



# Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 3, año 2007 ISSN 0718-378X  
PP

## SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA ç EM FUNÇÃO DO TRATAMENTO, APROVEITAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS ETAS

WATER TREATMENT TECHNOLOGIES SELECTION AS A FUNCTION OF TREATMENT,  
PROFIT AND DISPOSAL OF WATER PLANTS WASTES

Lyda Patrícia Sabogal-Paz  
Luiz Di Bernardo

### ABSTRACT

This article presents the conceptual model of the selection of surface water treatment techniques involving treatment, utilization and removal of the wastes generated in the water treatment plants (WTPs) with flow rates between 10 L/s and 100 L/s. The model benefits small – and medium – sized Brazilian communities.

The development of the model required the study of several factors that allowed defining the variables and indicators of selection, which formed the conceptual selection model (CSM) with seven sublevels, which are interconnected. The model progressively selects the water treatment plans with higher sustainability likelihood, according to the input data (F), criteria (A), procedures (B) and selections (S) established in its development.

It was possible to conclude that the applicability of CSM is restricted to the WTPs that meet all the domain requirements established. However they do not eliminate the design engineer from evaluating other techniques of treatment, utilization and disposal of the wastes which are not take into account by this model. It was also concluded that the selection of the technology for treatment, utilization and disposal of the wastes should not be evaluated independently of the one selected in the WTPs.

## II-SABOGAL-PAZ-BRASIL-1

### SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM FUNÇÃO DO TRATAMENTO, APROVEITAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS ETAS

#### Lyda Patrícia Sabogal-Paz <sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitária pela *Universidad del Valle*, Cali, Colômbia. Doutoranda em Engenharia Civil, programa de pós-graduação em Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo –EESC/USP.

#### Luiz Di Bernardo

Professor Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo –EESC/USP

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Trabalhador São Carlense, 400. São Carlos/SP. Brasil. CEP: 13566-590. Tel: (16) 3373 95 28. e-mail: lysaboga@sc.usp.br

#### RESUMO

O trabalho apresenta o modelo conceitual de seleção de técnicas de tratamento de água superficial, que envolve tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos gerados em ETAs com vazões de projeto entre 10 L/s e 100 L/s. O modelo beneficia comunidades brasileiras de pequeno e médio porte.

O desenvolvimento do modelo requereu o estudo de vários fatores que permitiram a definição das variáveis e dos indicadores de seleção, os quais, ao serem interligados formaram o MCS com sete sub-níveis. O modelo progressivamente seleciona as estações de tratamento de água com maiores probabilidades de sustentabilidade, segundo os dados de entrada (F), os critérios (A), os procedimentos (B) e as seleções (S) estabelecidas em seu desenvolvimento.

A pesquisa permitiu concluir: i) a aplicabilidade do MCS está restrita às ETAs que cumprem todos os requisitos de domínio estabelecidos; no entanto, esses requisitos não eliminam a responsabilidade do engenheiro projetista em avaliar outras técnicas de tratamento, de aproveitamento e de disposição dos resíduos, não consideradas pelo modelo e ii) a seleção de tecnologia para tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos não deve ser avaliada de forma independente à empregada nas ETAs.

**Palavras-chave:** modelo conceitual de seleção – MCS, seleção de tecnologia, estações de tratamento de água –ETAs e resíduos.

#### INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A disponibilidade de eficientes serviços de abastecimento de água configura-se como indispensável componente para desenvolvimento dos países. No Brasil, nas últimas décadas, têm sido investidos milhões de dólares no setor, motivados por políticas como o Plano Nacional de Saneamento; no entanto, apesar das tentativas, no ano de 2000 ainda existiam, aproximadamente, 30 milhões de brasileiros sem adequado serviço de abastecimento de água (IBGE, 2002).

As políticas brasileiras dos últimos anos têm incrementado a cobertura dos serviços de água potável; porém, o impacto dessas medidas continuará limitado enquanto não forem fortalecidos os aspectos técnicos, ambientais, sociais, culturais, econômicos e institucionais que permitam a implantação de obras sanitárias eficientes e sustentáveis. Importante enfoque dessa problemática é a seleção apropriada das tecnologias de tratamento que fundamente o êxito dos projetos.

Atendendo a esta necessidade, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o modelo conceitual de seleção de alternativas de tratamento de água superficial, aplicável em comunidades brasileiras com população inferior a 45.000 habitantes, considerando ETAs com vazões de projeto na faixa de 10 L/s a 100 L/s.

Os aspectos envolvidos no modelo relacionam-se ao tratamento, ao aproveitamento e à disposição dos resíduos gerados nas ETAs, provenientes da lavagem dos filtros, dos decantadores, dos floculadores, dos flutuadores e da casa de química.

## METODOLOGIA

O desenvolvimento do modelo conceitual de seleção requereu o estudo de vários fatores, os quais permitiram a definição das variáveis e dos indicadores de seleção. No caso do tratamento, do aproveitamento e da disposição dos resíduos foram avaliados os seguintes fatores: i) características das ETAs e particularidades dos resíduos, ii) processos e de operações disponíveis para tratar os lodos, iii) tipos de estações de tratamento dos resíduos – ETRs, iv) técnicas de aproveitamento e métodos de disposição dos lodos das ETAs e da água clarificada gerada nas ETRs, v) transferência de tecnologia, vi) legislação federal brasileira, vii) particularidades da área de estudo e viii) análise sistêmica das ETAs, das ETRs, das técnicas de aproveitamento e dos métodos de disposição dos resíduos.

As atividades realizadas para analisar os fatores foram baseadas em: i) análise da legislação, ii) revisão de literatura, iii) realização de visitas em 26 ETAs em escala real, 21 no Brasil e 5 na Colômbia, iv) seleção das técnicas de tratamento, de aproveitamento e de disposição utilizadas no MCS e v) definição dos requisitos de domínio do modelo para facilitar seu desenvolvimento.

Definidos os fatores, as variáveis e os indicadores, foram estabelecidos os critérios para estruturar o MCS, permitindo a conjugação de seus componentes, de forma sistêmica, utilizando como base o trabalho desenvolvido por CINARA (2001).

O modelo foi estruturado considerando: i) dados entrada – F (permitem que os níveis “filtrem” as opções tecnológicas sustentáveis; com dados fornecidos pelo usuário do modelo), ii) critérios básicos – A (fazem referência aos aspectos previamente estabelecidos como conceitos, padrões e normas utilizados para, posteriormente, tomar decisões), iii) procedimentos – B (são executados com base na informação de entrada (F) e nos critérios básicos (A), correspondem aos cálculos do MCS) e iv) seleções parciais – S (conforme os procedimentos (B) são construídas as seleções das alternativas sustentáveis). Para compreender a estrutura do modelo foi elaborado um diagrama de blocos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fatores, Variáveis e Indicadores de Seleção das Técnicas de Tratamento, Aproveitamento e Disposição dos Resíduos Gerados nas ETAs

As Tabelas 1 a 10 apresentam as variáveis e os indicadores relacionados às características das técnicas (ETAs, ETRs, métodos de aproveitamento e de disposição).

