os usuários e a proteção do meio ambiente terão que ser considerados em futuras análises. Esses parâmetros (e os critérios de qualidade associados) dependem de vários fatores, incluindo o tipo de culturas, o tipo de solo, o método de irrigação etc.

2.1.1.3 Instalações de produção e distribuição de água de reúso

A ETE Vitória da Conquista já possui tratamento secundário com desinfecção. A princípio, não são necessárias novas etapas no tratamento do efluente. No entanto, conforme observado pelo resultado de monitoramento de coliformes termotolerantes, o valor de referência não é atingido.

Diversos fatores na etapa do tratamento podem impactar a eficiência de remoção de coliformes, incluindo o tipo e dosagem de desinfetante, tempo de contato, volume e dimensões do tanque de desinfecção. Na Tabela 5 estão apresentadas as informações disponibilizadas da etapa de desinfecção existente na ETE.

Tabela 5. Sistema de desinfecção existente – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Informação	Unidade	Valor
Produto utilizado	-	Dicloro isocianurato de sódio, bombona de 50 kg, teor de cloro ativo 60%
Dosagem atual	mg/L	8,0
Tempo de contato atual	min	10
Baias existentes	unidades	7
Extensão das baias	m	15
Largura das baias	m	1,8
Altura da lâmina d'água	m	2,5
Volume total	m ³	472,5
Vazão média de tratamento	L/s	613

A dosagem de 1 mg/L de dicloro isocianurato (em pH 7 e 25 °C) resulta em 0,61 mg/L de cloro ativo (61% do produto dosado). Aumentando a dosagem para 4 mg/L de dicloro isocianurato (nas mesmas condições de pH e temperatura), o resultado esperado de cloro livre é de apenas 1,60 mg/L (40% do produto dosado) (Wahman, 2018). Esta redução no teor de cloro livre resulta de interações intermoleculares do isocianurato em água, que aumentam a energia necessária para a reação de hidrólise, diminuindo a liberação do cloro. Portanto, a dosagem informada de 8 mg/L não resultará no teor de cloro ativo de 60%, que seria o esperado. Com baixo cloro ativo e baixo tempo de contato (10 minutos), não será alcançada a desativação desejada dos coliformes.

Durante o Estudo de Viabilidade, recomenda-se a realização de ensaios *jar test* para a determinação do cloro total ao longo do processo de desinfecção, bem como o cálculo do cloro livre a partir da calculadora da USEPA, de forma a caracterizar em maior detalhe este processo.

Para o presente estudo, foram considerados os valores teóricos de cloro total e isocianurato total resultantes da dosagem de 1 mg/L de dicloro isocianurato de sódio anidro: 0,65 mg/L e 0,59 mg/L, respectivamente (Wahman, 2018). Estes valores foram utilizados para cálculo do cloro livre (ativo), considerando pH 7, temperatura de 25 °C e dosagem total de 8 mg/L de dicloro isocianurato de sódio anidro. A concentração de cloro livre determinada foi de **1,72 mg/L**.

Foi informada a concentração de $4,20 \times 10^9$ NMP/100 mL de coliformes termotolerantes e $1,61 \times 10^7$ NMP/100 mL de *E. coli* no efluente bruto. Para atingir o objetivo de qualidade de 10^4 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, é necessário log 6 de desativação. Para tanto, recomenda-se a dosagem de 10 mg/L de cloro livre, com tempo de contato de 30 minutos. Na Tabela 6 estão indicados o volume mínimo calculado para a dosagem de 10 mg/L na hipoclorito de sódio (NaClO), comparado com o volume mínimo considerando 8 mg/L de dicloro isocianurato de sódio (NADCC).

Tabela 6. Volume mínimo de desinfecção com diferentes desinfetantes – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Informação	Unidade	Dosagem de 10 mg/L NaClO	Dosagem de 8 mg/L NADCC
Cloro Livre	mg/L	10.00	1.72
Tempo de contato	min	30.00	174
Vazão	L/s	613.0	613.0
Volume mínimo do tanque	m³	1103	6415
Volume adicional necessário	m ³	631	5943

Como o dicloro isocianurato tem liberação de cloro reduzida quando aplicado em altas dosagens, o tempo de contato necessário para atingir o mesmo valor CT seria de quase 3 horas. Para tanto, seria necessário um tanque de mais de 6000 m³, quando o tanque existente possui apenas 472 m³. O hipoclorito de sódio, por outro lado, necessita de um tanque de desinfecção muito menor. No entanto, o tanque existente ainda é pequeno para atingir o objetivo de qualidade desejado para o reúso agrícola restrito para a vazão média da ETE, mesmo considerando aplicação de hipoclorito de sódio.

