

**ESTUDO DA APLICABILIDADE DE INDICADORES PARA GESTÃO DE
RESÍDUOS GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

*Study of the applicability of indicators to management of wastes from water treatment
plants*

*Estudio de la aplicabilidad de los indicadores para la gestión de los residuos generados por
las plantas de tratamiento de aguas*

Maira Neves do Vale

Graduanda em Engenharia Civil, UFSCar, Brasil
maira-neves@hotmail.com

Cali Laguna Achon

Professora Doutora do Departamento de Engenharia Civil, UFSCar, Brasil
caliachon@ufscar.br

**RESUMO**

Esta pesquisa tem por objetivo verificar a aplicabilidade de um compilado de indicadores propostos, a partir da literatura, para auxiliar a gestão de resíduos gerados durante o processo de tratamento de água (lodo e água de lavagem de filtros), conforme preconizado pela NBR ISO 24512:2012. Para tanto, propôs-se um modelo de formulário para facilitar a coleta de dados e prover variáveis de entrada à planilha eletrônica elaborada. Ambos foram posteriormente aplicados em uma Estação de Tratamento de Água localizada no Estado de São Paulo. Os resultados demonstraram que a principal dificuldade para implantação dos indicadores encontra-se na aquisição de dados, visto que a ETA analisada, a exemplo da maioria (ACHON & CORDEIRO, 2015), não dimensiona a quantidade de resíduos gerados. A indisponibilidade de dados referentes à quantificação e caracterização dos resíduos gerados reflete a incipiência da gestão. Além disso, notou-se que é difícil determinar uma amostra que seja representativa da concentração de sólidos no lodo bruto gerado no processo, visto que a mesma pode variar consideravelmente. Mais uma vez isto esbarra de forma indissociável na gestão dos resíduos. Para obtenção das variáveis necessárias, é imprescindível a conscientização sobre a importância de sua confiabilidade e exatidão, para que os indicadores possam ser utilizados como instrumentos de gestão e tomada de decisão. Uma vez dados os passos necessários à aplicação dos indicadores, pode-se simplificar o processo de gestão, que de outro modo seria mais complexo e até intangível.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores. Resíduos de ETA. NBR ISO 24512:2012.

ABSTRACT

This research aims to verify the applicability of a set of proposed indicators from the literature to assist the management of wastes from water treatment process (sludge and filter backwash water), as recommended by NBR ISO 24512:2012. Therefore, it was proposed a data collection form in order to provide input variables to the spreadsheet developed. Both were later applied in a water treatment plant in the state of São Paulo. The results showed that the main difficulty for the implementation of indicators is the data acquisition, since the analyzed ETA like most of them (ACHON & CORDEIRO, 2015) does not scale the amount of waste generated. The unavailability of data on the quantification and characterization of waste reflects the paucity of management. Furthermore, it was noticed that it is difficult to determine a sample which is representative of the concentration of solids in the sludge generated in the process, since it can vary considerably. Once again this coming up inseparably in waste management. Awareness of the importance of its reliability and accuracy is essential to obtain the necessary variables, so that the indicators can be used as management tools and decision-making. Once the steps required for the implementation of the indicators are taken, we can simplify the management process, which otherwise would be more complex and even intangible.

