

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**ESTUDO DOS IMPACTOS DIRETOS DO  
LANÇAMENTO INADEQUADO DE ÁGUAS DE  
LAVAGEM DE FILTROS (ALF) – ESTUDO DE CASO  
SIAA DA ZONA FUMAGEIRA – BAHIA**

CLÁUDIA SILVA LOPES LEAL

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**ESTUDO DOS IMPACTOS DIRETOS DO  
LANÇAMENTO INADEQUADO DE ÁGUAS DE  
LAVAGEM DE FILTROS (ALF) – ESTUDO DE CASO  
SIAA DA ZONA FUMAGEIRA – BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profª Drª Rosa Alencar S. de Almeida

CLÁUDIA SILVA LOPES LEAL

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**ESTUDO DOS IMPACTOS DIRETOS DO  
LANÇAMENTO INADEQUADO DE ÁGUAS DE  
LAVAGEM DE FILTROS (ALF) – ESTUDO DE CASO  
SIAA DA ZONA FUMAGEIRA – BAHIA**

Aprovado em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Examinadores:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Rosa Alencar S. de Almeida      ASS.: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Alessandra Cristina S. Valentim      ASS.: \_\_\_\_\_

Prof<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Jorge Luiz Rabelo      ASS.: \_\_\_\_\_

CLÁUDIA SILVA LOPES LEAL

CRUZ DAS ALMAS, 2016

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me abençoado, dado força e saúde para superar as dificuldades.

Aos meus pais, meu irmão e meu namorado, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A todos os meus amigos por estarem sempre próximos com risadas e ombros amigos.

Aos mestres pelos conhecimentos transmitidos e em especial à minha orientadora, Rosa Alencar, por toda a paciência e orientação em todos os projetos desenvolvidos.

“Pequenas ações que realizamos  
são melhores do que as grandes  
que planejamos.”

Confúcio (551-479 a.C.), filósofo chinês.

**ESTUDO DOS IMPACTOS DIRETOS DO LANÇAMENTO INADEQUADO DE  
ÁGUAS DE LAVAGEM DE FILTROS (ALF) – ESTUDO DE CASO SIAA DA ZONA  
FUMAGEIRA – BAHIA**

**RESUMO**

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a manutenção da vida no planeta, mas apesar disto é notório que este vem sendo mal administrado e por isso ocorrem problemas como contaminação de mananciais e perdas excessivas no sistema. Este trabalho registra um estudo de caso no Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) da Zona Fumageira, cuja estação de tratamento, desde sua implantação, vem dispendo os resíduos de maneira inadequada. Assim ele teve como objetivo estudar os impactos diretos do descarte das águas de lavagem dos filtros (ALF's) da estação de tratamento de água do SIAA da Zona Fumageira e avaliar as possibilidades de destinação sustentável desses resíduos. Através das análises das características das águas de lavagens de filtros, bem como da composição granulométrica, de nutrientes da fertilidade e metais pesados do solo na área de influência do descarte incorreto foi possível mensurar que, embora a destinação final dos efluentes da ETA esteja desconforme ao indicado pela legislação brasileira, não há indícios de contaminação do solo, embora se perceba que há um crescimento desigual da vegetação onde há a interação com as ALF's. A pesquisa também revelou que as circunstâncias do descarte inapropriado não ocorrem por falta de informações da empresa prestadora de serviços, e que existem possibilidades para corrigir a situação, com ações de curto e longo prazo.

**Palavras-chave:** Estações de Tratamento de Água, Água de Lavagem de Filtros (ALF), Análises de água e solo.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS APÓS HOMOGENEIZAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO. _____	22
FIGURA 2.2 - RECIRCULAÇÃO DO SOBRENADANTE DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS APÓS CLARIFICAÇÃO. ____	23
FIGURA 2.3 - RECIRCULAÇÃO DO SOBRENADANTE DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS E DESCARGAS DOS DECANTADORES APÓS CLARIFICAÇÃO. _____	23
FIGURA 3.1 - GARRAFAS D'ÁGUA MINERAL DE 1,5L. _____	38
FIGURA 3.2 - VASILHAMES DA EMBASA. _____	38
FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DE CABACEIRAS DO PARAGUAÇU E DO SIAA. _____	41
FIGURA 4.2 - CAPTAÇÃO/EEAB-1. _____	42
FIGURA 4.3- PROCESSO DE TRATAMENTO DO SIAA DA ZONA FUMAGEIRA _____	43
FIGURA 4.4 - COMPORTA IMPROVISADA _____	45
FIGURA 4.5 - VÁLVULA DO FILTRO COM FERRUGEM _____	45
FIGURA 4.6 - ÁREA DE DESCARTE DAS ALF _____	46

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - CARACTERÍSTICAS DAS ALF DO SIAA DA ZONA FUMAGEIRA. _____	47
TABELA 4.2 - COMPARATIVO DOS PARÂMETROS DAS ALF. _____	48
TABELA 4.3 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (G/KG) DISPERSÃO COM NAOH. _____	52
TABELA 4.4 - COMPOSIÇÃO DE MACRONUTRIENTES DA FERTILIDADE DO SOLO. _____	53
TABELA 4.5 - COMPOSIÇÃO DE METAIS PESADOS NO SOLO _____	54

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 - CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS COMPOSTAS UTILIZADAS NOS ENSAIOS DE CLARIFICAÇÃO. ____	24
QUADRO 2.2 - CARACTERÍSTICAS DE LODOS DE ETA, EM TERMOS DE PARÂMETROS CONVENCIONAIS. _____	26
QUADRO 2.3 - CARACTERÍSTICAS DE LODOS DE ETA, EM TERMOS DE PARÂMETROS NÃO-CONVENCIONAIS. ____	27
QUADRO 2.4 - CARACTERIZAÇÃO DA ALF ANALISADAS. _____	29
QUADRO 2.5 - QUADRO DE APRESENTAÇÃO INDIVIDUALIZADA POR PERFIL DE SOLO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES. _____	32
QUADRO 2.6 - QUADRO DE APRESENTAÇÃO INDIVIDUALIZADA POR PERFIL DE SOLO DE PARÂMETROS TAXONÔMICOS. _____	33
QUADRO 4.1 - DADOS OUTORGA SIAA DA ZONA FUMAGEIRA. _____	40

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
AGERSA	AGÊNCIA REGULADORA DO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA
ALF's	ÁGUAS DE LAVAGENS DE FILTROS
CEET	COMISSÃO DE ESTUDO ESPECIAL TEMPORÁRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
CESB	COMPANHIAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO BÁSICO
CETESB	COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
CNEPA	COMISSÃO DE SOLOS DO CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
CORESAB	COMISSÃO DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
DQO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
EEAB	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA
EEAT	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA
EMBASA	EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S/A
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
EP	ESTAÇÃO PILOTO
ETA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
ETA-UFV	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
ETE	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
NBR	NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA
PLANASA	PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO
PMSB	PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
PNCDA	PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA
PNRH	PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
REL	RESERVATÓRIO ELEVADO
SEDUR	SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO
SEPURB	SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SESP	SERVIÇO ESPECIAL DE SAÚDE PÚBLICA
SIAA	SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
SIBCS	SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS
SST	SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO
UFRB	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1. OBJETIVO	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>12</b>
2.1. REFERÊNCIAS DO SANEAMENTO NO BRASIL	12
2.2. DIRETRIZES ESTADUAIS PARA O SANEAMENTO	14
2.3. LEI ESTADUAL Nº 12.602/2012 – CRIAÇÃO DA AGERSA	15
2.4. ATUAÇÃO DA AGÊNCIA REGULADORA	17
2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA	18
2.6. PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	19
2.7. ESTUDOS SOBRE QUALIDADE E DESTINAÇÃO DAS ALF'S	21
2.8. ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLO	30
2.8.1. Definições de solo	30
2.8.2. História do sistema de classificação de SOLOS (SiBCS)	30
2.8.3. Resolução Conama Nº 420/2009	33
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>36</b>
3.1. SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO NO SIAA DA ZONA FUMAGEIRA	36
3.2. ESTUDO PARA CONHECER A SITUAÇÃO DO SIAA	36
3.3. COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA	37
3.4. COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO	38
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>40</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA	40
4.2. SITUAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DE FILTROS	44
4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ALF	47
4.4. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	50
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>55</b>
5.1. PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS E FISCALIZAÇÃO	55
5.2. ÁGUA E SOLO NO DESCARTE DA ALF'S	56
5.3. PROPOSTAS PARA MITIGAÇÃO DOS PROBLEMAS	57
5.4. PERSPECTIVAS DE PESQUISAS COMPLEMENTARES	58
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO</b>	<b>63</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes da Terra por estar presente em diversas atividades que integram os seres vivos e o planeta, sendo, então, essencial à manutenção da vida. Apesar disso, é notório que este recurso vem sendo mal administrado e por isso ocorrem problemas. Tal prática se deve, entre outros motivos, ao grande crescimento populacional que aumenta a demanda sobre o sistema.

Sabe-se que, para fornecimento da vazão demandada para consumo humano, há a necessidade de tratamento da água, a fim de atender os padrões potabilidade da água vigentes no país. Durante as etapas do processo de tratamento (coagulação, floculação, decantação e filtração) utilizam-se produtos químicos e como resultado são produzidos resíduos ao longo desse processo.

Então, é preciso entender as características e o potencial poluidor que esses resíduos do processo de tratamento da água representam para o meio no qual serão descartados; além de obter conhecimento para possível reuso desse rejeito, pois muitas vezes os danos ao meio ambiente não são mensurados por falta de dados técnicos.

Deste modo, estudar os impactos diretos do lançamento da água de lavagem de filtros em estações de tratamento convencionais, e que não utilizam técnicas de tratamento e destinação adequadas, é de substancial importância. Sobretudo, com o advento da Lei Federal Nº 11.445/2007, marco legal que estabeleceu diretrizes básicas para o saneamento, incluindo-se requisitos para melhoria operacional dos sistemas.

Assim, este trabalho registra um estudo de caso no Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) da Zona Fumageira, cuja estação de tratamento, desde sua implantação, vem lançando os resíduos em uma propriedade particular localizada zona rural do Município de Cabaceiras do Paraguaçu, mais especificamente ao lado da estação de tratamento de água (ETA).

Outros trabalhos anteriores, como os de Freitas et al. (2010), Reali (1999), Scalize & Di Bernardo (2000), abordaram este tema, todavia cada estação de tratamento, cada corpo hídrico receptor, cada solo, tem características específicas que os fazem únicos. E deste modo, o estudo proposto pretende contribuir para esclarecer a situação na área de descarte dos rejeitos e para propor medidas mitigadoras, se necessárias.

## 1.1. OBJETIVO

Estudar os impactos diretos do descarte das águas de lavagem dos filtros da estação de tratamento de água do SIAA da Zona Fumageira e avaliar as possibilidades de destinação sustentável dos resíduos.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer os procedimentos operacionais da Estação de Tratamento do SIAA da Zona Fumageira, sua adequação operacional aos requisitos do órgão fiscalizador, especialmente no funcionamento do sistema de filtração.
- Avaliar a qualidade da água de lavagem dos filtros da estação de tratamento do SIAA da Zona Fumageira.
- Avaliar as características do solo na área de descarte da água de lavagem dos filtros.
- Avaliar as características do solo na área sem influência de lançamento dos rejeitos.
- Identificar os agravos e benefícios decorrentes do descarte da ALF na área sob influência do lançamento.
- Propor medidas de mitigação para os danos identificados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para viabilizar este projeto, foi realizada uma revisão bibliográfica, considerando a legislação pertinente sobre o assunto, estudos sobre reuso das águas de lavagem de filtros (ALF) ou sua disposição final adequada:

### 2.1. REFERÊNCIAS DO SANEAMENTO NO BRASIL

O saneamento básico como forma de prestação de serviço oferecido pelo Estado, no Brasil, inicia-se desde o começo do século XX, e passa a ser considerado como serviço público clássico. Nesse sentido, em 1930, a União começou a fornecer recursos para as primeiras iniciativas desse setor. Ainda na trajetória do saneamento, em 1942 foi criado pelo governo federal o Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), que se estendeu até 1960, sendo responsável pela capacitação de entes públicos na prestação de serviços de saneamento. Com a instauração do regime militar no país, houve uma mudança no cenário político, no qual ocorreu uma centralização de decisões e de recursos na esfera federal. E em 1969 foi criada, por meio do Decreto Federal N° 949/69, o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), modelo este que fazia com que os Municípios delegassem aos Estados a prestação dos serviços de água e esgoto, enquanto os Estados, por sua vez, remetiam à União, por meio do Banco Nacional de Habitação, as atribuições de formulação da política de saneamento (HOHMANN, 2012).

O modelo do PLANASA chegou ao fim entre os anos de 1985 e 1986, por conta da crise econômica que atingiu o país. Porém, seu legado foi significativo, dispondo de uma expressiva infraestrutura de distribuição de água e esgotamento sanitário, além de deixar sua herança do arcabouço pelo qual o saneamento está até hoje estruturado. Nesse período, no entanto, o setor ficou carente de diretrizes nacionais sólidas e bases institucionais e passou por uma espécie de "apagão" do saneamento.

Todavia, mesmo vivenciando tempos de dificuldades, o Setor do Saneamento insistiu na demanda por políticas e programas voltados para conservação e uso racional da água para abastecimento público. Assim, em abril de 1997, foi criado Programa Federal de Conservação e Uso Racional da Água de Abastecimento Público, coordenado nacionalmente pela Secretaria Especial de Desenvolvimento

Urbano da Presidência da República (SEPURB), resultado da articulação entre a secretaria, o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e com os Ministérios das Minas e Energia e do Planejamento e Orçamento (PNCDA, 1999a).

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) foi elaborado com intuito de promover o uso racional da água de abastecimento público, definindo e implementando um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas (PNCDA - DTA D4, 1999b). Foram então elaborados, ao final de duas fases de estudos, 20 (vinte) volumes de documentos técnicos de apoio (DTA), sendo estes produtos do projeto do PNCDA. Porém, este trabalho dará maior ênfase às contribuições do volume DTA D4, que traz relevantes discussões sobre redução de perdas e tratamento de lodo em Estações de Tratamento de Água (ETA).

Em 2007, com a promulgação da Lei Federal N° 11.445/2007 (BRASIL, 2007), o Setor de Saneamento foi contemplado com o seu marco legal, lei que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

A Lei Federal N° 11.445/2007 tem como princípios fundamentais, dentre outros: a universalização do acesso; eficiência e sustentabilidade econômica; utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas; integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos (BRASIL, 2007).

Dessa maneira, são responsabilidades do titular e indelegáveis: o planejamento, a regulação e a fiscalização. Todavia, a prestação dos serviços do saneamento básico pode ser transferida a terceiros, através de contratos de concessão. Apesar disso, permeia em torno do assunto uma questão que há tempos é palco de discussão: a titularidade dos serviços. Esse quesito não foi explicitamente abordado na lei, ficando a cargo da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 a resposta para tal pergunta.

A Constituição Federal de 1988 regulamenta, em nove incisos, do Art. 30, a competência dos municípios em variadas matérias. São de interesse deste trabalho, especificamente os incisos I e V. O primeiro deles, determina que compete aos

municípios “legislar sobre assuntos de interesse local”, enquanto que, o inciso V atribui ao município a tarefa de “organizar e prestar, diretamente ou sob-regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial” (BRASIL, 1988). Assim, fica perceptível que a titularidade dos serviços de saneamento é de responsabilidade dos Municípios e, conseqüentemente, a obrigatoriedade na elaboração de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) em cumprimento ao marco legal do saneamento.