**Tabela 1 Variáveis e Indicadores Segundo Características das ETAs**

Fator	Variáveis	Indicadores
Características das ETAs	Tipo de ETAs	Conforme Tabela 2
	Categoria das ETAs avaliadas	Fase de projeto
	Tipo de produto químico utilizado no tratamento	Sulfato de alumínio ou Cloreto férrico
	Vazão de operação das ETAs até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante
	Qualidade da água nas ETAs até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante

**Tabela 2. Tecnologias de Tratamento avaliadas pelo MCS**

Variável	ETA	Variações da Tecnologia	Indicadores
Tipo de ETA	Ciclo Completo (CC)	CC <sub>1</sub>	MRHVR + FHCEH + DAT + FRDC + DES + FLU
		CC <sub>2</sub>	MRHCP + FHCEH + DAT + FRDD + DES + FLU
		CC <sub>3</sub>	MRHVR + FMEVTI + FMEVPP + DAT + FRDC + DES + FLU
		CC <sub>4</sub>	MRHCP + FMEVTI + FMEVPP + DAT + FRDD + DES + FLU
	Filtração Direta Ascendente (FDA)	FDA <sub>1</sub>	MRHIM + FRAAGC + DES + FLU
	Filtração Direta Descendente (FDD)	FDD <sub>1</sub>	MRHIM + FRDC + DES + FLU
	Dupla Filtração (DF)	DF <sub>1</sub>	MRHIM + FAP + FRDC + DES + FLU
	Floto-Filtração (FF)	FF <sub>1</sub>	MRHVR + FMEVTI + FMEVPP + FAD + FRDC + DES + FLU
		FF <sub>2</sub>	MRHCP + FMEVTI + FMEVPP + FAD + FRDC + DES + FLU
	Filtração em Múltiplas Etapas (FiME)	FiME <sub>1</sub>	PFD + FLAC + DES + FLU
FiME <sub>2</sub>		PFD + PFVAC + FLAC + DES + FLU	
FiME <sub>3</sub>		PFD + PFVAS <sub>2</sub> + FLAC + DES + FLU	

MRHVR: mistura rápida hidráulica com vertedor retangular.  
 MRHCP: mistura rápida hidráulica com calha Parshall.  
 MRHIM: mistura rápida hidráulica com injetor e malha de fios.  
 FHCEH: floculador hidráulico de chicanas de escoamento horizontal.  
 FMEVPP: floculador mecânico de eixo vertical de paletas  
 FiME<sub>1</sub>, FiME<sub>2</sub>, FiME<sub>3</sub>: opções da tecnologia de filtração em múltiplas etapas  
 DAT: decantador de alta taxa ascendente de placas  
 FAD: flotação por ar dissolvido com pressurização da recirculação  
 FRDC: filtração rápida descendente em areia, a taxa constante.  
 FRDD: filtração rápida descendente em areia, a taxa declinante.  
 FRAAGC: filtração rápida ascendente em areia grossa, a taxa constante.  
 FAP: filtração rápida ascendente em pedregulho, a taxa constante.  
 FLAC: filtro lento em areia, a taxa constante.  
 PFD: pré-filtro dinâmico de pedregulho, a taxa constante.  
 PFVAC: pré-filtro vertical ascendente em camadas, a taxa constante.  
 DES: desinfecção com hipoclorito de sódio.  
 FLU: fluoração com ácido fluorsilícico  
 DF<sub>1</sub>: opção da tecnologia de dupla filtração  
 PFVAS<sub>2</sub>: pré-filtro vertical ascendente em série de duas etapas, a taxa constante.  
 FF<sub>1</sub>, FF<sub>2</sub>: opções da tecnologia de floto-filtração  
 FMEVTI: floculador mecânico de eixo vertical de turbina.  
 FDA<sub>1</sub>: opção da tecnologia de filtração direta ascendente  
 CC<sub>1</sub>, CC<sub>2</sub>, CC<sub>3</sub>, CC<sub>4</sub> e CC<sub>5</sub>: deferentes opções da tecnologia de ciclo completo.  
 FDD<sub>1</sub>: opção da tecnologia de filtração direta descendente-

**Tabela 3. Variáveis e Indicadores Segundo Particularidades dos Resíduos Gerados nas ETAs**

Fator	Variáveis	Indicadores
Particularidades dos resíduos gerados nas ETAs	Tipo de resíduo	Limpeza de floculadores, de filtros, de flotadores, de decantadores e da casa de química.
	Características das vazões dos resíduos gerados nas ETAs até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante
	Qualidade dos resíduos gerados nas ETAs até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante

**Tabela 4. Variáveis e Indicadores Conforme Processos e Operações de Tratamento dos Resíduos**

Fator	Variáveis		Indicadores
Processos e operações de tratamento dos resíduos das ETAs	Objetivo do tratamento dos resíduos		Redução do conteúdo de água no resíduo
			Pré-tratamento para dispor o resíduo
	Processos e operações de tratamento das ETRs	Equalização / regularização	Tanque de equalização regularização com agitação
		Clarificação / adensamento por gravidade	Tanque de clarificação / adensamento por gravidade
Desaguamento		Leito de drenagem	
		Lagoa de lodos	

**Tabela 5 Variáveis e Indicadores Segundo Estações de Tratamento dos Resíduos**

Fator	Variáveis		Indicadores
	ETR	Variações da Tecnologia	
Estações de tratamento dos resíduos	Estações de tratamento dos resíduos gerados nas ETAs de comunidades de pequeno e médio porte	ETR <sub>1</sub>	TCA + DLD
		ETR <sub>2</sub>	DLL
		ETR <sub>3</sub>	TER <sub>alf e/ou dof</sub>
	Teor de sólidos esperados após o tratamento do resíduo nas ETRs	ETR <sub>1</sub>	≥ 30 %
		ETR <sub>2</sub>	≥ 30 %
		ETR <sub>3</sub>	≤ 4 %
	Vazão de operação das ETRs até o horizonte de projeção das ETAs		Constante
Qualidade dos resíduos enviados à ETR até o horizonte de projeção das ETAs		Constante	
Produtos químicos utilizados no tratamento dos resíduos		Nenhum	

DLD: desaguamento por leito de drenagem.

TCA: Tanque de clarificação / adensamento por gravidade.

DLL: desaguamento por lagoa de lodo.

TER<sub>alf e/ou dof</sub>: tanque de equalização / regularização

ETR<sub>1</sub>, ETR<sub>2</sub>, ETR<sub>3</sub>: opções das estações de tratamento dos resíduos.

**Tabela 6. Variáveis e Indicadores Conforme Técnicas de Aproveitamento dos Resíduos**

Fator	Variáveis		Indicadores
Técnicas de aproveitamento dos resíduos	Tecnologias de aproveitamento dos resíduos gerados nas ETAs de comunidades de pequeno e médio porte		Fabricação de tijolo ou bloco cerâmico
			Recuperação de solo agrícola
	Teor de sólidos necessários para aproveitar os resíduos	Fabricação de tijolo ou bloco cerâmico	≥ 30 %
		Recuperação de solo agrícola	≥ 30 %

**Tabela 7. Variáveis e Indicadores Conforme Métodos de Disposição dos Resíduos**

Fator	Variáveis		Indicadores
Métodos de disposição dos resíduos	Técnicas para dispor os resíduos gerados nas ETAs de comunidades de pequeno e médio porte		Aterro Classe II fora da ETA
			Estações de tratamento de esgoto
	Teor de sólidos necessário para dispor os resíduos	Aterro Classe II	≥ 30 %
		Estações de tratamento de esgoto	≤ 4 %
Tipo de rede coletora para encaminhar o resíduo à ETE		Rede de esgoto da comunidade	
Vazão de projeto da ETE (Q <sub>ETE</sub> ) e vazão de resíduos gerados na ETA (Q <sub>RETA</sub> ).		Q <sub>ETE</sub> > Q <sub>RETA</sub>	

**Tabela 8 Variáveis e Indicadores Conforme Métodos de Disposição do Clarificado das ETR**

Fator	Variáveis	Indicadores
Métodos de tratamento, aproveitamento e disposição da água clarificada gerada nas ETRs	ETRs que geram água clarificada	ETR <sub>1</sub> e ETR <sub>2</sub>
	Técnicas de tratamento da água clarificada da ETR <sub>1</sub> e da ETR <sub>2</sub> Métodos de aproveitamento da água clarificada da ETR <sub>1</sub> e da ETR <sub>2</sub>	Não consideradas no MCS
	Técnicas de disposição do clarificado das ETRs, viáveis nas ETAs de comunidades de pequeno e médio porte	Corpo de água Rede pluvial Estações de tratamento de esgoto

**Tabela 9. Variáveis e Indicadores Segundo Transferência da Tecnologia e Legislação**

Fatores	Variáveis	Indicadores
Transferência de tecnologia	Conhecimento das técnicas de tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos das ETAs pelos engenheiros projetistas locais.	Amplio
Legislação	Resolução CONAMA nº 357 (2005); Leis: nº 9433 (1997), nº 9605 (1998), nº 6938 (1981); Normas: NBR 9800 (1987), NBR 10004 (2004), NBR 10005 (2004), NBR 10006 (2004), NBR 10007 (2004), NBR 13896 (1997); NBR 7170 (1983) e NBR 7171 (1992).	Seleção das técnicas de aproveitamento e de disposição dos resíduos conforme legislação federal.

