

## II-265 - A CONTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NOS ESGOTOS SANITÁRIOS

### **Claudia Maria Gomes de Quevedo<sup>(1)</sup>**

Doutora em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Analista de Gestão da Superintendência de Gestão Ambiental da Diretoria de Tecnologia, Empreendimentos e Meio Ambiente, da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

### **Roque Passos Piveli**

Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP/USP). Chefe do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EP/USP.

### **Wanderley da Silva Paganini**

Professor Associado do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Superintendente de Gestão Ambiental da Diretoria de Tecnologia, Empreendimentos e Meio Ambiente, da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Doutor Costa Leite, 2000 - Centro - Botucatu - SP - CEP: 18606-820 - Brasil - Tel: (14) 3811-8313 - e-mail: claudiagomes@sabesp.com.br

### **RESUMO**

Este trabalho busca apresentar o cenário atualmente vivenciado no Brasil a respeito da presença de fósforo nos esgotos, abrangendo as diferentes frações do elemento. Com base em resultados de análises laboratoriais, apresenta dados relativos à concentração e contribuição *per capita* de fósforo, e discute a participação dos detergentes em pó. Para tanto, foram realizadas duas campanhas de coletas no esgoto afluente de 3 estações de tratamento de esgoto (ETEs) localizadas em diferentes regiões do estado de São Paulo, durante 24 horas, ao longo de 7 dias consecutivos. Também, foram levantadas informações a respeito da concentração de fósforo no esgoto afluente dessas ETEs ao longo dos últimos anos, obtidos a partir da rotina de monitoramento executada pelas estações, bem como, foram avaliados dados a respeito da presença de fósforo nos detergentes atualmente comercializados no mercado brasileiro. Os resultados obtidos demonstram que a concentração média de fósforo total (P-total) nas ETEs estudadas situam-se na faixa de 5,3 a 7,6 mg.P/L, apresentando uma tendência de redução ao longo dos anos, em especial a partir de 2011. A concentração do fósforo orgânico (P-org) tende a se manter superior à do fósforo inorgânico (P-inorg), com cerca de 64% do P-total, em média. Tais resultados divergem dos dados disponíveis na literatura clássica a respeito do assunto. Verificou-se que um dos fatores que pode ter contribuído para esse cenário é a introdução no mercado brasileiro dos detergentes em pó com reduzido teor de fósforo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotos sanitários, Fósforo total, Fósforo orgânico, Fósforo inorgânico.

### **INTRODUÇÃO**

Nos esgotos, assim como nas águas naturais, o fósforo apresenta-se como fosfato, podendo ser encontrado nas formas orgânica e inorgânica. A contribuição das diferentes frações de fósforo nos esgotos sanitários é variável de acordo com as disparidades nas condições culturais e socioeconômicas da população nas diversas localidades, mostrando-se suscetível a alguns fatores como intensidade da atividade urbana, acesso da população a produtos industrializados à base de fósforo e dieta alimentar.

Em decorrência disso, no Brasil, a literatura clássica acerca do assunto aponta para uma faixa de concentração típica de fósforo total (P-total) nos esgotos bastante ampla, da ordem de 5,0 a 20,0 mg.P/L, variável de acordo com diferentes autores. Considera-se que as frações desse elemento estejam distribuídas de acordo com a razão de 40% de fósforo orgânico (P-org) e 60% de fósforo inorgânico (P-inorg), em média (VON SPERLING et al., 2009; RANDALL et al., 2010; JORDÃO e PESSÔA, 2011).

Entender a dinâmica do fósforo nos esgotos e deter dados atualizados a respeito da contribuição das diferentes frações desse elemento é parte primordial das atividades envolvidas no delineamento e concepção de um

sistema de tratamento, levando-se em conta os objetivos que se pretende atingir. Isto porque, os diferentes processos de tratamento possuem mecanismos diferenciados para remoção de fósforo, de forma que a análise do comportamento das frações P-total, P-org e P-inorg podem oferecer subsídios para o desenvolvimento de estudos visando à execução das eventuais melhorias operacionais a serem adotadas com vistas a obter uma maior eficiência do sistema.

