



# I Seminário Nacional de **Recursos Hídricos**

## I Encontro de Profissionais do **Saneamento - Espírito Santo**

Tema: Saneamento, Reúso e  
Gestão dos Recursos Hídricos

**12-13** | **AGOSTO 2017**  
8h às 18h

**AUDITÓRIO DO CCJE-UFES**

**VITÓRIA-ES**



A N A I S

I SEMINÁRIO NACIONAL DE RECURSOS  
HÍDRICOS

SANEAMENTO, REÚSO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

1ª EDIÇÃO



Vitória  
2017

Seminário Nacional de Recursos Hídricos: Gestão, Reúso e Gestão de Recursos Hídricos (Agosto, 2017: Vitória, ES)

Anais [recurso eletrônico] / I Seminário Nacional de Recursos Hídricos: Gestão, Reúso e Gestão de Recursos Hídricos, 12 e 13 de agosto de 2017 em Vitória, ES

Disponível em: <<http://www.abes-es.org.br/evento/ANAIS-2017>>

1. Recursos Hídricos – Brasil – Seminários. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. II. Título.

# Trabalhos Técnicos



# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### IV- APROPRIAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO ANUAL POR MEIO DE IMAGEM DE SATÉLITE – ESTUDO DE CASO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM

#### **Karinnie Nascimento de Almeida<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

#### **José Antônio Tosta dos Reis<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestrado em engenharia ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo, doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

#### **Antônio Sergio Mendonça Ferreira<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo, mestrado em Engenharia Civil pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos - Colorado State University e pós-doutorado no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Cornell University, em Nova York (EUA).

#### **Diogo Costa Buarque<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil graduado na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras - Vitória - ES - CEP: 29075-910 - Brasil – Tel +55 (27) 981170999 - e-mail: [kaka.nascimento05@gmail.com](mailto:kaka.nascimento05@gmail.com)

#### **RESUMO**

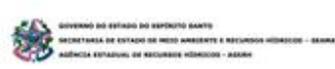
Baixa densidade de postos pluviométricos, falhas em séries históricas, dificuldades no acesso ao local no qual foi instalado o aparelho para monitoramento da precipitação e indisponibilidade de operador são fatores que dificultam a condução de estudos hidrológicos que envolvam análises de regimes de precipitações. Neste contexto, o uso de estimativas de precipitação por sensoriamento remoto representa alternativa para apropriação de precipitação, principalmente em bacias hidrográficas que apresentam baixas densidades de postos pluviométricos, pluviográficos ou meteorológicos. O presente trabalho avalia as estimativas de totais anuais precipitados na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, a partir do produto 3B42, versão 7, do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Foram estudadas séries históricas correspondentes a 14 postos pluviométricos e dados provenientes do TRMM para uma malha espacial de 25 km, considerando o período compreendido entre os anos de 1998 e 2015. A análise quantitativa indicou que a utilização dos dados provenientes do satélite TRMM apresentou-se como alternativa eficiente para a apropriação de totais anuais precipitados para a área de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** TRMM, postos pluviométricos, sensoriamento remoto.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### INTRODUÇÃO

O conhecimento e a quantificação do regime de precipitações em uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento estratégico dos recursos hídricos disponíveis. Atualmente, o monitoramento de precipitação é feito, principalmente, através de postos meteorológicos. As séries históricas referentes a estes postos podem ser obtidas junto à instituições como Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dentre outros. No entanto, é relevante registrar que os postos de monitoramento usualmente estão espacialmente mal distribuídos e/ou apresentam-se com baixas densidades.

É relevante observar que os pluviômetros possuem pequena área de captação de chuva, usualmente variável entre 200 cm<sup>2</sup> e 500 cm<sup>2</sup>. Desta forma, medem pontualmente a chuva ocorrida em determinado local, não capturando necessariamente a distribuição espacial da mesma, especialmente em terrenos com topografia complexa (PEREIRA *et al.*, 2013; VARIKODEN *et al.*, 2012; WAGNER *et al.*, 2012). Como consequência, podem ocorrer falhas de detecção de precipitação. Adicionalmente, eventos chuvosos isolados sobre algum pluviômetro podem influenciar na análise do escoamento superficial, do déficit hídrico e até no balanço de energia (PEREIRA *et al.*, 2013).

Neste contexto, as imagens de satélites têm constituído alternativas úteis para o monitoramento espacial e temporal da precipitação. O satélite TRMM, estabelecido a partir de uma parceria entre a National Aeronautics and Space Administration (NASA) e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA), foi lançado com objetivo de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos (KUMMEROW *et al.*, 2000).

Trabalhos como os de Nicholson *et al.* (2003), Collischonn *et al.* (2007), Su *et al.* (2008), Rozante *et al.* (2010), Clarke *et al.* (2011), Pereira *et al.* (2013) e Ochoa *et al.* (2014) constituem exemplos do emprego do satélite TRMM para apropriação de chuvas em diferentes locais do Brasil e do mundo. O presente trabalho tem por objetivo o emprego de imagens do satélite TRMM para avaliação do regime de distribuição espacial da precipitação média anual na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, principal curso d'água da porção sul do estado do Espírito Santo.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados dados de precipitações estimadas pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), produto 3B42-v7, comparando-os com os registros pluviométricos. A análise concentrou-se nas séries históricas de totais anuais precipitados.

### REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS

Foram identificadas, na base de dados de Agência Nacional de Águas (ANA), a partir do Sistema de Informação Hidrológica (Hidroweb), as séries históricas de precipitações referentes a 14 (quatorze) estações instaladas e em operação na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. A Tabela 1 apresenta as estações pluviométricas, seus respectivos códigos de registro junto à ANA e coordenadas geográficas.

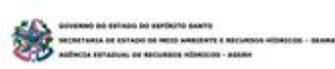
**Tabela 1 – Estações pluviométricas instaladas e em operação na bacia hidrográfica do rio Itapemirim**

Código	Estação	Latitude	Longitude
		(grau, minuto, segundo)	(grau, minuto, segundo)
2040006	Usina Paineiras	-20° 57' 10"	-40° 57' 12"
2041000	Atílio Vivacqua	-20° 54' 47"	-41° 11' 42"
2041002	Castelo	-20° 36' 20"	-41° 11' 59"
2041003	Rive	-20° 44' 49"	-41° 27' 58"
2041010	Jacigua	-20° 42' 07"	-41° 00' 59"

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

2041011	Conceição do Castelo	-20° 21' 08"	-41° 14' 22"
2041013	Iúna	-20° 20' 45"	-41° 32' 15"
2041015	Fazenda Monte Alegre	-20° 56' 41"	-41° 24' 03"
2041016	Ibitirama	-20° 32' 26"	-41° 39' 56"
2041017	Santa Cruz - Caparaó	-20° 19' 22"	-41° 42' 15"
2041018	Usina Fortaleza	-20° 22' 17"	-41° 24' 32"
2041019	Itaici	-20° 31' 42"	-41° 30' 41"
2041021	Burarama	-20° 40' 50"	-41° 20' 54"
2140000	Barra do Itapemirim	-21° 00' 27"	-40° 50' 07"

### MÉTODO DAS ISOIETAS

O método das isoietas foi utilizado para a apropriação de totais anuais precipitados na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. As cartas com isoietas foram estabelecidas a partir das alturas das lâminas d'água precipitadas anualmente, utilizando-se o programa computacional de geoprocessamento ArcGis.

Após o traçado das isoietas, foram determinadas as precipitações médias anuais para a área de estudo, por meio do cálculo da média das alturas entre duas isoietas sucessivas e do cálculo da área entre as isoietas sucessivas, conforme equação (1).

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot \frac{P_r + P_{r+1}}{2}}{A} \quad (1)$$

Na equação (1)  $P_m$  representa a precipitação média,  $P_r$  indica a precipitação da isoietas de ordem  $r$ ,  $P_{r+1}$  indica a precipitação da isoietas de ordem  $r+1$ ,  $A_i$  área entre isoietas consecutivas,  $i$  é a quantidade de isoietas, e  $n$  o número total de isoietas.

### BASE DE DADOS DO TRMM

Foi utilizado o produto 3B42-v7 do TRMM. O referido produto utiliza estimativas de precipitações por micro-ondas do imageador de micro-ondas (TMI), promovendo correção através das informações das estruturas verticais das nuvens, obtidas pelo radar de precipitação (PR). Os produtos do TRMM passam por validação terrestre (Ground Validation) a fim de minimizar as diferenças entre estimativas por satélite e medições o solo. O produto 3B42 apresenta espaçamento horizontal de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  e frequência de 3 horas (HUFFMAN et al., 2007; FENSTERSEIFER, 2013).

As precipitações estimadas pelo satélite TRMM provenientes do produto 3B42, versão 7 (3B42-v7), foram estabelecidas como parte das atividades da Diretoria de Missões Científicas da NASA, usando a GES-DISC Visualização Interativa Online e a análise de Infraestrutura, estando disponível no endereço eletrônico [http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM\\_V7.3B43.2.shtml](http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM_V7.3B43.2.shtml).

Os dados foram processados e manipulados com o auxílio do programa Arcgis. É relevante ressaltar que o período de tempo analisado foi o mesmo para os dados de satélite e aqueles obtidos com auxílio de pluviômetros.

### ANÁLISE DE DESEMPENHO

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Foram apropriados parâmetros estatísticos para validação da chuva estimada por satélite, conforme recomendações do International Precipitation Working Group (IPWG), grupo de trabalho do Coordination Group for Meteorological Satellites (CGMS), copatrocinado pela World Meteorological Organization (WMO).

Para avaliação dos erros quantitativos associados às diferenças entre os totais precipitados medidos nos pluviômetros e os totais precipitados estimados a partir das imagens de satélite, foram utilizados os seguintes parâmetros estatísticos: (1) Tendência ou Viés (BIAS), (2) Erro médio, (3) Raiz do erro médio quadrático e (4) Coeficiente de correlação. Os referidos parâmetros são assim definidos:

- BIAS

O BIAS (equação 2) relaciona as estimativas de precipitação apropriadas por satélite (Z) com as estimativas de precipitação obtidas a partir de dados de pluviômetros (P). Para  $BIAS > 1$ , o satélite superestima a chuva obtida pelos pluviômetros; quando  $BIAS < 1$  significa que ocorreu uma subestimação.

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n Z}{\sum_{i=1}^n P} \quad (2)$$

Na equação (2) n representa a quantidade de dados observados.

- Erro Médio (EM)

O erro médio (EM) indica a diferença média entre as intensidades de chuva por satélite e pluviômetro, sendo obtida a partir da equação (3).

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n P - Z}{n} \quad (3)$$

- Raiz do erro médio quadrático (REMQ)

A Raiz do erro médio quadrático (REMQ) avalia o erro por meio do quadrado das diferenças entre os dados de satélite e pluviômetro. Essa estatística é mais influenciada por erros de maior magnitude. A equação (4) expressa a referida relação.

$$REMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P - Z)^2}{n}} \quad (4)$$

- Coeficiente de correlação (r)

O coeficiente de correlação (r), apresentado por meio da equação (5), representa a associação linear entre as estimativas de chuva por satélite e pluviômetro. Seu resultado varia de -1 a 1, apresentando perfeita associação nestes limites.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P - \bar{P})(Z - \bar{Z})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P - \bar{P})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z - \bar{Z})^2}} \quad (5)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram apropriadas precipitações anuais para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim pelos métodos das isoietas e pela manipulação de imagem de satélite. As figuras 1 e 2 apresentam as distribuições dos totais acumulados de precipitação para o ano de 2015, estabelecidas pelo método das isoietas (Figura 1) e a pela imagem de satélite (Figura 2).

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

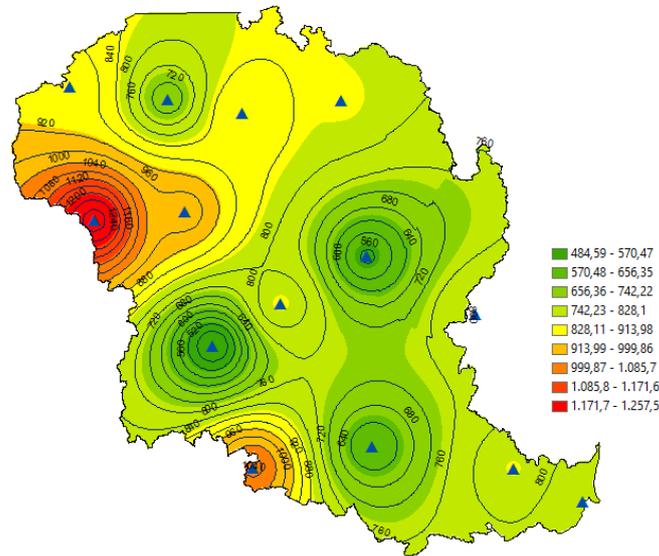


Figura 1 – Totais acumulados de precipitação para o ano de 2015 apropriados através de isoietas

Map, Accumulated of Precipitation Total daily 0.25 deg. [TRMM TRMM\_3B42\_Daily v7].mm  
over 2015-01-01 01:30Z - 2015-01-01 01:24Z. Region 42W, 46S, 22N, 20S

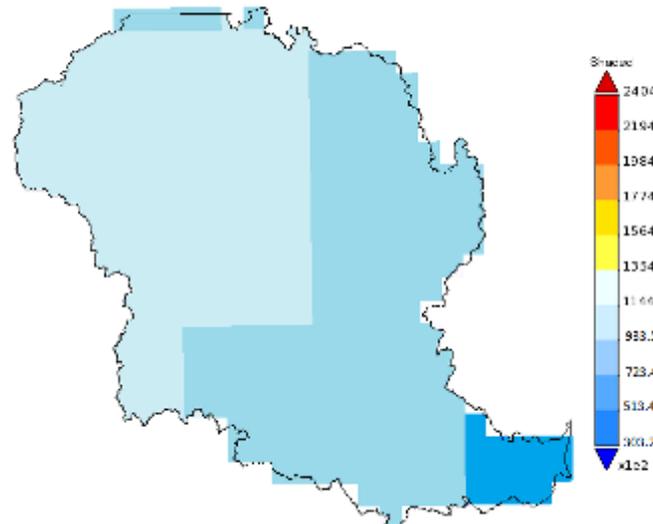


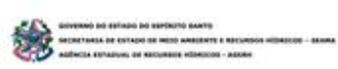
Figura 2 – Totais acumulados de precipitação para o ano de 2015 apropriados por meio de imagem de satélite

Os totais anuais precipitados sobre a bacia hidrográfica do rio Itapemirim entre os anos de 1998 e 2015, estimados a partir das cartas de isoietas associadas aos registros pluviométricos disponíveis ou a partir da manipulação das imagens do satélite TRMM, estão apresentados na Figura 3.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

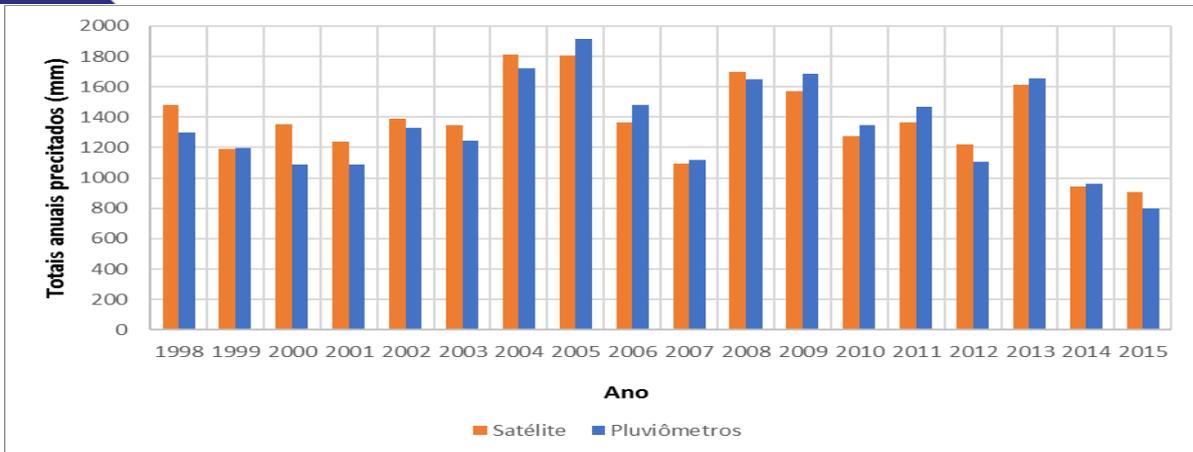


Figura 3 - Totais anuais estimados pelo método das isoietas e a partir da manipulação de imagem do satélite

Na Figura 3 é interessante observar os anos de 2014 e 2015, onde são mostradas menores precipitações, ano de crise hídrica recente. A Tabela 2 reúne os parâmetros estatísticos obtidos para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim quando da confrontação de séries de totais anuais precipitados obtidos a partir dos postos pluviométricos e da manipulação das imagens do satélite TRMM.

Tabela 2 - Resultados referentes a estatística quantitativa

Estatística Quantitativa	
BIAS	1,02
EM	-28,77
REMQ	113,36
r	0,93

Como apresentado na metodologia, valores unitários para o parâmetro o BIAS e coeficientes de correlação nos limites apropriáveis (-1 e 1) indicariam perfeita correlação entre as precipitações estimadas a partir dos dados de pluviômetros e das imagens de satélite. Sendo assim, os resultados apresentados no presente estudo foram considerados satisfatórios, uma vez que os valores associados aos parâmetros BIAS e r foram iguais ou superiores àqueles obtidos em estudos similares, como os trabalhos conduzidos por Araújo (2006), Leivas et al. (2009), Santos (2014), Louzada (2016) e Soares et al. (2016). O erro médio representa a diferença média entre as intensidades da chuva estimada por satélite e pluviômetro. O valor encontrado apresentou sinal negativo indicando que a manipulação das imagens de satélite produziu maiores totais anuais precipitados do que a manipulação dos registros de pluviômetros. Quanto ao erro médio quadrático (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros), este apresentou maior valor, reproduzindo-se padrão já observado nos trabalhos de Collischonn (2006), Leivas et al. (2009) Santos (2014), Louzada (2016) e Soares et al. (2016).

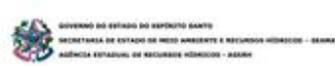
## CONCLUSÕES

A partir das análises desenvolvidas foi possível observar que as estimativas de chuva provenientes do satélite TRMM reproduziram, de modo geral, o padrão espaço-temporal do regime de chuvas na bacia hidrográfica do rio Itapemirim descrito a partir da manipulação dos registros pluviométricos, para o período de tempo

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

considerado, entre 1998 e 2015. Conclui-se, desta forma, que a utilização dos dados provenientes do satélite TRMM se apresenta como alternativa consistente para a apropriação dos totais anuais médios precipitados sobre a bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

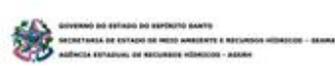
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CLARKE, R. T.; BUARQUE, D. C.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W. (2011). Issues of spatial correlation arising from the use of TRMM rainfall estimates in the Brazilian Amazon. *Water Resour. Res.*, v. 47, n. 5, W05539.
2. COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. (2006). Estimativas de precipitação por sensoriamento remoto passivo: desempenho do satélite TRMM na bacia do alto Paraguai até Descalvados. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL). Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p. 47-56, 2006.
3. COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. (2007). Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai Superior. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 59, n.1, p. 93-99.
4. FENSTERSEIFER, C. A. (2013). Qualidade das estimativas de precipitações derivadas de satélites na bacia do Alto Jacuí - RS. Santa Maria, RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Santa Maria, 2013.
5. GEOBASES – SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Navegador Geobases. Disponível em: [http://www.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR\\_GEOBAS](http://www.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR_GEOBAS). Acesso em: 10 mar. 2017
6. HUFFMAN, G. J.; ADLER, R. F.; BOLVIN, D. T.; GU, G.; NELKIN, E. J.; BOWMAN, K. P.; WOLFF, D. B. (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): quasi-global, multi year, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology*, v. 8, n. 1, p. 38-55.
7. KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. S.; ADLER, R.; OLSON, W. S. (2000). The status of the tropical rainfall measuring mission (TRMM) after two years in orbit. *Journal of Applied Meteorology*, p. 1965-1982.
8. LEIVAS, J. F.; RIBEIRO, G. G.; SOUZA, M. B.; ROCHA FILHO, J. (2009). Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus. Anais, In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal.
9. LOUZADA, F. L. R. O. (2016). Balanço hídrico climatológico com dados estimados pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission para a bacia hidrográfica do Rio Doce. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Geoprocessamento em sistemas agrícolas), Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2016.
10. NICHOLSON, S. E.; SOME, B.; MCCOLLUM, J.; NELKIN, E.; KLOTTER, D.; BERTE, Y.; GAYE, I. (2003). Validation of TRMM and Other Rainfall Estimates with a High-Density Gauge Dataset for West Africa. Part II: Validation of TRMM Rainfall Products. *Journal of Applied Meteorology*, v. 42, n. 10, p. 1355-1368.
11. OCHOA, A.; PINEDA, L.; CRESPO, P.; WILLEMS, P. (2014). Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates and WRF retrospective precipitation simulation over the Pacific–Andean region of Ecuador and Peru. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, v. 18, n. 8, p. 3179-3193.
12. PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. (2013). Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. *RBRH: revista brasileira de recursos hídricos*, v. 18, n. 3, p. 139-148.
13. ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONCALVES, L. G.G.; VILA, D. A. (2010). Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. *Weather Forecasting*, v. 25, n. 3, p. 885-894.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

14. SANTOS, A. P. C.; SOUZA, J. C. (2012). Análise de alternativas de enquadramento para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim sob a ótica do setor de saneamento básico. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
15. SANTOS, A. S. P. (2014). Análise de desempenho dos campos de chuvas estimados pelo satélite TRMM na Paraíba, para fins de modelagem hidrológicas distribuídas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.
16. SOARES, A. S. D.; PAZ, A. R.; PICILLI, D. G. A. (2016). Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. Revista brasileira de recursos hídricos, v. 21, n. 2, p. 288-299.
17. SU, F.; HONG, Y.; LETTENMAIER, D. P. (2008). Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and its utility in hydrologic prediction in the La Plata Basin. J. Hydrometeorol., v. 9, n. 4, p. 622-640.
- 18.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





I Seminário Nacional de  
**Recursos Hídricos**  
I Encontro de Profissionais do  
**Saneamento do Espírito Santo**

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e  
Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

**ANÁLISE DE METAIS E AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA NA  
INGESTÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE  
ITAMBACURI - MG**

**Ana Luiza Grateki Barbosa<sup>(1)</sup>**

<sup>2</sup>Engenheira Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade na UFVJM na UFVJM.

**Mayra Soares Santos<sup>(2)</sup>**

<sup>1</sup>Engenheira Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Mestranda em Química Analítica na UFVJM.

**Maria Cecília Ribeiro Miranda Metzker<sup>(3)</sup>**

<sup>3</sup>Engenheira Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Engenheira Civil pela Faculdade Presidente Antônio Carlos. Mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade na UFVJM.

**Guilherme Lages Rodrigues<sup>(4)</sup>**

<sup>4</sup>Graduando em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**Luiz Ricardo Sousa Corrêa<sup>(5)</sup>**

<sup>5</sup>Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa. Mestrado em Tecnologia, Ambiente e Sociedade pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**Mayne Luisa Veronesi Silva<sup>(6)</sup>**

<sup>6</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental pelas Faculdades DOCTUM.

**Márcia Cristina Faria<sup>(7)</sup>**

<sup>7</sup>Bióloga pela Universidade de Franca. Mestrado e Doutorado em Toxicologia pela Universidade de São Paulo.

**Jairo Lisboa Rodrigues<sup>(8)</sup>**

<sup>8</sup>Farmacêutico pela Universidade Federal de Alfenas. Doutorado direto em Toxicologia pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP.

**Endereço:** Rua do Cruzeiro, nº 01 - Jardim São Paulo - Teófilo Otoni/MG - CEP 39803-371

Telefone: +55 (33) 3529-2700

## RESUMO

A água é um recurso natural essencial para o planeta, sendo indispensável no desenvolvimento de diversas atividades, e principalmente para consumo humano. Apesar de sua vital importância, este recurso tem sido cada vez mais contaminado por metais tóxicos, provenientes de resíduos industriais, agrícolas, atividades mineradoras, ou até mesmo por processos litogênicos. Alguns metais são essenciais para o funcionamento adequado do corpo humano, porém, em altas concentrações podem ser prejudiciais à saúde. Além disso, existem metais que mesmo em baixas concentrações são considerados prejudiciais. Tendo em vista a grande quantidade de domicílios rurais no município de Itambacuri sem água canalizada, sendo abastecidos de forma precária, sem devido monitoramento, este trabalho objetivou realizar uma avaliação no nível de contaminação por metais nas águas utilizadas para consumo humano nesta região, bem como calcular o risco total à saúde causados por alguns dos metais analisados. Também foi calculado o risco de câncer a partir da possível contaminação por arsênio. Verificou-se que em 15 pontos, dos 33 analisados, existe um potencial risco à saúde humana não carcinogênico e em nenhum ponto analisado existe risco de câncer devido a concentração de arsênio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de Água, Metais, Avaliação de Risco, Risco de Câncer.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para o planeta, sendo indispensável no desenvolvimento de várias atividades, como transporte, geração de energia, processamento de alimentos e principalmente para o consumo humano. Apesar de sua importância, este recurso tem sido cada vez mais contaminado por metais tóxicos provenientes de processos litogênicos e de atividades antrópicas, sendo este último a principal forma de contaminação (AGUIAR-PALERMO *et al.*, 2002).

Nos últimos anos, tem crescido a preocupação com a contaminação ambiental por metais tóxicos. Cada vez mais a exposição humana a estes metais tem aumentado devido ao seu uso ter se diversificado, incluindo aplicações industriais, agrícolas (fertilizantes), domésticas e tecnológicas (TCHOUNWOU, 2014). Mesmo que não haja ação antrópica, o aumento da concentração de metais também pode ocorrer por processos naturais, como intemperismo e lixiviação.

Alguns metais como o cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) são considerados como essenciais para várias funções bioquímicas e fisiológicas. Porém, em quantidades inadequadas são considerados tóxicos e podem resultar em uma variedade de doenças ou síndromes. Além disso, alguns metais mesmo em pequenas concentrações podem gerar risco à saúde (TCHOUNWOU, 2014).

Um elemento importante a ser considerado é o alumínio, composto neurotóxico que, quando absorvido em grande quantidade, pode causar a longo prazo encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar a distúrbios neurológicos (FREITAS ET AL., 2001). A água pode também, conter um excesso de íons ferro e manganês dissolvidos uma vez que não se tem oxigênio suficiente para oxidá-los e precipitá-los. A exposição elevada de manganês afeta o sistema nervoso, provocando uma doença degenerativa, denominada de doença de Parkinson, cuja característica é a perda de coordenação. Além disso, o excesso de manganês no organismo reduz a absorção de ferro provocando anemia, além de afetar o sistema nervoso central, reprodutivo e respiratório (TSALEV, 1984). Já a absorção excessiva de ferro leva ao acúmulo destes íons nos tecidos, podendo causar a hemocromatose, a qual causa uma formação de pigmentação bronzeada na pele, além de distúrbios hepáticos (CONAMA, 1986).

O arsênio é conhecido carcinogênico humano pela International Agency for Research on Cancer (IARC) e pela American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH) (IARC, 2010; ACGIH, 2003). A sintomatologia da exposição aguda ao arsênio é a mesma para derivados orgânicos e inorgânicos: quadro gastroenterítico grave com início após 30 minutos de exposição (ATSDR, 2010).

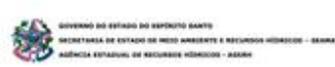
O mercúrio (Hg) é um dos mais tóxicos poluentes do meio ambiente. O mercúrio ao ser ingerido juntamente com a água de consumo é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal, acumulando-se nas células vermelhas do sangue e ligando-se facilmente a grupos sulfidrilas nas proteínas. Os principais efeitos adversos atribuídos à sua exposição são: efeitos gastrointestinais, renais, músculo-esqueléticos, hepáticos, cardiovasculares e principalmente neurológicos (ATSDR, 2010).