**Tabela 10. Variáveis e Indicadores Segundo Particularidades da Área de Estudo**

Fator	Variáveis	Indicadores
Particularidades da área de estudo	Tipo de comunidade	Pequeno e médio porte
	Acesso à população e à ETA por via terrestre, aérea, marítima e/ou fluvial.	Fácil
	Recursos financeiros	Suficientes
	Desenvolvimento tecnológico para projeto e construção das unidades de tratamento selecionadas pelo modelo.	Excelente
	Disponibilidade de energia elétrica para funcionamento da ETA	Contínua e Suficiente
	Disponibilidade de materiais de construção	Suficiente
	Disponibilidade de pessoal qualificado para operação e manutenção dos componentes da ETA	Suficiente
	Disponibilidade de área para implantação da ETA	Suficiente
	Condições climáticas da região.	Taxa de evaporação igual ou superior à taxa de precipitação
	Estação de tratamento de esgoto – ETE na comunidade.	Disponível
	Aterro Classe II na comunidade.	Disponível
	Distância da ETA até o destino final do resíduo	Perto ( $\leq$ 10 Km)
	Indústria de fabricação de bloco cerâmico e de tijolos na região.	Disponível

## Análise Sistêmica das ETAs, ETRs e Métodos de Aproveitamento e Disposição dos Resíduos

A Figura 1 apresenta as relações dos principais fatores e variáveis de seleção de ETAs, ETRs, técnicas de aproveitamento e métodos de disposição dos resíduos (indicados nas Tabelas 1 a 10), que permitiram a escolha do sistema com maior perspectiva de sustentabilidade. O esquema (a) usualmente é utilizado para explicar a sustentação em projetos de saneamento (GARCÍA *et al.* 2000; GALVIS *et al.*, 1998). Assim, na perspectiva de tratamento de água, devem ser consideradas três dimensões que se entrelaçam: ambiente, tecnologia e comunidade.

O *ambiente* é o entorno no qual a comunidade gerencia seu desenvolvimento, que pode ser visto como oferta hídrica (qualidade e quantidade da água bruta) e disponibilidade de recursos locais (energia, clima, área, matérias para construção, etc.). A *comunidade* são as pessoas alvo do projeto (operadores e mantenedores do sistema), junto às que têm influência indireta (indivíduos que contaminam a fonte de abastecimento). Da relação entre ambiente e comunidade surgem os fatores de risco (presença de metais pesados, microrganismos, substâncias orgânicas, inorgânicas e radiológicas na fonte de abastecimento), fruto dos impactos ambientais das atividades antrópicas. Como resposta aos riscos, a comunidade cria as *tecnologias* que permitem modificá-los e reduzi-los, na busca de gerar água conforme os Padrões de Potabilidade mas, para que as tecnologias sejam eficientes, a comunidade precisa estar motivada para delas apropriar-se (conhecimento da tecnologia e capacidade de projetá-la).

O esquema (a) não garante a sustentação em projetos de abastecimento de água, porque não foram considerados o tratamento, o aproveitamento e a disposição adequada do resíduo gerado pela tecnologia (ETA); pode-se “antecipar” que os resíduos das estações aumentariam os impactos das atividades antrópicas, entrando em um esquema com ciclo sem fim. Neste contexto, os esquemas (b) e (c) surgem com a finalidade de introduzir os fatores inexistentes com objetivo de tentar fechar o circuito. No diagrama (b) são consideradas as características do resíduo, as tecnologias de tratamento e as opções de aproveitamento e de disposição, com suas interações.

Da relação entre resíduo e sua disposição surge o risco, o qual pode ser reduzido pela tecnologia, considerados os parâmetros-alvo do tratamento para seu aproveitamento e/ou disposição adequada no ambiente. Depois, no esquema (c) realizam-se avaliações das “soluções prévias” obtidas em (b), considerando as dimensões ambientais, tecnológicas e culturais e sua influência mútua; o resultado obtido volta para o esquema (a) com maiores probabilidades de sustentação, dentro do contexto político, normativo, institucional, econômico e cultural.

Os diagramas (a), (b) e (c) representam a visão sistêmica da sustentabilidade; neste contexto, a seleção da tecnologia das ETAs não pode separar-se das técnicas de tratamento, aproveitamento e disposição de seus resíduos, fato que durante muito tempo tem sido esquecido. A condição ideal seria optar-se pela escolha de uma ETA que não gere resíduo, mas como isto não é possível; cumpre selecionar aquela que seja eficiente na redução do risco presente na água bruta, conforme legislação e, que produza a menor quantidade de resíduos com facilidades de tratamento, de aproveitamento e de disposição no ambiente.

A Tabela 11 apresenta a seleção de tecnologias de tratamento de água, com enfoque sistêmico do problema. Assim, para cada técnica de ciclo completo (CC<sub>1</sub> a CC<sub>4</sub>), de flotação (FF<sub>1</sub> a FF<sub>2</sub>), de filtração direta (FDA<sub>1</sub>, FDD<sub>1</sub>, DF<sub>1</sub>,) podem ser utilizadas as alternativas de tratamento ETR<sub>1</sub> a ETR<sub>3</sub>; escolher o método de aproveitamento FC ou selecionar as técnicas de disposição ACII e ETE, dependendo da concentração esperada de sólidos. No caso de FiME<sub>1</sub> a FiME<sub>3</sub> as técnicas de tratamento, de aproveitamento e de disposição dos resíduos viáveis são RSA, ETE, ACII e ETR<sub>1</sub> a ETR<sub>3</sub>. A disposição do clarificado, no caso das ETR<sub>1</sub> e ETR<sub>2</sub>, pode ser CA, RP ou ETE.