Por meio da adição de sais metálicos, por exemplo, dependendo da composição do material afluente, pode-se otimizar o processo para remoção biológica do fósforo, precipitando o P-inorg presente nos esgotos por meio da cristalização de estruvita ( $MgNH_4PO_4$ ), ou MAP. Além de resultar em ganhos ambientais, estes decorrentes da melhoria da qualidade do efluente e do aumento das taxas de recuperação do fósforo, tal processo pode oferecer vantagens comerciais, uma vez que a estruvita pode ser utilizada como matéria-prima para a indústria de fertilizantes.

Usualmente, conclui-se que a maior participação de P-inorg frente aos resultados de P-org seja resultante do nível de utilização doméstica de produtos industrializados contendo fósforo em suas formulações, em especial dos detergentes. Isto porque, a fração inorgânica desse elemento, representada pelas formas de ortofosfato (P-orto) e de polifosfato (P-poli), tem como principal origem nos esgotos os produtos fosfatados utilizados nas residências, além dos lançamentos indevidos de efluentes de origem não doméstica nas redes coletoras.

A contribuição dos detergentes com relação ao total de fósforo presente nos esgotos é um assunto que evoluiu significativamente nas últimas décadas, principalmente devido à crescente expansão do nível de consumo do produto e à evolução das ferramentas regulatórias acerca do assunto. Isto porque, em face da deterioração da qualidade das águas devido à eutrofização, diversos países optaram por restringir ou até mesmo banir o uso de detergentes fosfatados (LITKE, 1999; GLENNIE et al., 2002; EUROPA, 2011; IJC, 2014).

A determinação da contribuição dos detergentes para o total de fósforo nos esgotos pode ser efetuada através de metodologias variadas, tendo como base a realização de procedimentos laboratoriais. Pode-se citar dentre elas, a realização de um estudo comparativo das concentrações de fósforo no esgoto afluente às estações de tratamento de esgotos (ETEs) situadas na localidade que se deseja estudar, antes e depois da adoção de medidas de restrição ou banimento do uso de fosfatos nos detergentes. Na Província de Ontário, no Canadá, por exemplo, calculou-se que a concentração de P-total nos esgotos tenha sido reduzida de 10,0 para 8,8 mg.P/L entre 1967 e 1970, quando foi estabelecida a limitação de 20% em peso para a presença de fósforo nos detergentes. Após dezembro de 1972, quando esse limite passou para 5% em peso, a concentração de P-total nos esgotos foi alterada para cerca de 6,8 mg.P/L (SCHMIDTKE, 1980).

Outra metodologia a ser citada, corresponde ao uso combinado de análises físico-químicas, dados de literatura e informações sobre comportamento de consumo, muitas vezes com base na aplicação de questionários. Através do desenvolvimento desse trabalho em uma sub-bacia hidrográfica da Escócia, no Reino Unido, GILMOUR et al. (2008) verificaram que a concentração média de P-total nos esgotos era de 13,8 mg.P/L e a de P-orto, de 8,8 mg.P/L. A contribuição dos detergentes com relação ao P-total nos esgotos foi dimensionada em 11%. Identificou-se que quase 100% dos produtos utilizados na lavagem de roupas continham fósforo nas formulações, com concentração na faixa de 2,5% em peso.

Ainda no Reino Unido, COMBER et al. (2013) calcularam a contribuição *per capita* das diversas fontes domésticas para aumento da concentração de fósforo nos esgotos sanitários, com base em dados sobre consumo e concentração típica de fósforo nos produtos. De acordo com esse procedimento, a contribuição dos detergentes foi calculada na faixa de 0,155 a 0,275 g.P/hab.d, o que foi calculado em cerca de 14% do total de fósforo presente nos esgotos.