Tendo em vista o grande número de domicílios rurais no município de Itambacuri sendo abastecidos de forma precária, por águas de cisternas, poços, nascentes e rios sem o devido monitoramento, este trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação do nível de contaminação por metais nas águas utilizadas para consumo humano na zona rural de Itambacuri, bem como uma análise de risco à saúde humana por alguns metais e avaliação de risco ao câncer utilizando o arsênio como parâmetro.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### Área de estudo:

A área de estudo compreende o município de Itambacuri em sua zona rural com uma população de 7.690 habitantes. A cidade de Itambacuri está localizada no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Rio Doce (IBGE,2010). Foram realizadas coletas de amostras de água que é utilizada para consumo humano (poços artesianos, cisternas, nascentes, córregos, lagoas artificiais, poços), em dezessete comunidades rurais.

#### Coleta das amostras:

A coleta das amostras foi realizada conforme procedimento adotado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2010). Para isso, foram utilizados frascos de polipropileno, com tampa, tipo *Metal free* (livre de metais) de 15 e 50mL. Foram coletadas amostras de água em 15 comunidades rurais (Figura 1), totalizando então 33 pontos de coleta, conforme tabela abaixo. Serão avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos no Laboratório de análises de contaminantes e multiusuário do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (ICET- UFVJM). Todas as amostras serão também armazenadas em frascos, com tampa, em refrigerador de 4°C.

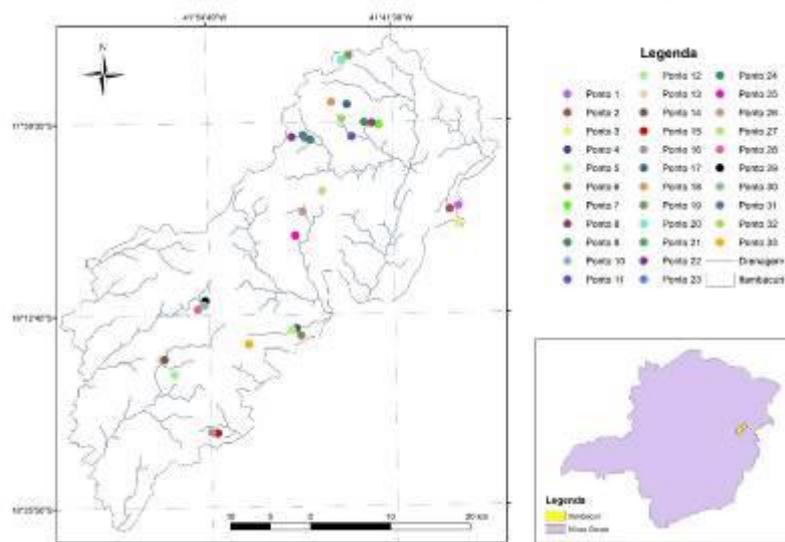


Figura 1 – Mapa de localização da cidade de Itambacuri – MG, determinação dos pontos de coleta para análise de metais.

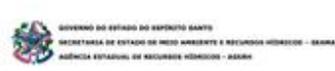
#### Determinação de metais em águas de rios contaminados:

Para a determinação dos metais (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mn, Hg, Ni, Ag, Se, U, V, Zn, S, N, P) será utilizado método analítico proposto por Lawrence e colaboradores (LAWRENCE et al., 2006). Para tal, será utilizado um espectrômetro de massas com plasma acoplado Indutivamente (ICP-MS) modelo NexIon 300D, PerkinElmer, que se encontra instalado no em uma Sala Limpa Classe 1000, laboratório multiusuário.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Água deionizada de alta pureza (resistividade 18,2 M  $\Omega$ .cm) obtida pelo sistema Milli-Q (Millipore®) será utilizada em todo o trabalho para preparo dos padrões de calibração para quantificação das amostras. Será utilizado também ácido nítrico de alta pureza, após destilação em temperatura inferior à de ebulição, empregando-se destilador de quartzo da Kürner Analysentechnik, para eliminação de alguma possível impureza.

### Avaliação de riscos na saúde humana:

A exposição do ser humano aos metais tóxicos pode ocorrer através de três caminhos principais, sendo eles: ingestão direta (oral), inalação através da boca e nariz e absorção dérmica através da exposição à pele; porém, para a água potável, a via de ingestão é a mais significativa. A dose ingerida por águas contaminadas foi determinada utilizando a Eq. (1), modificado da US Environmental Protection Agency por Giri & Singh (2015) (USEPA, 2004; GIRI & SINGH, 2015).

$$ADD=(Cw*IR*EF*ED)/(Bw*AT*ED) \quad (1)$$

Onde ADD é a dose diária média, medida em microgramas por quilo por dia, Cw é a concentração média de metais na água, medida em microgramas por litro, IR é a taxa de ingestão, medida em litros por dia, EF é a frequência de exposição, medida em dias/ano, ED é a duração da exposição, medida em anos, BW é o peso corporal, medido em quilogramas e AT é o tempo médio (dias). Foram utilizados para os cálculos EF de 350 dias e ED de 30 anos para adultos. O AT foi calculado pela multiplicação de ED por 365 dias para risco não cancerígeno e risco cancerígeno 70  $\times$  365 dias (GIRI & SINGH, 2015). Utilizou-se o valor médio de Bw de 70 kg para o homem brasileiro e o consumo médio de água de 2 m<sup>3</sup>/ano para um adulto brasileiro para os cálculos.

A caracterização do risco foi quantificada por riscos potenciais à saúde humana, porém não carcinogênicos, através do quociente de risco (HQ), os quais foram estimados através da comparação da exposição aos contaminantes ou da média de ingestão dos mesmos com a dose de referência correspondente (RfD) a partir da Eq. (2). Se o valor de HQ exceder 1, pode haver preocupação quanto aos possíveis danos à saúde, mas não cancerígenos.

$$HQ= ADD/RfD \quad (2)$$

O valor de RfD é originário da tabela de concentração baseada em risco (USEPA 1993). Para a avaliação de risco de diversos metais na água potável, empregou-se um índice de perigo (HI) total somando todos os valores calculados de HQ dos metais, conforme descrito na Eq. (3). Se o valor de HI ultrapassar 1 indica que existe um potencial risco de efeito adverso na saúde humana bem como a necessidade de estudo posterior. Quanto maior o HI, maior é o risco à saúde humana (USEPA, 2004; GIRI & SINGH, 2015).

$$HI=\Sigma HQ \quad (3)$$

Onde HQ<sub>i</sub> é o quociente de perigo de um metal individual, HI é o índice de perigo para todos os 5 metais estudados e n é 5.

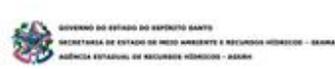
Os riscos cancerígenos foram avaliados pela Eq. (4), onde o valor estimado foi a probabilidade incremental de um indivíduo desenvolver qualquer tipo de câncer ao longo da vida devido a exposição ao metal arsênio. A faixa aceitável ou tolerável de riscos cancerígenos pela USEPA é de 10<sup>-6</sup> a 10<sup>-4</sup> (USEPA, 1991, 2000; GIRI & SINGH, 2015; YANG et al., 2015).

$$\text{Risco de câncer} = ADD * SF \quad (4)$$

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Onde ADD é a ingestão diária média de mais de 70 anos em mg/kg/dia e SF é o fator de inclinação, expresso em (mg/kg/dia)<sup>-1</sup>. Os fatores de inclinação são originários da tabela de concentração baseada em risco (USEPA 1993).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

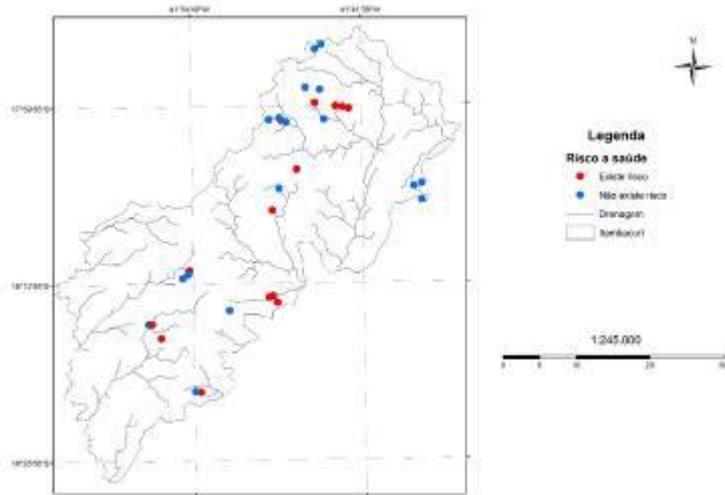


Figura 2–Mapa do resultado da avaliação de risco total não-cancerígeno da zona rural de Itambacuri–MG.

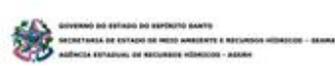
Tabela 1: Resultados das avaliações de risco para a saúde de amostras de água da zona rural de Itambacuri - MG

Ponto	HQ Hg	HQ Al	HQ Mn	HQ Fe	HQ As	HI (5 metais)	Risco de câncer (As)
1	0,429224	0,500000	0,004587	0,009861	-	0,943672	-
2	0,443836	0,461644	0,00455	0,00293	-	0,91296	-
3	0,434703	0,455479	0,009119	0,019516	-	0,918818	-
4	0,427397	4,346575	0,006431	0,005443	-	4,785847	-
5	0,427397	0,718493	0,004695	0,001673	-	1,152258	-
6	0,434703	0,691096	0,005354	0,003809	-	1,134962	-
7	0,439269	0,757534	0,004523	0,003018	-	1,204345	-
8	0,440183	0,844521	0,008063	0,006832	-	1,299598	-
9	0,440183	0,969863	0,004548	0,001647	0,102283	1,518523	4,6.10 <sup>-7</sup>
10	0,440183	3,417808	0,004832	0,004607	-	3,86743	-
11	0,439269	0,417808	0,004444	0,001915	0,047489	0,910926	2,137. 10 <sup>-7</sup>
12	0,437443	0,630822	0,007313	0,001879	-	1,077457	-
13	0,431963	0,540411	0,005084	0,003142	-	0,980601	-
14	0,437443	0,712329	0,004863	0,002441	-	1,157076	-
15	0,435616	0,410959	0,010409	0,001934	-	0,858919	-
16	0,430137	0,400685	0,004681	0,003343	-	0,838846	-
17	0,509589	-	0,001008	0,0066	0,208219	0,725416	9,37.10 <sup>-7</sup>
18	0,555251	-	0,071274	0,048639	0,217352	0,892516	9,78.10 <sup>-7</sup>
19	0,513242	-	0,000233	0,002181	0,210046	0,725701	9,452.10 <sup>-7</sup>

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

20	0,507763	-	0,001943	0,001827	0,208219	0,719752	9,37.10 <sup>-7</sup>
21	0,555251	2,477397	0,02045	0,063535	0,223744	3,340378	1,01.10 <sup>-6</sup>
22	0,53242	-	0,008726	0,007455	0,204566	0,753168	9,21.10 <sup>-7</sup>
23	0,520548	-	0,000425	0,001792	0,20274	0,725504	9,12.10 <sup>-7</sup>
24	0,606393	-	0,001939	0,001332	0,218265	0,827928	9,82.10 <sup>-7</sup>
25	0,531507	16,2274	0,012532	0,033464	0,210959	17,01586	9,49.10 <sup>-7</sup>
26	0,589041	-	0,000992	0,001029	0,205479	0,796542	9,25.10 <sup>-7</sup>
27	0,544292	2,834247	0,00028	0,001346	0,210959	3,591124	9,49.10 <sup>-7</sup>
28	0,534247	-	0,000229	0,000796	0,205479	0,740751	9,25.10 <sup>-7</sup>
29	0,530594	3,921918	0,000221	0,00255	0,205479	4,660762	9,25.10 <sup>-7</sup>
30	0,52968	-	0,000215	0,00121	0,205479	0,736585	9,25.10 <sup>-7</sup>
31	0,584475	-	0,000102	0,00086	0,221918	0,807355	9,99.10 <sup>-7</sup>
32	0,582648	56,7274	0,000971	0,013338	0,217352	57,54171	9,78.10 <sup>-7</sup>
33	0,565297	0,683562	0,000587	0,001941	0,207306	1,458692	9,33.10 <sup>-7</sup>

A Tabela 1 apresenta os resultados das avaliações de risco à saúde, onde o valor de HQ (quociente de perigo) é o risco calculado a partir ingestão de determinados metais pela população enquanto HI (índice de perigo) é a soma dos quocientes de perigo. Vários metais foram analisados porém, apenas quatro mostraram alteração quando comparados aos limites exigidos pela legislação, eles são mercúrio, alumínio, manganês e ferro. O arsênio, apesar de possuir valores dentro dos parâmetros, possui alta toxicidade e por esta razão também foi analisado seu valor de HQ.

O índice de perigo possui o parâmetro onde valores superiores a 1 podem levar a preocupação com efeitos potenciais a saúde, muitas vezes um determinado metal analisado isoladamente não causa riscos aos seres humanos mas quando somado aos demais metais pode gerar danos. Visto isso, dezesseis pontos excedem a unidade para valores de HI (Figura 2).

Os pontos 26 e 33 possuem altos valores de HI, devido ao grande quantidade do metal alumínio nas amostras. Acredita-se que pode haver presença de Al no solo da região, sendo um fator de contaminação natural, uma vez que segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Itambacuri (2016) a região possui Latossolo vermelho-amarelo, rico em óxidos de ferro e alumínio.

O metal arsênio (As) é o elemento mais tóxico e carcinogênico dos analisados, sendo também calculado seu risco associado ao câncer. Segundo a USEPA (2000) para riscos cancerígenos aceitáveis ou toleráveis, o intervalo do valor CR é de 10<sup>-6</sup> a 10<sup>-4</sup>. Em geral, se CR < 10<sup>-6</sup>, os riscos de câncer são considerados insignificantes. Enquanto, CR > 10<sup>-4</sup>, os riscos de câncer são considerados altos e inaceitáveis pela maioria das agências reguladoras internacionais. No presente estudo nenhum ponto apresentou valores de CR acima de 10<sup>-4</sup>, resultando em riscos considerados inexistentes.

### CONCLUSÕES

Conclui-se que a presença de metais em amostras de água de consumo pode causar riscos à saúde humana. É evidente que a ingestão isolada de certos metais possuem dados insignificantes mas quando consumidos em conjunto apresentam maior risco aos seres humanos.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

A presença do metal arsênio em baixas concentrações não apresentou risco potencial de câncer na população, assim como o alumínio, que muitas vezes encontrado de maneira natural no solo aumenta significativamente o índice de risco não-carcinogênico.

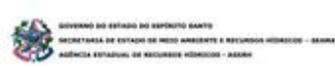
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Brasil, Resolução CONAMA n. 20, de 18 de junho de 1986.
2. FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano — desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Revista Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, Brasil; v. 10, n. 4, p. 993-1004, out-dez. 2005.
3. GIRI, S.; SINGH, A. K. Human health risk assessment via drinking water pathway due to metal contamination in the groundwater of Subarnarekha River Basin, India. Environmental monitoring and assessment, v. 187, n. 3, p. 63, 2015.
4. PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAMBACURI. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Itambacuri – MG. 2016.
5. TCHOUNWOU, P. B., YEDJOU, C. G., PATLOLLA, A. K., SUTTON, D. J. Heavy Metals Toxicity and the Environment. EXS, 2012, 101, 133–164.
6. TSALEV, D.L. Atomic absorption spectrometry in occupational an environmental health practice, 1984, vol. 3, CRC Press, New York.
7. USEPA (US Environmental Protection Agency). (1993). Carcinogenicity assessment. Washington: IRIS (Integrated Risk Information System), 2003.
8. USEPA (US Environmental Protection Agency). (2000). Risk characterization handbook. EPA 100-B-00-002. Acessado em Maio 2017.
9. USEPA (US Environmental Protection Agency). (2004). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment) Final. EPA/540/R/99/005 OSWER 9285.7-02EP PB99-963312 July 2004, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC.
10. YANG, X. et al. Heavy metal pollution and health risk assessment in the Wei River in China. Environmental monitoring and assessment, v. 187, n. 3, p. 111, 2015.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE MINAS E POÇO RASO EM COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE CARLOS CHAGAS/MG ATRAVÉS DE ELEMENTOS TRAÇOS E PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS

#### **Guilherme Alves Barroso<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e graduando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, campus Mucuri.

#### **Whinne Baroni Cordeiro Magalhães**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheira Hídrica pela UFVJM, campus Mucuri.

#### **Crislane Wan Der Maas Krettli**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheira Hídrica pela UFVJM, campus Mucuri.

#### **Grazielle Marinho de Oliveira**

Discente do curso de Ciência e Tecnologia da UFVJM, campus Mucuri.

#### **Mariandry del Valle Rodriguez Rodriguez**

Graduada em Química – Universidad de Carabobo; Doutora em Química – Universidad Central de Venezuela; Pós-doutoranda no Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia na UFVJM; Pesquisadora do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET da UFVJM, campus Mucuri.

#### **Jairo Lisboa Rodrigues**

Graduado em Farmácia pela Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL; Doutor em Toxicologia pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo (FCFRP-USP), e parte do doutorado realizado na Universidad de Castilla-La Mancha (Espanha) em química ambiental; Docente e pesquisador do ICET da UFVJM, campus Mucuri.

#### **Márcia Cristina da Silva Faria**

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Ciências, área de concentração Toxicologia pela Universidade de São Paulo – USP, e parte do doutorado realizado no Instituto Nacional de Saúde Pública do México no curso de Saúde Ambiental; Docente e pesquisadora do ICET da UFVJM, campus Mucuri.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Doze de Outubro, 314 – São Cristóvão – Teófilo Otoni – MG – CEP: 39804-648 – Brasil – Tel: (33) 99138-1348 – e-mail: [barroso.92@hotmail.com](mailto:barroso.92@hotmail.com)

#### **RESUMO**

Neste estudo foi realizado o monitoramento ambiental para avaliação da qualidade da água em uma região da zona rural do município de Carlos Chagas/MG. Foram realizadas duas coletas (inverno e verão) em cinco pontos definidos, sendo quatro nascentes e um poço raso, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Mucuri. Os parâmetros analisados foram as concentrações de elementos traços, através da determinação por *ICP-MS*, e estudos de genotoxicidade e citotoxicidade através do biomonitor *Allium cepa*, sendo os parâmetros avaliados: índice mitótico, aberrações cromossômicas e micronúcleos. Os resultados obtidos nas análises dos elementos traços três elementos químicos (Hg, Zn e P) apresentaram concentração superior ao máximo permitido. Já no estudo de citotoxicidade e genotoxicidade as alterações observadas não foram significativas ( $p < 0,05$ ), quando comparados ao controle negativo. Conclui-se que os trabalhos de monitoramento para avaliação da qualidade das águas são importantes, pois a população local tem essas fontes como alternativa única, fazendo com que estudos sejam necessários para garantir a qualidade destes corpos d'água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento Ambiental; *Allium cepa*; Elementos traços.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### INTRODUÇÃO

A água de boa qualidade está cada vez mais escassa devido à falta de apoio do poder público e conscientização da população para conservação do meio ambiente. De acordo com Paludo (2010) “a ingestão de água tratada é um dos fatores relevantes para a conservação da saúde e é considerada um recurso natural indispensável ao homem”. A redução de água de qualidade disponível está ligada ao crescimento desordenado da população nas cidades. Na zona rural essa redução está relacionada com atividades agrícolas (CASALI, 2008).

A condição de qualidade da água é definida pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 17 de março de 2005 como sendo “qualidade apresentada por um segmento de corpo d’água, num determinado momento, em termos de usos possíveis com segurança adequada, frente às classes de qualidade” e as classes de qualidade referem-se ao “conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros”. A Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011 que “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” define o padrão de potabilidade como o “conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano”.

Este trabalho teve como pontos de monitoramento quatro nascentes e um poço raso. A região fica na zona rural do município de Carlos Chagas, nordeste mineiro. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município tem aproximadamente 3.202,984 km<sup>2</sup> de área e população de 20.069 habitantes com densidade demográfica de 6,27 hab/km<sup>2</sup>. Está inserida na bacia hidrográfica do rio Mucuri. Os rios inseridos no território da cidade são: o Urucu, o Mucuri, que é o rio principal rio da bacia, e ainda uma parte do rio Todos os Santos, que deságua no rio Mucuri em um distrito de Carlos Chagas, Presidente Pena. O bioma predominante da região é a Mata Atlântica.

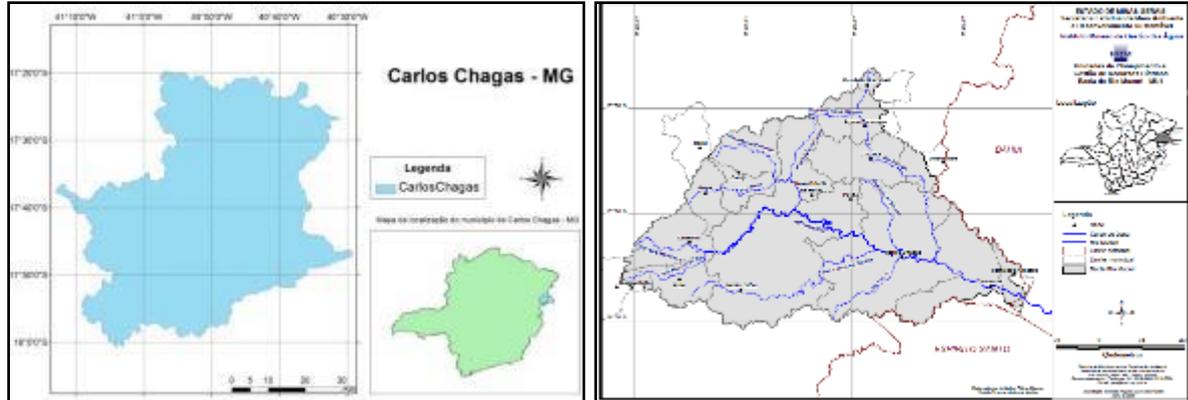


Figura 1 – Localização do Município de Carlos Chagas e da BH do rio Mucuri em Minas Gerais.

Fonte: IGAM, 2016.

Pensando nisso, e uma vez que boa parte da população rural consome água sem tratamento prévio, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da água de nascentes e poço raso consumida, sem tratamento, por moradores de uma comunidade rural do município de Carlos Chagas através da análise de elementos traços e do teste de genotoxicidade.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Os reagentes utilizados em todo o processo foram de elevado grau de pureza, no mínimo grau analítico P.A. No preparo das soluções, utilizou-se água do Tipo I (ultrapura). Todo material utilizado no preparo das

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

soluções e os utilizados na coleta das amostras foram livres de metias depois de descontaminados em banho de ácido nítrico 10% (v/v) e manipulados em Sala Limpa Classe 1000.

Foram monitorados quatro nascentes e um poço raso na zona rural do Município de Carlos Chagas – MG. No dia anterior à coleta foram consultadas as condições climáticas do município através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dispostas na Tabela 1. Nas coletas obtiveram-se também os valores de elevação e de localização dos pontos (latitude e longitude) com um GPS Garmin modelo GPSMAP 62s (Tabela 2).

**Tabela 1 – Dados meteorológicos (INPE) do município de Carlos Chagas/MG nos dias de coleta**

Parâmetros	1ª Coleta – 14/09/2015	2ª Coleta – 12/01/2016
Temperatura mínima	20 °C	26 °C
Temperatura máxima	31 °C	39 °C
Probabilidade de chuva	5 %	80 %
Umidade do ar	95 %	82 %
Velocidade do vento	13 km/h	14 km/h

**Tabela 2 – Localização geográfica dos pontos de coleta do município de Carlos Chagas/MG**

Pontos	Localização	Altitude (m)
Ponto 1	17°84'S, 40°92'O	261
Ponto 2	17°83'S, 40°93'O	267
Ponto 3	17°85'S, 40°93'O	293
Ponto 4	17°85'S, 40°93'O	282
Ponto 5	17°84'S, 40°94'O	304

Na coleta das amostras para determinação de metais e para o teste de *Allium cepa* utilizou-se tubos Falcon. A análise dos elementos traços nas amostras de água foi feita num espectrômetro de massas *PerkinElmer - NexION 300 ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)*. No preparo das amostras foi utilizado 1 ml de amostra diluído em 10 ml de solução de ácido nítrico. A calibração do equipamento foi feita utilizando uma solução multielementar “*NexION Dual Detector Calibration Solution*”.

O teste *Allium cepa* foi feito adaptado a partir do teste de Fiskejô (1985). 60 sementes foram colocadas em duas placas de Petri com 6 mL das amostras ou dos controles. As placas ficaram em luz artificial para germinação por cinco dias. As raízes germinadas foram colocadas em tubos eppendorf com 1 ml de fixador Carnoy e deixadas em geladeira por 24 horas. Depois retirou-se a solução deixando em 1 ml de álcool 70% por 24 horas, substituindo o álcool por outro banho por mais 24 horas. As raízes foram lavadas por três vezes com água destilada. Para remoção da parede celular ficaram em banho-maria a 60°C com HCl 1M por 9 minutos.

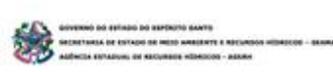
Na coloração das raízes usou-se *schiff* como corante. Depois foi feito o corte das coifas, transferindo-as para as lâminas com Carmim Acético 2% para fixação da cor. Fez-se o corte do meristema e o maceramento. Foi feita a identificação e avaliação das lâminas. As de boa qualidade passaram por leitura em microscópios, contando 200 células por lâmina em 10 lâminas, sendo um total de 2.000 células por ponto. Foi então registrada a quantidade de células em divisão mitótica e com aberrações cromossômicas e micronúcleos.

Os resultados obtidos na análise de metais foram expressos como média e comparados com a Classe 1 – águas doces (Resolução CONAMA n° 357 de 2005), que é destinada ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado. Os valores obtidos no teste foram expressos como o total de alterações observadas. O índice mitótico foi expresso em porcentagem. A análise estatística desses estudos foi realizada com auxílio do software estatístico *Prisma* (teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* – significância  $\leq 0,05$ ).

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a análise de elementos traços, somente na primeira coleta houve alteração em relação a três elementos. O ponto 3 foi o que apresentou alterações nos elementos mercúrio e zinco. Os pontos 4 e 5 apresentaram alterações referentes ao elemento fósforo (Tabela 3).

**Tabela 3 – Apresentação dos parâmetros alterados, de acordo com a sazonalidade, nas amostras de água do município de Carlos Chagas/MG e seus respectivos valores de referência**

Parâmetros Inorgânicos	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5		CONAMA 357/05*
	I <sup>1</sup>	V <sup>2</sup>	I	V	I	V	I	V	I	V	
Hg (µg/l)	-	-	-	-	0,90	-	-	-	-	-	0,0002
P (µg/l)	-	-	-	-	-	-	229,43	-	202,31	-	0,1
Zn (µg/l)	-	-	-	-	686,27	-	-	-	-	-	0,18

<sup>1</sup>Inverno; <sup>2</sup>Verão; \*Valores de referência da classe 1.

Dos elementos alterados, o mercúrio é o que oferece mais perigo à saúde humana, pois “é um elemento químico classificado como metal pesado, não degradável, bioacumulativo (manifestando ao longo das cadeias alimentares), com alta densidade” e é o mais volátil em relação aos outros metais (BAIRD, 2002). Em altas concentrações pode causar problemas como mutações e danos genéticos, lesões cerebrais e ósseas (WRI, 1987). Segundo a *Agency for Toxic Substances & Disease Registry* (ATSDR, 1999), “o sistema nervoso é muito sensível ao mercúrio” assim como os rins onde se acumula causando danos. O mercúrio inorgânico também causa danos ao estômago e ao intestino levando a náuseas, diarreia ou úlceras graves em caso de alta ingestão do mesmo, que pode ser encontrado em todo o ambiente de forma natural. A fonte da contaminação é incerta. Quando em “atividades antropogênicas acaba tomando três caminhos: vai incorporar-se na atmosfera, pode chegar até os solos e os sistemas aquáticos superficiais através da condensação e por fim, atingir os sistemas aquáticos subterrâneos” seja por infiltração ou lixiviação (RODRIGUES, 2007).

Mesmo com valores acima do permitido na primeira coleta, o mesmo não foi identificado na segunda, podendo ser uma contaminação por fonte pontual, como pilhas ou baterias, que por um acaso, foram descartadas inadequadamente, necessitando assim estudos aprofundados do solo da região.