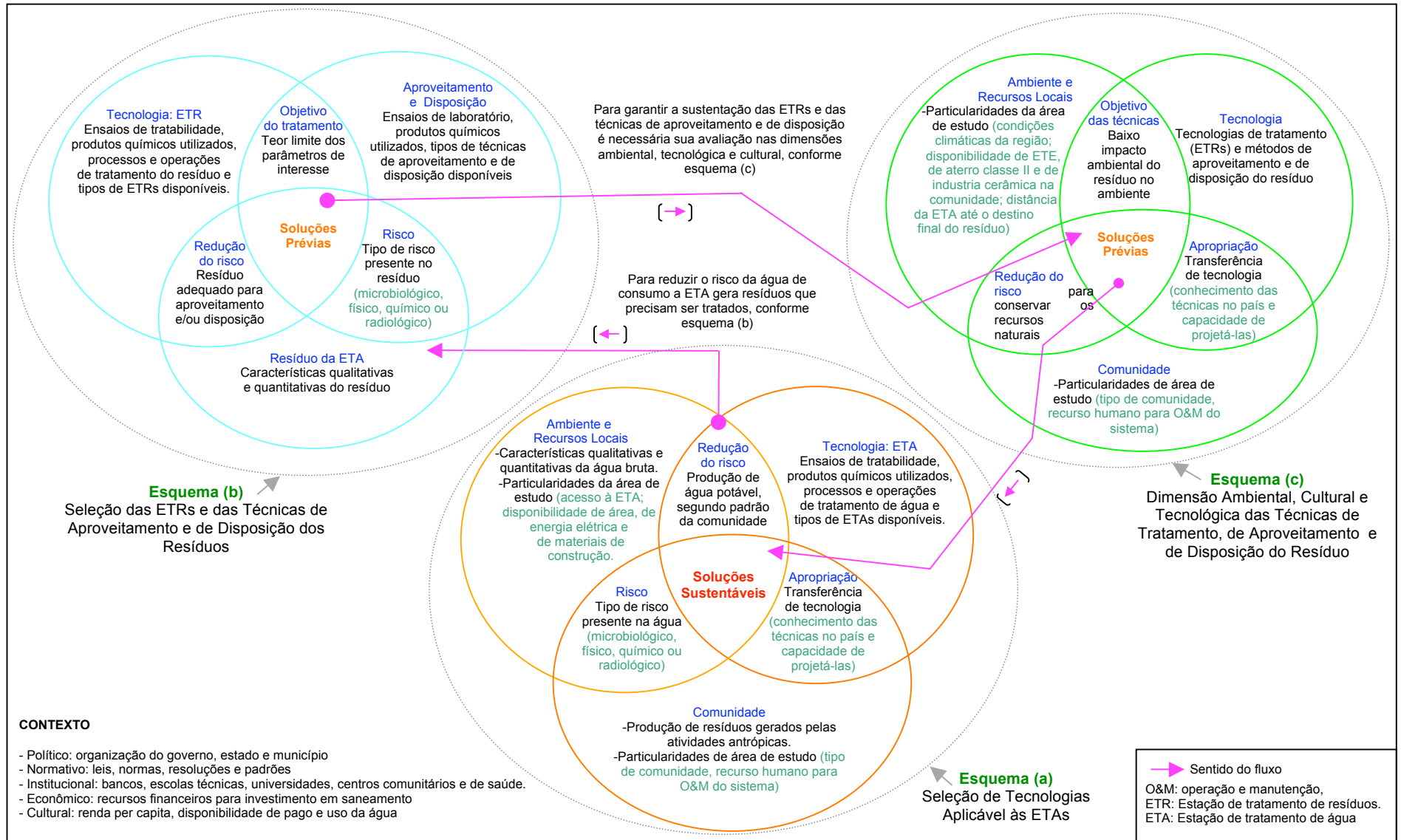


Figura 1. Visão Sistêmica entre Fatores e Variáveis de Seleção das ETAs, ETRs, Métodos de Aproveitamento e de Disposição dos Resíduos



**Tabela 11. Análise Sistêmica das ETAs e das Técnicas de Tratamento, Aproveitamento e Disposição dos Resíduos**

Diferentes Tipos de ETAs	ETR	Técnicas de Aproveitamento do Resíduo	Técnicas de Disposição do Resíduo	Concentração de sólidos esperada no resíduo (%)	Técnicas de Disposição da água clarificada
CC <sub>1</sub> , CC <sub>2</sub> , CC <sub>3</sub> , CC <sub>4</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
FDA <sub>1</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
FDD <sub>1</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
DF <sub>1</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
FF <sub>1</sub> , FF <sub>2</sub> ,	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
FiME <sub>1</sub> , FiME <sub>2</sub> , FiME <sub>3</sub>	ETR <sub>1</sub>	RSA	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>2</sub>	RSA	ACII	≥30	CA; ETE; RP
	ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)

CC<sub>1</sub>, CC<sub>2</sub>, CC<sub>3</sub>, CC<sub>4</sub>: diferentes opções da tecnologia de ciclo completo

FDA<sub>1</sub>: tecnologia de filtração direta ascendente

FDD<sub>1</sub>: opção da tecnologia de filtração direta descendente

DF<sub>1</sub>: opção da tecnologia de dupla filtração

FF<sub>1</sub>, FF<sub>2</sub>: diferentes opções da tecnologia de floto-filtração

ACII: disposição em aterro Classe II

RP: disposição rede pluvial

RSA: recuperação de solo agrícola.

FC: fabricação de tijolo ou bloco cerâmico

(-): não se aplica

ETE: estação de tratamento de esgoto

CA: disposição corpo de água

FiME<sub>1</sub>, FiME<sub>2</sub>, FiME<sub>3</sub>: diferentes opções da tecnologia de filtração em múltiplas etapas

ETR<sub>1</sub>, ETR<sub>2</sub>, ETR<sub>3</sub>: diferentes opções da estação de tratamento do resíduo

### Modelo Conceitual de Seleção

A interação entre os fatores, as variáveis e os indicadores permitiram a estruturação do MCS. As Figuras 2 a 3 mostram o modelo, composto por sete sub-níveis, os quais progressivamente selecionam as ETAs com suas ETRs (considerando o aproveitamento e a disposição dos resíduos) com maiores probabilidades de sustentabilidade. A seguir são apresentados os dados de entrada (F), os critérios (A), procedimentos (B) e seleções (S) necessárias para aplicar o modelo.

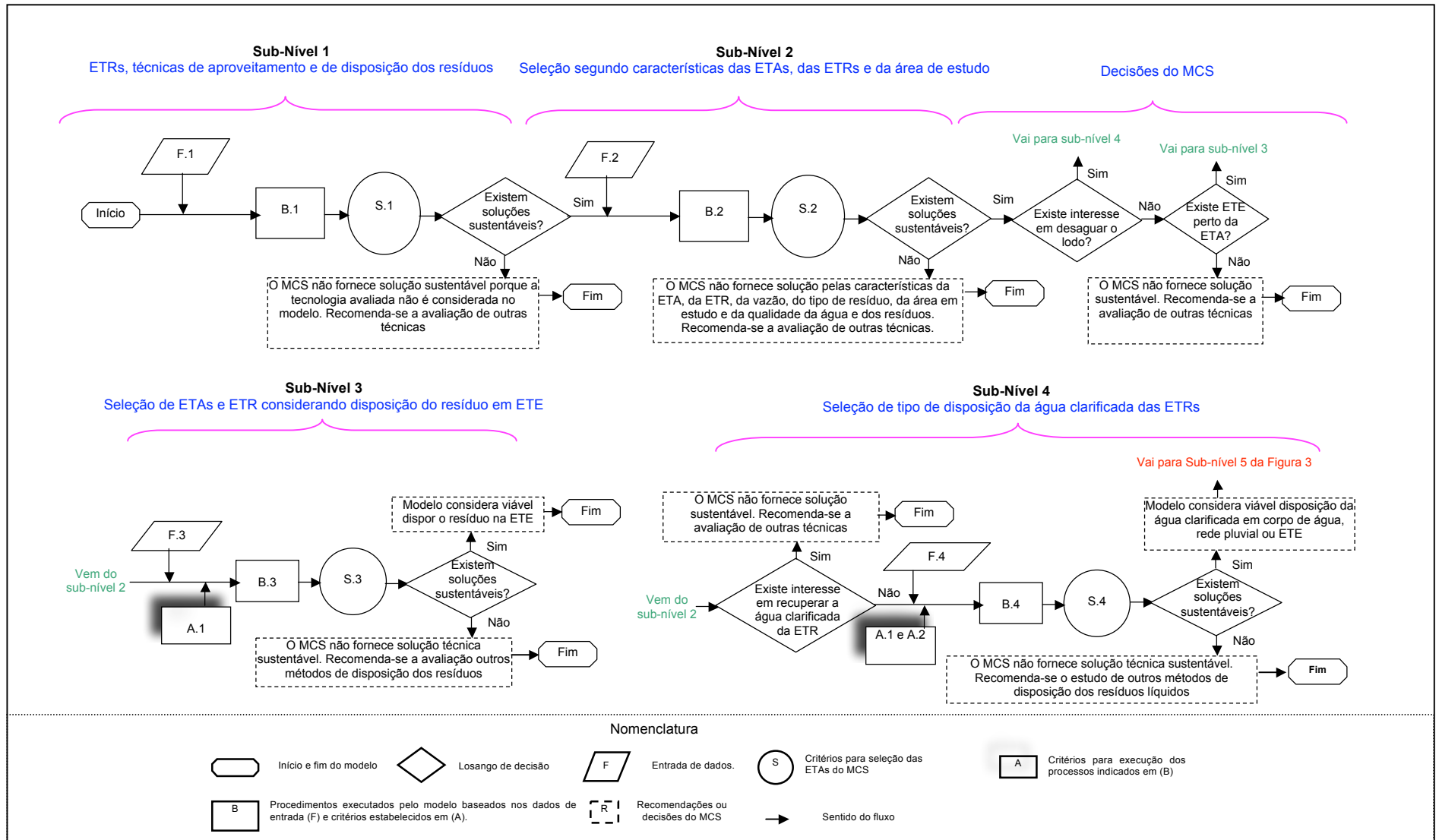


Figura 2. Diagrama de Blocos do Modelo Conceitual de Seleção das Técnicas de Tratamento, Aproveitamento e Disposição dos Resíduos até o Sub-Nível 4