Face ao exposto, o presente trabalho visa retratar o cenário atualmente vivenciado no Brasil a respeito da presença de fósforo nos esgotos e a dinâmica das diferentes frações desse elemento, levando-se em conta a composição dos detergentes atualmente comercializados no país. Desta forma, busca responder a algumas questões, como: “Qual a concentração de fósforo no esgoto afluente às estações de tratamento? Em quais formas, ou frações, esse elemento se apresenta? Qual é a contribuição dos detergentes?” O objetivo é oferecer uma visão atualizada sobre o assunto e oferecer subsídios para a identificação de alternativas para gerenciamento da presença desse nutriente nos esgotos sanitários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido com base em dados primários, oriundos da realização de análises laboratoriais em amostras de esgoto afluente coletadas em 3 ETEs de diferentes portes e situadas em regiões distintas do Estado de São Paulo. Retratam, portanto, realidades diferenciadas nos âmbitos social e econômico, o que pode refletir nas concentrações e cargas de fósforo presentes nos esgotos.

Foram realizadas 02 campanhas de amostragem, com coletas realizadas a cada 02 horas, durante 24 horas e 07 dias consecutivos, perfazendo um total de 12 amostras por dia. As amostras horárias foram convertidas em alíquotas proporcionais à vazão medida no momento da realização da coleta, permitindo a obtenção de uma amostra composta por dia, por ETE. Com base nos dados de vazão, foram calculadas as respectivas cargas. As coletas foram efetuadas por meio da utilização de amostradores automáticos programáveis instalados no ponto de entrada da estação, imediatamente antes do tratamento preliminar, buscando-se assegurar que nesse ponto não ocorreu recirculação de água removida do lodo durante o tratamento. A medição de vazão foi efetuada por equipamento ultrassônico instalado no ponto de entrada do esgoto na estação.

Na Figura 1, pode-se visualizar a localização geográfica das ETEs no Estado de São Paulo e os dados sobre vazão média e população atendida.



**Figura 1: Dados das ETEs amostradas.**

As amostras foram acondicionadas em recipientes identificados para encaminhamento às análises laboratoriais e preservadas, observando-se o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras” (ANA, 2011). As análises foram efetuadas pelo laboratório Bioagri Ambiental Ltda, situado na cidade de Piracicaba, no estado de São Paulo, acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), segundo os requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025:2005 – “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Foram analisados os parâmetros P-total, P-orto, P-poli e P-org, buscando-se assim, segregar as frações orgânica e inorgânica desse elemento.

Os dados sobre histórico de concentração de P-total no esgoto afluente das estações foram obtidos no acervo técnico e de controle sanitário da empresa responsável pela operação das estações de tratamento amostradas. Foram levantadas as médias anuais do período de 2006 a 2013, baseadas nos dados mensais fornecidos de acordo com análise semanal ou mensal de amostras compostas. Ressalta-se que no caso da ETE 03 não foi possível efetuar esse levantamento pois o sistema entrou em operação no ano de 2012.

As informações referentes à concentração de fósforo nos detergentes, bem como, a compilação dos resultados laboratoriais e as discussões a respeito da avaliação da atual contribuição para o fósforo nos esgotos, foram baseadas em material publicado por QUEVEDO e PAGANINI (2016) e QUEVEDO et al. (2017). Deve-se destacar que para efeito desta pesquisa, o termo “detergente” foi adotado para designar o produto em pó de uso doméstico destinado à limpeza de tecidos por meio da diminuição da tensão superficial da água, com base na nomenclatura adotada no artigo 2º da legislação que atualmente regulamenta o assunto, a Resolução CONAMA nº 359/2005 (BRASIL, 2005).