Para o presente estudo de caso não seria necessário atingir a qualidade proposta para toda a vazão da ETE, uma vez que apenas esta fração será utilizada nesta modalidade. As adequações da desinfecção são recomendadas independentemente do reúso, para atingir os critérios de qualidade de lançamento de efluente tratado sem alterar a qualidade do corpo receptor. No entanto, as adequações para tal fim devem ser avaliadas separadamente, de acordo com critérios específicos.

Para este estudo de caso, foi considerada uma etapa de desinfecção adicional com hipoclorito de sódio apenas para os 70,40 L/s que se pretende destinar para reúso. A Tabela 7 apresenta um resumo das principais estruturas previstas para tratamento adicional, reservação e distribuição da água de reúso, com base nas premissas discutidas.

Detalhes específicos sobre a extensão total da rede de distribuição, dimensionamento e seleção do material construtivo também são apresentados no Anexo I, juntamente com requisitos dos sistemas de tratamento adicionais, bombeamento e reservatório.

Todos os dimensionamentos apresentados no Anexo I deverão ser revisados no momento do Estudo de Viabilidade, uma vez conhecidas as vazões de demandas. O traçado da rede de distribuição proposta neste estudo de caso também poderá sofrer alterações em decorrência da caracterização dos potenciais consumidores.

Tabela 7. Principais instalações de produção e distribuição de água de reúso – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Unidade	Valor
Nova etapa de desinfecção		
Volume do tanque	m ³	90
Desinfetante utilizado	-	Hipoclorito de Sódio
Dosagem	mg/L	10
Tempo de contato	min	30
Consumo de produto químico	kg/dia	43
Volume para armazenamento	m ³	2,5
Reservatório de água de reúso		
Volume	m ³	1420
Tempo de detenção	h	8
Estação Elevatória		
Vazão de operação	L/s	44,50
Altura manométrica	mca	40,56
Potência consumida	kW	51,04
Arranjo das bombas	unidades	1 + 1 Reserva
Linha de distribuição		
Material	-	PVC
Diâmetro Nominal (mm)		Extensão (m)
50		728
75		2.295
100		4.456
150		3.315
200		3.954
250		5.444

2.1.1.4 Estimativa de CAPEX

O memorial de cálculo das estimativas de custo de investimento das instalações apresentadas está apresentado no Anexo I. As estimativas aqui apresentadas foram elaboradas com base nas curvas de custo apresentadas no Produto 2. Aos custos estimados por curvas com anos base diferentes de 2020 foi aplicada a correção com base no Índice Nacional de Custo da Construção no Mercado (INCC) acumulado no período entre o ano base e 2020.

Estas estimativas são compatíveis com a prática recomendada pela Associação Internacional para o Avanço da Engenharia de Custos (do inglês, Association for the Advancement of Cost Engineering International –