O fósforo com alterações em dois pontos monitorados tem como uma possível causa o fato de a região das nascentes serem áreas de pastagem, com criação de bovinos, sendo susceptível à contaminação pelo esterco, que segundo a Embrapa é o adubo orgânico mais importante, rico em fósforo, entre tantos outros elementos. O zinco é um metal essencial para o ser humano em pequenas proporções, mas na concentração deparada traz danos à saúde, pois “pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isto só ocorre quando as taxas de ingestão diárias são elevadas” (PHILIPPI *et al.*, 2004). A fonte da contaminação não foi encontrada, mas, no período chuvoso não ocorreram alterações.

Comparando os resultados das coletas (Tabela 3), percebe-se que no verão, período com maior índice de chuvas, há uma contribuição na diluição das substâncias presentes na águas. Assim, “fatores como a sazonalidade, vazão e índice de chuva podem influenciar na concentração de poluentes na água” (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Contudo, os valores estão de acordo com os valores da Resolução.

Os resultados do teste de *Allium cepa* para avaliação da citotoxicidade e genotoxicidade estão expressos na Tabela 4. Nela são apresentados o número de células em mitose, o índice mitótico, e a quantidade de alterações encontradas nas diferentes fases (prófase, metáfase, anáfase e telófase) referentes às amostras e dos

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

controles (C+ e C-), com base nas 2000 células de cada ponto. Observa-se um maior número de alterações cromossômicas em metáfases e anáfases (ALVIM *et al.*, 2011).

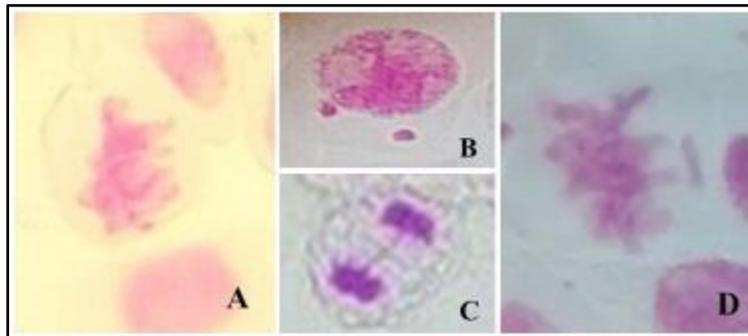
**Tabela 5 - Valores das alterações obtidas nas diferentes fases da mitose (prófase, metáfase, anáfase e telófase), referentes aos cinco pontos de coleta de água, no município de Carlos Chagas/MG.**

Amostra	Células em Mitose	Índice Mitótico (%)	Total de Mutações	A.P. <sup>1</sup>	A.M. <sup>2</sup>	A.A. <sup>3</sup>	A.T. <sup>4</sup>
Controle negativo*	320	16	26	5	8	13	0
Controle positivo**	369	18,45	55	6	21	24	4
Ponto 1	343	17,15	27	4	15	8	0
Ponto 2	285	14,25	27	4	13	9	1
Ponto 3	297	14,85	33	13	14	5	1
Ponto 4	280	14	14	0	3	10	1
Ponto 5	315	15,75	10	1	1	8	0

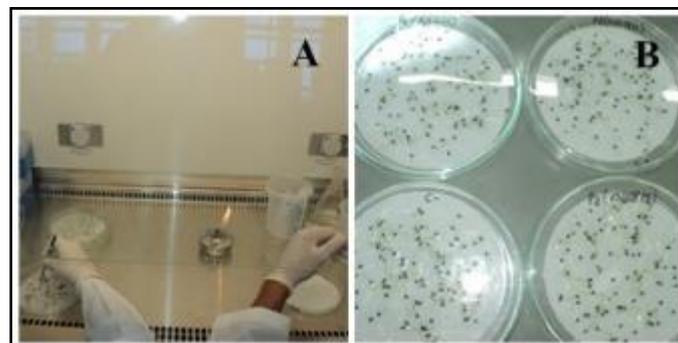
\*Água ultra-pura; \*\*Sulfato de Cobre.

<sup>1</sup>Alterações em Prófase; <sup>2</sup>Alterações em Metáfase; <sup>3</sup>Alterações em Anáfase; <sup>4</sup>Alterações em Telófase.

Neste estudo, foram observados sete tipos de aberrações cromossômicas: brotamento, c-mitose, cromossomo tardio, micronúcleo, cromossomo pegajoso (*stickiness*), ponte e quebra (Figura 7).



**Figura 3 – Fotomicrografias de *Allium cepa* com mutações: A) C-mitose; B) Micronúcleo em interfase; C) Ponte em telófase; D) Perda cromossômica em metáfase.**



**Figura 4 – Teste de *Allium cepa*: A) Procedimento para teste de *Allium cepa* realizado em cabine de segurança biológica; B) Placas contendo raízes de *Allium cepa*.**

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

As amostras observadas, neste estudo, não apresentaram citotoxicidade, genotoxicidade e/ou mutagenicidade quando comparadas ao controle negativo, considerando o nível de significância  $p < 0,05$  (Tabela 6).

**Tabela 6 – Índice mitótico e alterações cromossômicas encontradas em células meristemáticas de raiz de *Allium cepa* nos controles (positivo e negativo) e nas amostras de água referentes ao município de Carlos Chagas/MG. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão.**

Amostras	Nº de lâminas por ponto	Índice mitótico	Alterações Cromossômicas
Controle negativo*	10	32,00 $\pm$ 10,81	2,60 $\pm$ 1,51 <sup>a</sup>
Controle positivo**	10	36,90 $\pm$ 7,96	5,50 $\pm$ 1,18
Ponto 1	10	34,30 $\pm$ 4,55	2,70 $\pm$ 1,16 <sup>a</sup>
Ponto 2	10	28,50 $\pm$ 6,00	2,70 $\pm$ 1,16 <sup>a</sup>
Ponto 3	10	29,70 $\pm$ 7,41	3,30 $\pm$ 1,06 <sup>a</sup>
Ponto 4	10	28,00 $\pm$ 7,53	1,40 $\pm$ 1,17 <sup>a</sup>
Ponto 5	10	31,50 $\pm$ 5,50	1,00 $\pm$ 0,94 <sup>a</sup>

\*Água ultra-pura; \*\*Sulfato de cobre; <sup>a</sup>diferença significativa em relação ao controle positivo ( $p < 0,05$ ).

Em relação às alterações cromossômicas mais observadas, a c-mitose, surge de processos aneugênicos ou devido a mutações ocorridas nas principais proteínas de compactação da cromatina, e “se originam quando há inativação do fuso acromático de modo que os cromossomos fiquem dispersos na célula” (OLIVEIRA *et al.*, 2011), por meio de substâncias químicas. Outra consequência da c-mitose “é a produção de números cromossômicos variáveis, isto é, a produção de células diplóides” (VENTURA, 2004).

Pontes anafásicas e telofásicas são indicadores de substância clastogênicas que induzem quebras (MACHADO, 2013). Elas “podem acontecer durante a translocação da troca de uma cromátide desigual ou devido à presença de um cromossomo dicêntrico ou devido à quebra e fusão de cromossomos e cromátides” e causam mutações na estrutura do cromossomo (LUO *et al.*, 2004).

Já os micronúcleos são alterações na morfologia nuclear e são considerados como indicadores de contaminantes causadores de efeito genotóxico nas células meristemáticas de *Allium cepa* (OLIVEIRA *et al.*, 2011), e “indicativo de efeitos clastogênicos e aneugênicos” (MACHADO, 2013).

Segundo Oliveira *et al.* (2011), concentrações elevadas de elementos químicos “podem ser um predicativo à ocorrência de anomalias mitóticas em células de *A. cepa*”. Este fato possibilita relacionar a elevada concentração de mercúrio no ponto três com a ocorrência do maior número de alterações cromossômicas encontradas no ponto. Porém estes valores não foram significativos quando comparados ao controle negativo ( $p < 0,05$ ) e significativamente menor ao positivo (agente indutor de danos ( $p < 0,05$ )), assim descartando interferências na saúde dos moradores devido ao potencial mutagênico.

## CONCLUSÕES

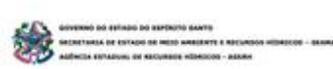
A avaliação da qualidade das águas em uma na região rural do município de Carlos Chagas/MG indica que a maioria dos parâmetros analisados, elementos traço (metais) e teste toxicológico, apresentaram-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005.

Os elementos químicos mercúrio, zinco e fósforo apresentam-se em desconformidade com a legislação. Dessa forma, faz-se necessária a realização de outros estudos mais aprofundados, como da análise do solo da região, para um melhor esclarecimento dos possíveis fatores que possam estar causando esta contaminação.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Os resultados da avaliação da citotoxicidade e genotoxicidade com o biomonitor *Allium cepa* não apresentaram toxicidade e/ou genotoxicidade de acordo com os parâmetros avaliados, com exceção do ponto 3, que pode estar relacionado com a elevação do elemento químico mercúrio neste ponto.

Conclui-se que os trabalhos de monitoramento para avaliação da qualidade das águas são de suma importância devido ao fato de que a maioria dessas regiões a população necessita de captar água para sua subsistência e acaba por utilizar a fonte hídrica que está ao seu dispor, sem os tratamentos básicos, como uma simples filtração ou caso necessário, uma desinfecção por fervura ou cloração da água, por falta de condições ou de informações que auxiliem essas práticas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY. Toxicology profile for Mercury. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1999. Disponível em: <[www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=112&tid=24#bookmark05](http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=112&tid=24#bookmark05)>. Acesso em: 17 mai. 2017.
2. ALVIM, L. B.; KUMMROW, F.; BEIJO, L. A.; LIMA, C. A. de A.; BARBOSA, S. Avaliação da citogenotoxicidade de efluentes têxteis utilizando *Allium cepa* L. Ambiente & Água. Taubaté, v. 6, n. 2, p. 255-265, 2011.
3. BAIRD, C. Química Ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.
4. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2017.
5. BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf)>. Acesso em: 02 jun. 2017.
6. CASALI, C. A.. Qualidade da água para consumo humano ofertada em Escolas e Comunidades Rurais da Região Central do Rio Grande do Sul. 2008, 173f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria/RS, 2008.
7. FISKEJÖ, G. LEVAN, A. Evaluation of the first tem MEIC chemicals in the *Allium cepa*. Alternatives to laboratory animals, Nottingham, v. 21, n. 2, p. 139-149, Apr. 1985.
8. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades@. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=311370&search=||info%EFficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 17 de abr. 2017.
9. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Bacias Hidrográficas do Leste. 2016. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/158?task=view>>. Acesso em 17 de abr. 2017.
10. LUO, L. Z. et al. Cigarette smoke induces anaphase bridges and genomic imbalances in normal cells. Mutation. Research. 2004, 554, 375-385.
11. MACHADO, A. T.. Avaliação do potencial mutagênico do efluente do terminal petroquímico almirante soares (osório-rs-brasil) através do sistema teste de *Allium cepa*. 2013. 45 f. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, 2013.
12. OLIVEIRA, L. M. de; VOLTOLINI, J. C.; BARBÉRIO, A.. Potencial mutagênico dos poluentes na água do Rio Paraíba do Sul em Tremembé, SP, Brasil, utilizando o teste de *Allium cepa*. Ambiente e Água. Taubaté, v.6, n.1, 2011.
13. PALUDO, Diego. Qualidade da água nos poços artesianos do Município de Santa Catarina do Sul. 2010, 75f. Monografia (Bacharel em Química Industrial), Centro Universitário Univates. 2010.
14. PHILIPPI, A. J. R. et al. Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004.
15. RODRIGUES, V. F. A.. Mapeamento de Área de Risco à Saúde por Contaminação de Mercúrio no Manancial Subterrâneo do Bairro Santa Mônica em Feira de Santana – BA. 132 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Programa de Pós Graduação em Saúde Coletiva, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

16. VENTURA, B. de C.. Avaliação dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos do herbicida atrazina, utilizando *Allium cepa* e *Oreochromis niloticus* como sistemas-teste. 133 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.
17. WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). World resources. 1987. New York, Basic Books, 1987.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE MINAS E POÇO RASO EM COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE CARLOS CHAGAS/MG ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### **Guilherme Alves Barroso<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e graduando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, campus Mucuri.

#### **Whinne Baroni Cordeiro Magalhães**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheira Hídrica pela UFVJM, campus Mucuri.

#### **Crislane Wan Der Maas Krettli**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheira Hídrica pela UFVJM, campus Mucuri.

#### **Grazielle Marinho de Oliveira**

Discente do curso de Ciência e Tecnologia da UFVJM, campus Mucuri.

#### **Mariandry del Valle Rodriguez Rodriguez**

Graduada em Química – Universidad de Carabobo; Doutora em Química – Universidad Central de Venezuela; Pós-doutoranda no Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia na UFVJM; Pesquisadora do Instituto de Ciência, Engenharia Tecnologia – ICET da UFVJM, campus Mucuri.

#### **Jairo Lisboa Rodrigues**

Graduado em Farmácia pela Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL; Doutor em Toxicologia pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo (FCFRP-USP), e parte do doutorado realizado na Universidad de Castilla-La Mancha (Espanha) em química ambiental; Docente e pesquisador do ICET da UFVJM, campus Mucuri.

#### **Márcia Cristina da Silva Faria**

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Ciências, área de concentração Toxicologia pela Universidade de São Paulo – USP, e parte do doutorado realizado no Instituto Nacional de Saúde Pública do México no curso de Saúde Ambiental; Docente e pesquisadora do ICET da UFVJM, campus Mucuri.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Doze de Outubro, 314, Teófilo Otoni-MG, Brasil. CEP: 39.804-648 – e-mail: [barroso.92@hotmail.com](mailto:barroso.92@hotmail.com)

#### **RESUMO**

Neste estudo foi realizado o monitoramento ambiental para avaliação da qualidade da água em uma região com predominância de pastagem, na zona rural do município de Carlos Chagas/MG. Foram realizadas duas coletas, considerando a sazonalidade (inverno e verão) em cinco pontos definidos, sendo quatro nascentes e um poço raso, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Mucuri. Os parâmetros analisados foram físico-químicos através da determinação de sólidos sedimentáveis, totais, fixos e voláteis, pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza, temperatura, nitrogênio e oxigênio dissolvido. Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos estão dentro dos valores recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005. Conclui-se que os trabalhos de monitoramento para avaliação da qualidade das águas são de suma importância, visto a necessidade da população local de utilizar estas fontes como alternativa única. Mais estudos são necessários a fim de garantir a qualidade destes corpos d'água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento ambiental; Análise físico-química; poços e nascentes.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### INTRODUÇÃO

A água de boa qualidade está cada vez mais escassa devido à falta de apoio do poder público e conscientização da população para conservação do meio ambiente. De acordo com Paludo (2010) “a ingestão de água tratada é um dos fatores relevantes para a conservação da saúde e é considerada um recurso natural indispensável ao homem”. A redução de água de qualidade disponível está ligada ao crescimento desordenado da população nas cidades. Na zona rural essa redução está relacionada com atividades agrícolas (CASALI, 2008).

A condição de qualidade da água é definida pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 17 de março de 2005 como sendo “qualidade apresentada por um segmento de corpo d’água, num determinado momento, em termos de usos possíveis com segurança adequada, frente às classes de qualidade”, e ainda segundo a mesma Resolução, classes de qualidade se refere a “conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros”. A Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011 que “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” define o padrão de potabilidade como sendo “conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria”.

Este trabalho teve como pontos de monitoramento quatro nascentes e um poço raso. A região fica na zona rural do município de Carlos Chagas, nordeste de Minas Gerais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município tem aproximadamente 3.202,984 km<sup>2</sup> de área e população de 20.069 habitantes com densidade demográfica de 6,27 hab/km<sup>2</sup>. Está inserida na bacia hidrográfica do rio Mucuri. Os rios inseridos no território da cidade são: o Urucu, o Mucuri, que é o rio principal rio da bacia, e ainda uma parte do rio Todos os Santos, que deságua no rio Mucuri em um distrito de Carlos Chagas, Presidente Pena. O bioma predominante da região é a Mata Atlântica.

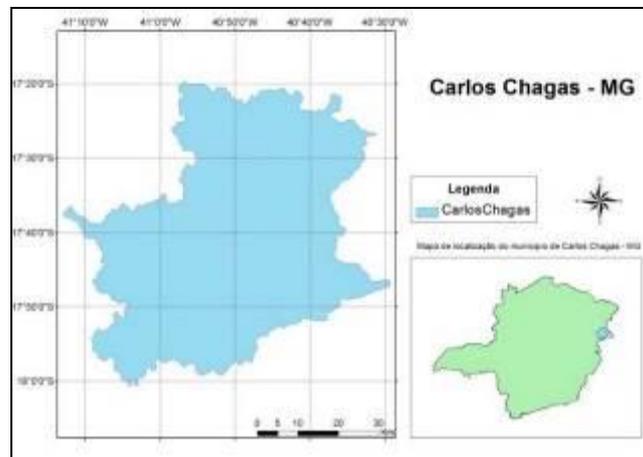


Figura 1 – Localização do Município de Carlos Chagas/MG.  
Fonte: Arquivos do autor.

Realização



Apoio



Patrocínio





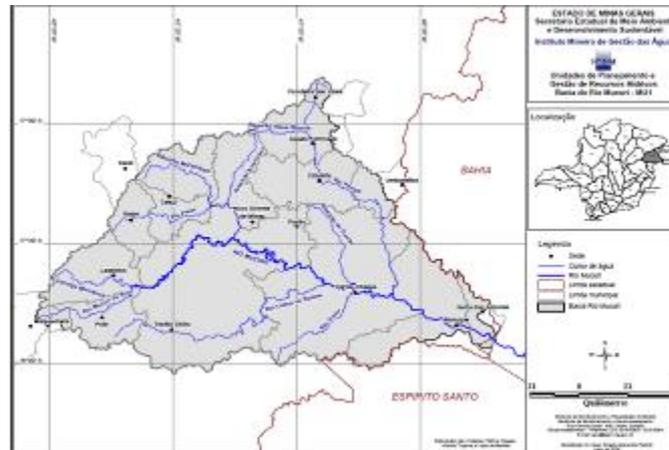
# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 2 – Bacia Hidrográfica do rio Mucuri em Minas Gerais**  
Fonte: IGAM, 2016.

Pensando nisso, e uma vez que boa parte da população rural consome água sem qualquer tratamento prévio, o objetivo geral deste trabalho está em avaliar a qualidade da água de nascentes e poço raso consumida, sem tratamento, por moradores de uma comunidade rural do município de Carlos Chagas através de parâmetros físico-químicos.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Foram monitorados quatro nascentes e um poço raso na zona rural do Município de Carlos Chagas – MG. No dia anterior à coleta foram consultadas as condições climáticas do município através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Dados meteorológicos (INPE) do município de Carlos Chagas/MG nos dias de coleta**

Parâmetros	1ª Coleta – 14/09/2015	2ª Coleta – 12/01/2016
Temperatura mínima	20 °C	26 °C
Temperatura máxima	31 °C	39 °C
Probabilidade de chuva	5 %	80 %
Umidade do ar	95 %	82 %
Velocidade do vento	13 km/h	14 km/h

No dia da coleta, em cada ponto, obtiveram-se os valores de elevação e das coordenadas geográficas (latitude e longitude) com o uso de um GPS Garmin modelo GPSMAP 62s, e estão descritos na Tabela 2.

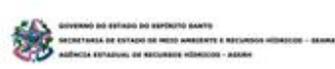
**Tabela 2 – Localização geográfica dos pontos de coleta do município de Carlos Chagas/MG**

Pontos	Localização	Altitude (m)
1	17°84'S, 40°92'O	261
2	17°83'S, 40°93'O	267
3	17°85'S, 40°93'O	293
4	17°85'S, 40°93'O	282
5	17°84'S, 40°94'O	304

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Para a análise de sólidos, pH, dureza e turbidez foram preparados frascos de vidro âmbar com capacidade de um litro, um para cada ponto. Nas coletas mergulhou-se um frasco no corpo d'água a ser coletado e identificou-se com uma etiqueta contendo os dados do ponto. Na coleta das amostras, para determinação de nitrato utilizou-se tubo Falcon livre de metais (*Metal free*), com capacidade de 50 ml. Identificou-se cada tubo antes da coleta, que depois foram lacrados com fita PARAFILM para evitar vazamentos e/ou contaminação.

Todos os dispositivos usados nas análises foram previamente calibrados. Para a análise da turbidez utilizou-se um turbidímetro Hanna, modelo HI98703 Fast Tracker, e os resultados expressos em unidades de turbidez (uT). Os valores de condutividade elétrica, pressão atmosférica e temperatura foram aferidos com uma sonda multiparâmetro *YSI Series Professional Plus*. O pH das amostras foi determinado com o uso de um peagâmetro Digimed, modelo DM-22. O oxigênio dissolvido foi determinado diretamente das fontes a partir de um oxímetro Lutron, modelo DO-5519.

Para a determinação da dureza foi utilizado o método titulométrico com EDTA (OLIVEIRA e FERNANDES, 2009 *apud* MANICA, 2011), que foi adaptado do Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional da Saúde – Funasa (2009), onde o volume gasto de EDTA é proporcional a concentração de íons cálcio da amostra (MANICA, 2011).

A determinação de nitrato foi realizada pelo método espectrofotométrico. As amostras foram filtradas com auxílio de uma bomba à vácuo Tecnal, modelo TE-058 *Expump* 805919. Adicionou-se em 50 ml da amostra filtrada 1 ml de Ácido Clorídrico 1 Molar para evitar interferências de hidróxidos e carbonatos. As amostras foram analisadas num espectrofotômetro Micronal, modelo AJX-6100PC *Duplo Feixe*, em dois comprimentos de onda, 220 nm (absorvido pela matéria orgânica e pelo nitrato), e 275 nm (absorvido somente pela matéria orgânica). Fez-se a correção dos valores obtidos de absorvância para cada comprimento de onda e depois aplicaram-se os valores numa curva de calibração no software Microsoft Office Excel, para determinar a concentração do nitrato.

Os métodos utilizados na determinação dos sólidos sedimentáveis, suspensos totais e totais, foram adaptações da Norma Técnica Interna da SABESP NTS 013 (1999). Os sólidos sedimentáveis foram determinados pelo método volumétrico, usando cones de Imhoff graduados com um litro de capacidade. Os resultados foram expressos em mililitros de sólido por litro de amostra (ml/l). Os sólidos suspensos foram determinados pelo método gravimétrico com a filtragem das amostras e a determinação da massa de sólidos suspensos retidos nos filtros. Os seus resultados foram expressos em miligramas de sólidos suspensos por litro de amostra (mg/l). O procedimento em sólidos totais é semelhante à determinação de sólidos suspensos. Aqui se usaram recipientes de cerâmica com capacidade de 50 ml. A partir da evaporação da água contida neles, determinou-se os sólidos totais presentes nas amostras. Os resultados foram dados em miligramas de sólidos por litro de amostra (mg/l).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de turbidez, condutividade elétrica, temperatura, pH, dureza total, nitrato, oxigênio dissolvido e sólidos dissolvidos obtidos a partir das duas coletas.

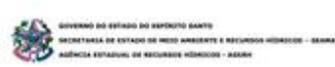
**Tabela 3: Resultados físico-químicos da coleta em comunidade rural no município de Carlos Chagas/MG no período de Inverno e Verão.**

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5		CONAMA 357/05*
	I <sup>1</sup>	V <sup>2</sup>	I	V	I	V	I	V	I	V	
Turbidez (UNT)	1,04	2,49	7,22	6,3	0,5	0,38	20,8	23	7,9	10,2	Até 40
Condutividade	516	353,3	93,3	58,8	314,5	413,1	135,5	174,4	62,2	152,1	-

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )											
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	26,5	25,8	25,1	27	24,4	27,7	25	27,3	26,1	26,2	-
pH	6,8	5,3	5,5	5,7	5,7	5,4	6,2	5,9	6,2	5,8	De 6 a 9
Dureza Total (mg/l)	58,4	66,6	7,6	12,7	66	71,1	7,6	15,2	22,8	30,5	-
Nitrato (mg/l)	2,7	2,7	2,3	2,2	1,4	1,6	3,7	3,95	5,4	5,6	Até 10
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	6,4	7,6	7,6	7	1,9	3,1	7,6	7,9	8,5	9,2	> 6
Sólidos (mg/L)	362	288	101	28	427	420	275	219	237	150	Até 500

\*Valores de referência da classe 1;

<sup>1</sup>Período de Inverno;

<sup>2</sup>Período de Verão.

Os parâmetros turbidez, nitrato e sólidos dissolvidos apresentaram-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05, e as variações de um período para o outro não interferem na qualidade da água.

Em ambas as coletas e no mesmo ponto (Ponto 3), o oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo do especificado pela Resolução que deve ser no mínimo de 6 mg/L, o que é explicado pelo fato de a água estar aflorando e não ainda teve contato suficiente com o ar atmosférico para a incorporação do oxigênio na mesma. Outro fator que pode explicar a baixa aeração é a pouca vazão da nascente que não fornece turbulência ao corpo d'água.

O pH apresentou-se em desconformidade em dois pontos (2 e 3) na primeira coleta, e em todos os pontos na segunda coleta. Embora alguns resultados tenham ficado abaixo do ideal estabelecido pela Resolução não houve alterações significativas entre os valores obtidos de oxigênio dissolvido e pH entre as duas coletas.

Os parâmetros dureza total, condutividade elétrica e temperatura não possuem valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Por isso, buscou-se em outras literaturas interpretações para esses parâmetros.

A dureza total, segundo a Portaria 2914/11, tem seu valor máximo permitido de 500 mg/L, e assim os valores encontrados estão em conformidade com a mesma. A condutividade elétrica, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), indica possíveis ambientes impactados quando apresenta níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Logo, estão em conformidade com o proposto pela CETESB, os pontos 2 e 5 na primeira coleta e apenas o ponto 2 na segunda. Assim, um estudo aprofundado das características do solo é necessário para justificar os valores elevados. Comparando os valores obtidos nas duas coletas houve alterações na temperatura, o que é explicado pelo regime climática de cada estação.

Foram realizados os procedimentos para determinação dos sólidos suspensos totais, fixos e voláteis (Tabela 4), dos sólidos totais, fixos e voláteis – método gravimétrico (Tabela 5), e dos sólidos sedimentáveis (Tabela 6).

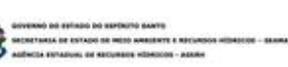
**Tabela 4 – Comparação entre valores de sólidos suspensos totais, fixos e voláteis obtidos nas amostras de água de comunidade rural do município de Carlos Chagas/MG no período de Inverno e Verão.**

Pontos	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)		Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)		Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
1	0,6	2,6	0,2	2,4	0,4	0,2
2	2,4	3,2	0,8	2,8	1,6	0,4

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

3	0,6	3,8	0,2	2,8	0,4	1
4	0,2	2,6	0	2,4	0,2	0,2
5	5,2	8	2,4	5,6	2,8	2,4

**Tabela 5 – Comparação entre valores de sólidos totais, fixos e voláteis obtidos nas amostras de água de comunidade rural do município de Carlos Chagas/MG no período de Inverno e Verão.**

Pontos	Sólidos Totais (mg/L)		Sólidos Fixos (mg/L)		Sólidos Voláteis (mg/L)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
1	362	288	298	261	64	27
2	101	28	67	21	34	7
3	427	420	353	340	74	80
4	275	219	225	159	50	60
5	237	150	187	112	50	38

**Tabela 6 – Comparação entre os valores de sólidos sedimentáveis obtidos nas amostras de água de comunidade rural do município de Carlos Chagas/MG no período de Inverno e Verão.**

Pontos	Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	
	Inverno	Verão
1	<0,1	<0,1
2	<0,1	<0,1
3	<0,1	<0,1
4	<0,1	<0,1
5	=0,1	=0,1

Os valores dos sólidos citados acima não foram correlacionados com nenhuma resolução ou literatura, pois não existe uma que os especifique.