## RESULTADOS OBTIDOS

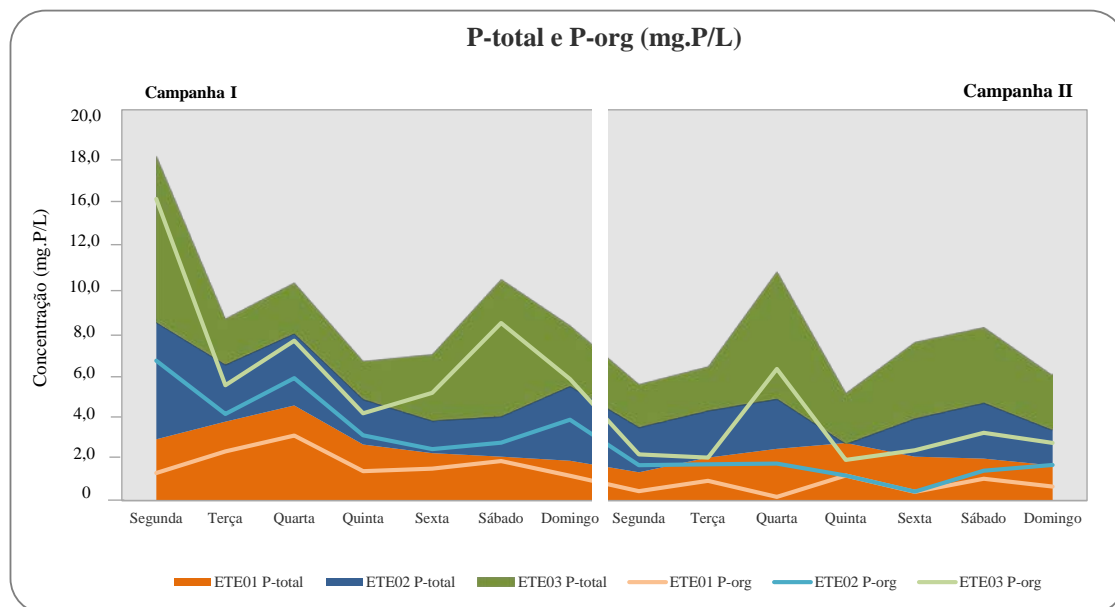
Os dados levantados por meio das campanhas de coleta, permitem verificar que a concentração média de P-total nas amostras das estações situou-se na faixa de 5,3 a 7,6 mg.P/L, e a contribuição *per capita* média, entre 0,75 a 1,02 g.hab/d. As concentrações e contribuições *per capita* de P-total, P-org e P-inorg foram mais elevadas na ETE 03, que é justamente a estação de menor porte. Os resultados obtidos para concentração e contribuição per capita mínima, média e máxima de P-total, P-org e P-inorg nas diferentes ETES, bem como as respectivas vazões, podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1: Concentração e contribuição *per capita* de P-total, P-org, P-orto e P-poli – Min, med, max e desvio padrão ( $\sigma$ ).**

ETE	Nº AMOSTRA	PERÍODO DE COLETA	FAIXA	CONCENTRAÇÃO (mg.P/L)			VAZÃO (L/s)	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (g.hab/d)		
				P-total	P-org	P-inorg		P-total	P-org	P-inorg
01	14	De 05 a 11/08/13 (Campanha I) e de 07 a 13/04/14 (Campanha II)	Min	2,9	0,4	0,5	2.388	0,44	0,06	0,07
			Max	977	6,7	4,9	3.032	1,19	0,81	0,73
			Med	5,3	2,7	2,6	2.801	0,75	0,38	0,37
			$\sigma$	1,8	1,7	1,1	181	0,21	0,21	0,16
02	14	De 05 a 11/08/13 (Campanha I) e de 07 a 13/04/14 (Campanha II)	Min	3,4	1,9	0,2	368	0,50	0,27	0,04
			Max	12,0	11,5	3,5	598	1,74	1,67	0,67
			Med	5,7	4,0	1,7	466	0,85	0,59	0,26
			$\sigma$	2,3	2,6	0,8	59	0,33	0,37	0,15
03	14	De 05 a 11/08/13 (Campanha I) e de 07 a 13/04/14 (Campanha II)	Min	3,9	0,7	0,4	11	0,42	0,02	0,08
			Max	17,0	16,7	3,8	30	3,21	3,15	0,46
			Med	7,6	5,1	2,5	19	1,02	0,67	0,27
			$\sigma$	4,1	4,7	1,2	6	1,04	0,07	1,04