KEYWORDS: Indicators. Wastes from water treatment plants. NBR ISO 24512:2012.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo verificar la aplicabilidad de un conjunto de indicadores propuestos por la literatura para ayudar a la gestión de los residuos generados durante el proceso de tratamiento de aguas (lodos y agua del lavado del filtro), según lo recomendado por la norma NBR ISO 24512:2012. Por lo tanto, se propuso un formulario de recogida de datos con el fin de proporcionar variables de entrada a una hoja de cálculo. Tanto luego se aplicaron en una planta de tratamiento de agua en el estado de São Paulo. Los resultados mostraron que la principal dificultad para la aplicación de los indicadores es la adquisición de datos, ya que en la ETA analizada, igual que la mayoría (ACHON & CORDEIRO, 2015), no se escala la cantidad de residuos generados. La falta de datos sobre la cuantificación y caracterización de los residuos generados refleja la escasez de gestión. Además, se observó que es difícil determinar una muestra representativa de la concentración de sólidos en el lodo generado en el proceso, ya que puede variar considerablemente. Una vez más este próximo inseparablemente en la gestión de residuos. La conciencia de la importancia de su fiabilidad y precisión es esencial para obtener las variables necesarias, de manera que los indicadores pueden ser utilizados como herramientas de gestión y toma de decisiones. Una vez que se toman las medidas necesarias para la aplicación de los indicadores, podemos simplificar el proceso de gestión, que de otro modo sería más complejo e inmaterial.

PALABRAS CLAVE: Indicadores. Residuos de las plantas de tratamiento de aguas. NBR ISO 24512:2012.



1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso estratégico indissociável do desenvolvimento econômico e social dos países. Embora seus usos sejam multiplicados e intensificados como consequência tanto do crescimento demográfico, quanto do econômico, a oferta permanece inelástica. Dessa forma, pensar em sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, empreendendo ações para atenuar impactos ambientais e preservá-los para gerações futuras, é essencial para evitar o confronto entre demanda e disponibilidade da água, que pode resultar em escassez e inúmeros prejuízos à qualidade de vida (BARROS, 2008).

No Brasil, a água a ser distribuída para a população deve atender ao padrão de potabilidade para consumo humano, de modo a não oferecer riscos à saúde, estabelecido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A tecnologia de tratamento mais utilizada no País para conferir à água características físicoquímicas e biológicas em conformidade com os padrões legais de potabilidade é a de ciclo completo ou convencional.

Durante o processo de potabilização da água para abastecimento público, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) de ciclo completo geram resíduos potencialmente tóxicos ao homem e ao meio ambiente, os quais são: lodo nos decantadores e água de lavagem de filtros (ALAF).

Outros processos tecnológicos são empregados no tratamento de água do País, tais como: filtração lenta, dupla filtração, filtração direta descendente ou ascendente e flotação. Ressalta-se que, independentemente da tecnologia adotada, todas as ETAs geram resíduos.

Os resíduos gerados nas ETAs resultam dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração de partículas que devem ser removidas da água bruta. Eles são compostos basicamente de partículas de solo, material orgânico carregado para a água bruta, subprodutos gerados da adição de produtos químicos e água (ANDREOLI, 2001). Estes resíduos precisam ser removidos para garantir a eficiência do sistema e tratados, sendo dispostos de forma segura e adequada para evitar impactos ambientais.

A Lei 12.305/2010 define resíduos e rejeitos, sendo o resíduo passível de ser reutilizado e reciclado, o que não se aplica ao rejeito. O lodo de ETA pode ser enquadrado como resíduo sólido e, portanto, precisa ser gerenciado de tal forma a garantir as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010).

Apesar disso, a maioria das estações de tratamento de água do Estado de São Paulo não dimensiona a quantidade de resíduos gerados e lança-os *in natura* em corpos d'água (ACHON & CORDEIRO, 2015). Essa prática pode ser enquadrada como crime ambiental segundo a Lei 9.605/98 (BRASIL, 1998), sendo atribuída aos produtores do resíduo a responsabilidade pelos problemas ocasionados pelo destino inadequado.

Em desrespeito à legislação ambiental vigente, os rios, que são as principais fontes de água para o abastecimento público, também são receptores de todo e qualquer tipo de resíduo, gerado muitas vezes pelo próprio sistema de tratamento de água. Ao alcançar os rios, essa contribuição pode elevar consideravelmente a concentração de poluentes nos corpos d'água, prejudicando os ecossistemas a estes associados e lesando o meio ambiente.