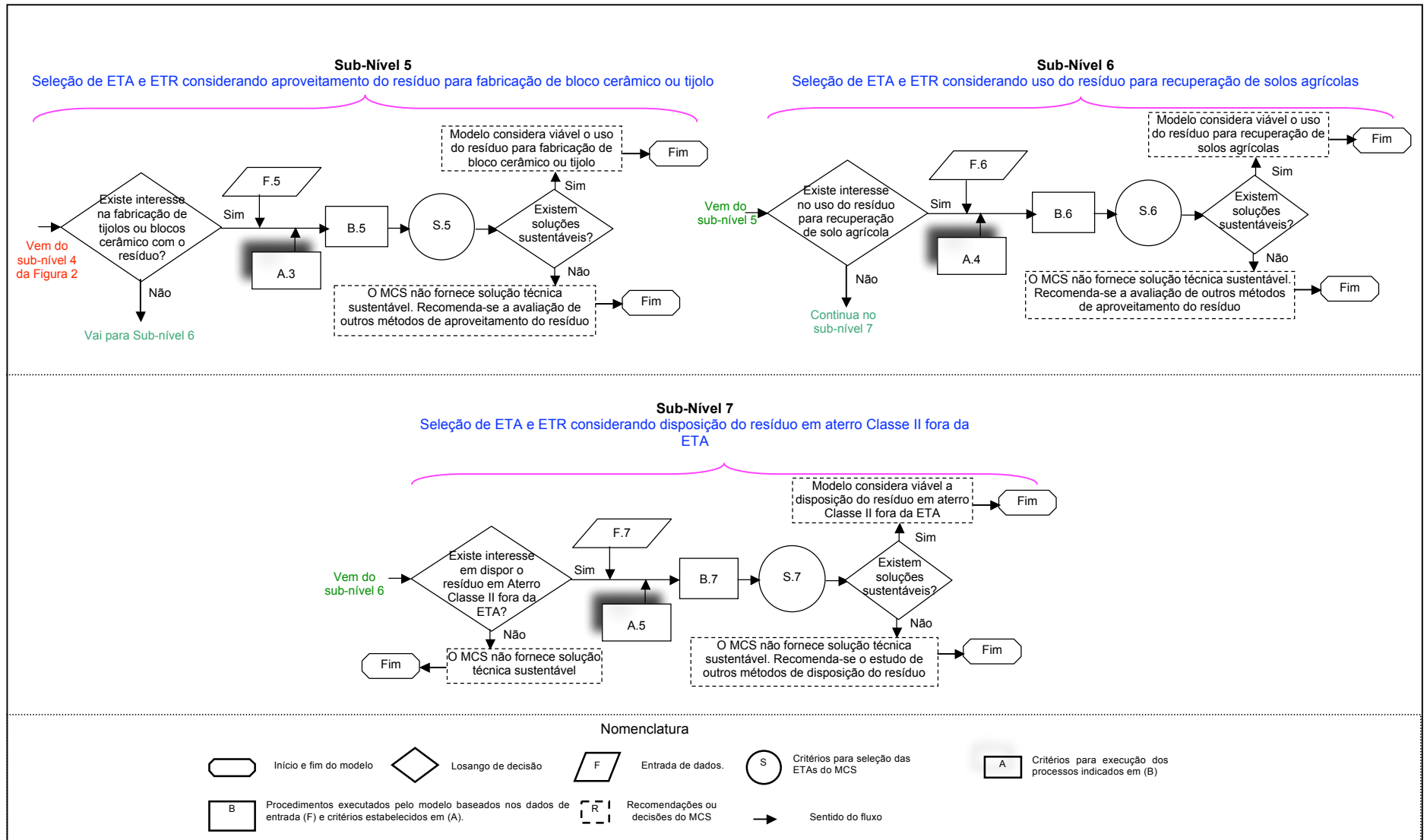


Figura 3. Diagrama de Blocos do Modelo Conceitual de Seleção das Técnicas de Tratamento, Aproveitamento e Disposição dos Resíduos até Sub-Nível 7

## **Formatos de Entrada de Dados (F), Critérios (A), Procedimentos (B), Seleções (S)**

### **Atividades F**

#### **F.1 Informações Segundo ETRs, Técnicas de Aproveitamento e de Disposição dos Resíduos**

- Indique as técnicas de tratamento dos resíduos a serem avaliadas pelo MCS:

- Tanque de equalização / regularização                       Leito de drenagem  
 Lagoa de lodo                                                               Outra, qual: \_\_\_\_\_  
 Tanque de clarificação / adensamento por gravidade

- Indique os métodos de aproveitamento dos resíduos a serem estudados pelo MCS:

- Fabricação de bloco cerâmico ou tijolo                       Recuperação de solo agrícola  
 Outra, qual: \_\_\_\_\_

- Indique as técnicas de disposição dos resíduos a serem avaliadas pelo MCS:

- Aterro classe II                                                               Estação de tratamento de esgoto  
 Outra, qual: \_\_\_\_\_

- Indique as técnicas de disposição da água clarificada obtida nas ETRs a serem analisadas pelo MCS:

- Corpo de água ou rede pluvial                                       Estação de tratamento de esgoto  
 Outra, qual: \_\_\_\_\_

#### **F.2 Informações Conforme Características das ETAs, das ETEs e da Área de Estudo**

- Indique o tipo de ETA a ser estudada pelo MCS:               Existente                       Fase de Projeto
- Indique o tipo de ETR a ser avaliada pelo MCS:               Existente                       Fase de Projeto
- A vazão de operação da ETA pode ser considerada:       Constante                       Variável
- A qualidade da água afluyente à ETA pode ser considerada:  Constante                       Variável
- A vazão de operação dos resíduos da ETR pode ser considerada:  Constante                       Variável
- A qualidade do resíduo afluyente à ETR pode ser considerada:  Constante                       Variável
- O resíduo avaliado pelo MCS é proveniente de:

- Limpeza de floculadores       Lavagem de filtros                       Limpeza de decantadores  
 Lavagem de flotadores       Limpeza da casa de química       outro, indique: \_\_\_\_\_

- As características da área de estudo se adequam aos requisitos de domínio do modelo indicadas nas Tabela 10?

- Sim       Não

#### **F.3 Informações para Dispor os Resíduos das ETAs em ETEs**

- Existe ETE na região?                       Sim       Não

- Indique o tipo de tratamento na ETE:

- Físico-químico                       Biológico                       Outro, qual: \_\_\_\_\_

- Indique o tipo de tipo de coagulante utilizado na ETA:

Sulfato de alumínio líquido     Cloreto férrico     Outro, qual: \_\_\_\_\_

- Indique o teor esperado de sólidos do resíduo tratado:     < 4%     ≥ 4%

- As características físico-químicas do resíduo estão de acordo com a Norma NBR 9800 (1987)?

Sim     Não

- Apresente o estudo estatístico dos dados de vazão de operação da ETE (m<sup>3</sup>/s) e da vazão dos resíduos da ETA (m<sup>3</sup>/s) nos últimos anos, indicando qual das duas condições sempre se cumpre:

$Q_{ETE} > Q_{RETA}$       $Q_{ETE} \leq Q_{RETA}$

- O resíduo vai ser encaminhado na rede coletora de esgoto da comunidade?     Sim     Não

#### F.4 Informação Para Dispor a Água Clarificada da ETR

- As características qualitativas e quantitativas do resíduo atendem às disposições das Leis n° 9.433 (1997), n° 9.605 (1998) e n° 6.938 (1981), resolução CONAMA n° 357 (2005) e norma NBR 9800 (1987) para despejos líquidos em corpo de água ou em rede coletora de esgoto?