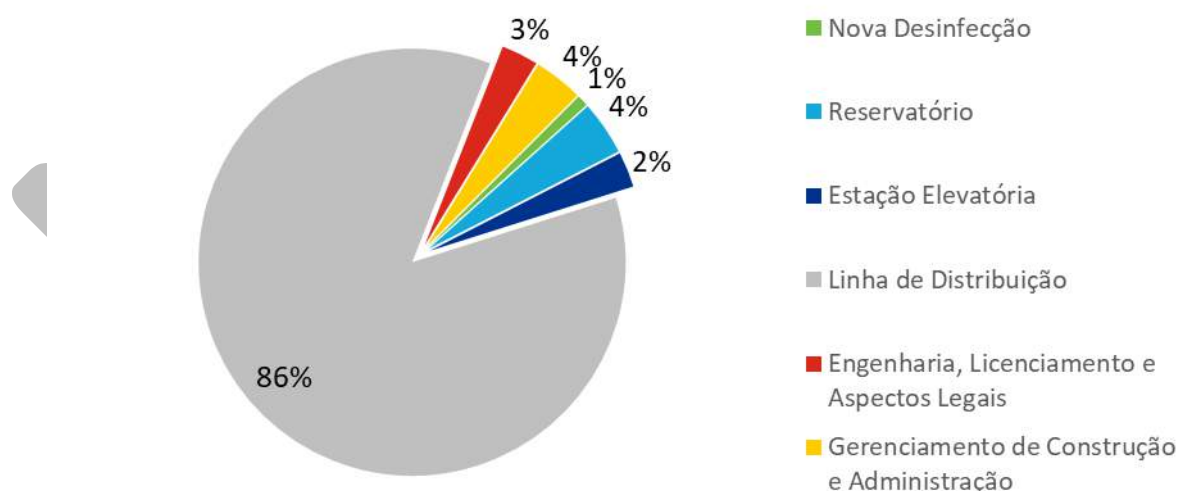
AACE International) para Estimativa de Custos – Classe 5, que é a classe associada para comparação e seleção de conceitos de alternativas (AACE, 2016).

As estimativas AACE Classe 5 contêm uma variação percentual típica dos custos reais da estimativa de +100% na faixa máxima e -50% na faixa mínima (com confiança de 80% de que o custo real cairá dentro dos limites da faixa máxima e mínimas). Na Tabela 8 está indicado o CAPEX total considerado e a composição relativa do CAPEX por item considerado está indicada na Figura 6.

Tabela 8. Estimativa de CAPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Especificação	Custo (R\$)
Nova etapa de desinfecção	90 m ³	R\$ 189.432
Reservatório	1420 m ³	R\$ 899.383
Estação Elevatória	44,50 L/s	R\$ 585.936
Linha de distribuição	20,2 km Ø 50 a 250 mm	R\$ 18.849.140
Subtotal - itens construtivos		R\$ 20.523.892
Engenharia, Licenciamento e Aspectos Legais	3%	R\$ 615.716
Gerenciamento de Construção e Administração	4%	R\$ 820.955
Subtotal - itens não construtivos		R\$ 1.436.672
Total CAPEX		R\$ 21.960.564
CAPEX - 50%		R\$ 10.980.282
CAPEX + 100%		R\$ 43.921.129

Figura 6. Composição do CAPEX estimado – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



2.1.1.5 Estimativa de OPEX

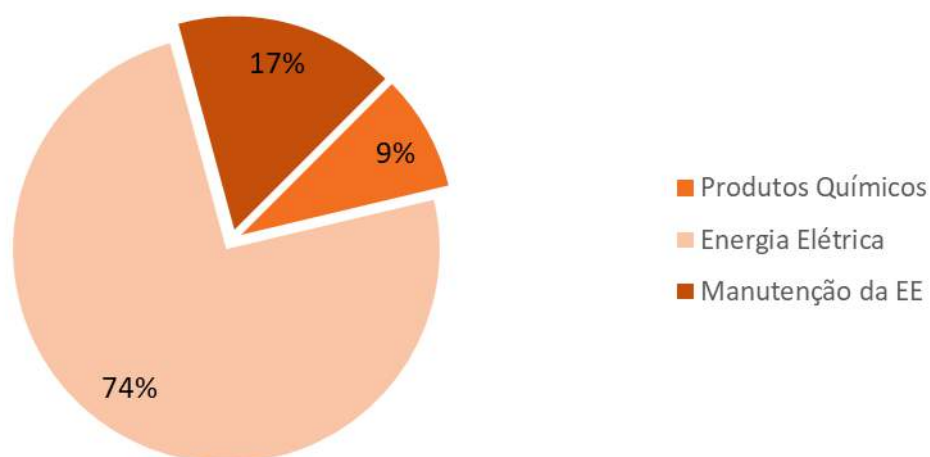
O memorial de cálculo das estimativas de custo de operação das instalações apresentadas está apresentado no Anexo I. As estimativas aqui apresentadas foram elaboradas com base nas curvas de custo apresentadas no Produto 2. Analogamente ao CAPEX, os custos estimados por curvas com anos base diferentes de 2020 foram corrigidos pelo acumulado no período.