Além disso, a remoção de lodo nos decantadores de ETA convencional de ciclo completo pode



ser realizada em intervalos de até seis meses, contribuindo para o acúmulo de lodo com elevada concentração de contaminantes (ACHON et al., 2013).

Com o aumento da concentração de partículas nos mananciais superficiais, os sistemas de tratamento têm a necessidade de remover sólidos em suspensão e dissolvidos cada vez mais diversos e complexos, exigindo técnicas e tecnologias mais avançadas (ACHON et al., 2013). Consequentemente, os resíduos gerados também possuem as mais diversas características e quantidades, em função das diferentes tecnologias e coagulantes químicos empregados (SOUZA et al., 2004).

Assim, os gerentes de sistemas que façam resíduos *in natura* nos corpos d'água devem iniciar ações que permitam avaliar a forma de geração, a quantidade gerada, a frequência de remoção e a destinação desses resíduos a fim de se definir estratégias para sua solução.

Segundo Achon et al. (2008), a maioria dos problemas encontrados nos sistemas de tratamento de água poderiam ser minimizados através de uma gestão integrada de recursos humanos e comprometida com o tratamento em si e seus intervenientes. Os autores verificaram que a preocupação com os recursos hídricos em alguns sistemas de saneamento no Estado de São Paulo ainda é incipiente, fato comprovado pelo lançamento indiscriminado de resíduos de ETAs (lodo e ALAF) nos mananciais, o que acaba por comprometer todos os processos e operações dos próprios sistemas de tratamento.

Para garantir a eficiência dos sistemas de tratamento de água, assim como a conservação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos, é fundamental desenvolver uma gestão ambiental abrangente, que englobe os sistemas de tratamento como um todo, principalmente os resíduos gerados.

Nesse contexto, surge a série de normas ISO 24510, composta por três normas que têm estruturas semelhantes e adotam conceitos comuns direcionadas às atividades de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A ISO 24510:2007 fornece diretrizes para a avaliação e a melhoria do serviço prestado aos usuários, no que diz respeito às necessidades e expectativas dos mesmos; a ISO 24511:2007 fornece diretrizes para gestão dos prestadores de serviços e avaliação dos serviços de esgotamento sanitário; e a ISO 24512:2007 apresenta diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços e avaliação dos serviços de abastecimento de água.

Em dezembro de 2012, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a versão traduzida da norma internacional ISO 24512:2007 de gestão dos sistemas de água, culminando na "NBR ISO 24512:2012: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto – Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável" (ABNT, 2012).

A NBR ISO 24512:2012, assim como a original ISO 24512:2007, fornece diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. Esta norma preconiza o uso de indicadores como instrumento-chave entre os diversos outros, visando à avaliação dos serviços de água. Nela são apresentados conceitos e diretrizes para proposição de indicadores, que se inicia pelos objetivos e critérios de avaliação, sendo necessárias variáveis com graus de confiabilidade e exatidão bem definidos, que servirão de base para aplicação dos indicadores.



Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) geram muitos dados sobre a forma de planilhas manuais e eletrônicas e medições automatizadas, os quais geralmente são utilizados apenas como valores momentâneos, focando prioritariamente o produto final (água tratada), em detrimento de outros inúmeros intervenientes do sistema. A oportunidade de organizar todas essas informações e resultados, propondo e aplicando indicadores também para gestão de resíduos, é essencial na busca da melhoria contínua desses sistemas (ACHON et al., 2013).

2. OBJETIVOS

Propor um modelo de formulário que facilite a coleta de dados (variáveis) necessários à aplicação de um conjunto de indicadores propostos para auxiliar a gestão de resíduos gerados durante o processo de tratamento de água (lodo e água de lavagem de filtros). Elaborar planilha eletrônica para tratamento das variáveis visando à aplicação dos indicadores propostos conforme preconizado pela NBR ISO 24512:2012. Simular o uso do formulário e da planilha em uma ETA do Estado de São Paulo, discutindo os desafios inerentes ao processo de obtenção dos dados.