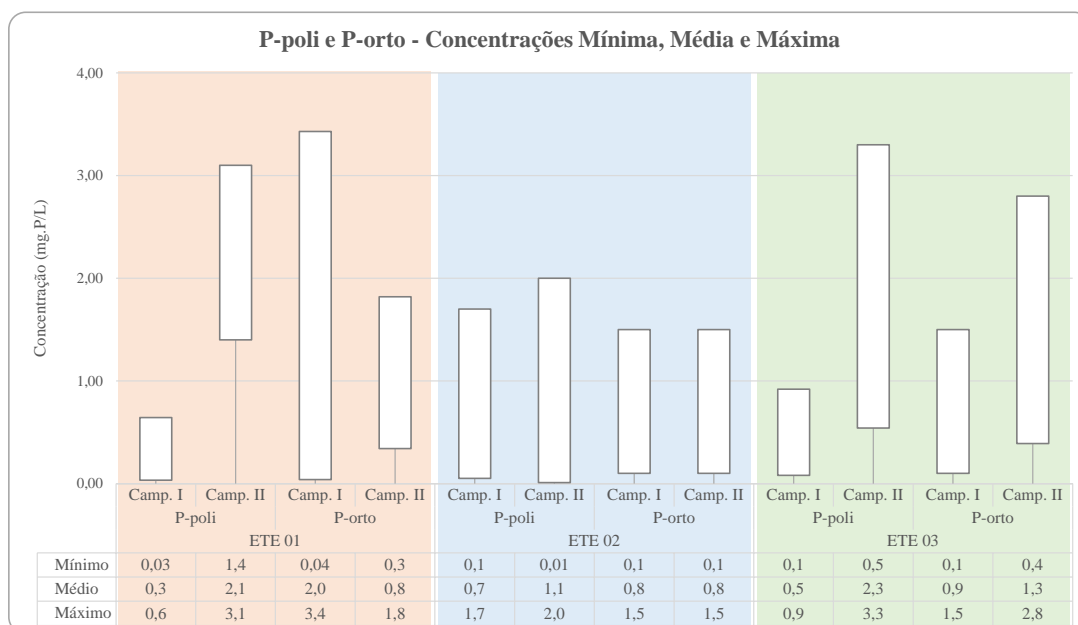
FONTE: QUEVEDO et al. (2017)

A contribuição da fração orgânica do elemento, com relação ao P-total, foi da ordem de 64%, em média. Nas ETES 02 e 03, a participação de P-org chegou a ser superior e 75% do P-total. Ainda que sejam observadas diferenças entre as estações analisadas, no que se refere à participação das frações orgânica e inorgânica com relação ao total de fósforo presente nos esgotos, de forma geral, para as três ETES, a concentração de P-total ao longo do período das coletas tende a ser mais influenciada pela fração orgânica desse elemento. O comportamento do P-total e do P-org ao longo das duas campanhas de coleta nas diferentes ETES pode ser visualizado na Figura 2, a seguir.



**Figura 2: Concentração de P-total e P-org ao longo das campanhas de coletas nas diferentes ETEs**

Quanto à fração inorgânica, verificou-se um aumento significativo na concentração de P-poli na 2ª campanha de coleta, comparativamente aos resultados da 1ª campanha. Na ETE 01, a concentração média do elemento passou de 0,3 para 2,1 mg.P/L, o que corresponde a uma ampliação de mais de 700%. Na ETE 03, a alteração foi de 0,5 para 2,3 mg.P/L, o que corresponde a quase 400%. Entretanto, verifica-se na ETE 01, no mesmo período, uma tendência de redução na concentração média de P-orto, com alteração de 2,0 para 0,8 mg.P/L. Tal situação pode ter relação com diferenças na intensidade das reações de hidrólise, bem como da atividade biológica, em função de algumas variáveis do meio, como temperatura e pH. Apesar de lento, o processo de conversão dos polifosfatos em ortofosfatos pode ocorrer ainda nas redes coletoras, dependendo das condições físicas, químicas e bioquímicas do meio. Pode-se inferir, portanto, que a dinâmica de P-orto e P-poli pode ter relação também com as elevadas extensões das redes e emissários, situação que pode oferecer condições mais propícias para a ocorrência desse processo de conversão. Na Figura 3, pode-se visualizar o comportamento das concentrações mínima, média e máxima do P-poli e do P-orto nas ETEs.