No que se refere aos recursos hídricos, destaca-se o disposto no Art. 4º da Lei Nº 11.445/2007, segundo o qual os recursos hídricos não integram os serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2007).

Entretanto, o parágrafo único deste mesmo artigo, destaca que a utilização de recursos hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, incluindo-se a utilização para disposição ou diluição de resíduos líquidos, é sujeita a outorga de direitos de uso nos termos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecida na Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, nos seus regulamentos e nas legislações estaduais.

Deste modo, é justo afirmar que, para atender à PNRH, a disposição dos resíduos líquidos das estações de Tratamento de Água deverá ser outorgada pelo órgão competente.

Quanto aos resíduos sólidos gerados na operação da ETA, estes devem ser dispostos de acordo à legislação vigente para disposição de resíduos sólidos urbanos.

## 2.2. DIRETRIZES ESTADUAIS PARA O SANEAMENTO

Seguindo a evolução do que representou o marco legal do saneamento básico no país, o Estado da Bahia no dia 01 de dezembro de 2008 promulga a Lei Estadual Nº 11.172, que institui princípios e diretrizes da Política Estadual de Saneamento Básico, disciplina o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico e dá outras providências.

O Art. 7º desta Lei Estadual determina que o licenciamento ambiental deve considerar as etapas de eficiência para as unidades de tratamento de esgotos

sanitários e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água, para que seja possível alcançar gradativamente os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, levando em conta a capacidade de pagamento dos usuários (BAHIA, 2008).

O primeiro parágrafo (§ 1º) do referido artigo explana a respeito dos procedimentos simplificados de licenciamento, mencionando que as atividades como unidades de valorização, tratamento e disposição de resíduos sólidos poderão ser incluídas nesse modelo de licenciamento a depender do porte das unidades e dos impactos ambientais esperado, seguindo procedimentos estabelecidos pela autoridade ambiental competente (BAHIA, 2008).

De acordo com o segundo parágrafo (§ 2º) deste mesmo artigo, a autoridade ambiental, levando em consideração a capacidade de pagamento das populações e usuários envolvidos, também será a responsável por indicar as metas progressivas para a qualidade dos efluentes de unidades de esgotos sanitários e de tratamento de águas que consigam proporcionar o cumprimento dos padrões das classes dos corpos hídricos em que os efluentes forem lançados (BAHIA, 2008).

### 2.3. LEI ESTADUAL Nº 12.602/2012 – CRIAÇÃO DA AGERSA

A primeira sinalização legal no Estado da Bahia estabelecendo a criação de uma delegação regulamentadora surgiu por meio da Lei Estadual Nº 11.172/2008, cujo Art. 18 determina que a Comissão de Regulação dos Serviços Públicos de Saneamento Básico do Estado da Bahia (CORESAB), através da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR), é responsável pela regulação e fiscalização dos serviços públicos de saneamento básico, mediante delegação, enquanto não houver ente regulador próprio criado pelo Município, ou agrupamento de Municípios, por meio de cooperação ou coordenação federativa (BAHIA, 2008). Assim, a CORESAB exerceu as atividades de regulação e fiscalização, até a sua extinção, determinada pela promulgação da Lei Estadual Nº 12.602/2012, que criou a Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia (AGERSA), autarquia sob regime especial.

De acordo com o Art. 4º, compete à agência: “exercer, integral ou parcialmente, mediante delegação, atividades de regulação e fiscalização na área de saneamento básico, de competência dos Municípios ou agrupamento de Municípios”, competindo-lhe as seguintes atribuições relacionadas à temática do presente estudo:

- A. Buscar, por meio de suas ações, a promoção e o zelo no cumprimento das diretrizes da Política Estadual de Saneamento Básico, designada pela Lei nº 11.172/2008;
- B. Atender às condições e cumprir as metas estabelecidas no planejamento dos serviços;
- C. Proporcionar em suas atividades a integração e colaboração com os demais órgãos e entidades que fazem parte da Administração Pública Estadual, com as Administrações Públicas dos Municípios baianos e com os consórcios públicos dos quais os mesmos participem;
- D. Verificar periodicamente o desempenho dos prestadores de serviços, como também o estabelecimento dos parâmetros, critérios, fórmulas, padrões ou indicadores de mensuração que servirão de base para a comprovação da qualidade dos serviços prestados;
- E. Fiscalizar os serviços prestados pelo agente regulado, inclusive com inspeções presenciais às suas instalações;
- F. Verificação e inspeção da parte burocrática como os contratos e documentos relacionados aos programas que tenham como objetivo a prestação dos serviços públicos de saneamento básico;

Ainda no mesmo artigo, o segundo parágrafo (§ 2º) define que a AGERSA poderá exigir o fim de práticas infracionais através de meio legal (Termo de Ajustamento de Conduta), e oferecer contrapartidas ou compensações em caso de haver necessidade de reparo aos danos decorrentes da atividade, ou até mesmo estabelecer que sejam realizadas ações superiores às metas eventualmente descumpridas.

Para que a Agência Reguladora possa realizar o seu trabalho com desempenho e efetividade, o Art. 7º determina que os prestadores de serviço permitam o livre e fácil acesso às informações necessárias à execução das atividades da AGERSA.

Em contrapartida a Agência também possui seus deveres. Conforme o Art. 17º, além da fiscalização, é obrigação da AGERSA produzir um relatório que deve ter periodicidade anual, contendo as atividades desenvolvidas e destacando o cumprimento da política do setor, bem como explanando a respeito da concretização das metas estabelecidas no contrato de gestão.



## 2.4. ATUAÇÃO DA AGÊNCIA REGULADORA

Em cumprimento ao que determina a lei, para dar visibilidade de suas ações à população, foi criado um site institucional (<http://www.agersa.ba.gov.br/>), que disponibiliza conteúdos tais como: esclarecimento a respeito do arcabouço legal (Leis Federais, Leis Estaduais, Notas técnicas e Resoluções) que estão diretamente relacionadas com as atividades da agência; informações sobre a regulação dos quatro componentes do saneamento básico; bem como os relatórios produzidos pela agência durante as fiscalizações anuais.

No que diz respeito aos relatórios produzidos pela agência, especificamente sobre o SIAA da Zona Fumageira, objeto deste estudo, destaca-se que, até a presente data, só foi disponibilizado um documento. O relatório apresentado refere-se à primeira e única fiscalização realizada no sistema, em 2014. Entretanto, dispõe-se de outros relatórios gerais, desde 2012 até 2014, que trazem uma pincelada geral de cada ação de auditoria, em outros sistemas.

O relatório que revela a situação do Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) da Zona Fumageira foi publicado em fevereiro de 2014. É o resultado de vistorias técnicas ocorridas entre os dias de 18 a 22/11/2013. Esse processo de auditoria visou averiguar as condições técnicas, operacionais e comerciais do SIAA, analisando sempre se os serviços oferecidos estavam em conformidades com os padrões de qualidade da água, se as instalações e equipamentos se encontravam em bom estado de conservação e se havia continuidade no atendimento aos consumidores.

Assim, durante as inspeções foram constatadas 38 (trinta e oito) não conformidades, que o relatório apresenta de acordo com cada um dos setores na qual foi detectada. Um dos itens destacados, no setor "Estação de Tratamento de Água", traz apenas duas não conformidades relacionadas aos filtros da ETA: a constatação de vazamento no registro de descarga dos filtros e um vazamento da tubulação no reservatório elevado (REL) destinado a armazenamento de água (1000m<sup>3</sup>) para lavagem dos filtros. Não houve, entretanto, nenhum registro no relatório que abordasse a situação da disposição inadequada das águas de lavagens de filtros e decantadores, situação problema estudada no presente trabalho.

O documento, além de apontar as falhas presentes na unidade, também traz as determinações que devem ser cumpridas a fim de sanar os problemas em um

prazo máximo de 120 (cento e vinte) dias, contados a partir do recebimento do relatório elaborado pela AGERSA. O prestador de serviços, após o prazo estabelecido, também deve apresentar à agência, em até 30 (trinta) dias, um relatório que apresente todas as ações adotadas durante o período em que procurou resolver os problemas e atender às conformidades.

Deste modo, a AGERSA determinou que, para as duas não conformidades mencionadas no SIAA da Zona Fumageira, a concessionária deveria proceder:

- "Registro de descarga dos filtros com vazamento - Determinação: providenciar conserto ou troca do equipamento para evitar as perdas".
- "Tubulação com vazamento no REL de lavagem dos filtros - Determinação: providenciar conserto ou troca da tubulação para evitar perdas de água tratada".

Em cumprimento à determinação da agência, a companhia apresentou, em Março de 2014, em formato de relatório, a resposta a todas as não conformidades identificadas durante o processo de auditoria. Esse relatório com as ações tomadas pela EMBASA está publicado no site da AGERSA, já mencionado acima. Desse modo, para a ocorrência do vazamento no registro de descarga dos filtros a prestadora de serviço afirmou o compromisso de substituição do registro e o barrilete até o dia 30 (trinta) de maio de 2014; e no caso do vazamento da tubulação no reservatório elevado (REL) de lavagem dos filtros ela disse que o reparo foi feito durante o prazo estipulado pela AGERSA e comprovou com registro fotográfico.

Embora tenha havido a fiscalização do SIAA da Zona Fumageira e a EMBASA tenha elaborado um relatório com correção de algumas não conformidades, o documento também traz prazos para que aquelas que não haviam sido solucionadas. Porém, não há constatação de que houve posterior retorno da agência à unidade para averiguação das mudanças implementadas e do cumprimento aos prazos estipulados para ajustes das não conformidades.

## 2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Intitulada como "Resíduos Sólidos - Classificação", a NBR 10.004 de 2004 foi criada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com o objetivo de classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente (ABNT, 2004).

Esta norma é produto da atualização da NBR 10.004/1987 devido à crescente preocupação com assuntos relacionados ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Para que fosse possível a modernização da norma, foi criada a Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos - CEET 00.01.34, responsável pela reformulação da mesma. E assim como ocorre com a revisão de todas as normas, o projeto da NBR 10.004 ficou aberto à consulta pública conforme o Edital nº 08 de 30.08.2002. Vale ressaltar que, durante esse processo foi possível corrigir, complementar e atualizar a norma de acordo com as demandas surgidas.

A NBR comentada neste tópico classifica os resíduos sólidos de acordo com a origem da fonte ou mediante o reconhecimento do processo de produção do rejeito, bem como suas características e composição, e por meio da comparação dos constituintes com listagens de resíduos e substâncias que possuem resíduos e substâncias listadas na norma, por terem impacto à saúde e ao meio ambiente. Assim, pode-se definir como resíduos sólidos os:

- A. Resíduos nos estados: sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição;
- B. Lodos provenientes de sistemas de tratamento de água;
- C. Lodos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição;
- D. Determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água;

Desta forma, as águas de lavagens de filtros (ALF's), estudadas neste trabalho, são classificadas, segundo a NBR 10.004/2004, como "resíduos sólidos", tendo em vista que se encaixam na descrição de lodos provenientes de sistemas de tratamento de água. E, por esse motivo, devem ser previamente tratadas e dispostas de maneira correta para minimizar o potencial de impacto ao meio ambiente.

## 2.6. PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O desperdício de água, tratada e de qualidade, compreende não apenas o interior das residências, pelo uso intensivo, mas também as etapas de produção e distribuição. Os sistemas de abastecimento de água têm grande contribuição na parcela das perdas, desde a captação da água bruta até a chegada aos ramais prediais.

Assim, medidas de combate ao desperdício, em uma ETA, podem contribuir para a diminuição do volume de água gasto na operação do processo; como

também o tratamento dos resíduos sólidos e líquidos gerados pode melhorar a eficiência do sistema como um todo. Segundo o PNCDA - DTA D4 (1999b), as perdas na produção podem ser divididas em basicamente em três segmentos: (a) volumes operacionais gastos no processo de tratamento e lançados no corpo receptor, sem reaproveitamento; (b) volumes operacionais excedentes àquele estritamente necessário à boa operação da ETA; (c) e volumes devidos a vazamentos (PNCDA - DTA D4,1999b).

No Brasil a maioria das ETA's, cerca de 7.500 estações, funciona em sistema convencional (CORDEIRO, 1993), ou seja, utilizam decantadores e filtros, e geram resíduos na descarga de lodos dos decantadores e na lavagem dos filtros. Com este quantitativo, mesmo se forem consideradas apenas as perdas mencionadas, evidencia-se a necessidade de que sejam analisados, dimensionados e reduzidos os resíduos líquidos e sólidos produzidos durante o processo do tratamento da água.

A perda física operacional relacionada à lavagem dos filtros de uma ETA é fator de preocupação, pois segundo a AWWA (1987, apud DTA – A4 (1999b)), uma ETA gasta de 2% a 5% do volume de água produzido no processo de lavagem dos filtros, em média. Além disso, há de se considerar as características desse efluente da lavagem, tendo em vista a presença de substâncias utilizadas durante o tratamento, a eficiência do sistema de tratamento e as características da água bruta afluyente.

O lodo produzido como efluente da lavagem do meio filtrante, pode ser proveniente de basicamente quatro técnicas: (i) lavagem exclusivamente com água; (ii) lavagem com água e sistema de lavagem superficial como auxiliar; (iii) lavagem com ar unicamente seguido de água; (iv) lavagem com ar e água, simultaneamente (CLEASBY et al., 1977). Assim, esses efluentes, independente de qual método escolhido para a limpeza dos filtros, podem ser reincorporados no sistema de tratamento da água, evitando perdas maiores do sistema.

Segundo o PNCDA - DTA D4 (1999b), a recuperação da água de lavagem pode ser dividida em duas. A primeira delas é a imposição, por motivos de ordem sanitária, da reciclagem da água de lavagem com um menor teor de sólidos e microrganismos possível. Isso quer dizer que, por conta da grande quantidade de microrganismos ou de ferro e manganês presentes no efluente, faz-se necessário a separação de parte dos sólidos presentes na água de lavagem antes do seu retorno ao sistema de tratamento da água. E a segunda seria a possibilidade de utilização

integral do efluente para início do processo de tratamento sem a necessidade de remoção de sólidos em suspensão presentes.

## 2.7. ESTUDOS SOBRE QUALIDADE E DESTINAÇÃO DAS ALF'S

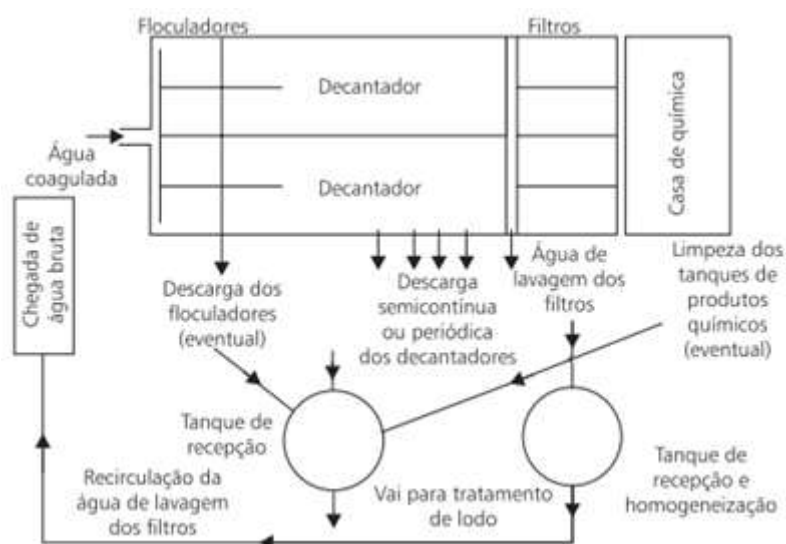
Vale ressaltar a importância de estudos preliminares que auxiliem na escolha do método mais adequado para o tratamento dos resíduos, de maneira que este seja eficiente nas esferas técnica, econômica e ambiental. Segundo Reali (1999), uma escolha adequada deve levar em conta a quantidade e as características dos resíduos líquidos, a disponibilidade de área, as características dos mananciais próximos às ETA's e os custos de implantação e operação envolvidos. O planejamento correto é sempre a melhor alternativa para evitar problemas na engenharia, tendo em vista que a alternativa escolhida para uma determinada ETA pode não ser apropriada para outra, por conta das diferentes características dos resíduos.