3. METODOLOGIA

Foi realizado levantamento bibliográfico aprofundado sobre a gestão de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água (lodo e ALAF), a NBR ISO 24512:2012 e o uso de indicadores em artigos publicados em congressos nacionais e internacionais, livros e revistas científicas.

Partindo-se de indicadores apresentados na literatura, propôs-se um compilado em consonância com os preceitos da NBR ISO 24512:2012, que pode servir como ponto inicial, parâmetro para melhoria da gestão de resíduos de ETA e benchmarking em Sistemas de Abastecimento de Água (SAA). Este compilado de indicadores baseou-se nas propostas pesquisadas por Vale e Achon (2016) para o lodo e em indicadores elaborados por Achon e Cordeiro (2013) para a ALAF.

Cada indicador necessita de variáveis (dados) de entrada, portanto foi elaborado um formulário para coleta de dados. Esse formulário foi concebido de modo a organizar a coleta de informações nas ETAs, visando à facilidade de aplicação dos indicadores propostos.

Foram realizadas visitas técnicas a uma ETA de ciclo completo do Estado de São Paulo para coletar os dados e informações, sendo alguns também resultantes de observações realizadas durante as visitas. Com isso foi possível realizar a simulação do uso do formulário e da planilha, analisando sua aplicabilidade.

As informações preenchidas no formulário de coleta foram utilizadas como variáveis para aplicação dos indicadores, com o auxílio de uma planilha eletrônica. Em seguida, avaliaram-se os desafios na obtenção dessas variáveis.



4. RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta um compilado de indicadores para gestão de resíduos gerados em ETA (lodo e ALAF), baseado nas propostas apresentadas por Vale e Achon (2016), que pesquisaram indicadores elaborados por pesquisadores, associações e instituto regulador na literatura correlata, bem como indicadores elaborados por Achon e Cordeiro (2013).

Quadro 1: Compilado de indicadores propostos para gestão dos resíduos gerados em ETA

Código	Indicador	Unidade
linA1 ⁽⁶⁾	Volume de lodo gerado por metro cúbico de água tratada	L/m ³
linA2 ⁽⁶⁾	Porcentagem de lodo gerado em função do volume de água tratada	%
linA3 ⁽⁶⁾	Massa de lodo gerado por metro cúbico de água tratada	kg/m ³
linA4 ⁽⁶⁾	Nível de caracterização do lodo gerado ⁽¹⁾	un (0 a 3)
linA5 ⁽⁶⁾	Porcentagem de sólidos no lodo bruto	%
linA6 ⁽⁶⁾	Nível de destinação do lodo bruto ⁽²⁾	un (0 a 3)
linA7 ⁽⁶⁾	Nível de desaguamento do lodo bruto ⁽³⁾	un (0 a 3)
linA8 ⁽⁶⁾	Porcentagem do lodo gerado que é reutilizado ou reciclado	%
linA9 ⁽⁶⁾	Volume de ALAF gerada por metro cúbico de água tratada	L/m ³
linA10 ⁽⁶⁾	Porcentagem de ALAF gerada em função do volume de água tratada	%
linA11 ⁽⁶⁾	Massa de ALAF gerada por metro cúbico de água tratada	kg/m ³
linA12 ⁽⁶⁾	Nível de caracterização da ALAF ⁽⁴⁾	un (0 a 3)
linA13 ⁽⁶⁾	Porcentagem de sólidos na ALAF	%
linA14 ⁽⁶⁾	Nível de destinação da ALAF ⁽⁵⁾	un (0 a 3)
linA15 ⁽⁶⁾	Porcentagem da ALAF que é reutilizada ou reciclada	%
wOp52 ⁽⁷⁾	Análises de lodo	n.º/ano
wOp12 ⁽⁷⁾	Calibração de medidores de vazão do sistema	n.º/ano

⁽¹⁾ 0 = não se aplica (não faz nenhuma caracterização do lodo); 1= apenas quantifica o lodo (mede/estima o volume de lodo gerado); 2 = quantifica e faz análises de qualidade, porém não classifica o lodo segundo a NBR 10.004/2004; 3 = quantifica e classifica o lodo segundo a NBR 10.004/2004.