Sim     Não

- A ETA tem autorização das autoridades competentes para dispor a água clarificada da ETR em corpos de água, rede de esgoto ou rede pluvial ?

Sim     Não

#### F.5 Informação para Uso do Resíduo da ETA na Fabricação de Blocos Cerâmicos ou Tijolos.

- Indique o teor de sólidos esperado do resíduo tratado:     < 30%     ≥ 30%

- O lodo da ETA apresenta risco ambiental, conforme NBR 10004 (2004), NBR 10005 (2004) e NBR 10006 (2004)?

Sim     Não

- Os testes de perda ao fogo, de difração por Raios-X, de análise química do lodo e outros estabelecidos nas Normas da ABNT, indicam que o resíduo da ETA apresenta características de argila?

Sim     Não

- A mistura de argila e do resíduo de ETA satisfaz as disposições das NBR 7171 (1992) ou NBR 7170 (1983)?

Sim     Não

- Existe areia, cal ou carvão ativado ou alta concentração de matéria orgânica no resíduo da ETA?

Sim     Não

- Distância até o local de aproveitamento do resíduo:

Perto da ETA (≤ 10 Km)     Longe da ETA (> 10 Km)

## F.6 Informação para Uso do Resíduo da ETA na Recuperação de Solos Agrícolas

- Indique o teor de sólidos esperado do resíduo tratado:  < 30%     ≥ 30%
- Distância até o local de aproveitamento do resíduo:
  - Perto da ETA (≤ 10 Km)                       Longe da ETA (> 10 Km)
- Existe autorização das autoridades locais para dispor o resíduo da ETA nas lavouras?
  - Sim     Não

## F.7 Informação para Dispor o Resíduo em Aterro Fora da ETA

- Ao realizar os testes estabelecidos nas NBR 10005 (2004) e NBR 10006 (2004), a classificação do resíduo, conforme NBR 10004 (2004), foi:
  - Resíduo Classe I – Perigoso                       Resíduo Classe II – Não perigoso
- Existe aterro Classe II na região?     Sim                       Não
- Distância até o aterro classe II:                       ≤ 500 m     > 500 m
- Teor esperado de sólidos do resíduo tratado:  < 30%     ≥ 30%

## **Atividades A**

### A.1 Critérios para Disposição dos Resíduos da ETA na ETE

Itens da Norma NBR 9800 (1987) serão apresentadas a seguir, considerando sua aplicação aos resíduos das ETAs, embora se recomende ao engenheiro projetista o estudo completo da regulamentação utilizada.

Normas da ABNT proibem o lançamento no sistema coletor público de esgoto sanitário, de:

- Substâncias que, em razão de sua qualidade ou quantidade, são capazes de causar incêndio ou explosão ou, que de qualquer outra maneira, podem prejudicar a operação e manutenção de sistemas de esgoto;
- Substâncias que, por si ou por interação com outros despejos, causem prejuízo público, apresentem risco à vida ou prejudiquem a operação e manutenção de sistemas de esgoto
- Substâncias tóxicas, em quantidades que interfiram em processos biológicos de tratamento de esgoto, se existirem, ou que causem danos ao corpo receptor;
- Matérias que causem obstrução na rede coletora ou que exerçam interferência na própria operação do sistema de esgoto; por exemplo, cinzas, areia, metais, vidro, madeira, pano, lixo, asfalto, cera e estopa.

Os valores limites dos parâmetros básicos dos efluentes líquidos industriais –para serem lançados ao sistema coletor público de esgoto sanitário, dotado ou não de tratamento – devem obedecer às legislações federais, estadual e municipal em vigor, tendo em vista a compatibilização desses efluentes às características do sistema e/ou corpo receptor.

A Tabela A.1 sugere os valores limites dos parâmetros básicos a serem detectados nos efluentes líquidos industriais, para poderem ser lançados aos sistemas coletores públicos de esgoto sanitário dotado de tratamento adequado. De acordo com a Norma NBR 9800 (1987), refere-se ao tratamento que, a critério do órgão controlador, atenda às finalidades pretendidas em termos de remoção de poluentes.

**Tabela A.1. Valor Limite do Efluente Lançamento no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário Dotado de Tratamento Adequado (NBR 9800, 1987).**

Parâmetro	Unidade	Valores máximos permissíveis, exceto para pH
pH	Unidade de pH	6 a 10
Temperatura	°C	40
Sólidos Sedimentáveis em Cone Imhoff 1 hora	mL/L	20
Óleos e graxas	mg/L	100
Regime de lançamento	L/s	1,5 Q <small>média horária</small>
Arsênio total	mg/L	1,5
Cádmio total	mg/L	0,1
Chumbo total	mg/L	1,5
Cianeto total	mg/L	0,2
Cobre total	mg/L	1,5
Cromo hexavalente	mg/L	0,5
Cromo total	mg/L	5,0
Surfactantes (MBAS)	mg/L	5,0
Estanho total	mg/L	4,0
Fenol	mg/L	5,0
Ferro solúvel (Fe <sup>+2</sup> )	mg/L	15,0
Fluoreto	mg/L	10,0
Mercurio total	mg/L	0,01
Níquel total	mg/L	2,0
Prata total	mg/L	1,5
Selênio total	mg/L	1,5
Sulfato	mg/L	1000
Sulfeto	mg/L	1,0
Zinco total	mg/L	0,5

Obs: os valores podem ser alterados pelo órgão controlador.

Segundo a NBR 9800 (1987), a vazão, a carga orgânica e o resíduo não inflamável total dos efluentes industriais líquidos, a serem lançados no sistema coletor público, dotado de tratamento adequado, ficam condicionados à capacidade; cabe ao órgão operador a definição destes parâmetros.

#### A.2 Critérios para Disposição do Clarificado em Corpo de Água, Rede Pluvial ou Rede Coletora de Esgoto.

A seleção da alternativa de disposição do clarificado deve satisfazer as Leis nº 9.433 (1997), nº 9.605 (1998) e nº 6.938 (1981), resolução CONAMA nº 357 (2005) para despejo em corpo de água ou rede pluvial, sempre que a companhia de saneamento possua permissão para essa atividade.

No caso da disposição do clarificado na rede coletora de esgoto, devem ser atendidos os requerimentos da NBR 9800 (1987), conforme item A.1.

#### A.3 Regulamentação para Fabricação de Bloco Cerâmico ou Tijolo

Itens das normas da ABNT serão apresentados a seguir, considerando sua aplicação aos lodos das ETAs, embora se recomende, ao engenheiro projetista, estudo completo da regulamentação existente.

Os resíduos das ETAs, de início, devem ser submetidos aos ensaios estabelecidos em: NBR 10004 (2004); NBR 10005 (2004) e NBR 10006 (2004), para avaliação de risco ambiental. Depois, o lodo da ETA, a argila e a mistura (lodo + argila), precisam ser avaliados de acordo com as disposições estabelecidas em NBR 7170 (1983) ou NBR 7171 (1992), junto com suas normas complementares.

Testes padronizados para determinação da composição química, perda ao fogo e difração por Raios X do resíduo, da argila e a mistura, também devem ser analisadas.

#### A.4 Regulamentação para Dispor o Resíduo na Recuperação de Solos Agrícolas

A aplicação direta de lodos de ETA no solo, se desejável, para benefício agrícola deve ser claramente demonstrada através de ensaios específicos. Nesse caso é necessária a obtenção de uma permissão especial pelas autoridades competentes.

#### A.5 Critérios para Disposição dos Resíduos em Aterros Classe II

As normas NBR 10004 (2004), NBR 10005 (2004), NBR 10006 (2004) e NBR 10007 (2004) e NBR 13896 (1997), com suas complementares, devem ser consultadas pelo engenheiro projetista, com o intuito de avaliar a compatibilidade do resíduo a ser encaminhado em aterro Classe II.

### **Atividades B**

#### B.1 Procedimentos Segundo Tipo de ETR, Técnicas de Aproveitamento e Métodos de Disposição do Resíduo.

O MCS somente considera sustentáveis as ETRs, as técnicas de aproveitamento e os métodos de disposição Indicados nas Tabelas 4 a 7.