**Figura 3: Concentrações mínima, média e máxima de P-poli e P-orto.**

Os dados relativos a P-total nos esgotos afluentes às ETEs 01 e 02 para o período de 2006 a 2013, indicam uma tendência de redução na concentração ao longo dos anos. A estação 01 manteve uma concentração anual média de 5,5 mg. P/L entre 2006 e 2010, passando para 4,9 mg.P/L entre 2011 e 2013, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 11%. Na ETE 02, a concentração de P-total manteve uma média anual de 7,1 mg.P/L entre 2006 e 2010 e de 4,9 mg.P/L entre 2011 e 2013, uma redução de aproximadamente 26%. Tais informações podem ser observadas na Tabela 2.

**Tabela 2: Concentração média de P-total nas ETEs 01 e 02 – De 2006 a 2013**

ETE	Concentração de P-total (mg.P/L)									
	Ano					MÉDIA	Ano			MÉDIA
	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010	2011	2012	2013	2011-2013
01	5,3	5,1	5,8	6,3	5,1	5,5	5,0	5,0	4,6	4,9
02	7,7	6,9	8,1	6,9	5,9	7,1	5,7	4,5	4,4	4,9

## DISCUSSÃO

Os resultados relativos à concentração de P-total, provenientes das campanhas de amostragem, demonstram uma mudança de comportamento com relação à literatura clássica relativa ao assunto. Os resultados apontam para uma faixa de concentração da ordem de 5,3 a 7,6 mg.P/L, enquanto os dados de literatura indicam, para o Brasil, uma concentração típica de P-total nos esgotos bastante ampla, entre 5,0 a 20,0 mg.P/L (VON SPERLING et al. 2009; RANDALL et al. 2010; JORDÃO e PESSÔA 2011).

Também se observa uma mudança nas contribuições de P-org e P-inorg. Usualmente, considera-se que as frações de fósforo no esgoto estejam distribuídas de acordo com a razão de 40% de P-org e 60% de P-inorg, em média (VON SPERLING et al. 2009; RANDALL et al. 2010; JORDÃO e PESSÔA 2011). Os dados obtidos, entretanto, apontam para uma contribuição média de P-org superior à de P-inorg, na faixa de 64%. Apesar da divergência com relação à literatura clássica acerca do assunto, tais resultados encontram-se alinhados aos dados mais recentes a respeito do comportamento considerado típico para o fósforo no esgoto bruto, apresentados por METCALF e EDDY (2014), que já apontam para uma contribuição média de P-org superior à de P-inorg, na faixa de 57%.

Constata-se ainda, com base nos dados relativos ao período de 2006 a 2013, que há uma tendência de redução da concentração de P-total nos esgotos ao longo dos anos, nas ETEs estudadas, situação que se acentua partir de 2011.

A possível redução na concentração de P-total, bem como, a mudança na participação das frações orgânica e inorgânica do elemento, frente ao total de fósforo presente nos esgotos, pode ter relação com a inserção no mercado dos detergentes com baixo teor de fosfato. A concentração máxima de P-total encontrada em 30 amostras de detergentes em pó comercializados no Brasil foi da ordem de 0,01%, valor que pode ser considerado bastante reduzido (QUEVEDO e PAGANINI, 2016; QUEVEDO et al., 2017). O limite de fósforo nesses produtos, estabelecido pela legislação que regulamenta o assunto, a Resolução CONAMA nº 359/05, é de 4,8% em peso. Pode-se inferir, portanto, que os fabricantes optaram pela alteração na formulação dos detergentes, estipulando níveis baixos de fósforo, de maneira voluntária.

Face à situação atual, a contribuição *per capita* de fósforo nos esgotos proveniente do uso de detergentes pode ser considerada atualmente bastante reduzida, na faixa de 0,0014 g/hab.d (QUEVEDO e PAGANINI, 2016). Desta forma, a participação percentual dos detergentes frente contribuição *per capita* total de fósforo nos esgotos situa-se atualmente na faixa de 0,17% em média.