⁽²⁾ 0 = lança o lodo em corpo d'água; 1 = armazena o lodo bruto/tanque adensamento; 2 = encaminha o lodo para ETE; 3 = destina o lodo para tratamento/desaguamento.

⁽³⁾ 0 = não deságua o lodo; 1 = adensamento do lodo; 2 = desaguamento em sistemas ou mecânicos; 3 = secagem em sistemas térmicos (naturais ou mecânicos).

⁽⁴⁾ 0 = não faz nenhuma caracterização da ALAF; 1= apenas quantifica a ALAF (mede/estima o volume gerado); 2 = quantifica e faz análises de qualidade, porém não verifica o padrão de lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução do CONAMA Nº 430/2011 ; 3 = quantifica e verifica o padrão de lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução do CONAMA Nº 430/2011.

⁽⁵⁾ 0 = lança a ALAF em corpo d'água ou na rede pluvial; 1 = lança a ALAF na rede de esgoto; 2 = reutiliza direto a ALAF (após tanque de armazenamento/acúmulo ou não) retornando-a para entrada da ETA; 3 = destina a ALAF para adensamento e/ou desaguamento e depois para reutilização (reúso ou retorno para entrada da ETA).

Fonte: ⁽⁶⁾ ACHON & CORDEIRO, 2013; ⁽⁷⁾ IWA, 2003 (adaptado)

Ressalta-se que os indicadores wOp52 e wOp12, apresentados no Quadro 1, foram propostos inicialmente para a gestão de lodo gerado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), porém também são adequados para gestão do lodo originado de ETAs (VALE & ACHON, 2016). Esta pesquisa resultou em um formulário para organizar a coleta de informações, visando à facilidade de aplicação dos indicadores propostos para gestão de resíduos gerados em ETAs. Esse formulário é composto por dados gerais da ETA, informações de controle dos resíduos e

resultados de amostragem dos resíduos para secagem em estufa a 100°C por 24 horas, ou seja, o teor de sólidos totais.

O formulário preenchido com os dados e variáveis da ETA de ciclo completo analisada é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Formulário preenchido com as informações da ETA analisada

Dados gerais da ETA		
Endereço	Não informado	
Ano de inauguração	Não informado	
Vazão média	480 L/s	

Controle de lodo		
Determinação n.		1
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Volume de lodo	L	DI
Massa de lodo ST 100%	kg	DI
Volume de água bruta	m ³	1.244.160
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Massa de lodo ST 100% reciclado ou reutilizado	kg	0
Massa total de lodo ST 100%	kg	DI

Controle de ALAF		
Determinação n.		1
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Volume de ALAF	L	DI
Massa de ALAF	kg	DI
Volume de água bruta	m ³	1.244.160
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Volume de ALAF reciclada ou reutilizada	m ³	0
Volume total de ALAF	m ³	DI

Amostragem de lodo bruto		
Cápsula n.		1
Data	d/m/a	11/04/16
Sólidos + tara + água	g	DI
Sólidos + tara	g	DI
Tara	g	DI
Caracterização do lodo	DI	
Destinação do lodo bruto	ETE	
Desaguamento/ secagem do lodo bruto	Não faz*	

Amostragem de ALAF		
Cápsula n.		1
Data	d/m/a	11/04/16
Sólidos + tara + água	g	DI
Sólidos + tara	g	DI
Tara	g	DI
Caracterização da ALAF	DI	
Destinação da ALAF	Corpo d'água	

DI = dado indisponível

*Não faz na ETA, mas a ETE tem sistema mecânico de desaguamento, tipo centrífuga.