Neste sentido, deve ser dada uma atenção especial aos coagulantes utilizados durante o processo de tratamento da água, pois estes têm influência direta na quantidade dos resíduos gerados nas águas de lavagens dos filtros. Estudos comprovaram que a aplicação do cloreto férrico em detrimento do sulfato de alumínio tem aumentado a carreira de filtração, dependendo das características da água bruta (REALI, 1999). Em outras palavras, o número de lavagens pode ser reduzido por conta da menor colmatação dos equipamentos e conseqüentemente o volume com as lavagens também, levando em conta a menor quantidade de sólidos presentes na água decantada.

Para tornar viável o reuso do sobrenadante e a disposição final do material sedimentado, em geral são utilizadas tecnologias de separação das fases líquida e sólida. Estes processos conseguem aumentar a concentração dos sólidos no material sedimentado por clarificação/adensamento e desidratação. Como os resíduos têm uma grande quantidade de água contida na sua composição, essa parcela pode ser reaproveitada através da recirculação antes da disposição do lodo; desta maneira a condição de tratamento necessário está relacionada intimamente com o método escolhido para disposição do lodo e com a qualidade que se pretende atingir da fração líquida recirculada.

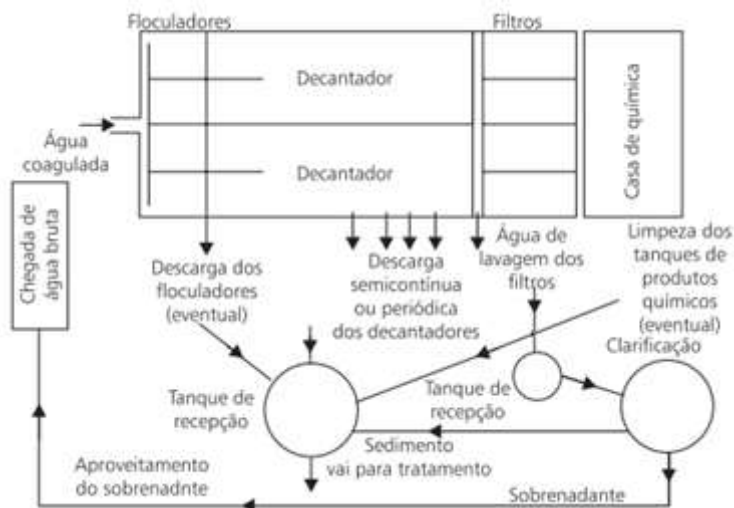
Desse modo, podem ser representadas nas Figura 2.1, Figura 2.2 e Figura 2.3, três estruturas gerais das alternativas usualmente utilizadas, demonstrando o processo de reuso dos resíduos líquidos produzidos nas ETA's. Reali (1999) explica que, na Figura 2.1, o esquema evidencia a presença de um tanque de recepção e homogeneização da água de lavagem dos filtros, a qual é recirculada para o início da ETA. É provável que algumas vezes durante a operação do sistema a água de lavagem dos filtros seja descartada, pois nem todas as impurezas presentes nessa água conseguirão ser removidas nos decantadores, assim ela será levada ao tanque de recepção dos resíduos gerais da ETA. Já na Figura 2.2, o esquema evidencia o transporte da água de lavagem dos filtros até um tanque e, posteriormente sua condução para uma unidade de clarificação/adensamento, sendo que o sedimento é levado ao tanque de recepção das descargas dos decantadores e o sobrenadante recirculado ao início da ETA. E por fim tem-se também a possibilidade de todos os resíduos líquidos gerados na ETA serem conduzidos para um tanque de recepção para regularização da vazão e homogeneização, como mostra a Figura 2.3. Logo após há a clarificação e adensamento, ocasionando a produção do lodo. Esse lodo é destinado ao tratamento posterior e o sobrenadante é recirculado para o início da ETA.

**Figura 2.1** - Recirculação da água de lavagem de filtros após homogeneização e regularização de vazão.



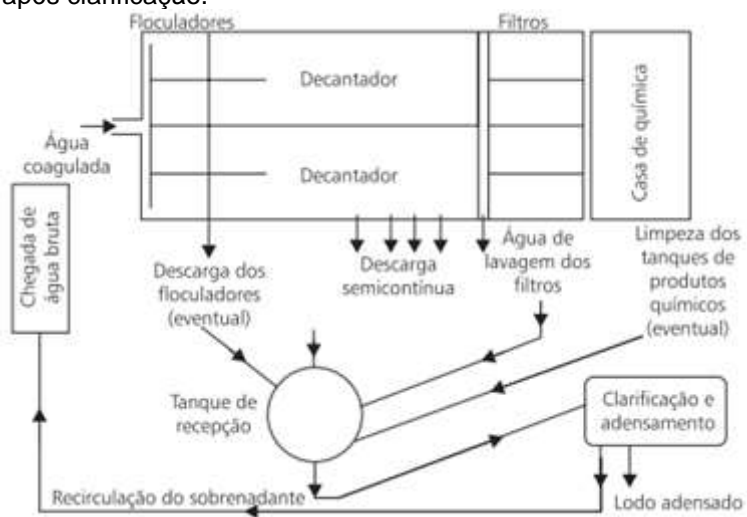
Fonte: REALI (1999).

**Figura 2.2** - Recirculação do sobrenadante da água de lavagem de filtros após clarificação.



Fonte: REALI (1999)

**Figura 2.3** - Recirculação do sobrenadante da água de lavagem de filtros e descargas dos decantadores após clarificação.



Fonte: REALI (1999)

Segundo Reali (1999), normalmente em ETA's que funcionam em ciclo completo utilizam o sistema proposto na Figura 2.1. Porém, o mesmo pesquisador alerta que esse processo de homogeneização e recirculação para o início da ETA, como maneira de gerenciamento dos resíduos líquidos, necessita de certa prudência, pois o efluente gerado ao longo dessas lavagens pode conter grande quantidade de microrganismos. E isso será fator preponderante para o acréscimo significativo da quantidade de microrganismos na água a ser tratada. Assim, há de se analisar a necessidade de pré-desinfecção do sobrenadante antes de ser misturado com a água bruta.

No trabalho desenvolvido por Scalize & Di Bernardo (2000), foi elaborada uma tabela apresentando os resultados referentes à caracterização da água de lavagem de filtros (ALF) rápidos de uma ETA (Quadro 2.1). A estação estudada capta água de manancial superficial, e utiliza processo de tratamento convencional com o sulfato de alumínio como coagulante primário.

**Quadro 2.1** - Características das amostras compostas utilizadas nos ensaios de clarificação.

PARÂMETRO	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
Turbidez (uT)	60	149	232
Cor Aparente(uC)	290	680	1400
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	14	33	62
pH	6.9	6.9	6.9
Alcalinidade(mg/L CaCO <sub>3</sub> )	15	22	17
Dureza(mg/L CaCO <sub>3</sub> )	12	13	11
Condutividade(µS/cm)	32	35	48
Sólidos Totais(mg/L)	88	192	286
Fixos(mg/L)	72	124	232
Voláteis(mg/L)	16	68	76
Sólidos Suspensos Totais(mg/L)	58	156	248
Fixos(mg/L)	44	112	200
Voláteis(mg/L)	14	44	48
Sólidos Dissolvidos Totais(mg/L)	30	38	38
Fixos(mg/L)	28	12	32
Voláteis(mg/L)	2	24	28
Sólidos Sedimentáveis(ml/L)	2.6	17	29
Nitrogênio total(mg/L N)	10	10	10
Fosfato(mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	0.036	0.040	0.055
Carbono Orgânico Total (mg/L)	10.4	9.6	14.2
Coliformes Totais(NMP/100mL)	1890	2880	3440
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	84	145	453
Parasitológico:			
Cistos de <i>Entamoeba coli</i>	+	+	+
Larvas de <i>Strongyloides stercoralis</i>	+	+	+
Larvas de <i>Ancylostomatidae</i>	-	+	+
Ovos de <i>Hymenolepis nana</i>	-	-	-
Ovos de <i>Ancylostomatidae</i>	+	-	+
Metais(mg/L):			
Ferro	4.62	21.12	30.12
Alumínio	2.60	3.80	4.40
Manganês	0.08	0.30	0.34
Zinco	1.84	0.92	0.72
Níquel	0.12	ND	ND
Cobre	0.16	0.02	0.02

ND = não detectado; (+) positivo; (-) negativo. Cr e Pb não foram detectados.

Fonte: SCALIZE & DI BERNARDO (2000)

A partir do Quadro 2.1, Scalize & Di Bernardo (2000) fizeram algumas considerações, tais como:

- Apesar da quantidade de coliformes encontrada na ALF ser menor que a concentração medida na água bruta, é necessário fazer o reuso do sobrenadante com cautela;
- Há necessidade de desinfecção prévia do sobrenadante em função dos ovos, larvas de parasitas patogênicos e ovos de interesse da saúde pública;



- O número de parasitas encontrados no sedimento foi maior que a quantidade encontrada nos sobrenadantes. Desse modo, faz-se necessário um cuidado maior durante a manipulação, disposição ou reutilização;
- O uso de polímero influenciou os valores de resistência específica do sedimento. Quando foram utilizados, esses valores mostraram tratar o material com média desidratação e sem o uso deles, os valores foram maiores, indicando que o sedimento tem desidratação difícil;
- O lodo obtido nos experimentos apresentou uma grande quantidade de metais, onde o ferro encontrado tinha concentração superior à 1,0 – 1,5 mg/L e o cromo, encontrado em menor quantidade, com concentração de 0,30 a 0,54mg/L.

Reali (1999) acrescenta ainda que, esta atenção especial dada aos microrganismos, também deve ser estendida aos parâmetros como: sólidos suspensos totais, metais como manganês e ferro, carbono total, aos precursores dos trihalometanos, e às substâncias que conferem sabor e odor, tendo em vista que a recirculação da água de lavagem dos filtros pode comprometer o funcionamento da ETA ou prejudicar a qualidade da água final.

Katayama (2012) em sua tese de mestrado faz uma síntese das características dos lodos estudados por alguns autores que abordam o tema. Os Quadro 2.2 e o Quadro 2.3 mostram alguns teores dos parâmetros como: teor de sólidos, pH, metais, nitrogênio, fósforo total, etc. Esses parâmetros estão descritos no documento de acordo com a seguinte legenda: (1) síntese da caracterização de lodo de decantadores realizados por diversos autores; (2) resíduo de tratamento com sulfato de alumínio; (3) resíduo de tratamento com cloreto férrico; (4) resíduo do processo de abrandamento por cal; (5) água de lavagem dos filtros.

**Quadro 2.2** - Características de lodos de ETA, em termos de parâmetros convencionais.

PARÂMETROS	AUTOR						
	BARBOSA (2000)	RICHTER (2001)	ISAAC et al (2002a)	PAULSRUD et al (2002)	GODBOLD et al (2003)	CHAO (2005)	SOTERO-SANTOS et al (2007)
pH	6,2 - 9,8 <sup>(1)</sup> 6,8 - 10,6 <sup>(3)</sup>	6 - 8 <sup>(2)</sup> 7,4 - 9,5 <sup>(3)</sup>	7,8 <sup>(5)</sup>	6,9 - 8,4	5,5 - 7,5	5,8 - 6,1	6,8 - 7,4
Sólidos totais	29595 - 52345 <sup>(2)</sup> 2132 - 5074 <sup>(2)</sup> (mg/L)	0,1 - 4 <sup>(2)</sup> 0,25 - 3,5 <sup>(2)</sup> 2 - 25 <sup>(4)</sup> (%)	480 <sup>(5)</sup> (mg/L)	0,06 - 18,5 (%)	0,1 - 27 <sup>(2)</sup> 1,85 - 17,6 <sup>(2)</sup> (% m/m)	1114 - 25826 (mg/L)	2132 - 5074 (mg/L)
Sólidos voláteis (% dos sólidos totais -% st)	24,96 - 25,35 <sup>(2)</sup> 23,57 - 29,17 <sup>(2)</sup>	20 - 35 <sup>(2)</sup> 5,1 - 14,1 <sup>(3)</sup>	33 <sup>(5)</sup>	37,5 - 67,5	10 - 35	-	622 - 1196 (mg/L)
Alcalinidade	68,48 - 93,60 <sup>(2)</sup> 54,08 - 81,32 <sup>(2)</sup> (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	-	3,70 <sup>(5)</sup>	0,25 - 1,76 (% Ca em st)	-	-	-
Ferro	130500 - 392500 <sup>(3)</sup> 124000 - 299500 <sup>(2)</sup> (mgFe/kg)	-	>113,1 <sup>(5)</sup> (mg/L)	-	6,5 <sup>(2)</sup> 19 - 38 <sup>(2)</sup> (% st)	-	145500 - 392500 (mgFe/kg)

LEGENDA

- (1) - síntese da caracterização de lodo de decantadores realizados por diversos autores
- (2) - resíduo de tratamento com sulfato de alumínio
- (3) - resíduo de tratamento com cloreto férrico
- (4) - resíduo do processo de abrandamento por cal
- (5) - água de lavagem dos filtros

Fonte: KATAYAMA (2012)

**Quadro 2.3** - Características de lodos de ETA, em termos de parâmetros não-convencionais.

PARÂMETRO	AUTOR					
	ISAAC <i>et al</i> (2002) <sup>(5)</sup>	PAULSRUD <i>et al</i> (2002)	GODBOLD <i>et al</i> (2003)	CHAO (2005)	MAKRIS <i>et al</i> (2006]	SOTERO-SANTOS <i>et al</i> (2007)
Al	5,48 (mgAl/L)	-	4 - 11 <sup>(2)</sup> 4,5 - 10,5 <sup>(3)</sup> (% st)	40000 - 63689 (mgAl/kg)	110 (g/kg)	57730 - 162165 (mgAl/kg)
Zn	1,55 (mgZn/L)	66 - 296 (mgZn/kg st)	0,011 - 0,086 (% st)	0,1 - 0,9 (mgZn/L)	<0,0027 (mg/L)	29 - 125 (mgZn/kg)
Cd	25,76 (mgCd/L)	0,06 - 1,2 (mgCd/kg st)	<0,005 <sup>(2)</sup> <0,0001 - 0,0006 <sup>(3)</sup> (% st)	0,01 - 0,02 (mgCd/L)	<0,0083 (mg/L)	-
Ni	0,373 (mgNi/L)	3,4 - 39,7 (mgNi/kg st)	0,0018 - 0,0125 (% st)	-	<0,0810 (mg/L)	78 - 90 (mgCd/kg)
Mn	1,002 (mgMn/L)	-	<0,005 - 5 <sup>(2)</sup> 0,06 - 0,81 <sup>(3)</sup> (%st)	-	0,41 (mg/L)	366 - 1415 (mgMn/kg)
Cu	0,028 (mgCu/L)	<10 - 110 (mgCu/kg st)	0,003 - 0,0087 (%st)	0,1 - 0,7 (mgCu/L)	<0,0468 (mg/L)	24 - 61 (mgCu/kg)
Cr	<0,004 (mgCr/L)	<5,8 - 33 (mgCr/kg st)	<0,0002 - 0,0125 (% st)	-	<0,0084 (mg/L)	38 - 44 (mgCr/kg)
Pb	0,03 (mgPb/L)	6,4 - 29,4 (mgPb/kg st)	0,0013 - 0,0084 (% st)	<0,01 (mgPb/L)	<0,0546 (mg/L)	48 - 75 (mgPb/kg)
As	<0,02 (mgAs/L)	-	<0,04 <sup>(2)</sup> 0,001 - 0,002 <sup>(3)</sup> (%st)	-	<0,0253 (mg/L)	-
Hg	-	0,01 - 0,46 (mgHg/kg st)	< 0,00005 - 0,00006 (% st)	-	0,55 (mg/L)	-
Si	-	-	-	-	-	-
COT	-	-	7,72 (% m/m C)	-	-	-

**LEGENDA**

- (1) - síntese da caracterização de lodo de decantadores realizados por diversos autores  
(2) - resíduo de tratamento com sulfato de alumínio  
(3) - resíduo de tratamento com cloreto férrico  
(4) - resíduo do processo de abrandamento por cal  
(5) - água de lavagem dos filtros

Fonte: KATAYAMA (2012).