Na Tabela 9 está indicado o OPEX total considerado, e a composição relativa do OPEX por item considerado está indicada na Figura 7.

Tabela 9. Estimativa de OPEX Classe 5 – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Item	Especificação	Custo (R\$/ano)
Produtos Químicos	43 kg/dia	R\$ 26.784
Energia Elétrica	51 kwh 24 h/d 365 d/ano	R\$ 227.298
Manutenção de Elevatória	1.403.217 m ³ /ano + 1 funcionário	R\$ 51.077
Total OPEX		R\$ 305.160
OPEX - 50%		R\$ 152.580
OPEX + 100%		R\$ 610.321

Figura 7. Composição do OPEX estimado – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



Destaca-se que foram apresentados os custos de operação mais relevantes ao projeto. Os demais custos, como manutenção dos sistemas de reservação e distribuição, devem ser avaliados na etapa de estudo de viabilidade.

2.1.1.6 Anualização dos custos

Com o objetivo de estimar os custos unitários por metro cúbico de água destinada ao reúso, foram realizadas estimativas de desembolso de CAPEX e OPEX mensalmente. Foi considerada uma inflação de 5% ao ano, e calculados os desembolsos para cenários de 10, 20 e 30 anos. A partir dos valores totais, foi calculado o custo médio por metro cúbico produzido, em cada cenário. Os resultados da anualização dos custos estão apresentados na Tabela 10 e as estimativas de custos por metro cúbico na Figura 8.

As estimativas aqui apresentadas servem como ordem de grandeza do custo unitário para este estudo de caso e podem contribuir para discussões a respeito de modelos de financiamento e de cobrança pela água de reúso.

Tabela 10. Custos anualizados – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Cenário	CAPEX (R\$ total)		OPEX (R\$/ano)	
Não anualizado	R\$	26.945.603	R\$	398.124
10 anos	R\$	33.587.277	R\$	512.131
20 anos	R\$	40.174.060	R\$	673.170
30 anos	R\$	46.760.844	R\$	901.725

Figura 8. Custo por metro cúbico – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista



Estes custos unitários, por serem resultantes de uma estimativa de custo Classe 5, também estão sujeitos às mesmas faixas de confiança. As faixas de valores esperados para o custo total por metro cúbico em cada cenário de anualização estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11. Faixas de confiança dos custos unitários – Estudo de Caso 1 – ETE Vitória da Conquista

Cenário	-50% (R\$/m³)	Custo Estimado (R\$/m³)	+100% (R\$/m³)
Anualizado 10 anos	1,01	2,01	4,03
Anualizado 20 anos	0,69	1,39	2,77
Anualizado 30 anos	0,63	1,26	2,52

2.1.1.7 Conclusões preliminares e recomendações

O uso de parte do efluente tratado na ETE Vitória da Conquista como reúso agrícola restrito no PA Amaralina e na Fazenda Miraflores destaca-se como uma oportunidade de atender a demandas existentes e reprimidas no município, fornecendo um recurso necessário para o desenvolvimento social e econômico da região.

O estudo de caso partiu de premissas específicas a partir de dados e estudos disponíveis. No entanto, no momento do Estudo de Viabilidade, algumas premissas necessitam de maior aprofundamento para caracterizar o projeto e atender às necessidades reais dos possíveis consumidores. Os principais pontos que necessitam de análises adicionais são:

- Caracterização das áreas irrigadas dos terrenos, para confirmação da demanda de água;
- Caracterização das culturas e solo, para determinar os objetivos de qualidade;

A implementação da solução proposta apresenta algumas necessidades técnicas para viabilizar o reúso, incluindo, mas não limitadas a:

- Ajuste do monitoramento de parâmetros de qualidade do efluente tratado, para garantia da qualidade da água de reúso e proteção da saúde pública;
- Ajustes operacionais na etapa de desinfecção, possivelmente substituindo o produto atualmente utilizado (dicloro isocianurato de sódio) por outro desinfetante que melhor se adeque às necessidades de remoção de patógenos (como o hipoclorito de sódio);
- Construção de um reservatório para armazenar a água que será distribuída;
- Construção de uma estação elevatória para alcançar os possíveis consumidores mais distantes da ETE, dentro dos limites do PA Amaralina;
- Construção de uma rede de distribuição de água para atendimento dos possíveis consumidores.