**Tabela 7 – Apresentação dos parâmetros alterados, de acordo com a sazonalidade, nas amostras de água do município de Carlos Chagas/MG e seus respectivos valores de referência**

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5		CONAMA 357/05*
	I <sup>1</sup>	V <sup>2</sup>	I	V	I	V	I	V	I	V	
OD (mg/l)	-	-	-	-	< 6	< 6	-	-	-	-	> 6
pH	-	5,31	5,47	5,74	5,74	5,43	-	5,89	-	5,84	De 6 a 9

\*Valores de referência da classe I;

<sup>1</sup>Período de Inverno;

<sup>2</sup>Período de Verão.

### CONCLUSÕES

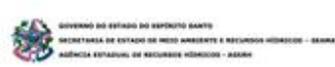
A avaliação da qualidade das águas em uma na região rural do município de Carlos Chagas/MG indica que a maioria dos parâmetros físico-químicos analisados apresentaram-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005. Contudo, faz-se necessária a realização de mais estudos na área, principalmente no que diz respeito a análises do solo para determinar os tipos de minerais nele presentes, e como estes podem influenciar a salinidade do mesmo, que por sua vez, se em altos níveis, pode causar alterações em características da água, como é o caso da dureza total e da condutividade elétrica da mesma.

Conclui-se que os trabalhos de monitoramento para avaliação da qualidade das águas são de suma importância devido ao fato de que a maioria dessas regiões a população necessita de captar água para sua subsistência e acaba por utilizar a fonte hídrica que está ao seu dispor, sem os tratamentos básicos, como uma simples

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

filtração ou caso necessário, uma desinfecção por fervura ou cloração da água, por falta de condições ou de informações que auxiliem essas práticas.

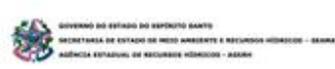
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Poços para captação de água. 2016. Disponível em: <[http://www.abas.org/educacao\\_pocos.php](http://www.abas.org/educacao_pocos.php)>. Acesso em: 05 jan. 2016.
2. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 303 de 20 de março de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em 05 jan. 2016.
3. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Meio Ambiente II, 2009 – 2014. Brasília: jul. 2009. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/pnma/\\_arquivos/04\\_02\\_manual\\_monitor\\_amb\\_jul09\\_6.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/pnma/_arquivos/04_02_manual_monitor_amb_jul09_6.pdf)>. Acesso em 09 fev. 2016.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs. Brasília: Funasa, 2014.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual Prático de Análise de Água. 4 Ed. Brasília: Funasa, 2013.
7. BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2015.
8. CASALI, Carlos Alberto. Qualidade da água para consumo humano ofertada em Escolas e Comunidades Rurais da Região Central do Rio Grande do Sul. 2008, 173f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria/RS, 2008.
9. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Norma Técnica Interna SABESP. NTS 013: SÓLIDOS – Método de Ensaio. São Paulo: SABESP, 1999. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>> Acesso em: 17 nov. 2015.
10. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2016.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades@. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=311370&search=|info%EFicos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 07 jan. 2016.
12. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Bacias Hidrográficas do Leste. 2016. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/158?task=view>>. Acesso em 17 de Abril de 2016.
13. MANICA, Diego. Validação de metodologia analítica: Determinação de cálcio em águas – Método Titulométrico do EDTA – Complexometria. 2011. 65 f. Monografia (Bacharel em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
14. OLIVEIRA, R.; FERNANDES, C. Determinação da dureza total (Dureza de Cálcio e Magnésio) (*coping*). Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dureza.html>>.
15. PALUDO, Diego. Qualidade da água nos poços artesianos do Município de Santa Catarina do Sul. 2010, 75f. Monografia (Bacharel em Química Industrial), Centro Universitário Univates. 2010.

Realização



Apoio



Patrocínio





I Seminário Nacional de  
**Recursos Hídricos**  
I Encontro de Profissionais do  
**Saneamento do Espírito Santo**

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e  
Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSIOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
SÃO MATEUS, MINAS GERAIS – ESPÍRITO SANTO**

**Leticia Sousa Carvalho<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Gabriela Sampaio Lima**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Guilherme Alves Barroso**

Graduando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Kênina Florêncio dos Santos Coelho**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Marineide Jardim Rodrigues**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Izabel Cristina Marques**

Engenheira Florestal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM Campus JK.

Mestre em Ciência Florestal pela UFVJM Campus JK. Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da UFVJM Campus Mucuri.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua do Cruzeiro, 01 – Jardim São Paulo – Teófilo Otoni – MG – CEP 39803-371 – Brasil – Tel: (33) 99108-4588 – e-mail: [leticiasousacarvalho@live.com](mailto:leticiasousacarvalho@live.com)

**RESUMO**

A realização de estudos de caracterização fisiográfica vem adotando bacias hidrográficas como recorte espacial para área de trabalho, pois possibilitam tratar dos componentes e da dinâmica das inter-relações necessárias ao planejamento e a gestão ambiental. A partir da base de dados do HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Grupo Americano em Pesquisa e Agricultura Internacional o presente trabalho busca caracterizar aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do Rio São Mateus. A manipulação das cartas de solos e climas, bem como da imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), deu-se por meio do software *ArcGIS 10.0*. Assim, a caracterização tem o intuito de explorar a dinâmica hidrogeomorfológica e física das áreas dos municípios que compõem a bacia, tendo como objetivo oferecer suporte a futuros estudos propulsores na implementação de um Plano Diretor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Hidrográfica. Rio São Mateus. Caracterização Fisiográfica.

**INTRODUÇÃO**

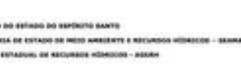
Pode-se definir o conceito de Bacia Hidrográfica (BH) como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, delimitadas pelas partes mais altas do relevo chamadas de divisores de água, onde as mesmas escoam superficialmente formando os cursos d'água (BARRELA, 2001).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos, e adota a definição de BH como unidade de estudo. Isto proporciona um gerenciamento simultâneo, interdependente e cumulativo dos aspectos econômicos, sociais e ambientais, e permite um planejamento e administração integrada dos recursos (RYFF, 1995 apud SABANÉS, 2002).

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Em todo o seu ciclo, é possível evidenciar as alterações sofridas pela água em termos qualitativos. Tais alterações podem ser decorrentes de fatores naturais, porém, podem ser resultado do uso irregular dos recursos hídricos e influenciadas pelas demandas dos centros urbanos, pelos setores industrial e agrícola bem como das práticas de uso e ocupação do solo (ANEEL, 2001).

Estudos de caracterização fisiográfica têm sido realizados adotando a BH como recorte espacial devido a integração que esta confere (TEODORO et. al. 2007). De acordo com Moura (2006) apud Carvalho et.al. (2009) esses estudos são essenciais na elaboração e inserção de projetos auxiliares na tomada de decisão e gestão da BH e as melhores práticas para a região, auxiliando no levantamento dos potenciais da mesma. Neste sentido, o presente trabalho buscou caracterizar e analisar os aspectos fisiográficos da BH do Rio São Mateus (BHSM), com o intuito de explorar a dinâmica hidrogeomorfológica e física das áreas dos municípios que compõem a bacia, para dar suporte aos futuros estudos de implementação do Plano Diretor da mesma.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A BHSM tem seus limites com a BH do Rio Mucuri, a BH do Rio Doce, a BH do Rio Itaúnas e com o Oceano Atlântico. A sua área total é de 13482 km<sup>2</sup>, sendo 7.710 km<sup>2</sup> no Espírito Santo e 5.772 km<sup>2</sup> em Minas Gerais possuindo 26 municípios (Tabela 1) (HIDROWEB, sd).

**Tabela 1: Municípios pertencentes à BHSM**

Municípios de Minas Gerais	Municípios de Espírito Santo
Ataléia	Água Doce do Norte
Central de Minas	Barra de São Francisco
Frei Gaspar	Mantenópolis
Itabirinha de Mantena	Boa Esperança
Itambacuri	Conceição da Barra
Mantena	Ecoporanga
Mendes Pimentel	Mucurici
Nova Módica	Nova Venécia
Ouro Verde de Minas	Ponto Belo
Pescador	Vila Pavão
São João do Manteninha	São Mateus
São José do Divino	Jaguare
São Félix de Minas	
Nova Belém	

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 1: Mapas de Localização da BSM nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo e dos Limites Municipais.**

O rio São Mateus é de domínio da União e possui cerca de 350 km de extensão e está entre os paralelos 42°00' W a 40°45' W e 18°00' S a 18° 45'. Suas nascentes são divididas em Braço norte, com o rio Cotoxé, e Braço sul, com o Rio Cricaré (HIDROWEB, sd).

Na caracterização fisiográfica avaliaram-se os parâmetros considerados relevantes para os estudos na BSM, sendo estes: clima, solos, relevo, rede de drenagem e morfometria.

Os dados de clima e solos foram obtidos nas bases de dados do IBGE e do HIDROWEB. O IBGE disponibiliza um mapa com os solos do Brasil, que são classificados por meio de códigos, no caso da BSM identificamos a sua localização, bem como os códigos dos solos dos quais ela faz parte. O mesmo acontece com os climas.

Para a análise e considerações do relevo foi elaborado o Modelo Digital de Elevação (MDE), a partir de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da base de dados do Grupo Americano em Pesquisa e Agricultura Internacional (LEMOS; SOUZA; ROCHA, 2003). Com ele foi feita a delimitação da área da bacia na carta e a obtenção da rede de drenagem e do fluxo de escoamento da BSM, distribuído pelo método de Strahler (FREIRE E OMENA, 2005). Todos os mapas foram elaborados no software *ArcGis 10.0*.

Com relação às características morfométricas da bacia, temos o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) e o fator de forma ( $K_f$ ), que possuem relação com o perímetro ( $P$ ), com a área ( $A$ ) e com o comprimento axial ( $L_{ax}$ ) da BH. A partir delas pode-se definir o quão propícia uma BH pode ser para a ocorrência de enchentes (CARVALHO; SILVA, 2006). Na Tabela 2 as faixas de valores e a descrição.

**Tabela 2: Coeficiente de compacidade e Fator de Forma**

$K_c$	$K_f$	Característica da Bacia
1,00 – 1,25	1,00 – 0,75	Alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	0,75 – 0,50	Tendência mediana a grandes enchentes
> 1,50	< 0,50	Não sujeita a grandes enchentes

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) é expressa por meio da relação entre o comprimento total ( $L_{tot}$ ) dos cursos d'água de uma BH e a sua área total ( $A$ ) (CARVALHO e SILVA, 2006). Os valores e intervalos de densidade de drenagem e a classificação estão na Tabela 3.

**Tabela 3: Tipos de drenagem conforme à densidade de drenagem ( $D_d$ ).**

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Tipo de Drenagem	Dd (km/km <sup>2</sup> )
Pobre	Dd < 0,50
Regular	0,50 ≤ Dd < 1,50
Boa	1,50 ≤ Dd < 2,50
Muito boa	2,50 ≤ Dd < 3,50
Excepcional	Dd ≥ 3,50

A sinuosidade ( $S_{in}$ ) do curso d'água é a relação entre o comprimento do rio principal ( $L$ ) e o comprimento de talvegue da BH ( $L_t$ ), que controla a velocidade do escoamento na bacia. Assim, quanto maior a sinuosidade da bacia, menor a declividade do terreno (UNICAMP, sd).

### RESULTADOS OBTIDOS

Em seu litoral a BHSM apresenta um clima tropical úmido (Af), com precipitações médias de 1300 mm por ano. Nas cabeceiras, o tropical subúmido (Am) com estação seca no inverno e precipitações médias de 800 mm por ano (HIDROWEB, sd). Abaixo o mapa de climas da BHSM.

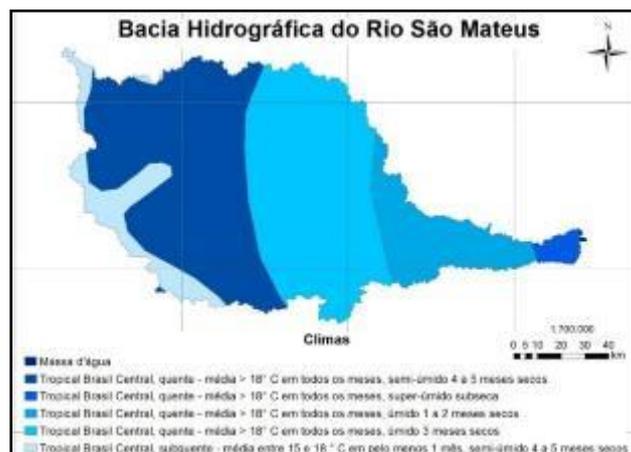


Figura 2: Climas da BH do rio São Mateus

A maioria dos solos que compõem a bacia são distróficos. Eles são solos com fertilidade média a baixa, sendo necessária a correção do pH do solo e da inserção de adubos fertilizantes. Existe também a ocorrência de solos eutróficos, mais na porção sudoeste da bacia. Estes por sua vez possuem uma fertilidade de média a alta mas, em contrapartida, são solos mais susceptíveis a erosão (EMBRAPA, 2006). Abaixo o mapa de solos da BHSM e a tabela com as descrições dos mesmos.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

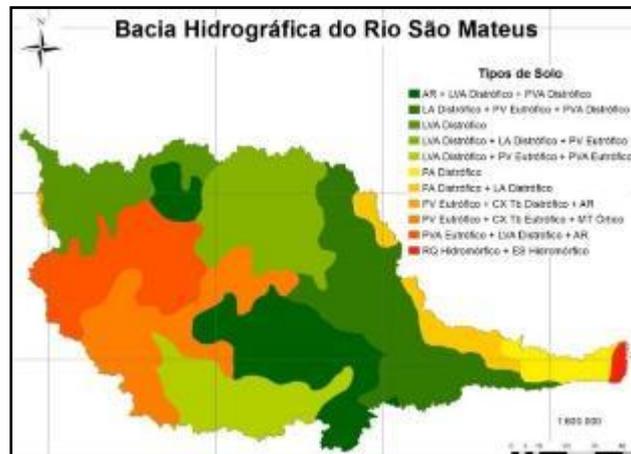


Figura 3: Mapa de Solos da BHSM

Outro parâmetro importante é o relevo da região, este que afeta diretamente o uso e ocupação do solo, rede de drenagem e atividades nela desenvolvidas, entre outros aspectos da bacia. A BHSM possui um relevo mais acidentado em Minas Gerais e mais suave ondulado e plano no baixo curso (HIDROWEB). A bacia possui algumas formações geomorfológicas, sendo estas o Maciço Montanhoso de Mantena (município de Mantena – MG); o Planalto Dissecado do Divisor de Águas do São Mateus, entre os municípios de São João do Divino – MG e Pescador – MG; e o Planalto Deprimido do Médio São Mateus, entre os municípios de Ataléia – MG e Ecoporanga – ES.

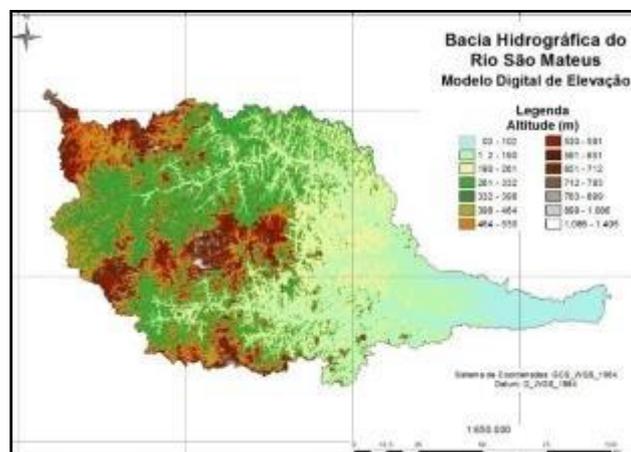


Figura 04: Mapa do MDE da BHSM

Por meio do *ArcGIS 10.0* determinou-se os valores das seguintes características da bacia hidrográfica, apresentadas na tabela abaixo:

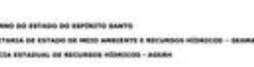
Tabela 5: Características Físicas da Bacia Hidrográfica.

Característica	Valor
Área (A)	13.482 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	866 km
Comprimento Axial (L <sub>ax</sub> )	225 km

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

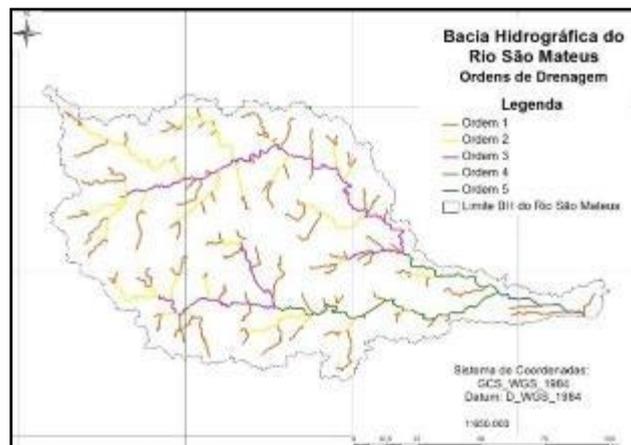
Comprimento de Talvegue ( $L_t$ )	209 km
Comprimento Total dos Cursos d'Água ( $L_{tot}$ )	1.790 km
Comprimento do Rio Principal ( $L$ )	672 km

A partir dos valores tabelados acima determinou-se os valores de algumas das características morfométricas da BHSM, e estão apresentadas na tabela abaixo:

**Tabela 6: Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica.**

Característica	Valor
Coefficiente de Compacidade ( $K_c$ )	2,09
Fator de Forma ( $K_f$ )	0,266
Densidade de Drenagem ( $D_d$ )	0,133
Sinuosidade ( $S_m$ )	3,22

A partir das análises desses resultados e considerando o apresentado pela literatura pode-se fazer estimativas a respeito da BHSM. Tem-se que a bacia possui uma baixa propensão à ocorrência de enchentes apesar de a mesma ser uma BH com uma drenagem superficial considerado pobre. Na Figura 06 tem-se a distribuição da rede de drenagem da BHSM, e da ordem de drenagem de cada curso d'água.



**Figura 06: Mapa da Rede de drenagem e das Ordens de Drenagem da BHSM**

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O conceito de BH vem sendo cada vez mais utilizado como unidade integrada de gestão e planejamento ambiental. Assim, a caracterização fisiográfica da mesma faz-se necessária para a melhor elucidação das deficiências a serem sanadas e dos potenciais a serem explorados.

A BHSM apresenta em sua grande extensão vários potenciais de desenvolvimento e crescimento. Percebe-se que há uma urgente necessidade de promover uma gestão integrada, com vista ao uso sustentável dos recursos hídricos, visto que a rede de drenagem da bacia beneficia a mesma no aproveitamento desses recursos, pois

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

possui uma drenagem muito boa e por isso não é susceptível a grandes enchentes. Os tipos de solo demonstram a necessidade de correção de pH dos mesmos, visto que a grande maioria são do tipo distrófico, que não possuem uma boa fertilidade. Nas regiões com solos de boa fertilidade existe a necessidade de estudos para sua utilização, visto que estes são mais susceptíveis à erosão.

Diante disso, o presente trabalho mostrou o quão importante o conhecimento da área de estudo, sendo a caracterização fisiográfica essencial nesse processo de manejo dos recursos da bacia. Devido à grande capacidade de tamponamento das águas que abastecem a estação, os diagramas de coagulação do sulfato de alumínio e de cloreto férrico ficaram restritos a uma faixa de pH de coagulação, praticamente inalterado, na região da varredura, pois a adição de coagulante, com ou sem acidulante, não promoveu diminuição do pH da água bruta. Em vista disso, não se julgou necessário a apresentação dos diagramas. Na tabela 2 estão contidos as melhores dosagens, o pH apropriado para coagulação e a melhor remoção de turbidez para cada coagulante primário em cada tipo de água.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Recursos Hídricos. In: Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Org. por Arnaldo A.S., Jorge E.F.W.L., Adriana G.M.C., Isabella C.P., ANEEL/ANA, 2ª ed. - Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Brasília – DF, 2001. pp. 30.
2. ALMEIDA, R. A. Aula SIG 3 – MDE. EHD180 – SIG Aplicados à Hidrologia. Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Teófilo Otoni, MG. 2015.
3. BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. Universidade de São Paulo, 2000.
4. CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Bacia Hidrográfica. In: Hidrologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia. Rio de Janeiro – RJ, 2006. pp. 15-32. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acesso em 13 de abr. 2017.
5. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 2006. 306 p. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em 7 de abr. 2017.
6. FIGUEIREDO, P. C. de; OLIVEIRA, A. de; CARDOSO, A. C.; D'ÁVILA, M.; MATTOS, V. S. O. Proposta De Instituição Do Comitê Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Mateus (SM1). Disponível em: [http://200.198.22.171/down.asp?x\\_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x\\_nome=10.\\_Dossie\\_da\\_proposta\\_da\\_CBH\\_Sao\\_Mateus.pdf](http://200.198.22.171/down.asp?x_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x_nome=10._Dossie_da_proposta_da_CBH_Sao_Mateus.pdf). Acesso em 7 de abr. 2017.
7. FREIRE, C. C.; OMENA, S. P. F. de. Princípios de Hidrologia Ambiental. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos. 2005.
8. HIDROWEB. Espírito Santo (Estado). Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/es.doc>. Acesso em: 07 de mai. 2017.
9. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/es/sao-mateus/panorama>. Acesso em 7 de abr. 2017.
10. IBGE. Manual Técnico de Pedologia. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em 7 de abr. 2017.
11. IBGE. Mapa de Solos do Brasil. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/brasil/solos.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/brasil/solos.pdf). Acesso em 7 de abr. 2017.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

12. IBGE. Mapa do Clima do Brasil. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf). Acesso em 7 de abr. 2017.
13. LEMOS, M. C.; SOUZA, S. F. de; ROCHA, R. S. da. Avaliação Da Qualidade Dos Dados Altimétricos Derivado Do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM): Resultados Preliminares. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
14. SABANÉS, L. Manejo sócio-ambiental de recursos naturais e políticas públicas: um estudo comparativo dos projetos “Paraná Rural e Microbacias”. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS, Porto Alegre, 2002.
15. TEODORO, V. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. In: REVISTA UNIARA: Revista do Centro Universitário de Araraquara, Araraquara/SP. n. 20, 2007, p. 137-156.
16. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. ST 306 Hidrologia e Drenagem. Faculdade de Tecnologia. Disponível: <http://www.ceset.unicamp.br/~joaquim1/ST%20306/hidrografia-bacia.doc>. Acesso em 15 de abr. 2017.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS, MINAS GERAIS – ESPÍRITO SANTO

**Guilherme Alves Barroso<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Gabriela Sampaio Lima**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Kênina Florêncio dos Santos Coelho**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Leticia Sousa Carvalho**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Marineide Jardim Rodrigues**

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

**Izabel Cristina Marques**

Engenheira Florestal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM Campus JK.

Mestre em Ciência Florestal pela UFVJM Campus JK. Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da UFVJM Campus Mucuri.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Doze de Outubro, 314 – São Cristóvão – Teófilo Otoni – MG – CEP: 39804-648 – Brasil – Tel: (33) 99138-1348 – e-mail: [barroso.92@hotmail.com](mailto:barroso.92@hotmail.com)

#### RESUMO

A realização de estudos de caracterização socioeconômica vem adotando bacias hidrográficas como recorte espacial para área de trabalho, pois possibilitam tratar dos componentes e da dinâmica das inter-relações necessárias ao planejamento e a gestão ambiental. A partir da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e de dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal de São Mateus o presente trabalho busca caracterizar os aspectos socioeconômicos da bacia hidrográfica do Rio São Mateus, dentre eles o Índice de Desenvolvimento Humano, Mortalidade Infantil, Renda per-capita, Grau de Urbanização e a População Total, em três vertentes, no município de São Mateus, nos municípios da bacia no estado de Minas Gerais e nos municípios da bacia no estado de Espírito Santo. A manipulação dos dados deu-se por meio do software *Microsoft Office Excel*. Assim, essa caracterização tem o intuito de explorar a dinâmica dos potenciais econômicos presentes na bacia, sanar as deficiências da mesma e oferecer suporte a futuros estudos propulsores na implementação de um Plano Diretor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Hidrográfica. Rio São Mateus. Caracterização Socioeconômica.

#### INTRODUÇÃO

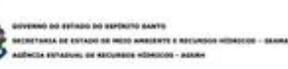
Pode-se definir Bacia Hidrográfica (BH) como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, delimitadas pelas partes mais altas do relevo chamadas de divisores de água, onde as mesmas escoam superficialmente formando os cursos d'água (BARRELA, 2001).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos, e adota a definição de BH como unidade de estudo. Isto proporciona um gerenciamento simultâneo, interdependente e cumulativo dos aspectos econômicos, sociais e ambientais, e permite um planejamento e gestão integrada dos recursos (RYFF, 1995 apud SABANÉS, 2002).

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

O crescimento desordenado das cidades, e todos os problemas a ele vinculados, acarretam em alterações significativas nas BH. Em todo o seu ciclo é possível evidenciar as alterações sofridas pela água em termos qualitativos e as consequências dessas mudanças. O principal responsável por isso é o uso irregular dos recursos hídricos, que é influenciado pelas demandas dos centros urbanos, pelos setores industrial e agrícola e pelas práticas de uso e ocupação do solo (ANEEL, 2001).

Sendo assim, estudos de caracterização socioeconômica têm sido realizados adotando a BH como unidade gestora devido a integração que esta confere. De acordo com Moura (2006) apud Carvalho et.al. (2009) esses estudos são essenciais na elaboração e inserção de projetos auxiliares na tomada de decisão e gestão da BH e as melhores práticas para a região, auxiliando no levantamento dos potenciais da mesma. Neste sentido, o presente trabalho buscou caracterizar e analisar os aspectos socioeconômicos da Bacia Hidrográfica de São Mateus – BHSM, com o intuito de explorar as áreas dos municípios que compõem a bacia, para dar suporte aos futuros estudos propulsores para a implementação do Plano Diretor da mesma.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A BHSM tem seus limites com a BH do Rio Mucuri, a BH do Rio Doce, a BH do Rio Itaúnas e com o Oceano Atlântico. A sua área total é de 13482 km<sup>2</sup>, sendo 7.710 km<sup>2</sup> no Espírito Santo e 5.772 km<sup>2</sup> em Minas Gerais possuindo 26 municípios (Tabela 1) (HIDROWEB, sd).

**Tabela 1: Municípios pertencentes à BHSM**

Municípios de Minas Gerais	Municípios de Espírito Santo
Ataléia	Água Doce do Norte
Central de Minas	Barra de São Francisco
Frei Gaspar	Mantenópolis
Itabirinha de Mantena	Boa Esperança
Itambacuri	Conceição da Barra
Mantena	Ecoporanga
Mendes Pimentel	Mucurici
Nova Módica	Nova Venécia
Ouro Verde de Minas	Ponto Belo
Pescador	Vila Pavão
São João do Manteninha	São Mateus
São José do Divino	Jaguare
São Félix de Minas	
Nova Belém	

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMARH  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 1: Mapas de Localização da BHSM nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo e dos Limites Municipais.**

O rio São Mateus é de domínio da União e possui cerca de 350 km de extensão e está entre os paralelos 42°00' W a 40°45' W e 18°00' S a 18° 45'. Suas nascentes são divididas em Braço norte, com o rio Cotoxé, e Braço sul, com o Rio Cricaré (HIDROWEB, sd).

A caracterização socioeconômica da BHSM foi realizada a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Inicialmente fez-se a caracterização do município de São Mateus, cidade mais populosa da BHSM. Depois fez-se a análise dos dados de forma isolada para cada estado. Assim, um balanço geral e comparativo foi feito, tanto no conjunto da bacia quanto para cada estado separadamente. Os principais parâmetros considerados na caracterização foram: população total, renda per capita, taxa de mortalidade infantil, grau de urbanização e índice de desenvolvimento humano (IDH). As análises foram feitas a partir da manipulação no software *Microsoft Office Excel*.

### RESULTADOS OBTIDOS

O município de São Mateus está localizado no estado do Espírito Santo e dista de 220 km da capital Vitória. Sua população total compreende cerca de 109.028 habitantes, cerca de 77,54% residem na zona urbana e 22,46% na zona rural e sua densidade demográfica é de 46,62 habitantes por km<sup>2</sup>, sendo assim pode ser considerado um município essencialmente urbano (IBGE).