Bittencourt et al. (2012) citam, como alternativas estudadas por outros pesquisadores, para disposição final para os lodos gerados nas ETAS: a incorporação em materiais de construção civil e a disposição em aterros sanitários. Outra possibilidade, apontada por estes autores, são as aplicações controladas no solo, pois os óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, argilas silicatadas e matéria orgânica são constituintes de solo e também são compostos que possuem maior proporção no lodo de ETA. Mas há de se ressaltar que ainda são poucos os estudos relacionados à esta prática e, por esse motivo, há a necessidade de comprovação se essas práticas não causam nenhum impacto negativo no solo receptor, para que sejam realmente consideradas como uma alternativa viável.

Segundo Motta et al. (2005), são necessárias avaliações para medição do efeito do alumínio (Al), tendo em vista que ele pode causar a redução da disponibilidade de fósforo nas plantas, além de (em excesso) causar um efeito tóxico à uma grande maioria das plantas cultivadas.

Buscando verificar o comportamento da aplicação do lodo da ETA em solo degradado, Bittencourt et al. (2012) observou que decorridos 120 dias após a aplicação dos lodos, não foi possível ratificar uma diferenciação significativa entre a amostra testemunha e os tratamentos com doses crescentes de lodo de ETA no solo. Dessa forma, foi possível concluir que o material não provocou alterações nas características dos solos por influência dos atributos de fertilidade do solo. Assim, ele conseguiu demonstrar que:

- O desenvolvimento vegetal da região não sofreu influências dos tratamentos aplicados;
- As características dos solos também não sofreram alterações (em relação às variáveis que foram analisadas) em decorrência da aplicação do lodo de ETA;

Outra opção encontrada na literatura para a destinação das ALF é a recirculação das mesmas, reincorporando-as ao processo de tratamento. Porém, segundo Freitas et al. (2010), a prática de recirculação da água de lavagem de filtros (ALF) pode trazer perigos ao tratamento da água e conseqüentemente implicar em riscos à saúde da população que faz uso desses recursos. Esses perigos estão associados as concentrações mais elevadas de cistos e oocistos de protozoário que não são eliminados com o processo de filtração. Embora nos Estados Unidos haja

uma regulamentação específica para o processo de recirculação de ALF, aqui no Brasil, não existe nenhuma legislação ou norma técnica que apresente as diretrizes para o tratamento e recirculação de ALF. Mas as perspectivas relacionadas à essa temática são animadoras, tendo em vista que existe um crescente interesse na implementação dessas práticas.

O Quadro 2.4 apresenta a caracterização das ALF's que foram analisadas na pesquisa feita por Freitas et al. (2010). Foram estudadas as variáveis físicas, químicas e microbiológicas: alcalinidade, alumínio, manganês, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais em suspensão (SST), sólidos sedimentáveis, cistos de *Giardia ssp.* e oocistos de *Cryptosporidium ssp.*

**Quadro 2.4** - Caracterização da ALF analisadas.

Parâmetros	Freitas et al.
Turbidez	52,4
Alcalinidade	17,9
Alumínio	1,6
Manganês	3,0
DQO	49,1
Sólidos Totais Suspensão	62,3
Sólidos Sedimentáveis	3,3
Cistos Giardia	9,27
Oocistos de Cyptosporidium	10,09

Fonte: FREITAS et al. (2010).

A caracterização da água da ALF da estação de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa (ETA-UFV) e da estação piloto (EP) foi investigada e a partir dos dados extraídos, foi possível concluir que esse efluente apresenta um potencial poluidor e de contaminação microbiológica. Dessa forma, é necessário fazer o tratamento antes do lançamento em corpos receptores ou antes da recirculação para o processo de tratamento.

## 2.8. ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLO

### 2.8.1. Definições de solo

De acordo com o Sistema de Classificação de Solos (SiBCS), o solo é classificado como um conjunto de corpos naturais de partes sólidas, líquidas e gasosas, tendo como limite superior de área a atmosfera e limites laterais as formações rochosas, geleiras, aterros ou regiões de água (EMBRAPA, 2006).

Alguns dos atributos utilizados para a classificação dos solos são listados a seguir.

1. *Material Orgânico*: composto por materiais orgânicos derivados de resíduos vegetais, biomassa microbiana, pequenos pedaços de carvão, material mineral e substâncias húmicas;
2. *Material Mineral*: composto por materiais inorgânicos;
3. *Atividade da Fração Argila*: capacidade de troca de cátions;
4. *Caráter Ácrico*: soma de bases trocáveis;
5. *Caráter Sódico*: distinção de camadas que possuem saturação por sódio;
6. *Caráter Salino*: identificação de presença de sais;

Outros atributos e parâmetros são descritos pelo SiBCS, que abrange variadas características, as quais aprofundam conhecimentos que não fazem parte do objetivo deste trabalho.

### 2.8.2. História do sistema de classificação de SOLOS (SiBCS)

Durante a década de 50 do século passado, foram elaborados os primeiros levantamentos sobre os solos brasileiros pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas (CNEPA), e logo foram incorporadas as premissas do novo sistema de classificação que os Estados Unidos estavam modificando, conhecido como Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1999), elaborado durante a década de 60.

Dessa forma, os levantamentos de solos foram sendo catalogados por cada estado brasileiro. Esse processo colaborativo desenvolveu-se para a criação da 1ª aproximação em 1980, no ano seguinte a 2ª aproximação, a 3ª aproximação em 1988 e a 4ª aproximação em 1997. Ao final, todas essas versões acabaram dando origem ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que foi elaborado pela EMBRAPA no ano de 1998. A classificação dos solos brasileiros é de grande importância para o desenvolvimento do banco de dados de estudos pedológicos

nacional. Essa classificação foi elaborada adotando-se o sistema norte-americano criado por Baldwin com algumas modificações para se adequar as características brasileiras como a criação de novas classes, separação de classes existentes em novas classes ou alterações nos critérios de classificação (EMBRAPA, 2006).

Em 2009, a EMBRAPA elaborou uma planilha técnica que apresenta os cálculos analíticos (CARVALHO, 2009) que devem ser feitos a partir das informações extraídas do sistema brasileiro descrito anteriormente, com o objetivo de evitar erros nos cálculos dos dados e para a criação e controle de uma base de dados bastante completa e consistente. Essa planilha fornece os valores resultantes de análises laboratoriais dos solos, bem como os resultados obtidos a partir de cálculos analíticos referentes às mudanças físicas e químicas encontradas. Além disso, são apresentadas a classe textural do solo, e a delimitação de materiais encontrados, como: matéria orgânica, materiais de caráter sódico ou até mesmo materiais de caráter salino.

A planilha é composta por um conjunto de planilhas que contém os dados de entrada, onde são inseridos os dados provenientes das análises laboratoriais, como mostram os Quadro 2.5 e o Quadro 2.6. Em seguida, esses resultados são apresentados em outra planilha (geral), que mostra os parâmetros taxonômicos resultantes dessas análises e cálculos. Por último, existe a planilha de dados onde são exibidas todas essas informações na forma de um banco de dados, que podem ser facilmente transcritos para qualquer aplicação, (CARVALHO, 2009).

É importante frisar que os Quadro 2.5 e Quadro 2.6, são aqui mostrados para ilustrar a estrutura física da composição das planilhas elaboradas pela EMBRAPA, e servem para dar embasamento à possíveis estudos posteriores, todavia não foram utilizados como fonte de pesquisa para as análises dos resultados deste trabalho.

**Quadro 2.5** - Quadro de apresentação individualizada por perfil de solo dos resultados de análises.

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm <sup>3</sup>		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas		
A	0 - 20	0	10	990	140	520	260	80	80	0	3,25	1,60	2,56	37	
2B <sub>tn</sub>	- 40	0	10	990	70	290	370	270	250	7	1,37	1,52	2,53	40	
2B <sub>tnz1</sub>	- 90	0	0	1000	50	280	340	330	310	6	1,03	1,74	2,56	32	
3B <sub>tnz2</sub>	- 115	0	10	990	50	440	240	270	250	7	0,89	1,68	2,60	35	
4B <sub>tnz3</sub>	- 145	0	10	990	30	160	410	400	340	15	1,02	1,38	2,47	44	
5C1	- 180	0	10	990	80	610	170	140	140	0	1,21	1,48	2,63	44	
5C2	- 220	0	0	1000	50	560	170	220	220	0	0,77				
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sorativo cmol <sub>e</sub> /kg							Valor V (sat. por bases) %	100·Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	P assimilável mg/kg			
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				Valor T		
A	5,7	4,4	1,9	1,0	0,08	1,39	4,4	0	2,0	6,4	69	0	7		
2B <sub>tn</sub>	7,7	6,0	3,8	3,2	0,15	7,86	15,0	0	0,8	15,8	95	0	42		
2B <sub>tnz1</sub>	9,2	7,4	3,8	4,2	0,24	9,76	18,0	0	0	18,0	100	0	69		
3B <sub>tnz2</sub>	9,4	7,6	2,7	2,0	0,17	9,78	14,6	0	0	14,6	100	0	56		
4B <sub>tnz3</sub>	9,0	7,3	3,5	4,4	0,22	25,05	33,2	0	0	33,2	100	0	64		
5C1	9,6	7,5	1,0	1,9	0,09	7,37	10,4	0	0	10,4	100	0	40		
5C2	9,7	7,9	1,6	1,7	0,11	11,70	15,1	0	0	15,1	100	0	94		
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre g/kg	Equivalente de CaCO <sub>3</sub> g/kg	
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (K)	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
A	6,3	0,8	8	51	24	13	3,5				3,61	2,68	2,90		9,5
2B <sub>tn</sub>	6,1	0,8	8	121	77	41	5,6				2,67	1,99	2,95		2
2B <sub>tnz1</sub>	4,1	0,6	7	126	84	44	6,0				2,55	1,91	3,00		1
3B <sub>tnz2</sub>	3,8	0,5	8	113	68	36	4,9				2,82	2,11	2,97		4
4B <sub>tnz3</sub>	2,3	0,4	6	168	112	58	7,0				2,55	1,92	3,03		2,5
5C1	0,9	0,3	3	66	38	23	4,0				2,95	2,13	2,59		2,7
5C2	0,9	0,3	3	90	55	29	4,2				2,78	2,08	2,98		
Horizonte	100·Na <sup>+</sup> T %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol <sub>e</sub> /kg						Constantes hídricas g/100g					
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água disponível máxima		
											0,033 MPa	1,5 MPa			
A	22	2,90	29			0,01	0,18				11,3	4,4	6,9		
2B <sub>tn</sub>	50	3,33	100			0,08	3,09				25,3	11,9	13,4		
2B <sub>tnz1</sub>	54	7,90	65			0,01	5,38				30,7	11,2	19,5		
3B <sub>tnz2</sub>	67	6,24	63			0,01	3,88				28,6	11,0	17,6		
4B <sub>tnz3</sub>	75	9,16	66			0,01	6,89				37,6	17,8	19,8		
5C1	71	9,37	45			0,02	1,12				21,2	5,2	16,0		
5C2	77	6,96	61			0,02	1,13				29,3	10,4	18,9		

Fonte: CARVALHO (2009).



**Quadro 2.6** - Quadro de apresentação individualizada por perfil de solo de parâmetros taxonômicos.

Horizonte	Classe textural		Atividade da argila	Areia grossa/ Areia fina (AG/AF)	(AG+AF)/TiO <sub>2</sub>	Textura
A	franco-arenosa		80 (Ta)	0,27	188,6	média
2Btn	franco-argilosa		58,5 (Ta)	0,24	64,3	média
2Btnz1	franco-argilosa		54,5 (Ta)	0,18	55,0	média
3Btnz2	franco-argiloarenosa		54,1 (Ta)	0,11	100,0	média
4Btnz3	argilossiltosa		83 (Ta)	0,19	27,1	argilosa
5C1	franco-arenosa		74,3 (Ta)	0,13	172,5	média
5C2	franco-argiloarenosa		68,6 (Ta)	0,09	145,2	média
Horizonte	Saturação do complexo de troca			ΔpH (pH KCl - pH H <sub>2</sub> O)	Saturação por bases	Reação do solo
A	eutrófico			-1,3	mesoeutrófico	neutro
2Btn	eutrófico			-1,7	hipereutrófico	alcalino
2Btnz1	eutrófico			-1,8	hipereutrófico	alcalino
3Btnz2	eutrófico			-1,8	hipereutrófico	alcalino
4Btnz3	eutrófico			-1,7	hipereutrófico	alcalino
5C1	eutrófico			-2,1	hipereutrófico	alcalino
5C2	eutrófico			-1,8	hipereutrófico	alcalino
Horizonte					Óxidos de ferro	
A					hipoférrico	
2Btn					hipoférrico	
2Btnz1					hipoférrico	
3Btnz2					hipoférrico	
4Btnz3					hipoférrico	
5C1					hipoférrico	
5C2					hipoférrico	
Horizonte	Saturação por sódio		Salinidade		Relação Ca/Mg	
A	sódico				1,90	
2Btn	sódico				1,19	
2Btnz1	sódico		sálico		0,90	
3Btnz2	sódico		salino		1,35	
4Btnz3	sódico		sálico		0,80	
5C1	sódico		sálico		0,53	
5C2	sódico		salino		0,94	

Fonte: CARVALHO (2009).

### 2.8.3. Resolução Conama N° 420/2009

Com o objetivo de promover a preservação do solo e a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) instituiu a Resolução CONAMA N° 420 em 30/12/2009 (BRASIL, 2009). Este

instrumento apresenta uma série de medidas para conservação dos solos brasileiros, e, como expressa no seu Art. 3º, tais medidas poderão ser de caráter preventivo ou de correção, de maneira que as regiões de solo em questão deverão conservar as características para os usos previstas.