Fonte: elaborada pelas autoras, 2016

Analisando-se a Tabela 1, nota-se a indisponibilidade de dados relacionados à quantificação e caracterização dos resíduos (lodo e ALAF). Em razão da grande quantidade de preenchimento por "DI", constatou-se que o controle e a gestão dos resíduos na ETA avaliada ainda é bastante incipiente. Ressalta-se que as informações apresentadas foram divulgadas por funcionários da ETA e/ou obtidas através de observação nas visitas técnicas.

Conforme resultados dessa pesquisa, uma das maiores dificuldades é a obtenção de amostras representativas do lodo gerado no processo de tratamento de água, principalmente porque as formas e intervalos de remoção do lodo nos decantadores são, geralmente, muito variáveis.

A operação de remoção do lodo também deve ser considerada como fator primordial na gestão. A ausência desta gestão compromete a qualidade das variáveis. Com isso, o lodo adquire propriedades muito diferentes de tempos em tempos, e a confiabilidade das informações é prejudicada. Uma possível solução para esse desafio poderia ser a padronização



das condições de remoção do lodo quanto a aspectos técnicos e frequência, consequentemente obtendo-se características mais uniformes dos resíduos sólidos avaliados. Mais uma vez isto esbarra de forma indissociável na gestão dos resíduos, no âmbito operacional.

Para facilitar a aplicação dos indicadores propostos, foi elaborada planilha eletrônica para compilação de dados e geração de variáveis necessárias, com suas respectivas unidades de medida, apresentado na Tabela 2. Destaca-se que as células vermelhas correspondem aos dados de entrada originados do formulário de coleta de dados (Tabela 1).

Tabela 2: Planilha para aplicação dos indicadores propostos no Quadro 1

	A	B	C	D	E	F	G
1	Controle de lodo				Controle de ALAF		
2	Determinação n. 1				Determinação n. 1		
3	Data	d/m/a			Data	d/m/a	
4	Período de controle	dia			Período de controle	dia	
5	Volume de lodo	L			Volume de ALAF	L	
6	Massa de lodo ST 100%	kg			Massa de ALAF	kg	
7	Volume de água bruta	m ³			Volume de água bruta	m ³	
8	linA1	L/m ³	=C5/C7		linA9	L/m ³	=G5/G7
9	linA2	%	=100*(C5/1000)/C7		linA10	%	=100*(G5/1000)/G7
10	linA3	kg/m ³	=C6/C7		linA11	kg/m ³	=G6/G7
11	Data	d/m/a			Data	d/m/a	
12	Período de controle	dia			Período de controle	dia	
13	Massa de lodo ST 100% reciclado ou reutilizado	kg			Volume de ALAF reciclada ou reutilizada	m ³	
14	Massa total de lodo ST 100%	kg			Volume total de ALAF	m ³	
15	linA8	%	=C13/C14		linA15	%	=G13/G14
17	Amostragem de lodo bruto				Amostragem de ALAF		
18	Cápsula n. 1				Cápsula n. 1		
19	Sólidos + tara + água	g			Sólidos + tara + água	g	
20	Sólidos + tara	g			Sólidos + tara	g	
21	Tara	g			Tara	g	
22	Água	g	=C19-C20		Água	g	=G19-G20
23	Sólidos	g	=C19-C21-C22		Sólidos	g	=G19-G21-G22
24	linA5	%	=100*((C19-C21)-C23)/(C19-C21)		linA13	%	=100*((G19-G21)-G23)/(G19-G21)
26	Nível de caracterização do lodo - linA4	un (0 a 3)			Nível de caracterização da ALAF - linA12	un (0 a 3)	
27	Nível de destinação do lodo bruto - linA6	un (0 a 3)			Nível de destinação da ALAF - linA14	un (0 a 3)	
28	Nível de desaguamento/ secagem do lodo bruto - linA7	un (0 a 3)					
30	Análises de lodo - wOp52	n./ano					
31	Calibração de medidores de vazão do sistema - wOp52	n./ano					