**Tabela 02: Evolução populacional do município de São Mateus**

Evolução Populacional			
Ano	São Mateus	Espírito Santo	Brasil
1991	73.903	2.600.618	146.825.475
1996	81.894	2.790.206	156.032.944
2000	90.460	3.097.232	169.799.170
2007	96.390	3.351.669	183.987.291
2010	109.028	3.514.952	190.755.799

Fonte: IBGE.

Analisando os números de crescimento populacional acima, temos que de 1991 a 2010 o município de São Mateus sofreu um aumento considerável no seu número de habitantes, sendo um salto de quase 48%. No mesmo período, o aumento populacional no estado do Espírito Santo e no Brasil, foi em torno de 35% e 30%, respectivamente.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

A evolução da economia local é uma das principais responsáveis por esse crescimento populacional. Ela é baseada na exploração e produção do petróleo, que sofreu uma expansão a partir da década de 70 com a descoberta de vários campos de petróleo. O contingente populacional foi motivado também pelo cultivo de eucalipto. Assim, entende-se que o crescimento da população deve-se a necessidade de uma melhor infraestrutura, como a criação de estradas e investimentos no setor petrolífero (PMSM, sd).

O PIB – Produto Interno Bruto representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região. O PIB do município de São Mateus está representado no gráfico abaixo (IBGE).

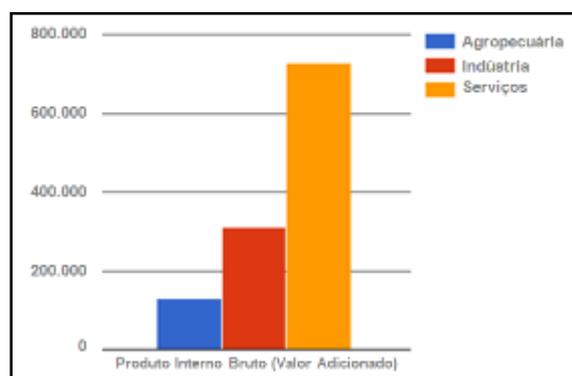


Figura 02: PIB do município de São Mateus.

A partir da análise do gráfico acima observa-se que o setor que mais movimenta a economia da cidade é o setor de Serviços, seguido dos setores da Indústria e da Agropecuária, respectivamente. Assim como lidera a contribuição do PIB do município, o setor de serviços é o que mais gera empregos na cidade (Figura 3), seguido pelo setor comercial (IBGE).

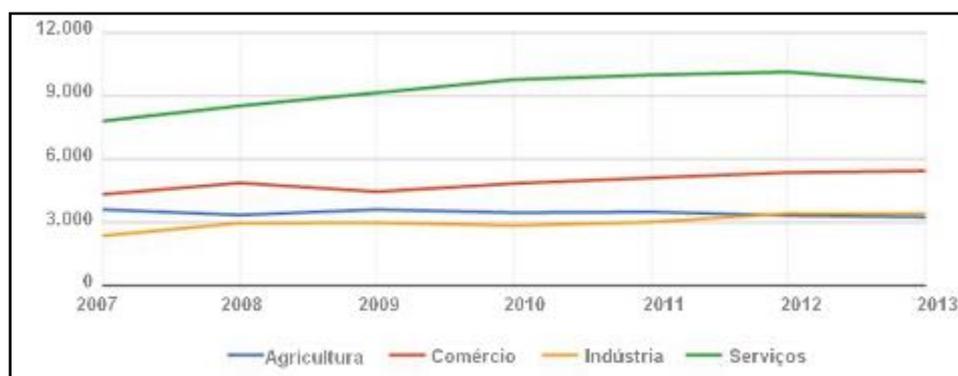


Figura 03: Distribuição da população nos diversos setores (2007 – 2013)

Nota-se também a queda sofrida pelo setor da Agricultura, deixando-o no mesmo patamar do setor industrial. Tal queda pode ser decorrência do tipo de solo da região, o qual não é apto e que sofre com desmatamento indiscriminado ao longo dos anos. Vale ressaltar também a inexistência de estradas de qualidade para a saída dos insumos agrícolas da região, além do uso indevido do solo e da ausência de práticas conservacionistas na implantação e manutenção das áreas de cultivo.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Na parte do estado de Minas Gerais que compõe a BHSM estão os municípios de Ataléia, Central de Minas, Frei Gaspar, Itabirinha de Mantena, Itambacuri, Mantena, Mendes Pimentel, Nova Belém, Nova Mógica, Ouro Verde de Minas, Pescador, São João do Manteninha, São José do Divino e São Félix de Minas. Elas contribuem com uma população de aproximadamente 117.005 habitantes. A Tabela 3 mostra a população de cada cidade.

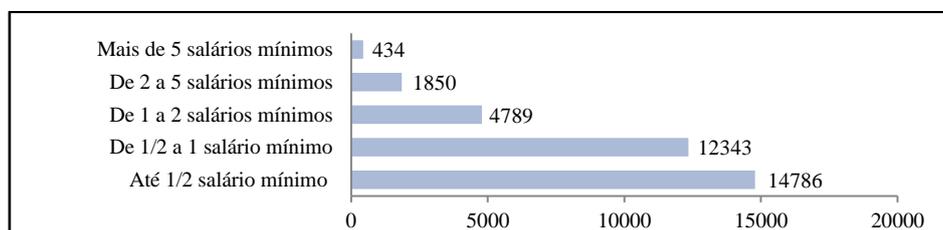
A taxa de mortalidade infantil expressa o número de crianças de um determinado local que morre antes de completar um ano a cada mil nascidas vivas. É um indicador de qualidade de serviços de saúde, saneamento básico e educação. Na tabela abaixo estão os valores desse dado para os municípios mineiros da bacia (IBGE).

**Tabela 03: Municípios Mineiros: População Total e Taxa de mortalidade infantil**

Município	População total (hab)	Mortalidade Infantil (%)
Ataléia	14.455	12,66
Central de Minas	6.772	9,62
Frei Gaspar	5.879	22,99
Itabirinha de Mantena	10.692	6,8
Itambacuri	22.809	19,77
Mantena	27.111	15,15
Mendes Pimentel	6.331	46,15
Nova Mógica	3.790	18,18
Ouro Verde de Minas	6.016	19,05
Pescador	4.128	-
São João do Manteninha	5.188	12,82
São José do Divino	3.834	-
São Félix de Minas	3.382	46,51
Nova Belém	3.732	-
<b>Total: 117.005</b>		

Um dos principais fatores que contribuem com o aumento da taxa de mortalidade é a inexistência de saneamento. No caso de Minas Gerais, 90% do estado não possui rede de esgoto, levando a um aumento de ocorrências de óbitos acometidos por doenças de veiculação hídrica.

Renda domiciliar *per capita* é a soma dos rendimentos mensais dos moradores do domicílio, em reais, dividida pelo número de seus moradores. A partir da análise dos dados coletados no site do IBGE e a junção das informações populacionais de cada cidade de Minas Gerais que compõe a bacia, obtivemos as seguintes informações que constam no gráfico abaixo (Figura 4).



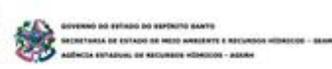
**Figura 04: Renda per capita Domiciliar BHSM – MG.**

Observa-se que a maioria das residências mineiras compõe uma população que possui uma renda bastante baixa. Apenas 434 residências possuem uma renda superior a cinco salários-mínimos. Isso mostra que a desigualdade social é bastante grande nessa região do estado, e isso acaba por influenciar outros setores da economia local.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

que é baseada na agricultura familiar. Quanto ao grau de urbanização, o mesmo diz respeito ao percentual da população que reside nas áreas urbanas. As cidades mineiras presentes na BHSM possuem cerca de 64% de sua população na zona urbana.

O índice de desenvolvimento humano (IDH) avalia o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida de uma população. Os componentes básicos do desenvolvimento humano que são levados em conta no IDH são: longevidade da população, educação e renda. Em Minas Gerais o IDHM (IDH Municipal) médio é de 0,634, e o brasileiro é de cerca de 0,699. Ambos estão próximos de 0,8, o que constitui um alto desenvolvimento. O IDH abaixo de 0,5 é considerado baixo. Segundo os dados do IBGE, nenhum dos municípios mineiros integrantes da BHSM apresentou um valor considerado de baixo IDH.

Com relação ao estado do Espírito Santo, os municípios capixabas que integram a BHSM são: Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Boa Esperança, Conceição da Barra, Ecoporanga, Mucurici, Nova Venécia, Ponto Belo, Vila Pavão, São Mateus, Jaguaré. A população total compreende cerca de 332.935 habitantes. Os valores de população para cada cidade estão na Tabela 4.

A taxa de mortalidade infantil no estado do Espírito Santo é menor que a apresentada por alguns dos municípios mineiros, ultrapassando os 45%. A Tabela 4 trás a taxa de mortalidade nos municípios capixabas.

**Tabela 04: Municípios Mineiros: População Total e Taxa de mortalidade infantil**

Município	População total (hab.)	Mortalidade Infantil (%)
Água Doce do Norte	11.771	18,75
Barra de São Francisco	40.649	11,25
Mantenópolis	13.612	20,41
Boa Esperança	14.199	20,83
Conceição da Barra	28.449	17,7
Ecoporanga	23.212	6,92
Mucurici	5.655	22,73
Nova Venécia	46.031	16,85
Ponto Belo	6.979	-
Vila Pavão	8.672	-
São Mateus	109.028	12,98
Jaguaré	24.678	15,23
	332.935	

Quando comparada com as mineiras, pode-se dizer que grande parte das residências capixabas compõe uma população de renda equilibrada. Delas, 2.915 residências possuem uma renda superior a 5 salários mínimos, porém pode-se perceber que a renda das residências no estado é bem melhor que em Minas Gerais, o que pode estar relacionado com a base da economia de cada região da bacia, sendo voltada para a agricultura em Minas e para a indústria no Espírito Santo. A partir dos dados coletados no site do IBGE e da junção de informações populacionais de cada cidade do Espírito Santo da BHSM obteve-se as informações do gráfico abaixo (Figura 5):

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

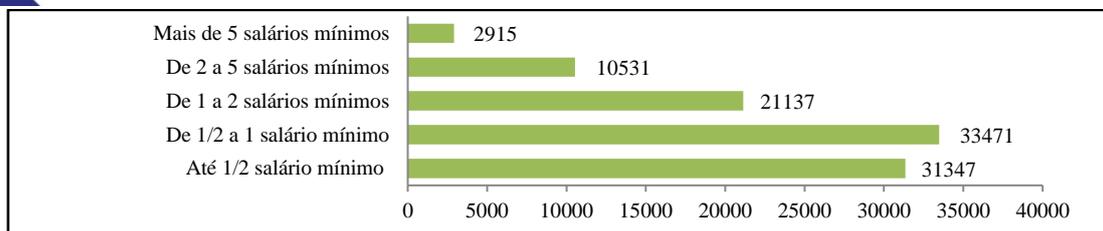


Figura 05: Renda per capita Domiciliar BHSM – ES.

Assim como em Minas Gerais, a maior parte da população capixaba reside na zona urbana, sendo um valor bem expressivo, cerca de 65% da população (IBGE).

No Espírito Santo o IDHM é de 0,679. Se comparado com Minas Gerais, percebe-se que o seu é maior e se aproxima mais com o nacional. Segundo o IBGE, assim como em Minas Gerais, nenhum dos municípios que integram o território da BHSM no estado do Espírito Santo possui um valor considerado de baixo IDH.

### CONCLUSÕES

O conceito de BH vem sendo cada vez mais utilizado como unidade integrada de gestão e planejamento socioambiental. Assim, a caracterização socioeconômica da mesma faz-se primordial para uma melhor elucidação das deficiências a serem sanadas e dos potenciais a serem explorados dentro da BH.

A BHSM apresenta em sua grande extensão vários potenciais de desenvolvimento e crescimento, bem como deficiências a serem sanadas. A mortalidade infantil é um dos grandes desafios, visto que vários municípios ainda apresentam números expressivos, necessitando urgentemente de melhorias na infraestrutura básica de saneamento. O estudo dos tipos de solo da bacia faz-se essencial a fim de alcançar melhores resultados na produção agrícola sem acarretar danos à estrutura do ambiente. Além disso, também no setor agrário, existe a necessidade da melhoria da infraestrutura das estradas de rodagem, visto que para que o fluxo da produção funcione corretamente é necessário que essas estejam em boas condições.

Diante disso, o presente trabalho mostrou o quão importante é o conhecimento das necessidades da população e da economia de uma determinada área de estudo, sendo a caracterização socioeconômica essencial nesse processo de distribuição e manejo dos recursos de uma bacia hidrográfica.

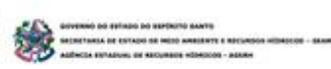
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Recursos Hídricos. In: Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Org. por Arnaldo A.S., Jorge E.F.W.L., Adriana G.M.C., Isabella C.P., ANEEL/ANA, 2ª ed. - Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Brasília – DF, 2001. pp. 30.
2. BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. Universidade de São Paulo, 2000.
3. CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Bacia Hidrográfica. In: Hidrologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia. Rio de Janeiro – RJ, 2006. pp. 15-32. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acesso em 13 de abr. 2017.
4. HIDROWEB. Espírito Santo (Estado). Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/es.doc>>. Acesso em: 07 de mai. 2017.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/es/sao-mateus/panorama>>. Acesso em 7 de abr. 2017.
6. Prefeitura Municipal de São Mateus – PMSM. Perfil de São Mateus. Disponível em: <<http://www.saomateus.es.gov.br/site/perfil-sao-mateus.php>>. Acesso em 07 de mai. 2017.
7. SABANÉS, L. Manejo sócio-ambiental de recursos naturais e políticas públicas: um estudo comparativo dos projetos “Paraná Rural e Microbacias”. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### **AValiação DO DescARTE DE FÁRMACOS EM DROGRARIAS E FARMÁCIAS DE UM BAIRRO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA**

#### **Andrielly Moutinho Knupp<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Brasileira – MULTIVIX Vitória.

#### **Amanda Martinelli das Neves<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Brasileira – MULTIVIX Vitória e Desenho Industrial pela UFES.

#### **Gabrielli das Neves Dardengo<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Brasileira – MULTIVIX Vitória.

#### **Lara Maria Viola Silva<sup>(4)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Brasileira – MULTIVIX Vitória.

#### **Thayane Cantão Roque Silva<sup>(5)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Brasileira – MULTIVIX Vitória.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua José Alves, 301 - Goiabeiras - Vitória - ES - CEP: 29075-053 - Brasil - Tel: +55 (27) 3335-5666 – e-mail: andryknupp@gmail.com

#### **RESUMO**

A destinação final dos resíduos de origem farmacêutica é tema relevante para a saúde pública, devido às diferentes propriedades farmacológicas dos medicamentos que inevitavelmente se tornarão resíduos. Sendo assim, quando há destinação inadequada desses resíduos farmacêuticos nos diversos compartimentos ambientais, podem causar efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente, como contaminação das águas e do solo. Dessa forma, as farmácias, drogarias e hospitais são grandes geradores de resíduos farmacêuticos (medicamentos). O estudo de caso, objetivou avaliar o descarte de fármacos em drogarias de um bairro localizado no município de Vitória, para determinação dos possíveis impactos ambientais que podem ser provocados na região. Para realização do estudo foram aplicados questionários nas drogarias selecionadas, sendo os respondentes farmacêuticos ou balconistas com idade acima de 18 anos. Após avaliação das informações levantadas, foi observado um percentual de 90% de drogarias que cumpriram a legislação vigente (ANVISA), 90% dos entrevistados possuem uma empresa especializada de descarte, a prefeitura recebe, ou praticam a logística reversa como destino final dos resíduos de origem farmacêutica. Os principais impactos ambientais que podem ser provocados na região são a contaminação do solo e até da própria água das casas, o que eleva a concentração de hormônio prejudicando a vida aquática. Após a verificação do panorama do descarte de resíduos farmacêuticos, foi realizado um trabalho de educação ambiental com os locais entrevistados como forma de sistematizar a consciência ambiental, bem como os impactos que podem ser provocados pelo descarte inadequado de fármacos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Descarte, Resíduos, Fármacos, Impactos Ambientais.

#### **INTRODUÇÃO**

Recentemente, o monitoramento de fármacos residuais no meio ambiente vem ganhando grande interesse devido ao fato de muitas dessas substâncias serem frequentemente encontradas em efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e águas naturais, em concentrações na faixa de µg/L e ng/L. A existência dos

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

resíduos de medicamentos em águas superficiais pode ser um indicativo de contaminação por esgoto das ETEs, podendo causar efeitos na saúde, seja humana ou de outros organismos presentes nas águas, tais como os peixes (BILA; DEZOTTI, 2003). Quando estes resíduos estão presentes no solo, podem provocar risco à saúde humana, como por exemplo, as tetraciclinas onde têm sido encontradas em altas concentrações em matrizes de solo e de sedimento, indicando não somente características de forte sorção, mas também a tendência a acumular e persistir nessas matrizes (TORRES et al., 2012).

Dessa forma, a destinação final dos resíduos fármacos, por apresentarem diferentes propriedades farmacológicas, deverão receber um tratamento específico. No Brasil, o correto descarte dos resíduos sólidos de origem farmacêutica é normatizado tanto pelo Ministério da Saúde quanto pelo do Meio Ambiente, que devem fornecer instrumentos para que os atores envolvidos em atividades que geram resíduos dessa natureza possam dar-lhes a disposição final adequada. No entanto, existem dificuldades que apenas poderão ser superadas com a integração de todos os envolvidos nessa questão (FALQUETO, KLIGERMAN, ASSUMPÇÃO, 2006).

Sendo assim, o objetivo deste estudo de caso foi avaliar o descarte de fármacos que vem sendo realizado em um determinado bairro do Município de Vitória e, conseqüentemente, propor soluções ambientalmente adequadas.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do estudo de caso, inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica objetivando analisar os conceitos técnicos, definições, leis e diretrizes voltadas para as formas de armazenamento, destinação, descarte final e, conseqüentemente, os impactos ambientais provocados pela presença de fármacos no meio ambiente, conforme descrito nos regulamentos técnicos da Resolução RDC nº. 44/2009 e 306/2004 da ANVISA e da Resolução do CONAMA nº. 358/2005.

O local de estudo foi definido por meio de uma pesquisa baseada na quantidade de farmácias existentes, tipos de estabelecimentos (manipulação e drogaria) e fluxo de pessoas, realizada no mês de novembro a dezembro de 2015, onde obteve-se como resultado o bairro Jardim da Penha.

Por meio do levantamento realizado na região, foram identificadas 48 farmácias existentes no bairro Jardim da Penha. Para determinação do tamanho amostral representativo para realização do estudo e aplicação dos questionários, foi aplicada a Equação 1, obtendo-se uma amostra de 28 drogarias.

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2 \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{(N-1) \cdot E^2 + \sigma^2 \cdot (Z_{\alpha/2})^2}$$

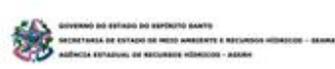
Equação (1)

Em seguida, elaborou-se um questionário contendo 11 questões, para avaliação do quesito qualitativo do armazenamento e destino final de fármacos nas drogarias. O questionário elaborado foi submetido à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Brasileira – Multivix e apenas após aprovação é que foram iniciadas as aplicações dos questionários no mês de setembro de 2016. Foi dado início à aplicação do questionário, no bairro Jardim da Penha no município de Vitória, como mostrado na figura 1, em profissionais que trabalham nas farmácias, sendo estes farmacêuticos ou balconistas acima de 18 anos e que autorizaram de forma livre e esclarecida em participar da pesquisa.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



Figura 1: Localização das farmácias no bairro Jardim da Penha no município de Vitória - ES.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento de dados, constatou-se que das 28 farmácias selecionadas para aplicação dos questionários, os mesmos foram respondidos efetivamente em 20 drogarias. Isto se deve ao fato de algumas farmácias terem fechado e o CNPJ ainda continuar ativo para pesquisa na internet, e também, por algumas se recusarem em participar da pesquisa. Entre os entrevistados, 14 eram farmacêuticos e 6 balconistas, o que gera uma maior consistência nos dados obtidos devido ao conhecimento específico da maior parte dos profissionais, dada a sua formação acadêmica na área.

Após aplicação dos questionários, os dados obtidos foram compilados e analisados no Microsoft Excel®. Os resultados revelam que entre os estabelecimentos entrevistados, 14 eram drogarias e 6 eram farmácias, onde 90% atendem os órgãos competentes de fiscalização, sendo estes a ANVISA, a Prefeitura de Vitória, a Secretaria Estadual de Saúde, ou outros órgãos, como pode ser demonstrado na Figura 2.

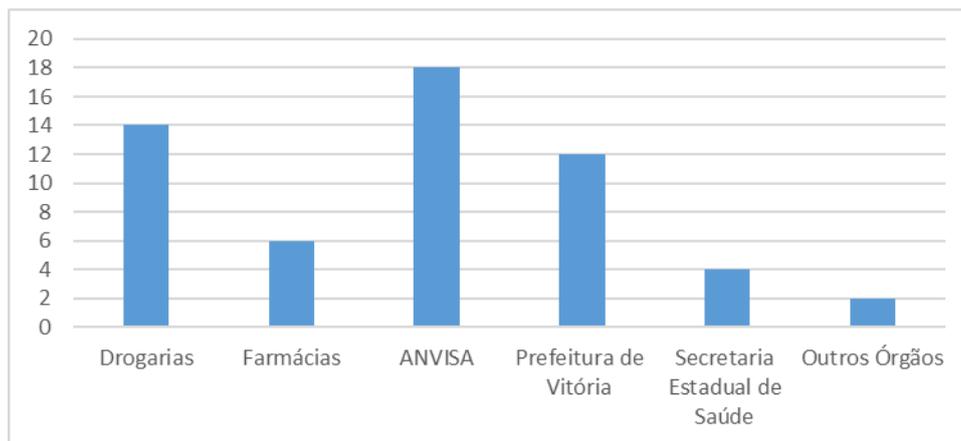


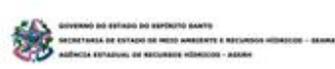
Figura 2: Tipos de estabelecimentos e órgãos competentes de fiscalização.

Comparando-se com os tipos de medicamentos que o estabelecimento fornece, conforme apresentado na Figura 3, observa-se que 5% dos estabelecimentos comercializam medicamentos manipulados e

Realização



Apoio



Patrocínio





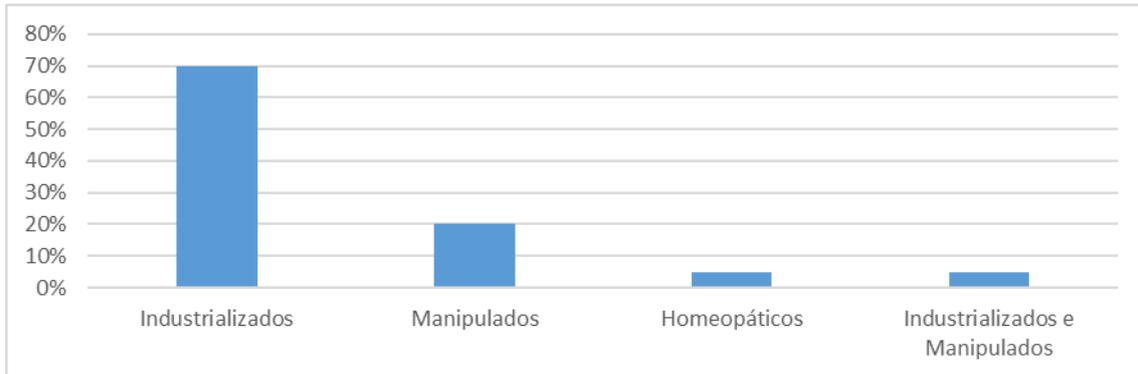
# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

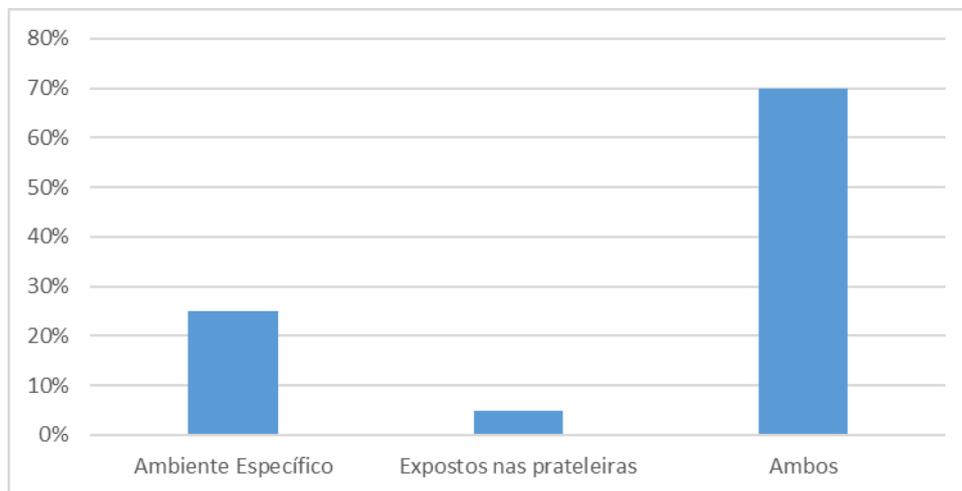
**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

industrializados, 20% manipulados, 70% industrializados e 5% homeopáticos, a partir destes dados pode-se dizer que os tipos de medicamentos mais consumidos são os industrializados, o que leva a crer que este tipo de resíduo será aquele com o maior índice de descarte, muitas vezes de forma indevida pelos seus usuários.



**Figura 3: Tipos de medicamentos que o estabelecimento fornece.**

Analisando as formas de armazenamento dos fármacos disponíveis para venda nos estabelecimentos entrevistado, pode ser observado na Figura 4, que apenas 25% utilizam ambientes específicos quando é requerido pelo fármaco (conforme o rótulo do fabricante) e 5% expõem em prateleiras e 70% utilizam ambas formas de armazenamento, todos conforme o legislado pela ANVISA.



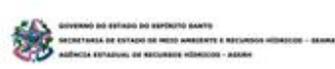
**Figura 4: Armazenamento dos medicamentos no estabelecimento.**

A Figura 5, mostra que cerca de 35% dos estabelecimentos fazem o recebimento de fármacos vencidos de seus clientes, enquanto 55% não realizam este serviço e 10% não souberam responder. Além disso, dos 35% que recolhem, apenas 25% aceitam medicamentos fracionados (dividido em cartela ou comprimido).