No mesmo artigo, em parágrafo único, são especificadas quais são as principais funções do solo a serem preservadas: (I) servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para as pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos; (II) manter o ciclo da água e dos nutrientes; (III) servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo; (IV) agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos; (V) proteger as águas superficiais e subterrâneas; (VI) servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural; (VII) constituir fonte de recursos minerais; e (VIII) servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos.

E mais adiante, são expressos os critérios para a avaliação da presença de substâncias químicas (Art. 7º a 10º), que podem ocorrer naturalmente ou podem ser resultantes de atividades humanas. Para estas substâncias a resolução orienta o uso das métricas dispostas nos Valores Orientadores de Referência de Qualidade, de Prevenção e de Investigação, que podem ser definidas como sendo as “concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a qualidade e as alterações do solo e da água subterrânea” (BRASIL, 2009).

A Resolução CONAMA Nº 420/2009 também dispõe sobre a prevenção e o controle da qualidade do solo (Capítulo III). Neste capítulo, fica estabelecido que os empreendimentos que desenvolvem atividades com potencial de contaminação dos solos e águas subterrâneas deverão, a critério do órgão ambiental competente, implantar programa de monitoramento e apresentar relatório técnico conclusivo sobre a qualidade do solo e das águas subterrâneas. Ainda de acordo com o mesmo

artigo, os órgãos ambientais deverão publicar a lista de empreendimentos enquadrados nesta situação. (BRASIL, 2009).

Esta exigência foi cumprida com a alteração da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) na forma da Lei Federal Nº 10.165 publicada em Dezembro de 2000 (BRASIL, 2000), que acrescentou ao texto original a relação das “atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais”, e incluiu na categoria de Serviços de Utilidade as atividades de tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos.

Portanto, fica evidenciado que, na hipótese de que o lançamento de resíduos das estações de tratamento de água possa causar contaminação do solo, estes empreendimentos poderão vir a ser instados a desenvolver os programas de monitoramento, a realizar amostragens e ensaios de campo ou laboratoriais, obter a classificação da qualidade do solo e, se necessário, adotar soluções para prevenção e controle da qualidade do solo.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo descreve a metodologia utilizada no trabalho. A seguir estão relatadas as etapas de seleção do sistema de abastecimento, coleta de dados e amostras na estação de tratamento, que fundamentaram as discussões e conclusões no final do estudo proposto.

#### **3.1. SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO NO SIAA DA ZONA FUMAGEIRA**

O Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) da Zona Fumageira é responsável pelo fornecimento de água potável a 3 (três) municípios (Cruz das Almas, Conceição de Almeida e Sapeaçu), e 6 (seis) distritos localizados no Recôncavo da Bahia (São José do Itaporã, São Francisco da Mombaça, Sapucaia, Nova Aparecida, Baixa da Palmeira e Água Branca). É um sistema com processo de tratamento convencional, que ainda não dispõe de descarte adequado para os resíduos gerados durante o processo de tratamento da água.

Assim, verificou-se a oportunidade em conhecer o funcionamento do sistema, observando-se de modo particular como são destinadas as águas de lavagens dos filtros.

Como motivação da investigação desse estudo, alia-se a preocupação com a redução das perdas, diante da melhoria na eficiência do sistema, e com a destinação final correta das ALF's e demais rejeitos gerados ao longo do tratamento da água, para que sejam minimizados o máximo possível os impactos ao meio ambiente.

#### **3.2. ESTUDO PARA CONHECER A SITUAÇÃO DO SIAA**

O processo investigativo deste estudo foi Embasado por pesquisas bibliográficas sobre instalações e serviços operacionais de estações de tratamento de água, legislação aplicada e execução da fiscalização dos serviços prestados, como também levantamentos sobre a situação operacional do SIAA da Zona Fumageira. Para complementar a parte teórica, também foram realizadas visitas à Estação de Tratamento de Água (ETA), acompanhadas de registros fotográficos, que proporcionaram a oportunidade de confronto entre as informações teóricas e fatos visualizados "in situ". Vale salientar, ainda, que houve acompanhamento técnico dos funcionários da concessionária durante as visitas à ETA, possibilitando o

esclarecimento das dúvidas. Nestes momentos também foram definidos os pontos para a coleta das amostras, que alicerçaram os resultados e discussões desta pesquisa.

### 3.3. COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Durante o processo decisório para a escolha mais adequada do método de coleta das amostras, tomou-se como referência o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011). O guia define três possibilidades para métodos de coleta: amostras simples, compostas ou integradas:

*[...] a amostra simples (pontual ou instantânea) é aquela coletada em uma única tomada de amostra, num determinado instante, para a realização das determinações e ensaios. [...] A amostra composta é constituída por uma série de amostras simples, coletadas durante um determinado período e misturadas para constituir uma única amostra homogeneizada. [...] A amostragem integrada é aquela realizada com amostradores que permitem a coleta simultânea, ou em intervalos de tempo o mais próximo possível, de alíquotas que serão reunidas em uma única amostra (CETESB, 2011, p.53-54).*

Dessa maneira, optou-se por analisar os parâmetros de duas amostras colhidas por dois métodos diferentes. A primeira compreende uma amostra simples que foi coletada no início da lavagem do filtro em um tempo inicial igual a zero. A segunda amostra foi do tipo composta, originada de quatro coletas durante os 10 minutos da lavagem do filtro, assim, o intervalo entre essas amostras será de 2 minutos ( $t_2$ ,  $t_4$ ,  $t_6$  e  $t_8$ ).

Para suporte da coleta da água foram utilizados 6 (seis) recipientes de garrafas de água mineral de 1,5L com a parte mais estreita suprimida, como mostra a Figura 3.1; 1 (um) balde limpo para que fosse possível fazer a homogeneização da amostra composta; 1 (um) par de luvas para proteção no momento da coleta.

Após a coleta das amostras, as águas foram transferidas para vasilhames disponibilizados pela EMBASA, como mostra a Figura 3.2. Os recipientes foram devidamente vedados e guardados em 1 (um) isopor de 33L (trinta e três litros) com gelo, permitindo a conservação das amostras até a chegada ao Laboratório Central da EMBASA em Salvador/BA, onde foram realizadas as análises.

**Figura 3.1** - Garrafas d'água mineral de 1,5L.



**Figura 3.2** - Vasilhames da EMBASA.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Os parâmetros analisados pela EMBASA foram alcalinidade total, condutividade elétrica, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, fósforo total, pH, e os parâmetros bacteriológicos *Escherichia coli* e *Coliformes totais*.

#### 3.4. COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

Para análise do solo foram coletadas 4 (quatro) amostras compostas, dentro de um raio de aproximadamente 60 (sessenta) metros. Cada amostra foi originada da coleta de 4 (quatro) subamostras, que foram posteriormente misturadas para permitir uniformidade do material coletado. A extensão do fluxo de despejo da água de lavagem dos filtros alcança aproximadamente 1.000 metros, com a seguinte conformação: segue a declividade do terreno em uma canaleta que direciona o fluxo, mais a frente (aproximadamente 100 metros) deságua em uma pequena lagoa de mais ou menos 20 (vinte) metros de raio, que também extravasa formando valetas por onde a água escoava acompanhando a declividade. Assim, optou-se por coletar as subamostras virgens a cerca de vinte e cinco metros da lagoa e as subamostras contaminadas na margem da valeta de extravasamento, com uma distância de 1 (metro) entre cada uma delas.

Utilizando um trado do tipo caneco realizou-se a amostragem para cada exemplar (subamostra) em 1 (uma) profundidades de 0-20 cm, por conta do raso solo da região. Esse procedimento resultou na coleta de, aproximadamente, 2 (dois) quilos para cada amostra. Vale salientar que cada amostra teve que ser dividida em 3

(três) sacos, um com 500 gramas e dois de 300 gramas, já que foram feitas análises de fertilidade do solo, granulometria e metais.

Nas análises de fertilidade do solo foram analisados os parâmetros analíticos de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma das bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e matéria orgânica (MO). E nas análises de metais foram investigados: manganês (Mn), ferro (Fe), chumbo (Pb), zinco (Zn), tálio (Ti), vanádio (V), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), arsênio (As), zircônio (Zr) e bário (Ba).

Após a coleta das amostras, os solos foram disponibilizados em sacos plásticos transparentes e identificados de acordo com o “local da coleta”. Os sacos foram devidamente lacrados e posteriormente levados ao Laboratório de Física do Solo (amostras de 500 gramas) e Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (amostras de 300 gramas) da EMBRAPA, em Cruz das Almas/BA, bem como ao Laboratório de Traços de Metais (amostras de 300 gramas) da UFRB, localizado no *campus* de Cruz das Almas/BA.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

A Estação de Tratamento de Água do Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) da Zona Fumageira está localizada na zona rural do Município de Cabaceiras do Paraguaçu, como mostra a Figura 4.1. O sistema, que atende aos municípios de Cruz das Almas, Conceição de Almeida e Sapeaçu, como também os distritos de São José do Itaporã, São Francisco da Mombaça, Sapucaia, Nova Aparecida, Baixa da Palmeira e Água Branca, utiliza água bruta captada na represa da Pedra do Cavalo.

A outorga para a retirada da água no manancial foi concedida, pelo INEMA, órgão outorgante do Estado da Bahia, na modalidade de concessão, no dia 24 de maio de 2003. Os dados quantitativos da outorga, processo de concessão de N° 356003/2003, reproduzido no Quadro 4.1, estão disponíveis para consulta pública no site institucional do INEMA (<http://geobahia.inema.ba.gov.br/>).

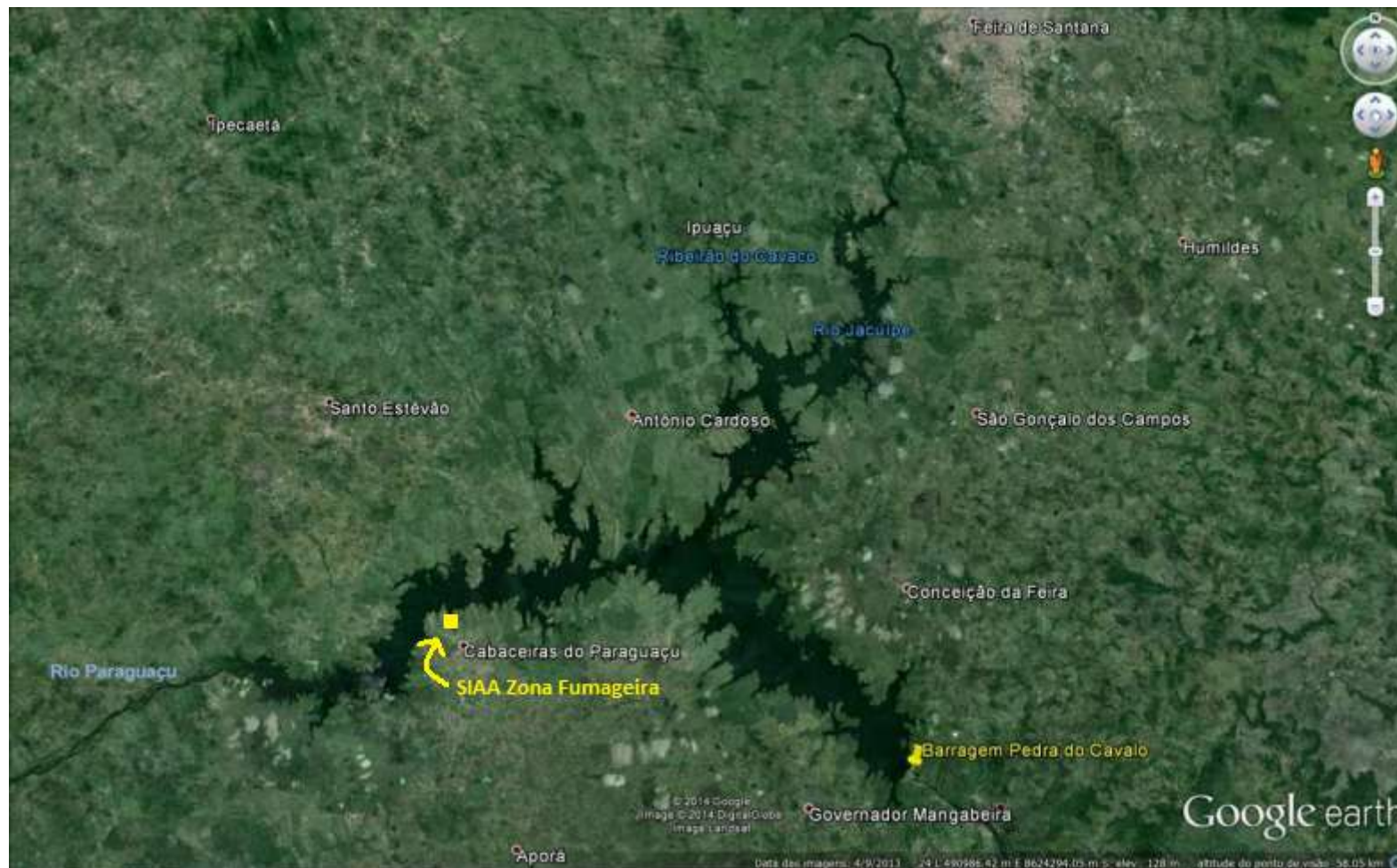
**Quadro 4.1** - Dados outorga SIAA da Zona Fumageira.

<b>Outorgas</b>
<b>NEXTVAL:</b> 120663602
<b>PROCESSO:</b> 356003
<b>REQUERENTE:</b> EMBASA Cruz das Almas
<b>ENDEREÇO:</b> Av. Luiz Viana Filho, 420 - CAB - Salvador - BA
<b>LATITUDE:</b> 12°33'18.0'
<b>LONGITUDE:</b> 39°13'22.0'
<b>MUNICÍPIO:</b> Cabaceiras do Paraguaçu
<b>PORTARIA:</b> 373/03
<b>ENTRADA:</b> 20030403
<b>PUBLICAÇÃO:</b> 20030524
<b>USO:</b> Abastecimento Humano
<b>MANANCIAL:</b> PARAGUAÇU (LAGO P DO CAVALO)
<b>TIPO CAPTAÇÃO:</b> Superficial
<b>TIPO:</b> Concessão
<b>STATUS:</b> Outorgado
<b>BACIA/ RPGA:</b> Rio Paraguaçu / Rio Paraguaçu e Baía do Iguape

Fonte: INEMA (2015).



**Figura 4.1** - Localização de Cabaceiras do Paraguaçu e do SIAA.



Fonte: Google Earth (2016).

Quanto aos contratos de concessão da prestação de serviços entre a concessionária e os titulares, ou seja, o fornecimento de água aos municípios atendidos pelo sistema (Cruz das Almas, Conceição do Almeida e Sapeaçu), estes têm prazos diferentes para o término. O contrato de Cruz das Almas está em vigor até 19/08/2016; enquanto que o contrato de Sapeaçu tem data final estabelecida em 12/07/2016 e para Conceição do Almeida, até 19/01/2016 (AGERSA, 2014).