Fonte: elaborada pelas autoras, 2016

O resultado da aplicação dos indicadores na ETA analisada por meio da planilha eletrônica desenvolvida é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Planilha de indicadores para gestão de resíduos de ETA aplicada na ETA analisada

Controle de lodo		
Determinação n.		1
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Volume de lodo	L	DI
Massa de lodo ST 100%	kg	DI
Volume de água bruta	m ³	1.244.160
linA1	L/m ³	IA
linA2	%	IA
linA3	kg/m ³	IA
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Massa de lodo ST 100% reciclado ou reutilizado	kg	0
Massa total de lodo ST 100%	kg	DI
linA8	%	0
Amostragem de lodo bruto		
Cápsula n.		1
Sólidos + tara + água	g	DI
Sólidos + tara	g	DI
Tara	g	DI
Água	g	DI
Sólidos	g	DI
linA5	%	IA
Nível de caracterização do lodo - linA4	un (0 a 3)	IA
Nível de destinação do lodo bruto - linA6	un (0 a 3)	2
Nível de desaguamento/secagem do lodo bruto - linA7	un (0 a 3)	0
Análises de lodo - wOp52	n./ano	IA
Calibração de medidores de vazão do sistema - wOp12	n./ano	IA

Controle de ALAF		
Determinação n.		1
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Volume de ALAF	L	DI
Massa de ALAF	kg	DI
Volume de água bruta	m ³	1.244.160
linA9	L/m ³	IA
linA10	%	IA
linA11	kg/m ³	IA
Data	d/m/a	11/04/16
Período de controle	dia	30
Volume de ALAF reciclada ou reutilizada	m ³	0
Volume total de ALAF	m ³	DI
linA15	%	0
Amostragem de ALAF		
Cápsula n.		1
Sólidos + tara + água	g	DI
Sólidos + tara	g	DI
Tara	g	DI
Água	g	DI
Sólidos	g	DI
linA13	%	IA
Nível de caracterização da ALAF - linA12	un (0 a 3)	IA
Nível de destinação da ALAF - linA14	un (0 a 3)	0

IA = impossibilidade de aplicação

Fonte: elaborada pelas autoras, 2016

Observou-se que a ETA analisada apresentou “impossibilidade de aplicação” nos indicadores linA1, linA2, linA3, linA4, linA9, linA10, linA11, linA12, wOp52 e wOp12, e “0” nos indicadores linA4, linA7, linA8, linA12, linA14 e linA15, fato que demonstra que essa, assim como a maioria das ETAs do Estado de São Paulo (ACHON & CORDEIRO, 2013), ainda não se dedica à gestão efetiva dos resíduos.



A indisponibilidade dos dados necessários, seja por falta de medição ou resistência à transparência de fornecer determinadas informações, pode comprometer a aplicação dos indicadores e, conseqüentemente, a gestão. Dessa forma, a conscientização dos prestadores de serviço sobre os benefícios do controle da geração de resíduos de ETA e do uso de indicadores para a gestão desses resíduos é fundamental, sendo um dos propósitos dessa pesquisa.

5. CONCLUSÃO

O lodo gerado em Estações de Tratamento de Água (ETAs) é classificado como resíduo sólido, passível de ser reutilizado e reciclado no que tange à Lei 12.305 (BRASIL, 2010). A prática de lançamento indiscriminado do lodo bruto em corpos d'água é insustentável ambiental e legalmente, visto que se constitui em crime ambiental segundo a Lei 9.605 (BRASIL, 1998). Dessa forma, deve-se estabelecer um planejamento no âmbito da ETA, prevendo a gestão e destinação desse resíduo em conformidade com as premissas legais.

A NBR ISO 24512:2012 recomenda a aplicação de indicadores como instrumento eficaz para auxiliar o gerenciamento de resíduos sólidos originados de ETA. A ausência ou imprecisão de dados sobre determinados aspectos importantes, como a quantificação do lodo, em termos de volume e massa, tem-se mostrado um dos grandes desafios aos avanços nessa área. Em vista disso, devem ser pesquisados e implantados metodologias, equipamentos e métodos de medição que forneçam informações necessárias para a obtenção de variáveis com boa qualidade e confiabilidade, bem como providenciada a constante manutenção dos sistemas de medição de modo a garantir a exatidão dos dados.