Realização



Apoio



Patrocínio



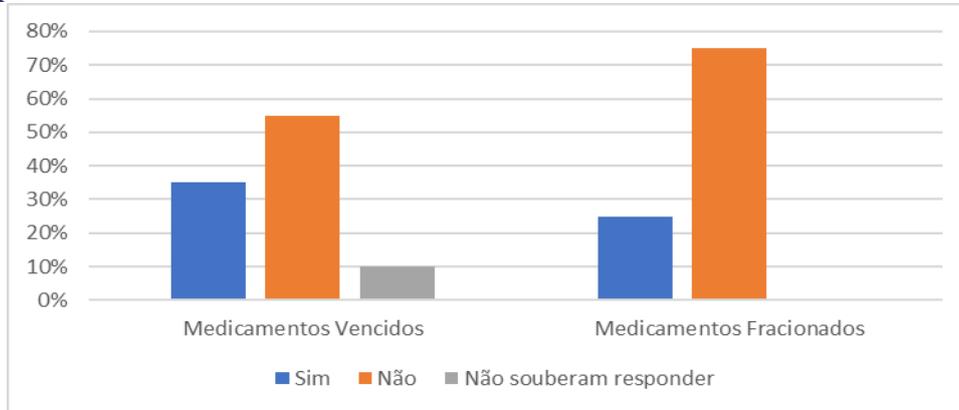


# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

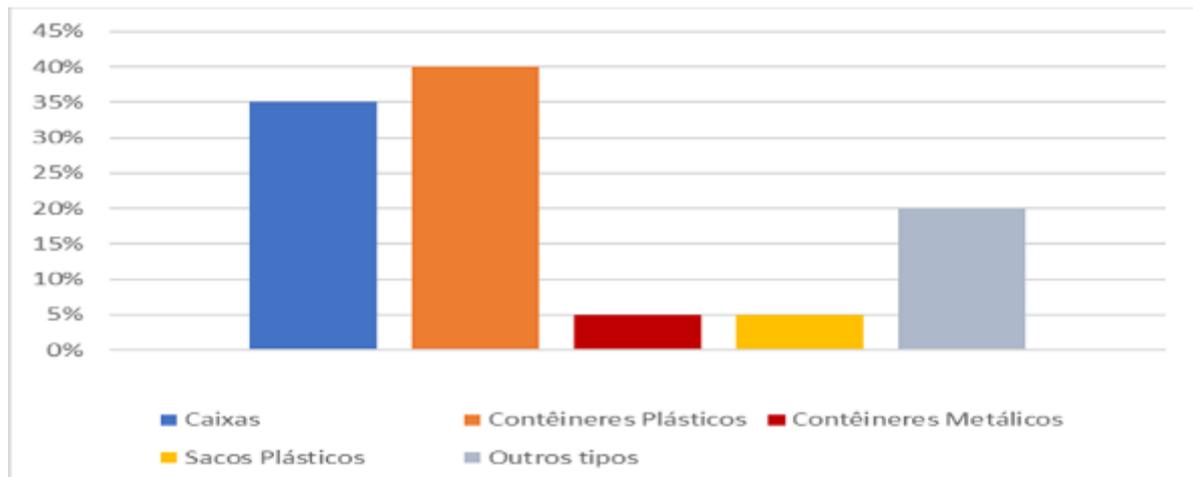
Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 5: Recebimento de medicamentos vencidos e fracionados pelo estabelecimento.**

Conforme pode ser observado na Figura 6, dos estabelecimentos que recebem medicamentos vencidos dos clientes, todos acondicionam os mesmos de diferentes formas, sendo: 40% em contêineres plásticos, 35% em caixas de papelão, 5% em sacos plásticos e contêineres metálicos e 20% em outros tipos. Ressalta-se que cerca de 90% dos funcionários receberam algum tipo de instrução quanto as formas de acondicionamento adequado.



**Figura 6: Forma e instruções quanto ao acondicionamento dos medicamentos.**

Quanto a forma de descarte ou destino final dos fármacos (Figura 7), observou-se que 18 estabelecimentos realizam algum tipo de descarte de medicamentos vencidos, ou seja, 90% praticam a logística reversa, ou passa por um sistema de coleta do órgão municipal ou empresa especializada. Porém, os 10% que não realizam um tipo de descarte alegaram que como são estabelecimentos pequenos, não realizam estocagem de fármacos por conseguir vender todos os medicamentos presentes no local antes do prazo de validade.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio



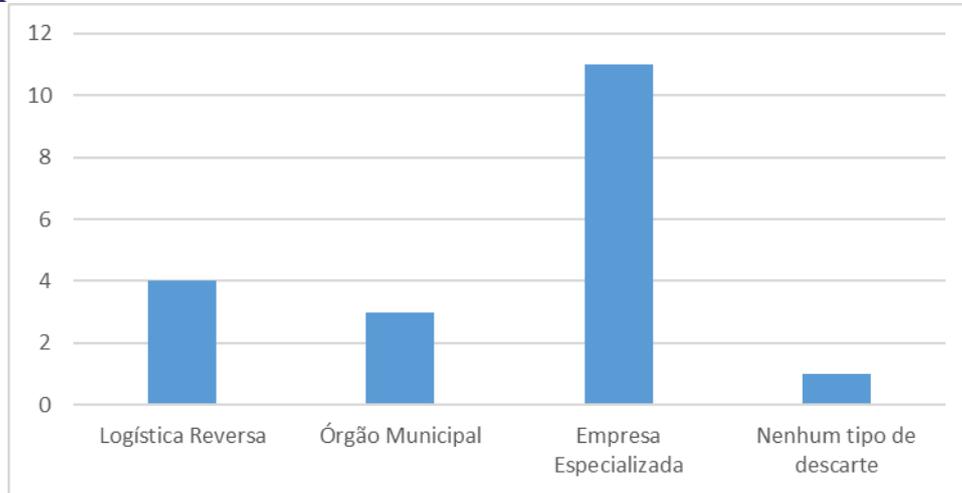


# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

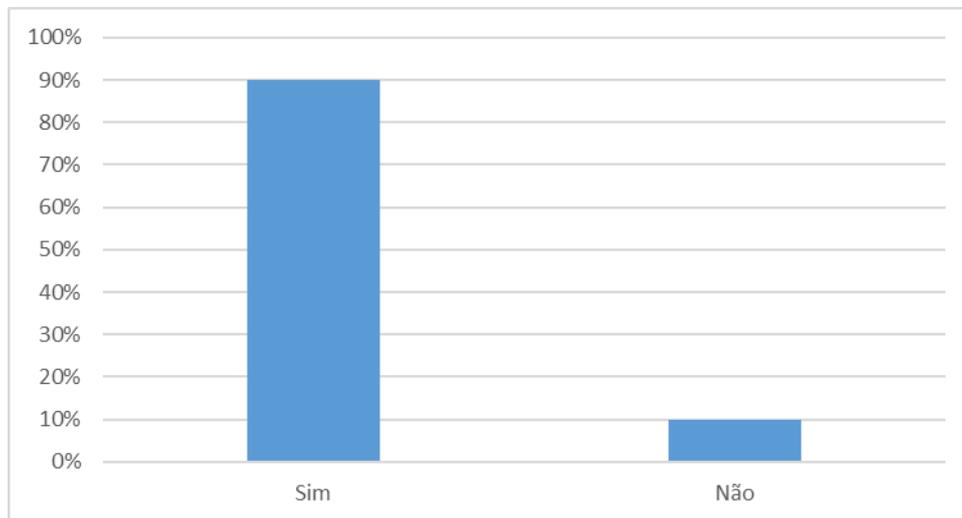
Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 7: Forma de descarte dos medicamentos.**

Em torno de 90% dos entrevistados possuíam algum conhecimento relacionado ao descarte inadequado de fármacos, enquanto 10% não tinham esse tipo de conhecimento, conforme pode ser observado na Figura 8. Ou seja, no bairro Jardim da Penha, pode-se dizer que a maioria dos estabelecimentos treina os seus profissionais quanto à possíveis riscos ambientais e na saúde pública, que os acondicionamento e destino final inadequado podem provocar.



**Figura 8: Conhecimento quanto ao descarte inadequado de fármacos no meio ambiente.**

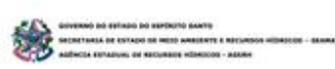
Como forma de educação ambiental e conscientização dos clientes que frequentam as farmácias e drogarias do bairro Jardim da Penha, foi proposto a divulgação de um cartaz informativo visual, que pudesse transmitir de maneira sucinta a importância dos fármacos e seus impactos no meio ambiente.

O cartaz foi elaborado em forma de infográfico, pelos autores deste projeto, visando auxiliar a compreensão do usuário na hora da leitura, nesta identidade visual utilizou-se de alguns conceitos gráficos como, o uso de cores

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

quentes para chamar atenção, a diagramação foi bem pensada de modo a facilitar a leitura e a disposição dos elementos foi estruturada objetivando a harmonia do sistema.

### CONCLUSÕES

O presente estudo de caso demonstrou que 90% dos empreendimentos farmacêuticos encontram-se de acordo com as normas de armazenamento e descarte de resíduos farmacêuticos, no entanto, apenas 35% do total previnem impactos ambientais sérios no ambiente, recebendo os medicamentos vencidos de seus clientes.

Devido à 55% dos estabelecimentos, não realizarem o recolhimento dos medicamentos vencidos, resulta em danos ao meio ambiente, onde os meios mais comuns para o descarte doméstico são através de vasos sanitários e por meio do lixo. Isso ocorre devido à falta de conhecimento da população sobre os impactos ambientais ao solo e a água, a quais causam contaminação dos solos e dos recursos hídricos, podendo inibir as atividades bacterianas na biodegradação nos aterros, contaminação de alimentos e supressão endócrina por medicamentos hormonais. Sendo assim, promoveu-se medidas preventivas como a elaboração de material educativo impresso a modo de informar a população e incentivar a coleta e destinação de medicamentos em desuso e vencidos, se tornando fundamentais para a mitigação desses impactos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BILA, D. M; DEZOTTI, M. Fármacos no Meio Ambiente. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n4/16435.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2017.
2. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 44, de 17 de agosto de 2009. Dispõe sobre boas práticas farmacêuticas para o controle sanitário do funcionamento, da dispensação e da comercialização de produtos e da prestação de serviços farmacêuticos em farmácias e drogarias e dá outras providências. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_44\\_2009.pdf/ad27fafc-8cdb-4e4f-a6d8-5cc93515b49b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_44_2009.pdf/ad27fafc-8cdb-4e4f-a6d8-5cc93515b49b)>. Acesso em: 17 jun. 2017.
3. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306\\_07\\_12\\_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6)>. Acesso em: 17 jun. 2017.
4. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2016.
5. FALQUETO, E; KLIGERMAN, D. C; ASSUMPTÇÃO, R. F. Como Realizar o Correto Descarte de Resíduos de Medicamentos. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141381232010000800034&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141381232010000800034&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 02 fev. 2017.
6. TORRES, N. H.; et al. Fármacos no Ambiente. 2012. REA – Revista de Estudos Ambientais. V.14, n.4, p. 67-75, jul./dez. 2012.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### 006 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA EM AMOSTRAS DE ÁGUA NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI - MG

**Mayra Soares Santos<sup>(1)</sup>**

<sup>1</sup>Engenheira Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Mestranda em Química Analítica na UFVJM.

**Ana Luiza Grateki Barbosa<sup>(2)</sup>**

<sup>2</sup>Engenheira Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade na UFVJM na UFVJM.

**Maria Cecília Ribeiro Miranda Metzker<sup>(3)</sup>,**

<sup>3</sup>Engenheira Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Engenheira Civil pela Faculdade Presidente Antônio Carlos. Mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade na UFVJM.

**Guilherme Lages Rodrigues<sup>(4)</sup>**

<sup>4</sup>Graduando em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**Luiz Ricardo Sousa Corrêa<sup>(5)</sup>**

<sup>5</sup>Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa. Mestrado em Tecnologia, Ambiente e Sociedade pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**Mayne Luisa Veronesi Silva<sup>(6)</sup>**

<sup>6</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental pelas Faculdades DOCTUM.

**Márcia Cristina Faria<sup>(7)</sup>**

<sup>7</sup>Bióloga pela Universidade de Franca. Mestrado e Doutorado em Toxicologia pela Universidade de São Paulo.

**Jairo Lisboa Rodrigues<sup>(8)</sup>**

<sup>8</sup>Farmacêutico pela Universidade Federal de Alfenas. Doutorado direto em Toxicologia pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP.

**Endereço:** Rua do Cruzeiro, nº 01 - Jardim São Paulo - Teófilo Otoni/MG - CEP 39803-371

Telefone: +55 (33) 3529-2700

#### RESUMO

Os recursos hídricos são indispensáveis para a vida humana e outros organismos vivos. A preocupação com sua quantidade e qualidade tem sido uma realidade mundial. Atualmente diversos municípios no Brasil ainda não possuem água canalizada, sendo necessário utilizar de outros meios para obtenção, como poços, cisternas, rios, geralmente de forma precária, sem prévio tratamento. As doenças de veiculação hídrica geralmente estão relacionadas com a presença de microrganismos patogênicos de origem entérica na água de consumo. Para que uma água seja considerada potável, ou seja, apropriada para consumo, esta deve estar tanto isenta de contaminantes químicos e biológicos, como apresentar certos requisitos de ordem estética. Tendo em vista que diversos domicílios na zona rural de Itambacuri-MG (Vale do Mucuri) estão coletando água em locais na maioria das vezes inadequados, este trabalho objetivou verificar a qualidade da água que vem sendo consumida pelas comunidades rurais a partir de análises físico-químicas e microbiológicas. Desta forma, foram coletadas amostras de água consumidas pela população em 15 comunidades rurais, variando de 1 a 3 pontos de coleta por comunidade, totalizando 36 pontos. Do total, 33 amostras são de água subterrânea (nascentes, poços artesanais, cisternas) e 3 de rios e córregos. Verificou-se que destes, em aproximadamente 30% houve alteração no parâmetro pH, 58,3% no parâmetro turbidez, 83,3% apresentou contaminação por coliformes totais e 44,4% por coliformes termotolerantes. Quanto ao parâmetro temperatura, o mesmo se encontrava adequado em quase todos os pontos. As análises realizadas nestas comunidades rurais demonstraram que a

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

maioria da população estudada consome água contaminada, fora dos padrões de potabilidade, necessitando assim de orientação quanto a conservação e manejo dos locais utilizados para coleta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comunidades rurais, Recursos hídricos, Água potável, Microbiologia da água, Análises físico-químicas.

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida. Devido a possibilidade de ocorrência de patógenos e contaminantes químicos na água coletada para consumo humano, esta pode representar um risco potencial para a saúde da população.

A preocupação com a qualidade da água tem ocorrido em todo mundo. Segunda a Organização Mundial de Saúde (OMS) aproximadamente 25 milhões de pessoas no mundo morrem por ano devido a doenças de veiculação hídrica (ZANCUL, 2006). O censo de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostra que quase toda a população brasileira da área rural, cerca de 30 milhões de pessoas, estão submetidas a condições de baixa estrutura de saneamento básico, em especial no que tange ao abastecimento de água, onde apenas 32% desta população rural tem acesso à água canalizada, porém sem garantias quanto a sua potabilidade (BRASIL, 2015).

No Brasil, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizou em 2008 uma análise na qual demonstrou que 33 municípios não possuem rede geral de abastecimento de água, utilizando assim de outras fontes como poços particulares e carros-pipas para se abastecerem. Desses 33 municípios, a maior parte (63,3%) localizam-se na Região Nordeste, enquanto que apenas 21,2% fazem parte da Região Norte. No ano de 2002, a PNSB verificou que 116 municípios encontravam-se nessa situação no País; ou seja, no período compreendido entre 2000 e 2008, ocorreu uma redução de 71,5% na quantidade de municípios sem água canalizada (BRASIL, 2015).

As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana. O risco de ocorrência de surtos dessas doenças é maior na zona rural, pois a captação de água nestas localidades geralmente é precária, muitas vezes em poços velhos, inadequadamente vedados e/ou próximos a fontes diretas de contaminação, como fossas negras e pastagens (AMARAL, 2003).

Entende-se como água potável àquela que atenda ao conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água estabelecido na Portaria nº 2.914 e que não ofereça riscos à saúde. Para tanto esta deve estar isenta de contaminantes químicos e biológicos, além de apresentar certos requisitos de ordem estética. Análises químicas feitas com materiais do ambiente são importantes para prover informações sobre espécies químicas em um determinado meio, incluindo o seu pH e o nível de turbidez (MS, 2011). Quanto aos contaminantes biológicos são classificadas em *Escherichia*, *Aerobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e outros gêneros que raramente aparecem em fezes como a *Serratia*, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal (ALVES et al., 2002).

No Brasil, a normalização da qualidade da água para consumo humano teve início na década de 70. A primeira norma de potabilidade foi criada em março de 1977, pelo decreto federal nº 79.367 que estabeleceu a competência do Ministério da Saúde sobre a definição do padrão de potabilidade da água para consumo humano, onde abrangia diferentes constituintes químicos e microbiológicos potencialmente patogênicos a saúde humana. As normas de potabilidade têm-se apresentado como um instrumental técnico-jurídico elaborado pelas autoridades sanitárias, com apoio de instituições técnico-científicas (FREITAS E FREITAS,

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

2005). Atualmente, vigora a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (MS, 2011).

A Portaria nº 2.914 determina que a água potável deverá estar em conformidade com o padrão microbiológico, isto é, apresentar ausência de *E. coli* ou coliformes termotolerantes quando a água for utilizada para consumo humano. Além disso, em águas tratadas no sistema de distribuição — reservatórios e rede — *E. coli* e coliformes termotolerantes também deverão estar ausentes (MS, 2011).

Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação as exigências relativas aos indicadores microbiológicos deve ser observado o padrão de turbidez. O padrão de turbidez apresentado deverá apresentar valores permitidos de 5 uT (unidade de turbidez) em toda a extensão do sistema de distribuição, seja ele reservatório ou rede. Porém, após filtração rápida, o limite permitido passa a ser de 0,5 uT, e após filtração lenta, de 1,0 uT (MS, 2011)

Outra avaliação empregada para garantir a qualidade da água para consumo humano é a determinação do potencial hidrogeniônico (pH), utilizado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução. O pH é influenciado diretamente pela quantidade de matéria orgânica morta a ser decomposta, sendo que quanto maior for a disponibilidade de tal matéria, menor será o pH. Portanto, uma das razões para remover a turbidez da água destinada à ingestão é que a mesma pode estar associada com a presença de microrganismos. Desta forma, recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (MS, 2004; CONAMA, 2005).

Tendo em vista o grande número de domicílios rurais no município de Itambacuri sendo abastecidos de forma precária, por águas de cisternas, poços, nascentes e rios sem o devido monitoramento, este trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação microbiológica e físico-química de águas para consumo humano na zona rural de Itambacuri.

## MATERIAIS E MÉTODOS

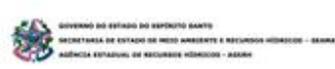
### Área de estudo:

A Figura 1 mostra a área de estudo que compreende o município de Itambacuri em sua zona rural com uma população de 7.690 habitantes. A cidade de Itambacuri está localizada no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Rio Doce (IBGE, 2010). Foram realizadas coletas de amostras de água que é utilizada para consumo humano (poços artesanais, cisternas, nascentes, córregos, lagoas artificiais, poços), em dezessete comunidades rurais.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

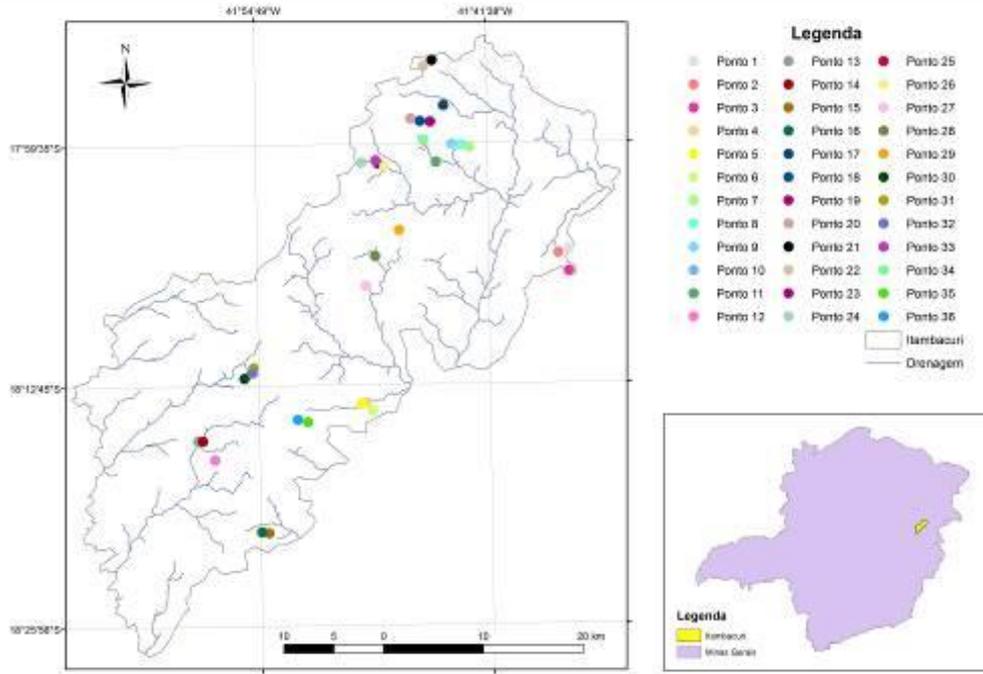


Figura 1: Mapa de localização da cidade de Itambacuri – MG, compreendendo os pontos na zona rural.

### Coleta das amostras:

A coleta das amostras foi realizada conforme procedimento adotado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2010). Para isso, foram utilizados frascos de polipropileno, com tampa, tipo *Metal free* (livre de metais) de 15 e 50mL. Foram coletadas amostras de água em 15 comunidades rurais, sendo três pontos de coleta em sete comunidades, dois pontos em sete comunidades e um ponto e uma comunidade, totalizando então 36 pontos de coleta, conforme tabela abaixo. Serão avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos no Laboratório de análises de contaminantes e multiusuário do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (ICET- UFVJM). Todas as amostras serão também armazenadas em frascos, com tampa, em refrigerador de 4°C.

### Parâmetros físico-químicos:

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH), turbidez e temperatura.

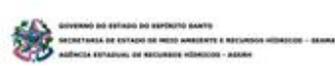
### Análise microbiológica:

A análise microbiológica foi realizada pela determinação da presença de Coliformes Totais e Termotolerantes através dos métodos de Tubos Múltiplos e Número Mais Provável.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos a partir de análises físico-químicas e microbiológicas, assim como os valores de referência oriundos da Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde. É possível perceber que alguns dados apresentaram alteração quando comparados aos valores máximos permitidos pela legislação vigente.

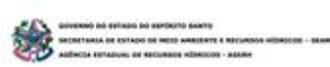
**Tabela 1: Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água da zona rural de Itambacuri - MG**

Ponto	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Coliformes Totais (NMP/mL)	Termotolerante (NMP/mL)
1	5,57	27,90	22,00	3,60	0,00
2	6,19	2,97	24,20	23,00	0,00
3	6,44	18,80	26,60	3,60	0,00
4	5,80	3,45	24,60	0,00	0,00
5	5,64	8,98	25,20	23,00	0,00
6	5,92	34,40	24,10	4600,00	1500,00
7	6,83	1,96	20,60	240,00	9,20
8	7,09	12,60	20,40	240,00	240,00
9	6,63	3,98	23,10	240,00	240,00
10	6,24	58,70	22,50	23,00	93,00
11	6,52	1,08	22,80	0,00	0,00
12	6,43	4,78	27,10	150,00	15,00
13	6,38	7,00	25,20	11000,00	1100,00
14	6,76	7,05	26,00	11000,00	290,00
15	6,42	1,23	26,70	9,20	0,00
16	6,30	4,13	25,20	43,00	0,00
17	5,73	17,70	27,00	0,00	0,00
18	5,86	3,91	25,50	0,00	0,00
19	7,01	35,30	26,30	93,00	0,00
20	7,17	2,68	26,30	1100,00	0,00
21	5,91	4,60	24,00	9,20	0,00
22	5,89	39,20	23,70	240,00	93,00
23	5,46	8,24	22,70	43,00	3,60
24	5,69	13,40	25,00	93,00	0,00
25	6,01	5,64	24,30	9,20	3,60
26	6,02	39,40	24,50	210,00	3,60
27	7,03	6,25	25,80	23,00	0,00
28	7,27	5,93	25,80	0,00	0,00
29	7,27	3,13	24,80	7,40	0,00
30	7,39	6,22	30,20	3,60	0,00
31	7,22	33,6	26,60	93,00	3,60
32	7,53	3,83	33,90	93,00	3,60
33	6,79	3,31	33,90	3,60	0,00
34	6,92	104,00	33,90	75,00	7,40

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

<b>35</b>	6,07	6,08	24,70	2100,00	1100,00
<b>36</b>	5,63	0,32	24,70	0,00	0,00
<b>V.R.*</b>	6 a 9,5	Até 5	-	0,00	0,00

\* V.R. = Valores de Referência.

Nos pontos 1, 4, 5, 6, 17, 18, 21, 22, 23, 24 e 36, o valor de pH se mostrou abaixo do limite aceitável, acredita-se que a presença de matéria orgânica na água pode causar a redução do potencial hidrogeniônico.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009) turbidez da água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, como algas, bactérias e plânctons. Exposto isso, a alteração em vinte e uma amostras pode ser justificada pela má conservação e falta de limpeza da fonte de água utilizada, gerando a presença de materiais orgânicos e inorgânicos.

A temperatura da água é um importante parâmetro para a manutenção e qualidade da vida aquática, alguns estudos, como o Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil (ANA, 2012) afirmam que o intervalo ideal para esse parâmetro é de 22 a 26°C. A extrapolação do limite de algumas amostras é explicada pela exposição direta da fonte hídrica a incidência solar e ausência de proteção vegetal, podendo gerar redução da concentração de oxigênio dissolvido na água.

Os coliformes totais são um grupo de bactérias que contem bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C em 24-48 horas. Este grupo contém os seguintes gêneros: Escherichia, Citrobacter, Enterobacter e Klebsiella (BETTEGA, 2006). A presença de coliformes totais foi detectada em muitos pontos, exceto em seis amostras.

Coliformes termotolerantes são bactérias capazes de desenvolver e/ou fermentar a lactose com produção de gás a 44,5°C em 24 horas. A principal espécie dentro desse grupo é a Escherichia coli. Essa avaliação microbiológica da água tem um papel destacado, tendo em vista a grande variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal, que pode estar presente na água (BETTEGA, 2006). Dentre os pontos analisados dezesseis apresentaram valores positivos, indicando uma possível contaminação fecal, animal ou humana.

## CONCLUSÕES

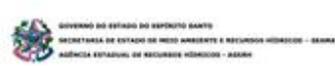
Por fim, pode-se concluir que muitos pontos das amostras analisadas apresentam alterações, com valores fora dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Esses resultados podem reduzir a potabilidade da água consumida pela população da zona rural da cidade de Itambacuri – MG.

A melhoria da qualidade da água é possível de ser obtida pela manutenção da limpeza do local de coleta do recurso, assim como a garantia da presença de vegetação ao cercando o corpo hídrico e filtrando impurezas em processos de lixiviação. Outra medida a ser tomada é evitar o uso de fossas negras próximas as fontes de água.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

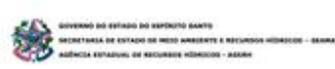
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, Nilton César; ODORIZZI, Augusto Cesar; GOULART, Flávia Cristina. Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento, Marília, SP. Revista de Saúde Pública, v. 36, n. 6, p. 749-751, 2002.
2. AMARAL, LUIZ AUGUSTO DO; FILHO, ANTÔNIO NADER; ROSSI JUNIOR, OSWALDO DURIVA; FERREIRA, FERNANDA LÚCIA ALVES; BARROS, LUDMILLA SANTANA SOARES. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Revista de Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.
3. Agência Nacional das Águas, ANA, Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil.
4. BETTEGA, Janine Maria Pereira Ramos et al. Métodos analíticos no controle microbiológico de água para consumo humano. Cienc. agrotec. [online]. 2006, vol.30, n.5, pp.950-954. ISSN 1413-7054.
5. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde / Ministério da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 37 p.
6. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no Diário Oficial da União nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.
7. FREITAS, Marcelo Bessa; FREITAS, CM de. A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Ciência & Saúde Coletiva, v. 10, n. 4, p. 993-1004, 2005.
8. MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS. Portaria Nº. 2.914, de 12 de dezembro de 2011.
9. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012.
10. ZANCUL, M. S. Água e saúde. Revista Eletrônica de Ciências, nº 32, São Carlos, abril 2006.

Realização



Apoio



Patrocínio





I Seminário Nacional de  
**Recursos Hídricos**  
I Encontro de Profissionais do  
**Saneamento do Espírito Santo**

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e  
Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

**IV – 006- AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA  
BALNEABILIDADE DO SISTEMA ESTUARINO DA ILHA DE VITÓRIA – ES,  
BRASIL**

**Rayelle Gusmão Tessarollo** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestranda em Engenharia Ambiental, ênfase em Recursos Hídricos, pela UFES.