O processo produtivo da água potável no SIAA da Zona Fumageira começa com a captação de água no manancial superficial no Rio Paraguaçu, no lago da Represa de Pedra do Cavalo. São utilizados 2 (dois) flutuantes com 2 (dois) conjuntos motobombas para a captação de água, como mostra a Figura 4.2. O sistema capta cerca de 92,8l/s de água bruta do manancial com um regime de operação de 19 horas por dia e isso resulta em média aproximadamente 6.348m<sup>3</sup> de água tratada (EMBASA, 2010). Vale salientar que, para complementar a vazão necessária ao atendimento da demanda instalada, o SIAA da Zona Fumageira faz uma importação de parte da água do SIAA de Muritiba. E, segundo informações, oficiais, o SIAA atende a mais de 120 mil pessoas.

**Figura 4.2** - Captação/EEAB-1.

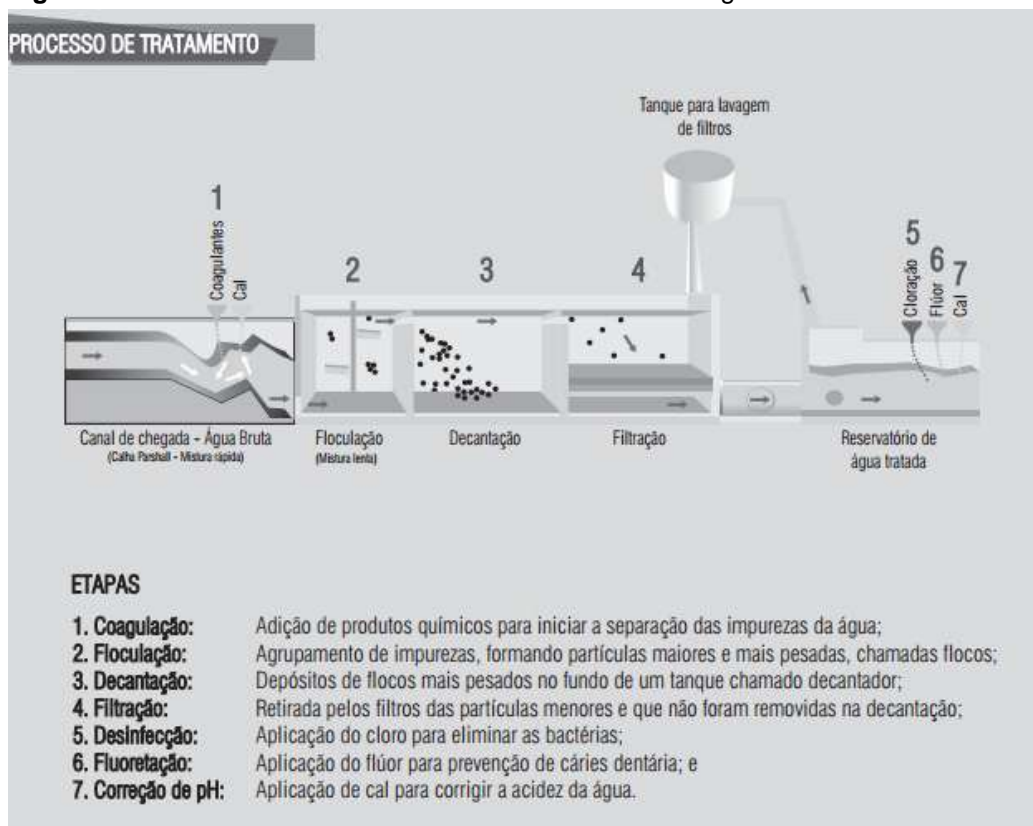


Fonte: Próprio Autor (2015).

Logo após a captação, há uma Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) responsável pelo transporte da água até a Estação de Tratamento de Água (ETA). Existem vários tipos de conformações estruturais das ETA's, mas, como já comentado, a ETA do SIAA da Zona Fumageira é do tipo convencional, ou seja, a

água passa pelos processos: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção com cloro e por último é aplicado o flúor (Figura 4.3).

**Figura 4.3-** Processo de tratamento do SIAA da Zona Fumageira



Fonte: EMBASA (2010).

Desse modo, a água bruta é introduzida na ETA por meio de uma câmara de chegada, dotada de *Calha Parshall*, onde é feita a aplicação da solução de sulfato de alumínio à 50% (coagulante escolhido para o tratamento), dando início, assim, à etapa de coagulação (mistura rápida) e floculação (mistura lenta). Além do coagulante, também é adicionada à água, em pontos diferentes da adição do coagulante, um polímero que auxilia o processo de coagulação, auxiliando a agregação das moléculas agregadas.

O SIAA possui 3 (três) conjuntos de floculadores que realizam a etapa de floculação do sistema. O primeiro deles é do tipo e hidráulico e os outros dois são do tipo mecanizado. Embora tenha essa conformação, atualmente a etapa de floculação opera somente com o floculador hidráulico que funciona com a passagem da água através de chicanas.

A unidade de decantação conta com dois decantadores de tipos distintos. O primeiro é do tipo convencional e o segundo é um decantador de "alta taxa".

E seguindo a ordem de tratamento, tem-se na ETA a unidade de filtração com quatro filtros rápidos de fluxo descendente. A unidade está sendo ampliada com a construção de mais um filtro, ainda fora de operação, para atender às novas demandas.

E por fim, a água é encaminhada para um reservatório de contato que possui uma capacidade de 100 m<sup>3</sup>. Nesta unidade ocorre a adição de cloro para desinfecção, adição de cal hidratada para correção de pH e de flúor para fluoretação.

É importante frisar que, além do reservatório de contato, a unidade também conta com um reservatório elevado (REL) com capacidade para 100 m<sup>3</sup> onde fica armazenada parte da água tratada destinada a lavagem dos filtros e dos decantadores. Em circunstâncias normais de operação da ETA, é feita uma rotina de lavagem de 2 (dois) filtros por dia, equivalendo a um consumo de aproximadamente 75 m<sup>3</sup> de água potável por dia.

#### 4.2. SITUAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DE FILTROS

Durante as visitas técnicas deste estudo, foi possível notar a necessidade de readequação física de basicamente todos os processos ocorridos no SIAA da Zona Fumageira.

Especificamente no que se refere à etapa de filtração da água, as primeiras irregularidades são percebidas logo nas comportas guilhotinadas que retêm a água durante o processo de lavagem dos filtros. Em um dos filtros, devido à falta da comporta, foi improvisado um pedaço de madeira, que não impede totalmente a passagem da água (Figura 4.4).



**Figura 4.4** - Comporta improvisada



Foto: Ícaro Heitor (2013)

As válvulas dos 4 (quatro) filtros encontravam-se com pequenos vazamentos, contribuindo também para perdas no sistema. Os filtros também apresentavam grande evidência de ferrugem, como mostra a Figura 4.5, e vazamento em algumas das tubulações, comprovando a falta de manutenção preventiva dos equipamentos.

**Figura 4.5** - Válvula do filtro com ferrugem



Fonte: Próprio Autor (2015).

Também foi constatado que as águas destinadas à lavagem dos filtros não possuíam destinação final adequada, sendo disposta diretamente no solo no terreno ao lado da ETA, Figura 4.6.

**Figura 4.6** - Área de descarte das ALF



Fonte: Próprio Autor (2015).

Diante deste panorama, é possível afirmar que, apesar da AGERSA ter fiscalizado o SIAA da Zona Fumageira em 2014 e elaborado um relatório demonstrando as não conformidades da unidade, tais problemas não foram solucionados. De acordo com registros do relatório, havia vazamento na descarga dos filtros e tubulação com vazamento no REL de lavagem dos filtros, como também foram constatados pontos de ferrugem nos equipamentos. As mesmas situações foram observadas nesta visita, realizada mais de um ano após a emissão do referido relatório.

É importante frisar que, em 2014, foi iniciada a construção de uma estrutura para reaproveitamento das águas advindas das lavagens. No entanto, no momento da visita em Março, 2015, a obra encontrava-se paralisada e não havia indícios de que seria retomada para conclusão.

Em março de 2015, período no qual foram realizadas as amostragens de água e solo, a ETA dispunha apenas de dois, dos quatro filtros, em funcionamento. Este fato foi determinante para modificação da rotina operacional do SIAA da Zona Fumageira, tendo em vista que a estação estava funcionando com metade dos filtros, estes estavam trabalhando sobrecarregados para atender às demandas e colmatavam com mais rapidez. Em consequência deste fato, a frequência do número de lavagem de cada filtro aumentou e isto pode ter influenciado nas amostras coletadas durante a visita.

Embora o diagnóstico inicial da situação da ETA tenha sido preocupante, foi possível constatar, ao longo das visitas, que a estação se encontrava em reforma para reparos e ampliação. Assim, em dezembro de 2015 já estava pronto o novo filtro para atendimento das demandas da ampliação do sistema. Além do que, havia sido construída uma nova adutora para transporte de água desde o reservatório de contato da ETA até a estação elevatória de água tratada 1 (EEAT1). Como também foram substituídas as colmeias dos decantadores que estavam danificadas.

Todavia, os demais problemas ainda não foram sanados e continuam sem previsão para reparo. Esta situação depõe contra a gestão da concessionária, pois, como mostrado, são eventos de fácil solução, a exemplo da substituição da comporta improvisada.

#### 4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ALF

Sabe-se que as características do lodo gerado em cada estação de tratamento dependem fundamentalmente do tipo de coagulante e da tecnologia empregada no tratamento, que pode variar em cada unidade a depender da natureza da água bruta. O SIAA da Zona Fumageira opera com os produtos químicos mais utilizados entre as estações de tratamento de água do Brasil, como o sulfato de alumínio, polímero, cloro e flúor.

A água de lavagem dos filtros (ALF) da ETA de Cabaceiras do Paraguaçu apresentou as características reproduzidas na Tabela 4.1, conforme laudo emitido pelo Laboratório Central da EMBASA, onde foram realizadas as análises (ANEXO 1).

**Tabela 4.1** - Características das ALF do SIAA da Zona Fumageira.

Análise	Unidade	Resultado	Inc.	Método	IDM
Alcalinidade Total	mg CaCo3/L	1,27	9%	Volumétrico	0
Cond. Elétrica Esp.	umho/cm	279	-	Condutimétrico	0,1
D.B.O.5	mg/L	3,0	-	Eletrométrico	1
D.Q.O.	mg O2/L	58,0	-	Espectrofotométrico	5
Sólidos Totais	mg/L	210	-	Gravimétrico	-
pH	-	4,57	-	SMEWW 4500-H+B	0,01
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	<0,1	-	Sedimentação	0,1
Sólidos Suspensos	mg/L	71,0	-	Gravimétrico	10
Fósforo Total	mg P/L	0,298	-	Espectrofotométrico	0,02
Escherichia coli	UFC/100MI	Ausência	-	Qualitativo - SC - (P/A)	0
Coliformes Totais	UFC/100mL	Presença	-	Qualitativo - SC - (P/A)	0

Observação: O documento completo encontra-se no Anexo 1

Fonte: EMBASA (2015).

A comparação com resultados obtidos em outros trabalhos, conforme demonstrado na Tabela 4.2, apresentou teores semelhantes para DQO e Sólidos Totais Suspensão. Todavia, outros parâmetros apresentaram teores distintos: Alcalinidade Total, Sólidos Totais, Condutividade Elétrica Específica, e o teor de Sólidos Sedimentáveis ficou abaixo do limite de detecção do método (LDM = 0,1 mgL<sup>-1</sup>).

**Tabela 4.2** - Comparativo dos parâmetros das ALF.

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>	<b>Freitas et al.</b>	<b>Di Bernado et al.</b>	<b>Leal (2015)</b>
Turbidez	UT	52,4	58 e 76	-
Alcalinidade	mgCaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	17,9	17 e 12,6	1,27
Alumínio	mgL <sup>-1</sup>	1,6	-	-
Manganês	mgL <sup>-1</sup>	3,0	-	-
DQO	mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	49,1	35 e 48	58
Sólidos Totais	mgL <sup>-1</sup>	-	88 e 130	210
Sólidos Totais Suspensão	mgL <sup>-1</sup>	62,3	59 e 95	71
Sólidos Sedimentáveis	mgL <sup>-1</sup>	3,3	3,4 e 8,0	<0,1
Cistos Giardia		9,27	-	-
Oocistos de Cyptosporidium		10,09	-	-
Condutividade Elétrica Esp	(µm/cm)	38 e 37,1	-	279
DBO5		-	-	3,0
pH		6,9 e 7,3		4,57
Fósforo Total	mgL <sup>-1</sup>	-	-	0,298
E. Coli		Presença	-	Ausência
CTO		Presença	-	Presença

Fonte: Próprio Autor (2015).

A alcalinidade total é representada pela concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos do CaCO<sub>3</sub> (carbonato de cálcio) na água. A amostra analisada apresentou um teor de alcalinidade total muito baixo (1,27 mgCaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>), quando comparado aos de Freitas et al. (17,9) e Di Bernardo et al. (17 e 12,6). Esta característica indica uma baixa capacidade da água em neutralizar os ácidos, e quando associada ao valor também baixo do pH (4,57), assegura-se nesta água a presença apenas de bicarbonatos (BRASIL, 2014). Estas condições podem ser explicadas pela presença do coagulante, pois estes elementos usualmente atuam como ácidos em solução, de forma que reduzem a alcalinidade e



baixam o valor do pH. Acrescente-se que, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 430/2011 (BRASIL, 2011), as condições para lançamento de efluentes estabelece a faixa de pH entre 5 a 9.

Por outro lado, o teor de sólidos totais ( $210 \text{ mgL}^{-1}$ ) pode ser considerado alto se for comparado com o resultado obtido por Di Bernardo et al (88 e  $130 \text{ mgL}^{-1}$ ). A alta concentração de sólidos totais está associada à presença de matéria orgânica, e também na turbidez.

E de forma similar, tem-se a Condutividade Elétrica Específica ( $279 \text{ }\mu\text{m/cm}$ ) que apresentou valores muito acima dos valores encontrados por Freitas et al. (38 e  $37,1 \text{ }\mu\text{m/cm}$ ). A condutividade elétrica expressa a possibilidade de a água conduzir a corrente elétrica, devido à presença de íons (BRASIL, 2014).

Embora os dois autores aqui estudados não tenham realizado as análises da presença de fósforo, por ser um dos nutrientes mais importantes, cabe destacar o alto teor desta substância na amostra ( $0,298 \text{ mg/L}$ ). De acordo com estudos da FUNASA (BRASIL, 2014), em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de  $0,01 \text{ mg/L}$  a  $0,05 \text{ mg/L}$ , destacando-se que teores elevados indicam a presença de atividades antropogênicas, tais como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas, dentre outras.

Por fim, as análises microbiológicas mostraram a presença de bactérias do grupo coliformes, de forma similar aos registros de Freitas et al. De acordo com a BRASIL (2014), esta condição pode ser usada como indicadora da existência de organismos patogênicos. Todavia, de forma distinta aos resultados obtidos por Freitas et al, não foi detectada a presença de E. Coli.

Do que foi apurado com os resultados das análises das águas de lavagem dos filtros da estação de tratamento de água do SIAA da Zona Fumageira, conclui-se que os teores das substâncias analisadas em grande parte se assemelham aos dados disponíveis na literatura.

É possível inferir que a água de lavagem dos filtros apresenta potencial poluidor na área de descarte, relacionado à presença de indicadores de poluição bacteriológica. Todavia, não é possível concluir que o resíduo ofereça potencial poluidor para metais pesados, isto porque não foi possível realizar análises laboratoriais para detecção destes elementos na água, por falta de instrumentos adequados para medição.