Na Tabela 3 pode ser visualizada a contribuição dos detergentes para o P-total nos esgotos, conforme dados obtidos nas campanhas de coleta de amostras de esgoto e dados relativos à composição dos produtos.



**Tabela 3: Participação dos detergentes com relação ao P-total nos esgotos.**

ETE	Fósforo nos Esgotos	Fósforo nos Detergentes		Fósforo Detergentes / Fósforo Esgotos (%)
	(g/hab.d)	(% peso)	(g/hab.d)	
01	0,75			0,19
02	0,84	0,01	0,0014	0,16
03	1,02			0,15
Média				0,17

Fonte: QUEVEDO e PAGANINI (2016).

Caso os fabricantes estivessem atendendo o limite estipulado pela legislação, de 4,8% de fósforo em peso, pode-se inferir que as cargas de P-total nos esgotos seriam aumentadas, e em muito, de forma que, nas estações de tratamento analisadas, a contribuição dos detergentes com relação ao P-total passaria dos atuais 0,0014 g/hab.d para a faixa de 0,66 g/hab.d. Em termos percentuais, pode-se inferir que os detergentes atualmente comercializados no país passariam a contribuir, tecnicamente, e em média, dos atuais 0,17% para cerca de 43% do total de fósforo. Tal situação certamente acarretaria uma mudança na dinâmica do fósforo nos esgotos, ocasionando uma maior participação do P-inorg frente ao P-org. Esse resultado é compatível com os dados apresentados por BALMÉR e HULTMAN (1988), que apontam que, na maioria dos países com predominância de águas menos duras, que é o caso do Brasil, onde o fósforo nos detergentes situa-se na faixa de 5%, a contribuição *per capita* de fósforo nos esgotos a partir dessa fonte é calculada em 0,65 g.P/hab.d.

A introdução dos detergentes com baixo teor de fosfato pode ter refletido também, na redução da quantidade *per capita* de fósforo lançada nos esgotos, situação observada nos dados apresentados para o período entre 2006 e 2013, em especial a partir de 2011. Os resultados obtidos apontam para uma faixa de contribuição situada entre 0,75 e 1,02 g/hab.d, em média, valores diferentes daqueles normalmente encontrados na literatura, onde essa faixa de contribuição é mais ampla e com limite superior mais elevado, estando usualmente dimensionada entre 0,7 e 2,0 g/hab.d (VON SPERLING et al. 2009).

Deve-se observar, no entanto, que as reduções verificadas nessas estações de tratamento podem ter sido influenciadas, também, por outros fatores, como por exemplo, a coibição de lançamentos indevidos e o monitoramento e controle dos lançamentos de efluentes não domésticos nas redes coletoras.

## CONCLUSÕES

Por meio do presente trabalho, observou-se uma tendência de redução na concentração de P-total nos esgotos afluentes às ETES estudadas, ao longo dos anos, situação que parece ter sido acentuada após 2011. Verificou-se ainda, que a contribuição de P-org encontra-se, em média, na faixa de 64% do P-total presente nos esgotos, resultado que diverge da literatura clássica a respeito do assunto, que situa a contribuição do P-org na faixa de 40% do P-total. No entanto, encontra-se compatível com publicação mais recente sobre o assunto, onde a contribuição média de P-org é situada na faixa de 57% do total de fósforo (METCAL & EDDY, 2014).

Um dos fatores que pode ter contribuído para esse cenário foi a introdução no mercado brasileiro dos detergentes com baixo teor de fosfato. A mudança na formulação desses produtos, com substituição dos polifosfatos por outros tipos de *builders*, pode ter acarretado uma alteração na proporção entre as frações orgânica e inorgânica de fósforo, com diminuição da participação do P-inorg frente à do P-org, e redução na presença de P-total nos esgotos.

Verificou-se assim, que a substituição do fósforo na formulação de um produto largamente consumido pela população, como é o caso dos detergentes, pode impactar no comportamento desse elemento nos esgotos, reduzindo as cargas provenientes dessa fonte.