Para facilitar a coleta de dados, podem ser usados formulários previamente elaborados para esse fim, como o apresentado neste trabalho, detalhando e organizando as informações e facilitando a aplicação dos indicadores propostos. Em posse dos formulários preenchidos, procede-se à utilização de planilha eletrônica, objetivando a compilação de dados e geração de variáveis necessárias para cálculo e aplicação dos indicadores.

Em suma, para viabilizar a implantação de sistema de gestão de resíduos em consonância com a legislação vigente, com definição das melhores alternativas de tratamento e destinação do lodo, é imprescindível adotar ferramentas que facilitem esse processo, sendo os indicadores uma opção viável. Assim, na obtenção das variáveis necessárias é fundamental haver conscientização sobre a importância da confiabilidade e exatidão destas, para que os indicadores possam ser utilizados como instrumentos de gestão e tomada de decisão.

Uma vez dados os passos necessários à aplicação dos indicadores, pode-se simplificar o processo de gestão, que de outro modo seria mais complexo e até intangível.



AGRADECIMENTO

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa (Processo n°. 139079/2015-7).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 24511:2012: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de esgoto e para a avaliação dos serviços de esgoto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013, 68p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 24512:2012: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013, 61 p.

ACHON, C. L., PAPANI P.C. e CORDEIRO J. S. **Análise de gestão de recursos humanos em Sistemas de Tratamento de Água (SiTAs) no Brasil.** In: *International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering*, 24 a 27 de junho, Firenze - Italy, 2008, p. 1-8.

ACHON, C.L.; CORDEIRO, J.S. **Indicadores para lodo produzido em ETAs – Instrumento de gestão e benchmarking.** In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. De 15 a 19 de setembro, Goiânia – GO, ABES, cd, II-532, 12 p., 2013.

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. **Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA - Lei 12.305/2010.** In: 45ª Assembleia Nacional do ASSEMAE - Saneamento Ambiental: políticas integradas com participação social, Poços de Caldas - MG, 2015.

ACHON, C.L.; CORDEIRO, J.S.; BARROSO, M. M. **A ISO 24512:2007 e o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) - Desafio brasileiro.** Revista Saneamento Ambiental, ISSN 0103-7056, Ano XXIII, n. 169, maio/jun. 2013, p. 12-20.

ANDREOLI, C.V (Coordenador). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: RiMa / ABES / PROSAB, 2001, p. 125 – 126.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 4, n. 1, 2008, p. 75-108.

BRASIL. **Lei N° 9.605 de 12 de fevereiro de 1998.** Lei da Vida – A Lei de Crimes Ambientais. Congresso Nacional, Brasília, DF, 1998.

BRASIL. **Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010.** Política Nacional de Resíduos Sólidos. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. **Portaria N° 2914 de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, 2011.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION (IWA). **Performance Indicators for Wastewater Services.** MATOS, R.; CARDOSO, A.; ASGLEY, R.; DUARTE, P.; MOLINARI, A.; SCHULZ, A. IWA Publishing, London, 2003, 192 p.

SOUZA, F. G. C. de; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. **Estudo comparativo da geração de sólidos em estação de tratamento de água convencional de ciclo completo e ETA ciclo completo com decantador de alta taxa.** São Carlos, SP: Universidade de São Paulo: USP, 2004. 7 p.

VALE, M. N.; ACHON, C. L. **A NBR ISO 24512:2012 e o uso de indicadores na gestão de resíduos gerados em ETA.** In: 27º Encontro Técnico AESabesp – Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, Anais Eletrônicos AESabesp, São Paulo - SP, Cód. 4772, 2016. 9p.