#### 4.4. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo do terreno no qual está localizada a ETA de Cabaceiras do Paraguaçu pode ser caracterizado como um solo franco arenoso, ou seja, possui percentagem de areia, silte e argila, sendo que a fração de areia é maior. Obrigatoriamente os solos que possuem essa característica têm em sua combinação estrutural mais 45% de areia. Isso pode ser demonstrado com a

Tabela 4.3 que comprova as propriedades granulométricas similares das duas amostras "virgens" e das duas amostras "contaminadas".

Dentre os resultados analíticos de fertilidade e macronutrientes (

**Tabela 4.4)** pode-se destacar a capacidade de troca de cátions (CTC), pois quanto maior for esse parâmetro, tenderá ser maior a fertilidade do solo, tendo em vista que é a capacidade de absorção de íons positivos como cálcio, magnésio, potássio, nutrientes essenciais para a vida das plantas. Infere-se, deste modo, que embora haja pouca variação entre as amostras "virgens" e as amostras "contaminadas", as últimas apresentam maior CTC, tendo assim uma tendência a ser mais fértil e propícia no desenvolvimento de vegetais, como foi observado em campo.

Outro parâmetro que possui relação direta com a fertilidade do solo é o pH. Este serve de indicador das condições gerais de fertilidade e precisa estar na faixa entre 4,5 a 7,5 para que o desenvolvimento das plantas seja favorável. Nos resultados é nítido que o pH de todas as amostras estão dentro do intervalo ideal, o que favorece a prospecção de um solo bom para o crescimento vegetal.

Não obstante, como os resultados do parâmetro matéria orgânica avaliado nas amostras virgens e nas contaminadas não apresentaram grande diferenças, é plausível dizer que o solo possui uma tendência natural no desenvolvimento da vegetação. Todavia, também se infere que, na área de influência do descarte das ALF's, a vegetação tem um crescimento maior por conta da grande oferta de água, devido ao descarte dos efluentes da ETA.

Como o Brasil não possui um sistema contendo valores de referência que indiquem a faixa na qual um solo pode ou não ser considerado contaminado, é comum que os estudiosos da área pedológica baseiem-se na comparação dos teores totais de metais pesados encontrados em amostras de solos com aqueles em condições naturais ou dito solos não poluídos (FADIGAS et. al., 2006). Deste modo, através desta comparação pode-se afirmar se um solo está ou não contaminado. A partir dessa premissa, foram coletadas amostras em locais onde não havia influência do descarte das ALF e outras onde havia, gerando a Tabela 4.5 para metais pesados.

As análises de metais pesados verificaram os teores de manganês (Mn), ferro (Fe), chumbo (Pb), zinco (Zn), tálio (Tl), vanádio (V), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), arsênio (As), zircônio (Zr) e bário (Ba). Como pode ser visto na Tabela 4.5, destacado em amarelo estão os valores que representam os resultados analíticos das amostras não contaminadas (virgens) e em vermelho as amostras contaminadas. E embora os teores de Mn e Zn tenham sido maiores nas amostras virgens do que nas contaminadas, nenhum dos parâmetros de metais pesados teve discrepância em seus valores quando comparados às amostras virgens e contaminadas. Assim, é possível inferir que o descarte inadequado das ALF's não tem contribuído para aumento nos níveis de metais pesados do solo na área estudada. Com isso, pode-se dizer que a área não apresenta sinais analíticos de contaminação do solo por metais pesados.

Vale salientar, ainda, que as amostras de solos da área de influência da ETA de Cabaceiras do Paraguaçu apresentaram as características reproduzidas na

Tabela 4.3,

**Tabela 4.4** e a Tabela 4.5, conforme laudos emitidos pelos Laboratório de Física do solo e Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da EMBRAPA, bem como no Laboratório de Traços de Metais da UFRB, respectivamente, no qual foram realizadas as análises (ANEXO 2 e ANEXO 3).

**Tabela 4.3** - Composição granulométrica (g/Kg) dispersão com NaOH.

Identificação	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Areia total	Silte	Argila	Classificação textural
Av1	83	100	146	225	151	705	203	92	Franco arenoso
Av2	60	96	146	235	161	689	221	81	Franco arenoso
Ac1	14	29	104	290	216	653	256	91	Franco arenoso
Ac2	12	35	123	314	206	691	238	71	Franco arenoso

Observação: Documento completo encontra-se no Anexo 2.

**LEGENDA**

Av1 - Amostra virgem 1

Av2 - Amostra virgem 2

Ac1 - Amostra contaminada 1

Ac2 - Amostra contaminada 2

Fonte: EMBRAPA (2015).

**Tabela 4.4** - Composição de macronutrientes da fertilidade do solo.

Identificação	pH	P	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	MO
	em água	mg/dm <sup>3</sup>	cmol/dm <sup>3</sup>									%	g/Kg
Av1	5,8	6	0,24	3,81	1,21	5,02	0,0	0,12	3,3	5,38	8,68	62	20
Av2	6,2	9	0,33	3,13	1,11	4,24	0,0	0,07	2,31	4,64	6,95	67	16
Ac1	6,3	15	0,28	3,62	1,98	5,6	0,0	0,32	2,2	6,19	8,39	74	24
Ac2	7	9	0,18	1,45	2,55	4,0	0,0	8,43	0,0	12,62	12,62	100	15

Observação: Documento completo encontra-se no Anexo 2

**LEGENDA**

Av1 - Amostra virgem 1

Av2 - Amostra virgem 2

Ac1 - Amostra contaminada 1

Ac2 - Amostra contaminada 2

Fonte: EMBRAPA (2015).

**Tabela 4.5** - Composição de metais pesados no solo.

ELEMENTO	UNIDADE	MÉDIA AV1	MÉDIA AV2	MÉDIA AC1	MÉDIA AC2
Manganês (Mn)	mg/kg	↘ 332,7	↘ 275,3	261,6	256,6
Ferro (Fe)	%	1,7	1,7	1,7	1,8
Chumbo (Pb)	mg/kg	10,9	13,3	13,5	13,8
Zinco (Zn)	mg/kg	↘ 36,8	↘ 33,6	29,7	31,0
Tálio (Ti)	%	0,5	0,5	0,6	0,6
Vanádio (V)	mg/kg	124,8	135,2	161,8	165,0
Cromo (Cr)	mg/kg	96,7	93,7	94,4	100,8
Cobalto (Co)	mg/kg	6,7	6,7	6,5	7,1
Níquel (Ni)	mg/kg	5,5	13,8	34,5	13,4
Cobre (Cu)	mg/kg	30,9	30,1	30,5	30,4
Arsênio (As)	mg/kg	12,5	9,2	15,2	19,9
Zircônio (Zr)	mg/kg	523,1	574,1	666,9	668,9
Bário (Ba)	mg/kg	1405,2	1539,3	1835,4	1853,8

Observação: Documento completo encontra-se no Anexo 2

**LEGENDA**

Av1 - Amostra virgem 1

Av2 - Amostra virgem 2

Ac1 - Amostra contaminada 1

Ac2 - Amostra contaminada 2

Fonte: UFRB (2015).

## 5. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do estudo de caso objeto deste trabalho. São abordados separadamente os aspectos da relação entre o prestador de serviços e o ente fiscalizador, as condições operacionais das unidades de produção de água, e também da caracterização das águas de lavagem dos filtros e do solo na área de descarte. Em seguida são feitas algumas considerações e recomendações para mitigação de problemas encontrados. E por fim, são mostradas algumas oportunidades de trabalhos complementares.

### 5.1. PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS E FISCALIZAÇÃO

O desenvolvimento deste estudo de caso permitiu traçar um cenário da interação entre os envolvidos na prestação dos serviços de abastecimento de água, principalmente no que concerne à responsabilidade atribuída ao prestador e ao fiscalizador, às ações de fiscalização e à situação da unidade em estudo antes e depois fiscalização. A caracterização dessas nuances permitiu com que as hipóteses propostas fossem respondidas.

Assim, foi possível observar que o sistema de produção de água do SIAA da Zona Fumageira, sob a responsabilidade da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA), prestador dos serviços, apresenta uma série de não conformidades em relação às boas práticas operacionais. Vale ressaltar que este quadro não se repete em outros sistemas operados pela empresa, posto que se observe, em sistemas visitados na mesma região (SIAA Santo Antônio de Jesus), estação de tratamento de água com estrutura de reutilização de ALF's, por meio de sistema de centrífugas, e tratamento por leito de secagem do lodo residual.

De todo modo, evidencia-se que, após a fiscalização realizada no período de 18 a 22 de novembro de 2013, foram tomadas algumas providências para sanar as desconformidades. Ainda em 2014 foi iniciada a construção de um sistema de reaproveitamento das águas de lavagem dos filtros, que até a presente data não foi finalizada, segundo dados oficiais porque a obra foi edificada em terreno de propriedade de terceiros, que a embargaram. Nota-se, portanto, um movimento da companhia em direção às boas práticas na destinação correta dos lodos provenientes das etapas de tratamento, todavia não foi possível saber quais foram as providências tomadas para solução do impasse com o embargo.



No que se refere às ações de fiscalização, desde a sua criação, a AGERSA só realizou uma visita in loco, e elaborou apenas um relatório relatando o cenário encontrado no SIAA da Zona Fumageira, datado de Fevereiro/2014. Além disso, embora a EMBASA tenha entregado um relatório descrevendo as ações que foram tomadas e estabelecendo prazos para outras melhorias, não houve retorno da agência para comprovar se tais ações tinham sido realizadas, bem como se os prazos estipulados no relatório tinham sido cumpridos.

A falta de manutenção do SIAA da Zona Fumageira também colabora para o nível operacional do sistema. A permanência de vazamentos nas válvulas dos filtros, a ocorrência de ferrugem nos equipamentos, a improvisação na solução de problemas, são itens que podem ser melhorados.

## 5.2. ÁGUA E SOLO NO DESCARTE DA ALF'S

As águas de lavagem dos filtros do SIAA da Zona Fumageira são descartadas diretamente em um terreno vizinho à ETA, desde o início de operação do sistema na década de setenta do século passado.

Nas análises de qualidade da água observou-se a presença de coliformes totais, que são organismos indicadores de contaminação bacteriológica. Todavia, como relatado, não foi analisada a presença de metais, cuja ocorrência revelaria a necessidade de que fossem tomadas precauções quanto à sua disposição.

Com relação às características do solo na área de descarte da ALF não houve evidencia de comprometimento ou degradação, segundo o resultado das análises de metais realizadas. Constatou-se pouca variação nos parâmetros relacionados com a fertilidade do solo, deste modo não houve aumento significativo da fertilidade do solo quando analisadas as amostras "virgens" e as "contaminadas", mas comprovou-se visualmente que no período de seca, como a área recebe constantemente contribuição dessas águas, toda sua extensão possuía plantas de médio porte e estavam verdes.

Embora tenha se constatado este cenário, é pertinente frisar a relevância de que sejam realizados estudos ecotoxicológicos, pois, como a característica do solo encontrado no SIAA foi franco arenoso, a permeabilidade do solo é considerada grande, e como as análises foram feitas a uma profundidade de 0-20 cm, há de se

levar em consideração que a contaminação pode estar presente em camadas mais profundas do solo.

Todavia, mesmo com este quadro, é importante lembrar que os lodos das ETA's são resíduos sólidos, e por assim deve-se promover a destinação final de maneira adequada, em conformidade com a legislação em vigor.

Deste modo sugere-se que sejam realizadas novas análises de qualidade da água, avaliando a presença de *Cistos Giardia* e *Oocistos de Cyptosporidium*, como também que sejam medidos os traços de metais, e ainda, que sejam aprofundados os estudos sobre as características do solo, para garantir as condições e a forma de disposição mais adequada.

### 5.3. PROPOSTAS PARA MITIGAÇÃO DOS PROBLEMAS

Em princípio, destaca-se que há urgência em estabelecer-se um plano de ação para manutenção preventiva dos equipamentos do sistema de produção de água; bem como providências mais enérgicas para destinação adequada das águas provenientes dos processos de lavagens do SIAA, evitando-se perdas consideráveis de água e gastos desnecessários de produtos e energia.

Também se verifica que ações simples, no curto prazo, podem ajudar a melhorar o panorama atual da ETA diante das não conformidades encontradas. Como exposto pelo órgão fiscalizador, a primeira ação que a administração do SIAA deve tomar é solucionar todas as situações não conformes percebidas no sistema. Dentre elas está a troca das válvulas dos filtros que apresentam vazamentos, manutenção nos equipamentos com ferrugens e colocação de uma comporta guilhotina para aumentar a eficiência na operação de lavagem dos filtros.

Tendo em vista que as obras de construção do sistema de reuso de águas de lavagens estão embargadas, uma opção é tentar um acordo diplomático com o proprietário do terreno no qual o equipamento foi construído. Deste modo, depois que o acordo for firmado, devem ser analisadas as alternativas para conclusão do empreendimento, e as obras retomadas.

Em curto prazo, a adoção de medidas como disposição do lodo em aterros sanitários constitui-se em uma alternativa rápida para acabar com o problema da disposição inadequada, porém há de se levar em consideração os custos

envolvidos, que podem impactar negativamente na balança orçamentária da unidade. Pode-se também optar pela disposição direta em corpo hídrico receptor se ele não for utilizado para abastecimento de água.

Segundo alguns estudos engendrados em ETA's de características similares ao SIAA da Zona Fumageira, uma das soluções adotadas foi a reutilização as ALF's para aplicação controlada em solos degradados. Esta alternativa requer estudos de caracterização das águas para se determinar a percentagem de águas que devem ser dispostas na área, não sendo uma escolha muito custosa.

Em tempos de proteção e economia dos recursos hídricos, a recirculação controlada das águas provenientes das lavagens também é uma opção válida. Porém, há de se promover estudos e análises que quantificam o número de cistos e oocistos de protozoários parasitas, para que não haja perda na eficiência do tratamento de água e nem reflexos negativos na qualidade da água de abastecimento.

#### 5.4. PERSPECTIVAS DE PESQUISAS COMPLEMENTARES

Investigar o cenário do abastecimento de água traz inúmeras possibilidades de estudo que propõem melhorias no sistema. Diante do que foi explanado, são oportunos projetos que aprofundem as questões sobre o trabalho da agência reguladora, salientando os motivos pelos quais ela não consegue ter uma rotina anual de fiscalização em todas as unidades do Estado da Bahia.

É conveniente também a realização de estudos que focalizem a situação financeira dos sistemas de abastecimento de água no Estado da Bahia. A série histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) dispõe de informações e indicadores que podem esclarecer a conjuntura em que se encontram os sistemas, quais são aqueles financeiramente deficitários, e também os superavitários. Assim, é possível inferir sobre os motivos pelos quais algumas ações de manutenção preventiva deixam de ser realizadas, incorrendo em riscos para as unidades e também em prejuízos financeiros para a concessionária.

Pesquisas na área de ecotoxicologia relacionadas à problemática apresentada também seriam muito importantes, tendo em vista que este é o ramo da toxicologia responsável pelo estudo dos efeitos tóxicos das substâncias, naturais e

artificiais, sobre os organismos vivos, animais ou vegetais, aquáticos ou terrestres, que constituem a biosfera.

É importante também complementar esta pesquisa com estudos da qualidade da água subterrânea, para verificação de traços de metais. Bem como, estudos hidrogeológicos para analisar a vulnerabilidade do aquífero.