Os custos apresentados ao longo deste estudo são parametrizados e diretamente dependentes da vazão de projeto. A confirmação das demandas por reúso na Fazenda Miraflores e, principalmente, no PA Amaralina, podem alterar tanto o CAPEX quanto o OPEX estimados e, com isso, os custos por metro cúbico de água de reúso. Adicionalmente, o Estudo de Viabilidade poderá trazer novas alternativas de concepção que também resultem em mudanças nos custos. A estimativa aqui apresentada é considerada adequada para as premissas do estudo de caso e aderente às práticas da AACE Internacional.

Além das necessidades de caracterização de demanda e necessidades técnicas para a viabilização do reúso, é importante ressaltar os aspectos institucionais e de relacionamento público inerentes a projetos de reúso. O presente estudo de caso englobou apenas aspectos técnicos relacionados a esta solução. A participação dos potenciais consumidores é fundamental para a compreensão das necessidades do projeto. Durante etapas posteriores, recomenda-se conversas com representantes e moradores do PA Amaralina e com o proprietário da Fazenda Miraflores. O trabalho de divulgação de informações e educação da população é essencial para a construção de uma percepção pública favorável à utilização do reúso agrícola.

2.2 Resumo

No Quadro, a seguir, são apresentados as principais características técnicas, os benefícios e obstáculos associados à implantação dos projetos piloto do Reúso para Desenvolvimento no Semiárido – ETE Vitória da Conquista são apresentadas.

Aspecto	Reúso para Desenvolvimento no Semiárido
	ETE Vitória da Conquista
Definição do conceito	Reúso agrícola restrito para irrigação de culturas: Linha de distribuição de 70,4 L/s de água de reúso para os consumidores (Fazenda Miraflores e Projeto de Assentamento Amaralina)
Vazão disponível	307 L/s
Demanda	49,3 L/s Fazenda Miraflores = 0,45 L/s PA Amaralina = 48,8 L/s
Qualidade	Critério de qualidade (agrícola restrito) Cter. < 10 ⁴ Monitoramento do efluente tratado Cter = 4,4 x 10 ⁶
Monitoramento para o reúso	Necessário desenvolver plano de monitoramento mensal de Cter. e anual de ovos de helmintos
Tratamento	DAFA + Tanque de Aeração + Decantador Secundário + Tanque de Desinfecção

Aspecto	Reúso para Desenvolvimento no Semiárido
	ETE Vitória da Conquista
	Necessários ajustes operacionais na etapa de desinfecção
Complementação tecnológica	Tanque de desinfecção: Hipoclorito de Sódio Volume tanque = 90 m ³ Dosagem = 10 mg/L Tempo de contato = 30 min Consumo NaClO = 43 kg/d
Distribuição	Linha de distribuição Material = PVC Extensão total = 20.203 m Diâmetros necessário ao longo da linha = 50, 75, 100, 150, 200 e 250 mm Estação Elevatória (1+1R) Vazão operação = 44,5 L/s AMT = 40,5 mca Potência consumida = 51 kW
Reservação	Reservatório na ETE Vitória da Conquista Volume = 1.420 m ³ Tempo de detenção = 8 h
CAPEX	R\$ 21.960.564
OPEX	R\$ 305.160,69/ano
Custo por m³	R\$ 2,01 por m ³ de água de reúso (anualizado - 10 anos)

Aspecto	Reúso para Desenvolvimento no Semiárido
	ETE Vitória da Conquista
Benefícios esperados	Aumento da produção agrícola familiar no PA Amaralina Desenvolvimento econômico e social da região Aproximação da Embasa com as famílias residentes no PA Amaralina, fortalecendo o relacionamento público. Ganhos intangíveis em imagem com consumidores e órgãos públicos Possível subsídio de órgãos públicos para a implementação do projeto
Obstáculos a serem superados	20 km de redes de distribuição, tratamento adicional, reservação e bombeamento Custo por m ³ Necessidade de participação social e articulação de partes interessadas Necessidade de caracterização de culturas e solos para refinamento de demandas, critérios de qualidade e monitoramento