#### B.2 Procedimentos Conforme Características das ETAs, das ETEs e da Área de Estudo

A seleção das técnicas deve atender às restrições estabelecidas na Tabelas 1, 3 e 10.

#### B.3 Procedimentos para Dispor os Resíduos da ETA na ETE

Considerando a ETA como indústria, a NBR 9800 (1987) pode ser aplicada ao lançamento dos resíduos na rede coletora de esgoto; assim, os valores permitidos a serem detectados devem enquadrar-se nas disposições da referida norma. A seleção das técnicas deve atender às restrições estabelecidas nas Tabelas 7 e 10.

#### B.4 Procedimentos para Dispor a Água Clarificada das ETRs

A escolha da tecnologia deve atender aos requerimentos indicados nas Tabelas 8 e 9 .

#### B.5 Procedimentos para Aproveitamento do Lodo da ETA na Fabricação de Bloco Cerâmico ou Tijolo.

A seleção das técnicas deve atender às restrições estabelecidas nas Tabelas 6 e 9.

#### B.6 Procedimentos para Uso do Resíduo da ETA na Recuperação de Solos Agrícolas.

No Brasil, não existem leis federais que regulamentem a disposição de lodos na recuperação de solos agrícolas, com o intuito de estabelecer padrões, requisitos e procedimentos para o uso de lodo nas lavouras, evitando riscos e visando benefícios ao ambiente, à saúde pública e à agricultura.

A escolha da tecnologia deve atender os requerimentos da Tabela 6.



## B.7 Procedimentos para Dispor os Resíduos em Aterro Classe II

A seleção da técnica deve atender os requerimentos das Tabelas 7 e 9.

### **Atividades S**

#### S.1 Seleção Segundo ETRs, Técnicas de Aproveitamento e de Disposição dos Resíduos

Variáveis	Indicadores	Tecnologias Sustentáveis
Tipo de ETR	- Tanque de equalização / regularização - Tanque de clarificação / adensamento por gravidade - Lagoa de lodo - Leito de drenagem	ETR <sub>1</sub> a ETR <sub>3</sub>
	Outra	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque a tecnologia avaliada não é considerada pelo MCS.
Tipo de Técnica de aproveitamento do resíduo	Fabricação de bloco cerâmico ou tijolo Recuperação de solo agrícola	FC, RSA
	Outra	Não existem soluções sustentáveis, porque a técnica analisada não é considerada pelo MCS.
Método de disposição do resíduo	Aterro classe II Estação de tratamento de esgoto	ACII, ETE
	Outra	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o método avaliado não é considerado pelo MCS.
Métodos de disposição da água clarificada das ETRs	Corpo de água Estação de tratamento de esgoto Rede pluvial	CA, ETE, RP
	Outra	Não existem soluções sustentáveis, porque a técnica analisada não é considerada pelo MCS.

ETR<sub>1</sub>, ETR<sub>2</sub>, ETR<sub>3</sub>: diferentes opções da estação de tratamento do resíduo

FC: fabricação de tijolo ou bloco cerâmico

RSA: recuperação de solo agrícola.

ACII: disposição em aterro Classe II

ETE: estação de tratamento de esgoto

CA: disposição em corpo de água

RP: disposição rede

S.1 Seleção Segundo ETRs, Técnicas de Aproveitamento e de Disposição dos Resíduos (Continuação)

	Indicadores	Tecnologias Sustentáveis Combinando ETAs, ETRs e Técnicas de Tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos				
		ETR	Técnicas de Aproveitamento do Resíduo	Técnicas de Disposição do Resíduo	Concentração de sólidos esperada no resíduo (%)	Técnicas de Disposição da água clarificada
Tecnologias	CC <sub>1</sub> , CC <sub>2</sub> , CC <sub>3</sub> , CC <sub>4</sub> ,	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
	FDA <sub>1</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
	FDD <sub>1</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
	DF <sub>1</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
	FF <sub>1</sub> , FF <sub>2</sub>	ETR <sub>1</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>2</sub>	FC	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)
	FiME <sub>1</sub> , FiME <sub>2</sub> , FiME <sub>3</sub>	ETR <sub>1</sub>	RSA	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>2</sub>	RSA	ACII	≥30	CA; ETE;RP
		ETR <sub>3</sub>	(-)	ETE	≤ 4	(-)

CC<sub>1</sub>, CC<sub>2</sub>, CC<sub>3</sub>, CC<sub>4</sub>.: diferentes opções da tecnologia de ciclo completo

FDA<sub>1</sub>: tecnologia de filtração direta ascendente

FDD<sub>1</sub>.: opção da tecnologia de filtração direta descendente

DF<sub>1</sub>.: opção da tecnologia de dupla filtração

FF<sub>1</sub>, FF<sub>2</sub>.: diferentes opções da tecnologia de floto-filtração

FiME<sub>1</sub>, FiME<sub>2</sub>, FiME<sub>3</sub>.: diferentes opções da tecnologia de filtração em múltiplas etapas

ETR<sub>1</sub>, ETR<sub>2</sub>, ETR<sub>3</sub>.: diferentes opções da estação de tratamento do resíduo

DLD: desaguamento por leito de drenagem

DLL: desaguamento por lagoa de lodo.

TER<sub>alf e/ou dof</sub>: tanque de equalização/regularização

RP: disposição rede pluvial

FC: fabricação de tijolo ou bloco cerâmico

ACII: disposição em aterro Classe II

ETE: estação de tratamento de esgoto

RSA: recuperação de solo agrícola.

CA: disposição em corpo de água

(-): não se aplica

## S.2 Seleção Conforme Características das ETAs, das ETEs e da Área de Estudo

Variável	Indicador	Tecnologias sustentáveis (ETAs e ETRs)
Categoria das ETAs	Fase de Projeto	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> , FDD <sub>1</sub> , FDA <sub>1</sub> , DF <sub>1</sub> , FF <sub>1</sub> a FF <sub>2</sub> , FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Existente	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS somente considera ETAs em fase de projeto (novas).
Categoria das ETRs	Fase de Projeto	ETR <sub>1</sub> a ETR <sub>3</sub>
	Existente	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS somente considera ETRs em fase de projeto (novas).
Vazão de operação das ETAs até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> , FDD <sub>1</sub> , FDA <sub>1</sub> , DF <sub>1</sub> , FF <sub>1</sub> a FF <sub>2</sub> , FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Variável	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS somente considera vazão de operação constante nas ETAs.
Qualidade da água afluente às ETAs até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> , FDD <sub>1</sub> , FDA <sub>1</sub> , DF <sub>1</sub> , FF <sub>1</sub> a FF <sub>2</sub> , FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Variável	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS somente considera qualidade da água afluente às ETAs constante.
Vazão de operação das ETRs, até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante	ETR <sub>1</sub> a ETR <sub>3</sub>
	Variável	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS somente considera vazão de operação das ETRs constante.
Qualidade dos resíduos afluentes às ETRs, até o horizonte de projeção dos sistemas	Constante	ETR <sub>1</sub> a ETR <sub>3</sub>
	Variável	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS somente considera qualidade do resíduo afluente às ETRs constante.
Tipo de resíduo	Limpeza de flocluladores, de filtros, de decantadores, de flutadores e da casa de química	ETR <sub>1</sub> a ETR <sub>3</sub>
	Outras opções	Não existem soluções técnicas sustentáveis, porque o MCS não considera outro tipo de resíduo gerado nas ETAs.
As características da área de estudo estão conforme os requisitos de domínio do MCS?	Sim	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> , FDD <sub>1</sub> , FDA <sub>1</sub> , DF <sub>1</sub> , FF <sub>1</sub> a FF <sub>2</sub> , FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub> , ETR <sub>1</sub> a ETR <sub>3</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis

Obs: Os resultados da seleção das ETAs e das ETRs devem ser compatíveis com S.1

### S.3 Seleção de ETA e de ETR quando o Resíduo é Disposto em ETE

Variável	Indicador	Tecnologias sustentáveis
Seleção de ETA		
Existe ETE na localidade	Sim	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo.
O resíduo vai ser encaminhado pela rede coletora de esgoto da comunidade?	Sim	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo.
Vazão de operação da ETE –Q <sub>ETE</sub> Vs Vazão do resíduo da ETA –Q <sub>RETA</sub>	Q <sub>ETE</sub> > Q <sub>RETA</sub>	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Q <sub>ETE</sub> ≤ Q <sub>RETA</sub>	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo.
Tipo de coagulante utilizado	Sulfato de alumínio ou cloreto férrico	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Outro	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo ou mudança do coagulante.
Coagulante utilizado na ETA, quando o resíduo é encaminhado a ETE com tratamento físico-químico	Sulfato de alumínio ou cloreto férrico	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
Coagulante utilizado na ETA, quando o resíduo é encaminhado a ETE com tratamento biológico	Sulfato de alumínio	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo ou mudança do coagulante.
	Cloreto férrico	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
Seleção de ETR		
Concentração esperada de sólidos do resíduo tratado	<4	ETR <sub>3</sub>
	≥ 4	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo.
As características do resíduo estão de acordo com a norma NBR 9800 (1997)?	Sim	ETR <sub>3</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo.
Obs: Os resultados da ETA e da ETR devem ser compatíveis com S.1		

#### S.4 Seleção de Disposição da Água Clarificada das ETRs

Variável	Indicador	Tecnologias sustentáveis
As características qualitativas e quantitativas do resíduo atendem às disposições das Leis nº 9.433 (1997), nº 9.605 (1998) e nº 6.938 (1981) e do CONAMA nº 357 (2005) para dispor o resíduo?	Sim <sup>8</sup>	CA, RP
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos disposição dos resíduos líquidos.
As características qualitativas e quantitativas do resíduo atendem às disposições do CONAMA nº 357 (2005) e norma NBR 9800 (1987) para ser disposto em rede de esgoto e depois tratado na ETE?	Sim	ETE
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos disposição dos resíduos líquidos

Obs: Os resultados da ETA e da ETR devem ser compatíveis com S.1

#### S.5 Seleção de ETA e ETR Considerando Aproveitamento do Resíduo para Fabricação de Bloco Cerâmico ou Tijolo

Variável	Indicador	Tecnologias sustentáveis
Seleção de ETA		
O lodo da ETA apresenta risco ambiental, conforme as normas NBR 10004 (2004), NBR 10005 (2004) e NBR 10006 (2004)?	Sim	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
	Não	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub>
Os testes de perda ao fogo, de difração por Raios-X, de análise química do lodo e, outros indicados nas Normas da ABNT, mostram que o resíduo da ETA apresenta características de argila?	Sim	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
A mistura de argila e resíduo de ETA satisfaz os lineamentos das normas NBR 7171 (1992) ou NBR 7170 (1983)?	Sim	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
Existe areia, cal ou carvão ativado ou alta concentração de matéria orgânica no resíduo da ETA?	Sim	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
	Não	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub>
Distância da ETA até o local de disposição	Perto (≤10 Km)	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub>
	Longe (>10 Km)	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
Seleção de ETR		
Concentração esperada de sólidos do resíduo tratado?	< 30	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomenda-se o uso de desaguamento e secagem do resíduo.
	≥ 30	ETR <sub>1</sub> e ETR <sub>2</sub>

Obs: Os resultados da ETA e da ETR devem ser compatíveis com S.1

<sup>8</sup> O MCS assume que a ETA tem permissão do órgão ambiental competente para dispor o resíduo em corpo de água ou rede pluvial. Isto deve ser verificado pelo projetista do sistema.

### S.6 Seleção de ETA e ETR Considerado Uso do Resíduo para Recuperação de Solos Agrícolas.

Variável	Indicador	Tecnologias sustentáveis
Seleção de ETA		
Distância da ETA até o local de disposição	Perto ( $\leq 10$ Km)	FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Longe ( $> 10$ Km)	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
Existe permissão das autoridades locais para dispor o resíduo da ETA em cultivos?	Sim	FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de aproveitamento do resíduo.
Seleção de ETR		
Concentração esperada de sólidos	$< 30$	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomenda-se o uso de desaguamento e secagem do resíduo.
	$\geq 30$	ETR <sub>1</sub> e ETR <sub>2</sub>

Obs: Os resultados da ETA e da ETR devem ser compatíveis com S.1

### S.7 Seleção de ETA e ETR, quando o Resíduo é encaminhado para Aterro Classe II A, fora da ETA

Variável	Indicador	Tecnologias sustentáveis
Seleção de ETA		
Classificação do Resíduo	Classe I Perigoso	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomenda-se que o projetista da ETA avalie o risco da fonte de abastecimento com o intuito de estudar as causas que levaram à classificação do resíduo como perigoso.
	Classe II	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
Existe Aterro Classe II na Região?	Sim	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
	Não	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomendam-se outros métodos de disposição do resíduo.
Distância da ETA até o aterro	$\leq 500$ m	Não existem soluções técnicas sustentáveis, considerando que a NBR 13896/97 que recomenda uma distância superior a 500 m.
	$> 500$ m	CC <sub>1</sub> a CC <sub>4</sub> ; FDD <sub>1</sub> ; FDA <sub>1</sub> ; DF <sub>1</sub> ; FF <sub>1</sub> e FF <sub>2</sub> ; FiME <sub>1</sub> a FiME <sub>3</sub>
Seleção de ETR		
Concentração esperada de sólidos	$< 30\%$	Não existem soluções técnicas sustentáveis. Recomenda-se o uso de desaguamento e secagem do resíduo.
	$\geq 30\%$	ETR <sub>1</sub> e ETR <sub>2</sub>

Obs: Os resultados da ETA e da ETR devem ser compatíveis com S.1

## CONCLUSÕES

Estabelece-se que a seleção de tecnologia para tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos, não deve ser avaliada de forma independente à empregada nas ETAs. A escolha da técnica de tratamento deve ser analisada do ponto de vista sistêmico, considerando que o grau de tratamento do lodo da estação depende, diretamente, do método de aproveitamento e de disposição dos resíduos e da qualidade desejada para a parcela líquida a ser re-circulada no início da ETA (se esta possibilidade for considerada).

A aplicabilidade do MCS está restrita às ETAs que cumpram todos os requisitos de domínio estabelecidos. No entanto, esses requisitos não eliminam a responsabilidade do engenheiro projetista em avaliar outras técnicas de tratamento, de aproveitamento e de disposição dos resíduos, não consideradas pelo modelo.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo de doutorado.

## **REFERÊNCIAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. NBR 9800. Abril de 1987.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos Sólidos – Classificação. NBR 10004. Maio de 2004.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Procedimento para Obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos. NBR 10005. Maio de 2004.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos. NBR 10006. Maio de 2004.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de Resíduos Sólidos. NBR 10007. Maio de 2004.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação - Procedimento NBR 13896. Junho de 1997
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Bloco Cerâmico para Alvenaria. NBR 7171. Novembro de 1992
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria. NBR 7170. Junho de 1983
9. CINARA (2001). Modelo Conceptual Para la Selección de Tecnología en Sistemas de potabilización de Agua. Proyecto de Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua. Cali. Colombia.
10. GALVIS, A., VARGAS, V. (1998b). Modelo de selección de tecnología en tratamiento de agua para consumo humano, presentado en el Congreso Internacional sobre Agua y Sostenibilidad AGUA-98. Santiago de Cali Colombia.
11. GARCÍA, V. M; GALVIS G (2000). Sostenibilidad en Proyectos de Abastecimiento de Agua Seminario Taller Selección de Tecnología para el Mejoramiento de la Calidad de Agua. Octubre. Cali, Colombia.
12. IBGE (2002). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro. Brasil. 397.p.
13. LEI N° 6.938 de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasil.
14. LEI N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasil.
15. LEI N° 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. Brasil.
16. RESOLUÇÃO CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005.