E por último, mas não menos importante, ainda tem-se uma carência em estudos sobre as consequências da recirculação das ALF's por conta da presença de cistos e oocistos de parasitas patogênicos. Essa questão é muito propícia na era da economia de recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 — Classificação de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

AGERSA. Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia. **Relatório de fiscalização Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Zona Fumageira municípios: Cruz das Almas, Sapeaçu e Conceição do Almeida**. Bahia, 2014.

BAHIA. **Lei Estadual nº 11.172, de 01 de Dezembro de 2008**. Estabelece a Política Estadual de Saneamento Básico. Disponível em: <[http://www.mpba.mp.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/saneamento/lei\\_11172\\_2008.pdf](http://www.mpba.mp.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/saneamento/lei_11172_2008.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2015.

BAHIA. **Lei Estadual Nº 12.602, de 29 de Novembro de 2012** . Dispõe sobre a criação da Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia – AGERSA, Disponível em:<<http://www.legislabahia.ba.gov.br/verdoc.php?arquivo=LO201212602.xml>>. Acesso em: 12 set. 2015.

BITTENCOURT, S. et al. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, p. 315–324, 2012.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. **DECRETO Nº 8.211, de 21 de Março de 2014**. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de Junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

BRASIL. **Lei Federal Nº 10.165, de 27 de Dezembro de 2000**. Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Lex: br:federal:lei:2000-12-27;10165.

BRASIL. **Lei Federal Nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Lex: br:federal:lei:2007-01-05;11445.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde**. Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 420, de 30 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

BRASIL. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011a**. Dispõe sobre as condições e padrão de lançamento de efluentes complementa e altera a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.

CARVALHO FILHO, A. de. **Planilhas para cálculos analíticos e avaliação de parâmetros utilizados na classificação de solos no Brasil**. EMBRAPA Solos, 2009. (EMBRAPA Solos. Comunicado Técnico, 54).

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB. Brasília. 2011.

CLEASBY, J. L., ARBOLEDA, J., BURNS, D. E., PRENDIVILLE, W., SAVAGE, E. S. **Backwashing of granular filters**. Journal AWWA, p.115-126, February 1977.

CORDEIRO, J.S. (1993). **O problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de águas**. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. **Relatório anual para informação ao consumidor**. 2010. Disponível em: <[http://www.EMBASA.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio\\_anual/Cruz%20das%20Almas.pdf](http://www.EMBASA.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/Cruz%20das%20Almas.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 306 p. (EMBRAPA-SPI). Rio de Janeiro, 2006.

FADIGAS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C.; FREIXO, A. A. **Proposição de valores de referência para a concentração natural**.

FREITAS, A. et al. **Recirculação de água de lavagem de filtros e perigos associados a protozoários**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, p. 37–46, 2010.

HOHMANN, A. C. C. **Regulação e Saneamento na Lei Federal**. Revista Jurídica da Procuradoria Geral do Estado do Paraná, v. 3, p. 211–244, 2012.

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?l8o1ep00sp3voada03t3lo8qm3>. Acesso em: 12 dez. 2015.

KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2012.

MOLINA, T. **Caracterização e tratamento de água de lavagem de filtros de ETA, com o uso de polímeros sintéticos e amido de batata.** Engenharia e Tecnologia, v. 2, n. 2001, p. 28–44, 2010.

MOTTA, A.C.V.; HOPPEN, C.; ANDREOLI, C.V.; TAMANINI, C.R.; FERNANDES, C.V.S.; PEGORINI, E.S.; SOCCOL, V.T. (2005). Parecer técnico. **Disposição final de lodos de estação de tratamento de água.** UFPR, 43 p. Curitiba, 2005.

PNCDA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício – **Documento de Apoio Técnico - DTA D1. 1999a. Controle da Pressão na Rede.** Versão Preliminar para Discussão. Ministério das Cidades, Brasil.

PNCDA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício – **Documento de Apoio Técnico - DTA D4. 1999b.** Redução de Perdas e Tratamento de Lodo em ETA. Ministério das Cidades, Brasil.

REALI, M. A. P. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Rio de Janeiro: Projeto PROSAB, 1999.

SCALIZE, P.; DI BERNARDO, L. **Caracterização da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água e dos sobrenadantes e sedimentos obtidos após ensaios de clarificação utilizando polímero aniônico.** In: XXVII Congresso Interamericano De Engenharia Sanitária E Ambiental, 2000, Porto Alegre-RS. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.** 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436. 1999.

**ANEXO**

**ANEXO 1**





## Departamento de Controle de Qualidade - TSQ

## Laudo de Análise

empresa baiana de águas e saneamento

ISO 9001:2008

**Cliente:** Rosa Alencar Santana de Almeida - R Barragem Vasconcelos (Cruz das Almas) - Cruz das Almas  
**Laboratório:** Físico Químico de Água  
**Amostra:** 14617/15 **Versão:** 0 **Origem da Amostra:** Particular  
**Data de Coleta:** 13/03/2015 **Hora da Coleta:** 09:30 **Data da Chegada:** 13/03/2015  
**Sistema:** Não Aplicado **Tempo:** Não Informado  
**Categoria:** Filtro Particular **Classe:** Água Bruta  
**Município:** Cabaceiras do Paraguaçu **Coletor:** O Interessado  
**Bairro:** (Não Informado)  
**Procedência:** Rod BA 494 (Cabaceiras do Paraguaçu) Filtros da ETA (Mistura) - ETA SIAA Zona Fumageira -


Análise	Obs	Data	Resultado	Unidade	Inc.	Método	LDM
Alcalinidade Total	-	14/03/15	1,27	mg CaCO <sub>3</sub> /L	+/- 9%	Volumétrico	0
Cond Eletr Esp	-	13/03/15	279	umho/cm	-	Condutimétrico	0,1
D.B.O.5	-	19/03/15	3,0	mg/L	-	Electrométrico	1
D.Q.O	-	18/03/15	58	mg O <sub>2</sub> /L	-	Espectrofotométrico	5
Sólidos Totais	-	16/03/15	210	mg/L	-	Gravimétrico	-
pH	-	14/03/15	4,57		-	SMEWW 4500-H+ B	0,01
Sólidos Sedimentáveis	-	13/03/15	< 0,1	ml/L	-	Sedimentação	0,1
Sólidos Suspensos	-	16/03/15	71,0	mg/L	-	Gravimétrico	10
Fósforo Total	-	17/03/15	0,298	mg P/L	-	Espectrofotométrico	0,02

## Endereço das Salas de Ensaio

Salvador - - - Rua Dom Eugênio Sales (Boca do Rio) S/N CEP: 41175-340  
 FA - Físico Químico de Água

## Legendas / Informações

(LDM - Limite de Detecção do Método) (LIOR - Limite Inferior do Órg. Reg) (LSOR - Limite Superior do Órg. Reg)  
 Inc. - Incerteza expandida de medição (k=2) / Data - Data da Análise

Data 24/03/15Data 24/03/15
  
**Responsável**

Jorge Tadeu de Freitas  
 Químico - Mat. 35.27  
 C.R.O.-7.ª - 071016

  
**Gêrente**

Luciano Menezes Ma  
 Químico - Mat.: 12.257  
 CRQ 7.ª - 07200289

1/1

**embasa** Departamento de Controle de Qualidade - TSQ  
**Laudo de Análise**  
 ISO 9001:2008

**Cliente:** Rosa Alencar Santana de Almeida - R Barragem Vasconcelos (Cruz das Almas) - Cruz das Almas

**Laboratório:** Bacteriologia de Água

**Amostra:** 16028/15      **Versão:** 0      **Origem da Amostra:** Particular

**Data de Coleta:** 20/03/2015      **Hora da Coleta:** 09:42      **Data da Chegada:** 20/03/2015

**Sistema:** Não Aplicado      **Tempo:** Não Informado

**Categoria:** Filtro Particular      **Classe:** Água Bruta

**Município:** Cabaceiras do Paraguaçu      **Coletor:** O Interessado

**Bairro:** (Não informado)

**Procedência:** Rod BA 494 (Cabaceiras do Paraguaçu) Filtros da ETA (Início Lavagem) - ETA SIAA Zona Fumageira -

Análise	Obs.	Data	Resultado	Unidade	Inc.	Método	LDM	Sala
Escherichia coli	-	23/03/15	Ausência	UFC/100mL	-	Qualitativo - SC - (PIA)	0	BA
Coliformes Totais	-	23/03/15	Presença	UFC/100mL	-	Qualitativo - SC - (PIA)	0	BA

**Endereço das Salas de Ensaio**

Salvador - - - Rua Dom Eugênio Sales (Boca do Rio) S/N CEP: 41175-340  
 BA - Bacteriologia de Água

**Legendas / Informações**

(LDM - Limite de Detecção do Método) (LIOR - Limite Inferior do Órg. Reg) (LSOR - Limite Superior do Órg. Reg)  
 Inc. - Incerteza expandida da medição (k=2) / Data - Data da Análise

**Data** 24 MAR 2015      **Data** 25 MAR 2015

**Responsável**  
 Tarciana de O. Leonídio  
 Analista - CRBio: 59.587/MS-D  
 Mat.: 13.266-3

**Gerente**  
 Biol. Martha L. Theophilo Costa  
 Gerente de TSQ - Mat. 59415-3  
 CREBO. 5° 02561

Embasa - Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.  
 Rua Dom Eugênio Sales S/N - Boca do Rio - Salvador - Bahia - CEP 41175-340    tsq@embasa.ba.gov.br

## **ANEXO 2**

**Embrapa**  
*Madeira e Fruticultura*  
**Laboratório de Física do Solo**

**Resultados de análises físicas do solo**

Nome do Interessado: Cláudia Silva Lopes Leal Estado: BA  
Endereço: SIAA Zona Fumagosa  
Município: São Gonçalo  
Data: 04/05/2015

N.º amostra	Identificação	Composição granulométrica (g/kg) Dispersão com NaOH							Classificação textural	Argila H <sub>2</sub> O (g/kg)	Grau de Floculação (%)	Retenção de água - Uq(%)			Densidade (g/dm <sup>3</sup> )		
		Ar. muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Ar. muito fina	Argila total	Silte				Argila	0,1 atm	15 atm	Água disp.	Solo	Partículas
16133	Av 1	63	100	145	225	151	705	293	92	Franco arenoso	#	#	#	#	#	#	#
16134	Av 2	60	96	146	235	161	690	221	81	Franco arenoso	#	#	#	#	#	#	#
16135	Ac 1	14	29	104	290	216	653	256	91	Franco arenoso	#	#	#	#	#	#	#
16136	Ac 2	13	35	123	314	206	891	238	71	Franco arenoso	#	#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#

*Laércio*  
Laércio Duarte Souza  
Pesquisador  
Responsável Laboratório de Física do Solo

Tel: (75) 3312-8075 - www.cnpmf.embrapa.br - sac@cnpmf.embrapa.br

Rua Embrapa, s/n - CP 007 - 44.380-000 - Cruz das Almas - BA

**Embrapa**  
Mandioca e Fruticultura

**LABORATÓRIO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**  
**RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO**

Interessado: **CLAUDIA SILVA LOPES LEAL**  
Município: **SÃO GONÇALO**

Estado: **BA** Propriedade (Sítio ou Fazenda) SIAA: **Entrada: 12/05/2015**

OBS: A análise de Na da amostra 15-0984 foi repetida e confirmada.

Registro	Ref. de Amostragem	Resultados Analíticos-Fertilidade Macronutrientes													Micronutrientes				
		pH		P	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	M_O	Cu	Fe	Zn	Mn
		em água	em CaCl <sub>2</sub>																
15-0981	W10-20	5,8	—	6	0,24	3,81	1,21	5,02	0,0	0,12	3,30	5,38	8,68	62	20,0	—	—	—	—
15-0982	W2 0-20	6,2	—	9	0,33	3,13	1,11	4,24	0,0	0,07	2,31	4,64	8,95	67	16,0	—	—	—	—
15-0983	AC1 0-20	6,3	—	15	0,28	3,62	1,98	5,60	0,0	0,32	2,20	6,19	8,39	74	24,0	—	—	—	—
15-0984	AC2 0-20	7,0	—	9	0,18	1,45	2,55	4,00	0,0	8,43	0,00	12,62	12,62	100	15,0	—	—	—	—

29.05.2015  
DATA EMISSÃO

RESP / LABORATÓRIO DE SOLOS E PLANTAS  
Rua Embrapa S/N - Cx. Postal 007 Cruz das Almas - Ba 44380-000  
Fone: 0xx75 3312 8042 e-mail: ssc@cpni.f.embrapa.br

ENGENHEIRO AGRÔNOMO  
**Ana Lúcia Borges**  
Pesquisador A  
Embrapa Mandioca e Fruticultura  
Município: 17.011

## **ANEXO 3**

Tabela 4.5 - Composição de metais pesados no solo.

ELEMENTO	UNIDADE	SAN JOAQUIN 1	AV1-1	AV1-2	AV1-3	MÉDIA AV1	AV2-1	AV2-2	AV2-3	MÉDIA AV2	AC1-1	AC1-2	AC1-3	MÉDIA AC1	AC2-1	AC2-2	AC2-3	MÉDIA AC2
		Certified (mg/kg)																
Mn	mg/kg	529,0	332,2	340,7	325,2	↘332,7	276,2	276,8	273,0	↘275,3	260,5	258,6	265,6	261,6	248,6	251,7	269,5	256,6
Fe	%	3,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
Pb	mg/kg	17,4	10,1	11,1	11,4	10,9	10,7	14,3	14,9	13,3	13,5	14,8	12,3	13,5	16,1	12,7	12,6	13,8
Zn	mg/kg	103,0	35,0	39,3	36,3	↘36,8	35,7	32,4	32,6	↘33,6	29,8	27,5	31,8	29,7	27,4	31,7	33,8	31,0
Ti	%	0,34	0,48	0,49	0,48	0,5	0,53	0,54	0,53	0,5	0,64	0,64	0,63	0,6	0,65	0,64	0,65	0,6
V	mg/kg	110,0	124,0	125,8	124,6	124,8	133,3	136,5	135,7	135,2	164,2	162,6	158,5	161,8	163,9	167,4	163,6	165,0
Cr	mg/kg	130,0	90,4	100,1	99,6	96,7	101,7	85,9	93,4	93,7	94,4	95,1	93,6	94,4	97,8	101,8	102,9	100,8
Co	mg/kg	12,8	6,6	6,9	6,6	6,7	6,6	6,6	6,8	6,7	6,1	6,7	6,5	6,5	7,0	6,9	7,3	7,1
Ni	mg/kg	85,0	4,2	5,0	7,3	5,5	1,6	35,2	4,7	13,8	55,2	15,3	33,0	34,5	28,1	6,9	5,1	13,4
Cu	mg/kg	33,9	30,4	30,4	31,9	30,9	28,8	30,1	31,6	30,1	31,8	29,3	30,5	30,5	30,7	30,3	30,2	30,4
As	mg/kg	10,5	16,6	7,3	13,5	12,5	6,6	14,8	6,2	9,2	13,6	17,8	14,2	15,2	28,0	25,3	6,5	19,9
Zr	mg/kg	195,0	525,9	516,2	527,3	523,1	584,5	567,3	570,4	574,1	664,5	663,2	673,1	666,9	661,4	696,9	648,5	668,9
Ba	mg/kg	979,0	1399,7	1410,5	1405,5	1405,2	1531,5	1563,1	1523,2	1539,3	1844,6	1838,5	1823,0	1835,4	1861,6	1812,9	1887,1	1853,8

Fonte: UFRB (2015).