**Francieli Dela Costa** <sup>(2)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Julio Tomás Quije Chacaltana** <sup>(3)</sup>

Bacharel em Engenharia Mecânica dos Fluidos pela Universidade Nacional Mayor de São Marcos (Lima-Peru). Mestre e Doutor em Mecânica dos Fluidos (COPPE/UFRJ). Professor titular da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Endereço:** Laboratório de Simulação de Escoamento com Superfície Livre — LABESUL DEA-CT/UFES, Av Fernando Ferrari, 514, Campus Universitário, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória - ES, Brasil - Tel: (27) 4009- 2858. e-mail<sup>(1)</sup>: [rayellegt@hotmail.com](mailto:rayellegt@hotmail.com)

## RESUMO

O Sistema Estuarino da Ilha de Vitória (SEIV) está localizado na costa central do Brasil, no entorno da cidade de Vitória, Espírito Santo, sob as coordenadas 20°15' S e 40°20' O e tem sofrido ao longo de várias décadas uma forte degradação ambiental. Neste trabalho, avaliou-se através do uso do modelo computacional Delft3D, os impactos na qualidade das águas em zonas de balneabilidade no Sistema Estuarino da Ilha de Vitória - ES, devido aos lançamentos de efluentes de domésticos na Baía de Vitória e no Canal da Passagem. O modelo numérico reproduziu satisfatoriamente os dados observados de elevação e correntes na Baía de Vitória. Os resultados do estudo indicaram que as fontes modeladas interferem na qualidade da água da região. Altas concentrações de coliformes termotolerantes são encontradas próximas as fontes, porém baixas concentrações de esgoto acabam chegando às praias, podendo deixá-las impróprias. Os lançamentos no Canal da Passagem possuem maior influência na qualidade da água da Baía do Espírito Santo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coliformes Termotolerantes, Dispersão, Balneabilidade, DELFT3D.

## INTRODUÇÃO

O aumento da contaminação microbiana das águas estuarinas e costeiras em todo o mundo representa uma questão importante no gerenciamento da qualidade da água, devido às suas implicações na saúde pública associada à recreação aquática e à aquicultura. Os níveis elevados de poluição microbiana podem ter implicações econômicas relevantes, seja diretamente pelo aumento dos custos associados ao tratamento médico de doenças de veiculação hídrica causadas por patógenos como bactérias, protozoários, vírus e helmintos, ou indiretamente pelos impactos nas atividades turísticas e negócios locais associados (por exemplo, interdição de praias) (JOVANOVIC *et al.*, 2017). As consequências potenciais para a saúde da contaminação microbiana são tais que seu controle deve ser sempre de suma importância e nunca deve ser comprometido. Picos de curto prazo na concentração de patógenos podem aumentar consideravelmente os riscos de doenças e pode desencadear surtos de doenças transmitidas pela água. Além disso, no momento em que a contaminação

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

microbiana é detectada, muitas pessoas podem ter sido expostas (WHO, 2001). A ingestão de água superficial com altos níveis de contaminação fecal pode ocasionar infecções intestinais com náuseas, diarreias, vômitos, febre e cólicas abdominais. Pessoas que possuem um sistema imunológico baixo, como pessoas idosas, crianças e pessoas doentes, são mais vulneráveis aos efeitos das bactérias fecais (BLOMMERS, 2012).

No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA estabelece a qualidade das águas estuarinas e costeiras através da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 e da Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. A Resolução nº 357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água continentais e costeiros, fornece diretrizes para seu enquadramento e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. E a Resolução CONAMA nº 274/00 classifica as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade em duas nas categorias: Própria e Imprópria, sendo que as águas consideradas próprias são subdivididas em três categorias: Excelente, Muito Boa e Satisfatória. A Legislação prevê o uso de três indicadores microbiológicos de poluição fecal: coliformes termotolerantes, *E. coli* e enterococos.

Nesse contexto, propõem-se avaliar através do uso da técnica da Mecânica dos Fluidos Computacional, os impactos na qualidade das águas em zonas de balneabilidade no Sistema Estuarino da Ilha de Vitória - ES, devido aos lançamentos de efluentes de domésticos na Baía de Vitória e no Canal da Passagem. Foi utilizado o modelo de código aberto Delft3D, desenvolvido pela Deltares (anteriormente: WL | Delft Hydraulics) na Holanda, composto de vários módulos incluindo o módulo hidromorfodinâmico e de transporte de constituintes conservativos (Delft3D-FLOW) e de ecologia e qualidade da água DELWAQ (D-Ecology e D-Water Quality, respectivamente).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o corpo hídrico definido como Sistema Estuarino da Ilha de Vitória (SEIV), onde está situada a Baía do Espírito Santo (BES) e a Baía de Vitória (BV), além do Canal da Passagem. O sistema está localizado na costa central do Brasil, no entorno da cidade de Vitória, Espírito Santo, sob as coordenadas 20°15' S e 40°20' O. No SEIV estão localizadas diversas praias como Praia de Camburi, Praia do Meio (Ilha do Boi) e Curva da Jurema que são largamente utilizadas para lazer e eventos esportivos, além de possuírem grande potencial econômico advindo do turismo e das atividades industriais e portuárias. Essas praias podem ter sua condição de balneabilidade comprometida pelo lançamento contínuo de esgoto doméstico no sistema estuarino em estudo.

O clima da região é caracterizado como tropical quente e úmido, com temperaturas médias de 24,4°C e 34,4°C, mínima e máxima, respectivamente. Os ventos predominantes são os de nordeste e sudeste, os primeiros associados aos ventos alísios, predominantes no verão. Já os de sudeste estão relacionados com as frentes frias, sendo mais frequentes no inverno. Na região de estudo, o padrão de escoamento é regido por marés semidiurnas com desigualdades diurnas, compostas pela principal constituinte lunar M2 (período igual a 12,4 h) (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

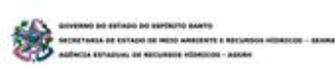
### MODELAGEM HIDRODINÂMICA

O módulo hidrodinâmico Delft3D-FLOW simula de maneira bidimensional (2DH, integrado na profundidade) e tridimensional (3D) escoamentos não estacionários e fenômenos de transporte resultantes da maré e/ou forçantes meteorológicas, incluindo o efeito de diferenças de densidade devido a uma distribuição não uniforme de temperatura e salinidade. Para a simulação do movimento da água são resolvidas as equações de

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Navier Stokes tridimensionais para um fluido incompressível, considerando as aproximações de onda longa e de Boussinesq (GERRITSEN *et al.*, 2007; DELTARES, 2014a).

O modelo Delft foi implementado para a área de estudo através de um sistema de grades aninhadas retangulares com resoluções: L1 - 1/12°, L2 - 48° 1/36°, L3 - 1/108°; e SEIV - resolução variável entre 14 e 270 m com malha curvilínea ortogonal. Na vertical utilizou-se uma malha em coordenadas  $\sigma$  com uma camada, modelo bidimensional integrado na vertical (2DH). Os dados de elevação da superfície e de velocidade normal ao contorno foram obtidos por meio de um alinhamento do domínio menor (L2) ao domínio maior (L1), onde os resultados do domínio maior foram interpolados para cada elemento do contorno do domínio menor, com exceção do domínio L1. No domínio L1, os dados do contorno foram calculados com base em treze (13) harmônicos de maré (i.e., M2, S2, N2, K1, O1, Q1, Mf, Mm, M4, MS4, MN4). Os valores de amplitude e fase utilizados foram provenientes do modelo global de maré TPXO, fornecidos em uma resolução de 1/4 de grau e interpolados para cada elemento de contorno aberto da grade do domínio L1. As séries de elevação e corrente aninhadas para os próximos domínios (L2, L3 e SEIV) são resultantes da maré astronômica e de forçantes atmosféricas (campo bidimensional de vento e pressão).

A hidrodinâmica foi simulada no período de 01/05/2013 a 01/07/2013 e os resultados do campo de velocidade usados na modelagem microbiana da qualidade da água. Nos rios que desembocam no SEIV foram adotados valores médios mensais de vazões e dados de ventos medidos no período, sendo modelada a hidrodinâmica contemplando um período de maré de quadratura e um período de maré de sizígia. Os métodos estatísticos escolhidos para avaliar a correlação dos dados medidos e modelados foram o índice de concordância de Wilmott (Id) dado por Wilmott (1981) e o erro absoluto médio (MAE - Mean Absolut Error). O índice de Wilmontt foi utilizado recentemente por Nascimento (2013), enquanto o erro absoluto médio (MAE) foi utilizado por Couceiro (2015) para avaliar os resultados do modelo Delft3D-FLOW.

### MODELAGEM MICROBIANA DA QUALIDADE DA ÁGUA

D-Water Quality é um modelo matemático genérico multidimensional para a qualidade da água e ecologia que soluciona a equação de advecção-difusão-reação em uma grade computacional pré-definida e para uma ampla gama de substâncias e processos. Este módulo faz uso das condições hidrodinâmicas calculadas no módulo Delft3D-FLOW. No modelo da qualidade da água uma ou mais substâncias entram na área modelada através dos contornos abertos do modelo e movem-se com as correntes através da área modelada, ao mesmo tempo em que, podem apresentar o seu comportamento específico no ambiente aquático (DELTARES, 2014b).

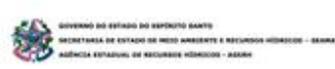
A modelagem de coliformes termotolerantes começa pela determinação das fontes (esgotos domésticos, principalmente) e, posteriormente implementa-se a mortalidade destes organismos (PEREIRA, 2004). A sobrevivência e a dispersão das bactérias coliformes termotolerantes nas águas costeiras dependem de dois fatores: condições físico-químicas (radiação solar, temperatura, salinidade, pH e disponibilidade de nutrientes) e diluição física através da hidrodinâmica. A taxa de mortalidade de utilizada no presente estudo foi a formulação proposta por Mancini (1978). A unidade utilizada pelo modelo é NMP/m<sup>3</sup> (NMP = Número Mais Provável) e esta se afastada da unidade que é geralmente indicada para concentrações de bactérias coliformes: NMP/100ml, assim utiliza-se um fator de conversão entre as unidades: 1 NMP/m<sup>3</sup> = 1x10<sup>-4</sup> NMP/100ml para análise e comparação dos resultados com os limites encontrados na resolução CONAMA 274/00.

Na interface do WAQ foram montados dois cenários, o primeiro considerando os lançamentos de rios e canais e o segundo considerando além dos lançamentos do primeiro cenário, as estimativas de fontes pontuais urbanas apresentadas no estudo de Moraes (2008). Foram utilizados os dados dos cinco tributários: rio Santa Maria da Vitória, rio Bubu, rio Itanguá, rio Aribiri e rio Marinho. Esses dados foram utilizados como condição de contorno e as concentrações de despejo de coliformes foram: rio Santa Maria da Vitória 1300 NMP/100ml; rio

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

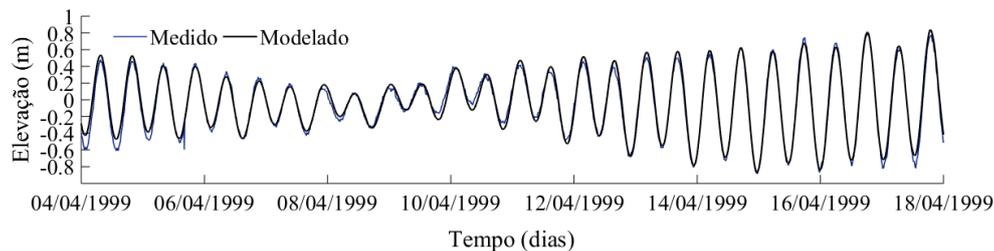
**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Bubu 450000 NMP/100ml; rio Itangua 5400000 NMP/100ml; rio Aribiri 9200000 NMP/100ml; rio Marinho 1300000 NMP/100ml. Foram consideradas ainda estimativas de carga de bactérias coliforme termotolerantes calculadas por Cassini (2011) que podem chegar a Baía de Vitória através dos canais.

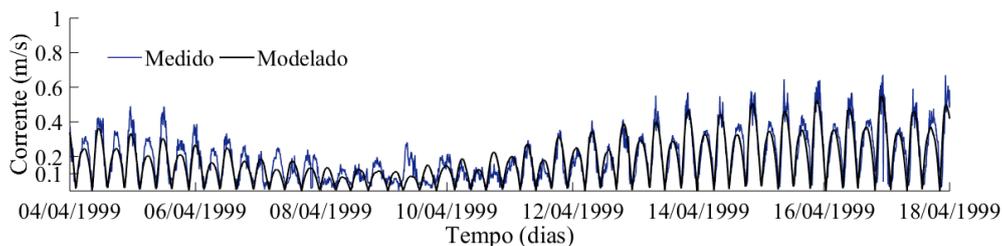
## RESULTADOS

### VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS HIDRODINÂMICOS

As séries temporais de elevação e de magnitude das correntes medidas e modeladas são plotadas na Figura 1 e na Figura 2, respectivamente.



**Figura 1: Série temporal medida (azul) e modelada (preto) de elevação.**



**Figura 2: Série temporal medida (azul) e modelada (preto) de magnitude das correntes.**

O erro absoluto médio (MAE) demonstra uma diferença média entre os valores modelados e medidos de 0,047 m para elevação e 0,049 m/s para a magnitude das correntes. O índice de concordância de Wilmott ( $I_d$ ) obtido para a elevação foi de 0,99 e para a magnitude das correntes de 0,94. Este índice mede a capacidade do modelo de reproduzir de forma satisfatória os dados medidos em campo, sendo que seu valor pode variar de 0 (sem correlação) a 1 (ajuste perfeito). Assim, de acordo com os valores de  $I_d$ , o modelo hidrodinâmico representa satisfatoriamente o comportamento da magnitude das correntes e da elevação. Nascimento (2013) realizou a modelagem hidrodinâmica da Baía de Vitória para o período de 1999 e validou seu modelo utilizando os mesmos dados medidos empregados no presente estudo. O autor encontrou os valores de  $I_d$  entre 0,842 e 0,981 para elevação, e valores entre 0,791 e 0,949 para a magnitude das correntes, corroborando com os valores encontrados.

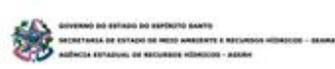
### MODELAGEM MICROBIANA DE QUALIDADE DA ÁGUA

A Figura 3 apresenta os mapas de distribuição da concentração de coliformes termotolerantes durante a enchente e a vazante para a maré de quadratura, no domínio SEIV.

Realização



Apoio



Patrocínio





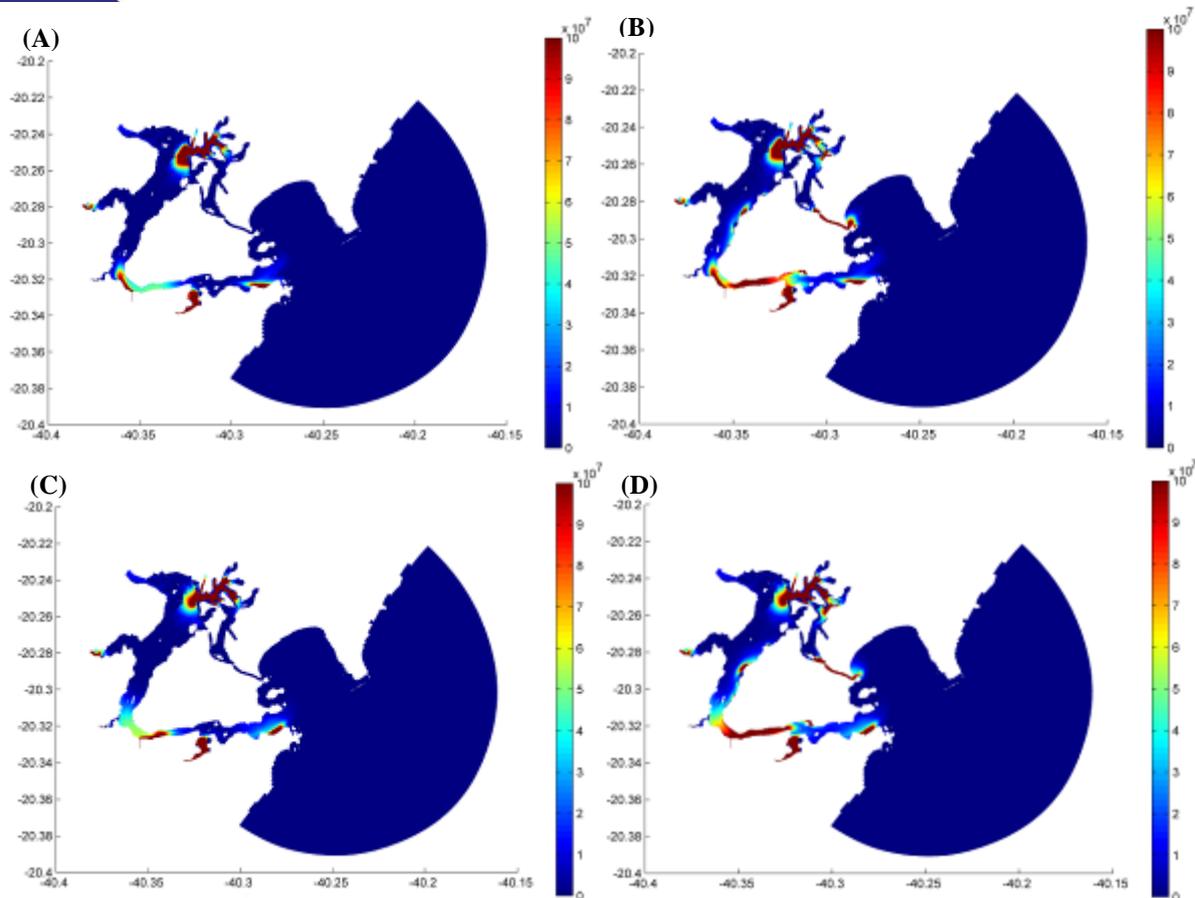
# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 3: Concentração de Coliformes Termotolerantes (NMP/m<sup>3</sup>) modelada: máxima velocidade de enchente na maré de quadratura (A) cenário 01 e (B) cenário 02; e máxima velocidade de vazante na maré de quadratura (C) cenário 01 e (D) cenário 02.**

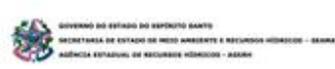
Durante as condições de maré de quadratura, Figura 3, ocorrem as menores amplitudes de maré, configurando-se um cenário de menor entrada de água da Baía do Espírito Santo para a Baía de Vitória e canal da Passagem, ocorrendo assim, maior deterioração da qualidade das suas águas nas regiões próximas às fontes (menor renovação das águas), além da menor dispersão das plumas e da menor diluição. Durante a quadratura ocorre a inversão da dominância de correntes de vazante para de enchentes, o que condiciona a inversão dos padrões de diluição e extensão das plumas.

A Figura 4 apresenta os mapas de distribuição da concentração de coliformes termotolerantes durante a enchente e a vazante para a maré de sizígia, no domínio SEIV.

Realização



Apoio



Patrocínio





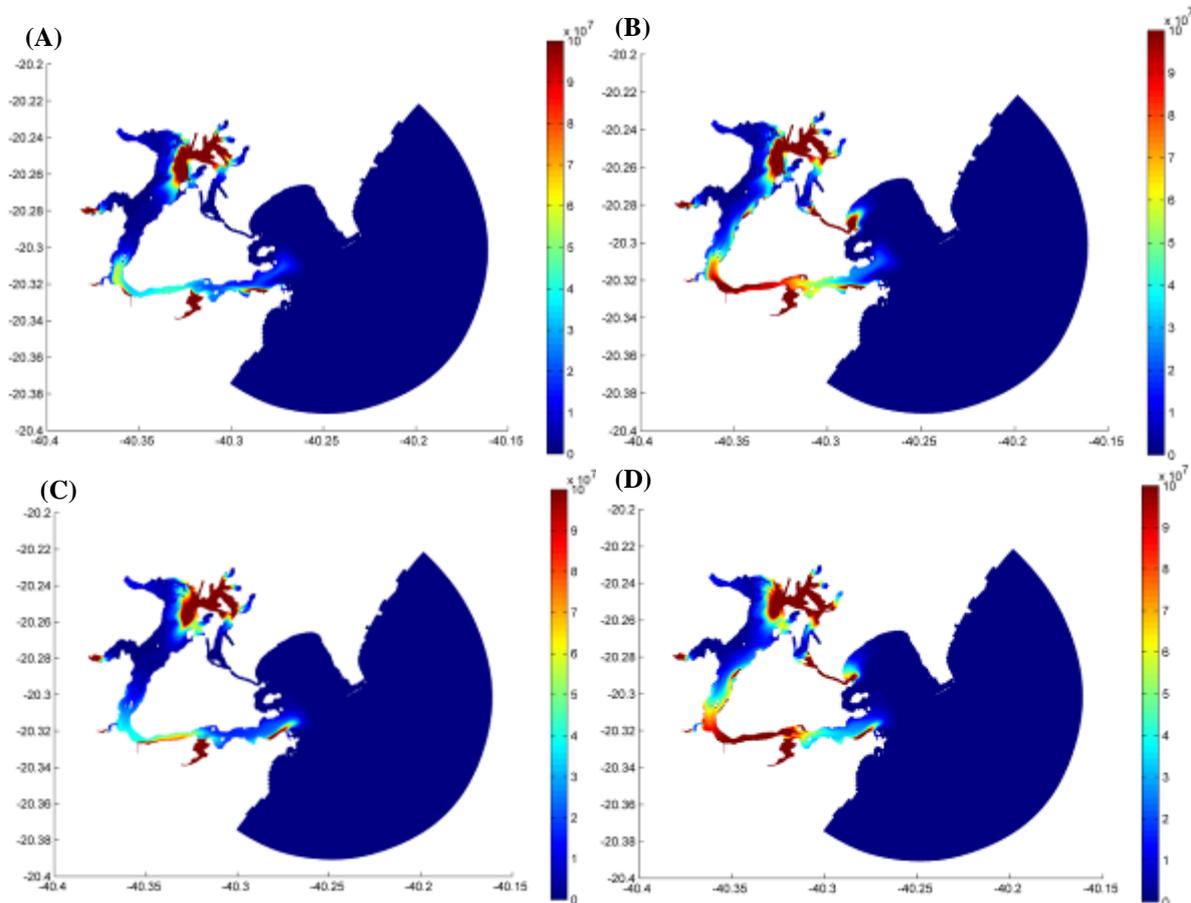
# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES



**Figura 4: Concentração de Coliformes Termotolerantes (NMP/m<sup>3</sup>) modelada: na máxima velocidade de enchente na maré de sizígia (A) cenário 01; (B) cenário 02; e máxima velocidade de vazante na maré de sizígia (A) cenário 01; (B) cenário 02;**

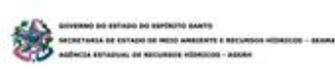
Os momentos de maior velocidade da corrente na maré de sizígia, durante a vazante e a enchente, representam condições de maior dispersão das plumas provenientes dos tributários, canais e galerias presentes ao longo da Baía de Vitória e do Canal da Passagem. Assim, durante a vazante e a enchente da maré de sizígia ocorre uma maior extensão das plumas na baía, comprometendo a qualidade das águas das praias do SEIV. A maior diluição das plumas na vazante em relação à enchente, durante a sizígia, está associada com as maiores velocidades da corrente ocorrem em função da dominância local de correntes de vazante.

Verifica-se que as descargas dos efluentes domésticos no Canal da Passagem são os principais responsáveis pela contaminação de coliformes termotolerantes na Praia de Camburi, principalmente na sua desembocadura na Baía do Espírito Santo, chegando a atingir 35000 coliformes termotolerantes/100 ml, deixando essa região imprópria para banho. Verificou-se ainda que os lançamentos dos canais e dos rios possuem contribuição significativa na balneabilidade das praias da Ilha do Frade e Ilha do Boi e que as descargas apresentadas por Moraes (2008) na Baía de Vitória não possuem influência significativa na balneabilidade destas praias.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

A resolução CONAMA nº 274/00 estabelece que a concentração máxima de coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato primário é 1000 NMP/100 ml, como o modelo apresenta as concentrações de coliformes termotolerantes em NMP/m<sup>3</sup>, todas as regiões nos mapas de distribuição (Figura 3 e Figura 4) que apresentam valores acima de 1x10<sup>7</sup> NMP/m<sup>3</sup> encontram-se impróprias para banho. Assim, a utilização de modelos numéricos para a avaliação da balneabilidade torna-se uma importante ferramenta de previsão de qualidade de água.

A taxa de mortalidade média dos coliformes termotolerantes levando em consideração a radiação solar, temperatura e salinidade para o período simulado foi de 1,98 d<sup>-1</sup>. Batista e Harari (2017) encontram para o sistema costeiro de Ubatuba (SP), utilizando o modelo Delft3D-FLOW e o módulo D-Water Quality, uma taxa de mortalidade média para os coliformes termotolerantes de 2,5 d<sup>-1</sup> em fevereiro e de 2,0 d<sup>-1</sup> em agosto.

### CONCLUSÕES

Foi implantado um sistema de modelagem hidrodinâmica e da qualidade microbiana da água para o Sistema Estuarino da Ilha de Vitória (SEIV). O modelo hidrodinâmico representou de forma satisfatória o padrão de escoamento da região, sendo validado com dados medidos de corrente e elevação, com a ocorrência dos parâmetros estatísticos dentro da faixa reportada na literatura. Os lançamentos de efluentes domésticos são responsáveis pela baixa qualidade microbiológicas das águas estuarinas, que afetam a balneabilidade das principais praias do SEIV. Estima-se que os resultados obtidos pela técnica da Mecânica dos Fluidos Computacional são úteis para compreender a dispersão e o comportamento da contaminação fecal na região estuarina em estudo.

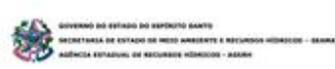
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATISTA, S. S. & HARARI, J. Modelagem da dispersão de coliformes termotolerantes e enterococos em duas enseadas na região costeira de Ubatuba (SP), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental [online]*, v. 22, n. 2, p. 403-413, 2017.
2. BLOMMERS, I. Water quality in bathing Waters – An analysis to determine the influencing factors on faecal indicator bacteria concentration peaks. MSc thesis report. TU Delft. 2012.
3. CASSINI, P. S. *Aplicação do modelo EPA-Aquatox à Baía de Vitória (Vitória/ES)*. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
4. COUCEIRO, M. A. A. (2015). Dinâmica de sedimentos coesivos em um estuário altamente estratificado: rio Araranguá, SC. *Tese* (Doutorado), Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo.
5. DELTARES. Delft3D-FLOW: User Manual. Versão: 3.15.30932. The Netherlands, 2014a.
6. DELTARES. D-Water Quality: User Manual. Versão: 4.99.31050. The Netherlands, 2014b.
7. GERRITSEN, H.; de GOEDE, E. D.; PLATZEK, F. W.; GENSEBERGER, M.; VAN KESTER, A. Th. M.; UITTENBOGAARD, R. E., 2007. *Validation Document Delft3D-FLOW*. A software system for 3D flow simulations: report. 2007.
8. JOVANOVIĆ, D.; COLEMAN, R.; DELETIC, A.; MCCARTHY, D. Spatial variability of E. coli in an urban salt-wedge estuary. *Marine Pollution Bulletin*, v. 114, n. 1, p. 114–122, 2017.
9. MANCINI, J.L. Numerical estimates of coliform mortality rates under various conditions. *Journal Water Pollution Control Fed.*, v. 50, n. 11, p. 2477- 2484, 1978.
10. MORAIS, A. Estimativa de Cargas Poluidoras na Baía de Vitória com Uso de Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
11. NASCIMENTO, T. F. Análise da influência da descarga do Rio Santa Maria da Vitória sobre a

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

- propagação da onda de maré e da hidrodinâmica tridimensional da Baía de Vitória. *Dissertação* (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
12. NASCIMENTO, T. F.; CHACALTANA, J. T. A; PICOLLI, F.P. Análise da Influência do Alargamento de um Estreitamento na Hidrodinâmica do Canal da Passagem, Vitória-ES, Através de Modelagem Numérica. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n.3, p. 31-39, 2013.
  13. PEREIRA, R. S. Modelos de Qualidade da Água. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*, v. 1, n. 1, p. 37-48, 2004.
  14. WHO - World Health Organization. *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. Edited by Lorna Fewtrell and Jamie Bartram. Published by IWA Publishing. London, 2001.
  15. WILMOTT, J. C. On the validation of models. *Physical Geography*. v. 2, p. 184-194, 1981.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### III - ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA E ESTADO TRÓFICO DA LAGOA CENTRAL – IPABA / MG (ESTUDO DE CASO)

#### **Sarah Elizabeth Pimenta de Souza<sup>(1)</sup>**

Estudante do 9º Período de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade Única de Ipatinga / MG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Noventa e Dois, 133, Apto 303 – Bethânia – Ipatinga / Minas Gerais - CEP: 35164-772 - Brasil ,  
Tel: (31) 97306-6532 / (31) 98532-3474 - e-mail: sarah.seps@gmail.com

#### **Iago Alves Maia**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Faculdade Única de Ipatinga / MG.

**Endereço:** Rua Graciliano Ramos, 941, Apto 102 – Cidade Nobre – Ipatinga / Minas Gerais - CEP: 35162-373 - Brasil, Tel: (31) 99251-3622 – e-mail: iagoengambiental@hotmail.com

#### **RESUMO**

Os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo alterações ao longo dos anos provenientes das diversas necessidades de uso e atividades antrópicas. O processo de urbanização desordenado priorizou os interesses corporativos, não levando em conta os interesses sociais e uma correta infraestrutura sanitária. A cidade do Ipaba/ MG possui em seu território urbano, uma lagoa que sofre impactos da ocupação de seu entorno. Além da ocupação ao longo de toda margem, há o lançamento de esgoto *in natura*, o que acarreta problemas ambientais e de saúde pública para o município. Para o monitoramento da lagoa foram realizadas 06 (seis) amostragens no período de 09 (nove) meses. As análises foram realizadas pela CENIBRA e os dados obtidos foram sintetizados em dois índices comumente usados para ambientes semelhantes, o Índice de Qualidade das Águas – IQA e o Índice de Estado Trófico – IET. Os resultados de IQA variaram entre médio e ruim, e os de IET entre mesotrófico e eutrófico, demonstrando os impactos sofridos pelo ecossistema. Diversas intervenções devem ser realizadas para que a lagoa retorne ao equilíbrio natural, não trazendo riscos a população e possibilitando alguns usos como para recreação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento, Crescimento Desordenado, Lagoa, Saúde Pública, Análises, IQA, IET.