Por outro lado, deve-se voltar a atenção aos processos de averiguação de outras possíveis fontes de fósforo nos esgotos, como por exemplo, por meio da intensificação dos trabalhos de controle dos lançamentos de efluentes não domésticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA - Agência Nacional das Águas. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Desenvolvido em parceria com Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Brasília, 2011.
2. BALMÉR, P.; HULTMAN, B. Control of phosphorus discharges: present situation and trends. *Hydrobiologia*, Brussels, v. 170, n. 1, p. 305-319, 1988.
3. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 359, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 mai. 2005b. Seção 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35905.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.
4. COMBER, S.; GARDNER, M.; GEORGES, K.; BLACKWOOD, D.; GILMOUR, D. Domestic source of phosphorus to sewage treatment works. *Environmental Technol*, Hertfordshire, n. 34, p. 1349-1358, 2013.
5. EUROPA. Commission of the European Communities. Parecer do Comité Económico e Social Europeu sobre a “Proposta de regulamento (UE) nº .../... do Parlamento Europeu e do Conselho que altera o Regulamento (CE) nº 648/2004 no que diz respeito à utilização de fosfatos e de outros compostos fosforados em detergentes para a roupa de uso doméstico”. *Jornal Oficial da União Europeia - JOL*, n. 132, mai. 2011. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/documents/specific-chemicals/detergents/>>. Acesso em: 12 jul. 2011.
6. GILMOUR, D.; BLACKWOOD, D.; COMBER, S.; THORNELL, A. Identifying human waste contribution of phosphorus loads to domestic wastewater. 11th International Conference on Urban Drainage. Scotland: 2008. 10p. Disponível em: <[http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage\\_CD/ICUD08/pdfs/740.pdf](http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/740.pdf)>. Acesso em: 14 mai. 2016.
7. GLENNIE, E. B.; LITTLEJOHN, C.; GENDEBIEN, A.; HAYES, A.; PALFREY, R.; SIVIL, D.; WRIGHT, K. Phosphates and alternative detergent builders: final report. Wiltshire: EU Environment Directorate, 2002.
8. IJC - International Joint Commission. A balanced diet for Lake Erie: reducing phosphorus loadings and harmful algal blooms. Report of the Lake Erie Ecosystem Priority. 95 p. Washington: IJC, 2014.
9. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. Rio de Janeiro: ABES, 2011.
10. LITKE, D. W. Review of phosphorus control measures in the United States and their effects on water quality. United States Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 99-4007. National Water Quality Assessment Program. Colorado: 1999.
11. METCALF & EDDY, Inc; TCHOBANOGLIOUS, G.; STENSEL, H. D.; TSUCHIHASHI, R.; BURTON, F. L. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. 5ª ed. New York: McGraw-Hill, 2014.
12. QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Detergents as a source of phosphorus in sewage: the current situation in Brazil. *Water, Air, & Soil Pollut.* 2016; 227(14). doi:10.1007/s11270-015-2700-3
13. QUEVEDO, C. M. G.; PIVELI, R. P.; PAGANINI, W. S. Influence of the detergent formulation on the Concentration of phosphorus in the sewage inflows to the WWTPs: the Brazilian experience. *Environmental Technol*, Hertfordshire, 2017. doi: 10.1080/09593330.2017.1327556
14. RANDALL, C.; BARNARD, J.; STENSEL, H. D.; DUFRESNE, L. Nutrient control design manual. United States Environmental Protection Agency- USEPA. Scientific, Technical, Research, Engineering and Modeling Support (STREAMS). Task Order 68. Cincinnati: EPA, 2010. 347 p
15. SCHMIDTKE, N. W. Nutrient removal technology: the Canadian connection. In: BARTH, E.F. Control of nutrients in municipal wastewater effluents. Volume I: Phosphorus. International Seminar on Control of Nutrients in Municipal Wastewater Effluents. USEPA. United States Environmental Protection Agency. Municipal Environmental Research Laboratory. California: set. 1980, p. 1-37.
16. VON SPERLING, M.; ANDRADE NETO, C. O.; VOLSCHAN JUNIOR, I.; FLORÊNCIO, L. Impacto dos nutrientes do esgoto lançado em corpos d'água. In: MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (Coord). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009, pp. 26-51.