#### **INTRODUÇÃO**

A limnologia é a ciência que estuda as águas continentais. Sua origem data do início do século 20, e apesar de inicialmente ter sido desenvolvida apenas para o estudo dos lagos, hoje em dia compreende também lagoas, lagunas, rios, reservatórios e áreas inundáveis. Estudar o comportamento de lagos e lagoas tem fundamental importância no ponto de vista ambiental visto que juntos representam em quantidade de água doce disponível no mundo, cerca de 100 vezes o que se encontra nos rios (PEDROSA; RESENDE, 1999).

Toma-se por base a Lagoa Central do município de Ipaba / MG, situada na Bacia do Rio Caratinga, com aproximadamente 21 hectares de área, o grande espelho d'água contribui para amenizar o microclima do município além de possuir uma beleza estética pouco explorada. Apesar de tanta beleza, a lagoa encontra-se

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

antropizada com lançamentos de esgotos *in natura* e o grande acúmulo de resíduos sólidos nas margens que prejudicam a qualidade do corpo lacustre, causando uma intensa degradação.

Portanto, o que se pleiteia com o presente projeto é realizar o monitoramento da qualidade da água da lagoa Central do Ipaba / MG com fins de caracterizar a situação atual, e propor, se necessário, intervenções a serem realizadas, tornando o ambiente mais equilibrado ecologicamente, possibilitando a integração da lagoa com a população sem ônus para ambas as partes.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da (CENIBRA) Celulose Nipo-Brasileira S.A e o Laboratório CERTIFICAR (Ipatinga / MG).

### MATERIAIS E MÉTODOS

Para definir a qualidade da água superficial da lagoa serão adotados dois índices comumente utilizados para sintetizar informações sobre vários parâmetros visando um melhor entendimento da população e contribuindo em ações do planejamento e gestão da qualidade da água, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET).

Foram realizadas na Lagoa Central de Ipaba / MG, durante 09 (nove) meses, entre maio de 2015 e janeiro de 2016, 06 (seis), coletas no período da manhã em 04 (quatro) pontos distintos, georreferenciados em UTM no fuso 23K utilizando GPS Garmin, sendo eles: P01, coordenadas 77127-850582; P02: coordenadas 771174-7850835; P03: coordenadas 771039-7851012; P04: coordenadas 770851-7851057 conforme figura 01.

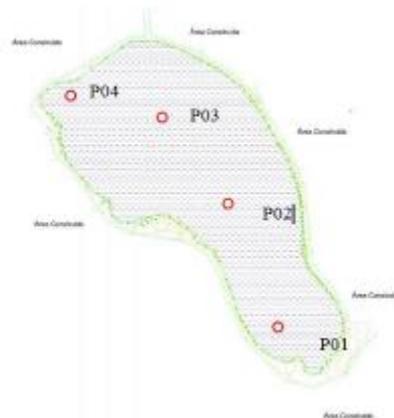


Figura 01: Georreferenciamento da Lagoa Central, Ipaba / MG.

As coletas foram realizadas atendendo os requisitos estabelecidos pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* publicação da *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation*.

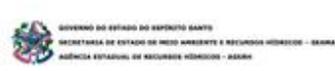
As análises de pH (Potencial de Hidrogênio), temperatura, O.D (Oxigênio Dissolvido) e condutividade são feitas em campo, utilizando a sonda multiparâmetro modelo HQ40d, da marca HACH, fornecida pelo laboratório CERTIFICAR.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório do Departamento de Meio Ambiente e Qualidade (DEMAQ) da CENIBRA, para análise dos seguintes parâmetros: Fósforo total, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Turbidez, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Coliformes Termotolerantes, DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

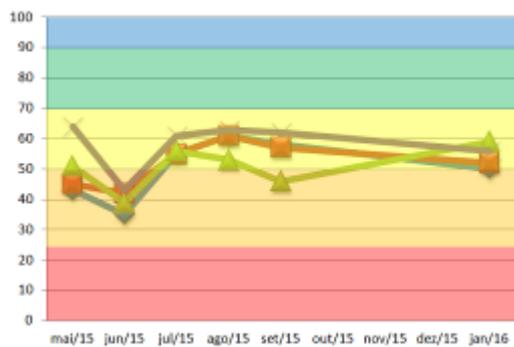
Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

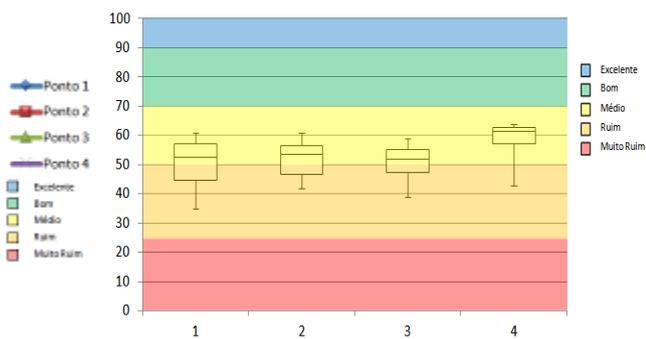
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da figura 2 observa-se a evolução temporal do IQA nos pontos de amostragem monitorados na Lagoa Central do Ipaba / MG, no período de maio/2015 a janeiro/2016. Não houve coleta nos meses de outubro, novembro e dezembro/2015. Verifica-se a ocorrência de amostras com qualidade ruim e média. Não foram registradas variações expressivas ao longo dos meses nos quatro pontos de amostragem, observando uma queda significativa no mês de junho/2015, seguido de uma melhora nos índices e posterior estabilização no nível médio de qualidade, tendo somente o ponto 3 destoado dos demais nos meses de agosto e setembro/2015.



**Figura 2: Evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas – IQA na lagoa Central do Ipaba-MG, Autores (2016).**



**Figura 3 – Box-plot dos valores de IQA da lagoa Central do Ipaba-MG, Autores (2016).**

A figura 3 apresenta o gráfico *box-plot* dos valores de IQA durante o período analisado nos quatro pontos de amostragem. Observa-se uma qualidade mais elevada do IQA no ponto 4, sendo o único em que os valores do 3º quartil se encontra na faixa de IQA médio, e também o melhor índice de IQA com valor de 64. Todos os pontos de amostragem tiveram sua mediana localizada na faixa de IQA médio. O ponto 1 apresentou o pior índice de IQA com valor de 35.

### PARÂMETROS QUE INFLUENCIARAM NOS RESULTADOS DE IQA MÉDIO E/OU RUIM

Estão relacionados a seguir os parâmetros que influenciaram nos resultados de IQA médio e/ou ruim observados na lagoa Central do Ipaba / MG nos quatro pontos de monitoramento que são: coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total. Também foi analisado o parâmetro de demanda química de oxigênio que não entra no cálculo do IQA, mas é importante para avaliar a quantidade de matéria orgânica de difícil degradação. A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008 foi utilizada como base para avaliar as concentrações dos parâmetros citados. Foram destacados os valores máximos permitidos para as classes 2 e 3 para a concentração de cada parâmetro.

### COLIFORMES TERMOTOLERANTES

A figura 04 apresenta o gráfico *box-plot* dos valores de coliformes termotolerantes para os quatro pontos de amostragem.

As bactérias do grupo coliformes indicam contaminação fecal originada do intestino de homens e outros animais (IGAM, 2013). Os resultados obtidos demonstram que todos os pontos de amostragem atingiram valores superiores ao máximo permitido para águas classificadas como classe 2 conforme a legislação (1000

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

NMP/100mL.). Os resultados demonstram que são ruins as condições sanitárias da lagoa, sendo o despejo irregular de esgotos doméstico a principal causa dessa situação.

O ponto 1 apresentou as piores condições sanitárias obtendo valor máximo de 82000 NMP/100mL. A região onde esse ponto se encontra é conhecida por receber a maior carga de esgoto doméstico. A figura 05 retrata um ponto de despejo irregular de esgoto doméstico localizado nessa região.

O ponto 4 apresentou melhores condições sanitárias tendo a maior parte de suas amostras com os valores menores ao máximo permitido para águas classificadas como classe 3 (4000 NMP/100mL). Os pontos 1 e 4 apresentaram os menores valores encontrados de coliformes termotolerantes, 1200 NMP/100mL.

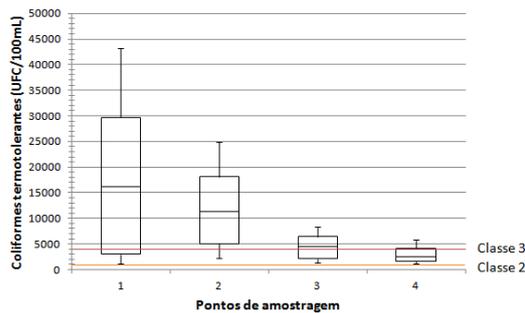


Figura 04: Box-plot dos valores de coliformes termotolerantes, Ipaba / MG.



Figura 05: Lançamento direto de efluente doméstico na lagoa, Ipaba / MG.

### OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

A figura 06 apresenta o gráfico *box-plot* com os níveis de oxigênio dissolvido encontrado nos quatro pontos de amostragem. Somente o ponto 1 apresentou mediana um pouco inferior ao mínimo exigido para águas classificadas como classe 2. Os demais pontos apresentaram medianas superiores ao mínimo exigido para essa classe, porém, todos os pontos apresentaram resultados inferiores ao mínimo exigido para águas classificadas como classe 3. O pior resultado foi obtido no ponto 1 com 0,50 mgO<sub>2</sub>/L em uma de suas amostragens. O melhor resultado obtido em todas os pontos ocorreu na amostragem do mês de setembro, quando um dia antes da coleta choveu na cidade, todos os pontos nessa amostragem apresentaram resultados superiores a 8 mgO<sub>2</sub>/L.

Os níveis de oxigênio dissolvido quando baixos, indicam uma intensa decomposição de matéria orgânica, pois as bactérias decompositoras consomem o oxigênio presente na água durante este processo (IGAM, 2013).

### DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A figura 07 apresenta o gráfico *box-plot* com os valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) encontrado nos quatro pontos de amostragem.

A DBO mede, indiretamente, a quantidade de matéria orgânica presente na água, através do consumo de oxigênio realizado por micro-organismos decompositores (IGAM, 2013).

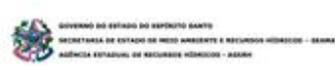
Os resultados demonstram que todos os pontos de amostragem tiveram os valores de mediana acima do máximo permitido para águas classificadas como classe 2, que é 5 mg/L.

O ponto 3 apresentou os valores mais elevados de DBO, registrando valor máximo de 30mg/L. Esses resultados mais elevados influenciaram no IQA do ponto 3 que durante os meses de agosto e setembro/2015 apresentou os piores resultados dentre os demais conforme pode ser observado na figura 02.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

12-13 | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Os pontos 3 e 4 apresentaram mediana superior ao limite máximo permitido para águas classificadas como classe 3, que é de 10mg/L. Nenhum dos quatro pontos apresentou mediana inferior ao limite máximo permitido para águas classificadas como classe 2, que é de 5mg/L. O nível mais baixo de DBO foi encontrado no ponto 4, tendo este registrado 1 mg/L.

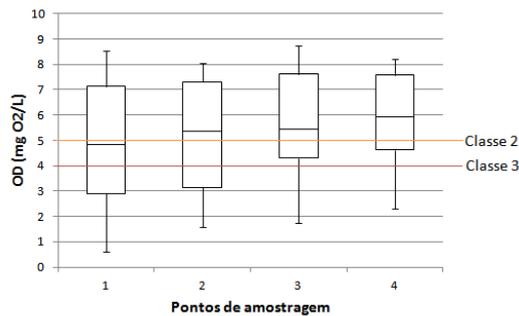


Figura 06: *Box-plot* dos valores de oxigênio dissolvido (OD), Ipaba / MG.

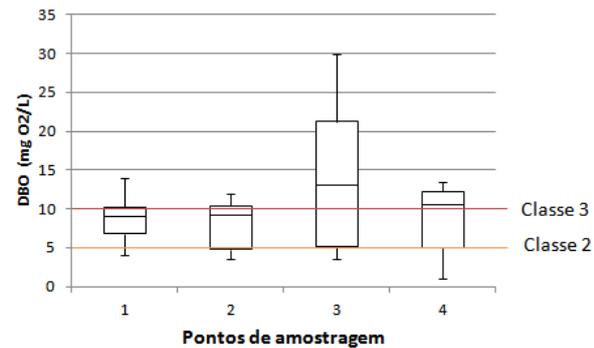


Figura 07: *Box-plot* dos valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Ipaba / MG.

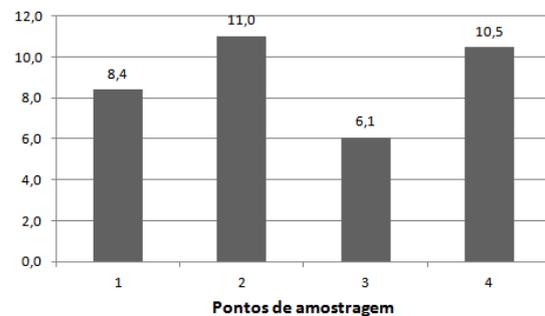
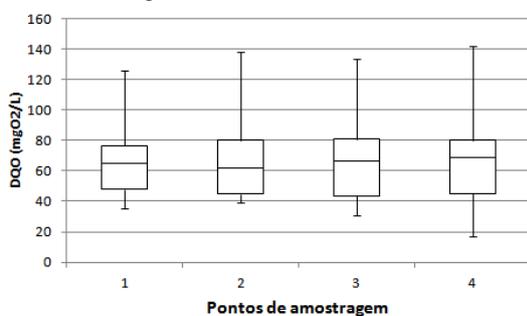
### DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A figura 08 apresenta o gráfico *box-plot* com os valores de demanda química de oxigênio (DQO) encontrados nos quatro pontos de amostragem.

A DQO corresponde à fração da matéria orgânica quimicamente oxidável. Apesar de não ser limitada pela DN conjunta COPAM/CERH nº01/2008 e não fazer parte do cálculo de IQA é importante avaliar a relação DQO/DBO para melhor direcionar o tipo de tratamento que terá maior eficiência para o corpo d'água. Valores da relação DQO/DBO na faixa de 1,7 a 2,4 indicam que o tratamento biológico possibilita a redução da matéria orgânica presente no corpo d'água. Já valores acima de 2,4 indicam que o tratamento físico-químico é o mais indicado para redução da matéria orgânica presente no corpo d'água (IGAM, 2013).

Tendo em vista essas informações, avaliou-se a relação DQO/DBO de todos os pontos de amostragem durante o monitoramento, e, conforme o figura 08, apresentou-se os valores das medianas para todos os pontos de amostragem.

Todos os pontos apresentaram valores elevados, acima de 2,4, indicando que o tratamento biológico apenas, não será suficiente para reduzir os níveis de matéria orgânica no corpo d'água, sendo necessário o uso do tratamento físico-químico, que é mais caro e mais complexo, para que se obtenha uma eficiência adequada a realidade da lagoa.



Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





Figura 08: *Box-plot* dos valores de demanda química de oxigênio (DQO), Ipaba-MG.

Figura 09: Valores das medianas da relação DQO/DBO da lagoa Central do Ipaba.

## FÓSFORO TOTAL

A figura 10 apresenta o gráfico *box-plot* com os valores de fósforo total encontrados nos quatro pontos de amostragem.

A principal causa da concentração de fósforo nos cursos d'água é o lançamento de esgoto sanitário (IGAM, 2013). Observa-se que nenhum ponto de amostragem apresentou resultados inferiores ao limite máximo estabelecido para águas classificadas como classe 2, que é de 0,03 mg/L. As medianas dos pontos 2 e 3 se encontram no limite máximo estabelecido para águas classificadas como classe 3, que é de 0,05 mg/L, os demais pontos apresentaram medianas superiores a esse valor.

Os piores resultados foram encontrados nos pontos 1 e 2, que registraram valor máximo de 0,08 mg/L. Estes resultados reforçam o que pode ser visto analisando os outros parâmetros, e visualizado nas margens da lagoa, que há lançamento de esgotos domésticos, prejudicando as condições sanitárias da mesma.

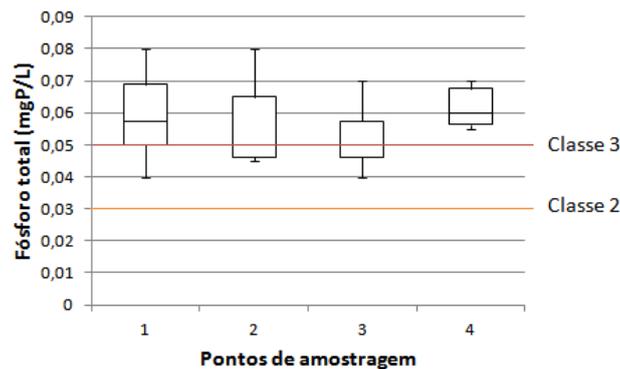


Figura 10: *Box-plot* dos valores de Fósforo Total, Ipaba-MG.

## ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO – IET

A figura 11 apresenta o gráfico *box-plot* com os valores de IET dos quatro pontos de amostragem, adaptados conforme metodologia apresentada pela CETESB (2003), onde só os valores de Fósforo total são analisados, e é feito a ponderação com os valores do IET.

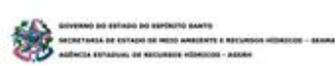
Todos os pontos de amostragem apresentaram valores acima do limite considerado como alto grau de trofia, que é de 60 ou 0,053 mgP/L. Estes valores demonstram que a lagoa está em estado de eutrofização e que, se nenhuma intervenção for feita o cenário tende a piorar. O processo de eutrofização é um processo natural, que ocorre em lagos e reservatórios que, com o passar dos anos, vão acumulando matéria orgânica, favorecendo o crescimento de vegetais, acarretando no consumo de oxigênio elevado e diminuição da zona úmida.

A lagoa Central do Ipaba / MG, não possui ligação com nenhum curso d'água, tornando-a “isolada” e dificultando a formação de correntes que poderiam amenizar o processo.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

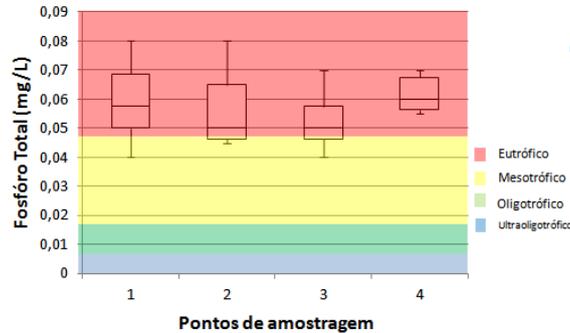


Figura 11: Box-plot dos valores do Índice de Estado Trófico – IET, do Ipaba / MG.

### CONCLUSÕES

Com o monitoramento das águas e os dados colhidos com a população entrevistada, é possível afirmar que é baixa qualidade da água da lagoa Central. O IQA, variando entre ruim e médio preocupa, pois, grande parte da população tem contato direto.

Os níveis de coliformes termotolerantes bem acima do que permite a legislação é um grave problema de saúde pública, causando doenças e aumentando os gastos do governo com saúde.

A falta de equipamentos urbanos e de conservação das margens chama atenção pelo fato de o espelho d'água possuir um valor estético não explorado pelo município. Se conservada, a área pode se tornar um ponto turístico da região, movimentando o comércio e valorizando os imóveis locais.

São muitas as intervenções a serem feitas para que o ambiente recupere o mínimo das suas condições naturais. Para a água um tratamento químico se faz necessário, pois a relação DQO/DBO, foi elevada e o tratamento biológico não comumente eficaz para a redução da matéria orgânica acumulada.

Um processo de aeração, revolvimento dos sedimentos do fundo, e dragagem do excesso pode aumentar os níveis de oxigênio, melhorando a qualidade ambiental e estética.

Para as margens é necessária a recomposição da mata ciliar em alguns pontos, para proteger o leito da lagoa do assoreamento, além de criar áreas verdes que podem ser utilizadas pela população para lazer e recreação.

Obras de calçamento (já iniciadas pela prefeitura), drenagem urbana e a retirada das canalizações de esgoto irregulares se fazem necessárias para amenizar os efeitos da ocupação desordenada da urbanização.

Por fim, equipamentos urbanos, como pista de caminhada, lixeiras, academia popular, iluminação, além de um programa de conscientização ambiental para toda a população e possíveis visitantes podem tornar a Lagoa Central um centro para prática de esportes terrestres e aquáticos, eventos e reuniões contribuindo para a socialização e o bem-estar da população, além de proporcionar um ambiente saudável e agradável para todos.

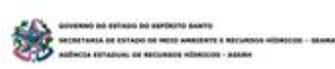
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#transparencia>>. Acesso em: 14 de junho 2017.
2. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM, CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CERH. Deliberação Normativa Conjunta nº 01, de 05 de maio de 2008. Publicada em Diário do Executivo – Minas Gerais, de 13/05/2008.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

3. IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. Portal Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/226-levantamento-revela-melhoria-da-qualidade-da-agua-em-minas>>. Acesso em 15 de junho de 2017.
4. PEDROSA, Paulo; REZENDE, Carlos Eduardo. As muitas faces de uma lagoa. Revista Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 26, n. 153, p.40-47, set. 1999.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

### DISPERSÃO DOS REJEITOS DE MINÉRIO NA FOZ DO RIO DOCE E REGIÃO COSTEIRA SOB EFEITO DA MARÉ ASTRONÔMICA

**Franciéli de Paula Dela Costa<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Rayelle Gusmão Tessarollo<sup>(2)</sup>**

Mestranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Julio Tomás Aquije Chacaltana<sup>(3)</sup>**

Professor do Departamento de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Endereço:** Laboratório de Simulação de Escoamento com Superfície Livre — LABESUL DEA-CT/UFES, Av Fernando Ferrari, 514, Campus Universitário, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória - ES, Brasil - Tel: (27) 4009-2858. e-mail<sup>(1)</sup>: frandelacosta@gmail.com; e-mail<sup>(2)</sup>: rayellegt@hotmail.com; e-mail<sup>(3)</sup>: julio.chacaltana@ufes.br.

#### RESUMO

Os rejeitos de minério oriundos das barragens de Fundão e de Santarém em Mariana atingiram o Rio Doce, chegando no dia 22 de novembro na sua foz, na região costeira do Espírito Santo. A dispersão do minério diluído na foz do Rio Doce e vizinhanças é apresentado neste trabalho. A hidrodinâmica da região é obtida pela solução numérica das equações de Águas Rasas com aproximação de Boussinesq. E, a dispersão do poluente é obtida pela solução numérica da equação de conservação da substância. Na região de estudo, compreendida entre as latitudes 18°57'33" e 21°12'7"S e as longitudes 38°27'41" e 40°52'21"O, é implantada uma grade curvilínea ortogonal, na qual é inserida a batimetria da região. A circulação é forçada pelo fluxo volumétrico do Rio Doce e as 06 principais componentes da maré astronômica. Simulações numéricas para o período de outubro de 2015 a março de 2016 são realizadas com o modelo computacional Delft3D. Os resultados do deslocamento do nível d'água são comparados com as componentes harmônicas das estações maregráficas dos portos presentes na região de estudo. A análise estatística indica que o erro nas amplitudes é menor do que 5% e de fase é menor do que 25%, encontrando-se estes valores dentro dos relatados na literatura. Os hodógrafos mostram uma predominância do giro anti-horário do movimento d'água na região de estudo. O espalhamento do poluente é para o norte da foz, em concordância com o comportamento da onda de Kelvin para a região de estudo no hemisfério Sul.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rio Doce, Circulação, Modelo Computacional, Delft3D, Dispersão.

#### INTRODUÇÃO

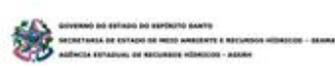
O rompimento da barragem de rejeitos de minério de Fundão e o galgamento da barragem de Santarém, em Mariana, no dia 5 de novembro de 2015, é um dos maiores desastres do gênero da história mundial, causando diversos impactos socioeconômicos e ambientais na bacia do Rio Doce. O rompimento liberou uma quantidade estimada de 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos relacionados com a extração de minério de ferro, resultando na destruição total do distrito mais próximo, Bento Rodrigues, e a destruição parcial de vários outros distritos, bem como 19 vítimas (MARTA-ALMEIDA et al., 2016).

Os rejeitos de mineração também atingiram o Rio Doce, principal fonte de abastecimento de uma parcela considerável das cidades ao redor da região, chegando na sua foz, localizada à 650 km do local do acidente,

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

em 21 de novembro de 2015. De acordo com a ANA (2016), destacam-se como principais consequências os impactos na qualidade da água, os quais levaram à interrupção do abastecimento público de algumas cidades e de diversos outros usos de água. Além disso, outros usos dos recursos hídricos na bacia foram afetados, como produção de energia nas hidrelétricas, atividades industriais que dependem da qualidade da água, pesca, turismo e lazer.

A lama de rejeitos transportada pelo rio é dispersada pela circulação costeira da região de estudo. A circulação costeira depende dos forçantes que atuam no meio físico e que induzem os movimentos da água. Os forçantes físicos que atuam no meio físico são o vento, a maré, o fluxo volumétrico do rio e em menor escala o gradiente de densidade. Neste trabalho, a dispersão dos rejeitos de minério na foz do Rio Doce e na região costeira é apresentada considerando o fluxo volumétrico do Rio Doce e a maré astronômica como as únicas forçantes da hidrodinâmica da região de estudo.

### OBJETIVO

Contribuir para o conhecimento do comportamento do movimento d'água e da dispersão de poluentes na foz do Rio Doce e na região costeira adjacente.

### METODOLOGIA

#### ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a foz do Rio Doce, no município de Linhares, no norte do litoral do Espírito Santo, e a região costeira adjacente, sendo limitada ao norte pela latitude  $18^{\circ}57'33''S$ , ao sul pela latitude  $21^{\circ}12'7''S$ , ao leste pela longitude  $38^{\circ}27'41''O$  e ao oeste pela longitude de  $40^{\circ}52'21''O$ .

#### MODELO DELFT3D-FLOW

O padrão da circulação na foz e vizinhanças é determinado pela técnica de mecânica dos fluidos computacional. Considerando um fluido incompressível, as equações tridimensionais da continuidade e as equações de Navier-Stokes, representantes das leis que regem a conservação da massa e o movimento da água, são integradas na vertical considerando as aproximações de onda longa e de Boussinesq. Para a geometria complexa da região estudo, as equações resultantes não possuem solução analítica. Assim, o conjunto de equações diferenciais parciais com condições de contornos e condições iniciais adequadas, é solucionado de forma discreta em uma grade pelo método das diferenças finitas (LACERDA, 2016).

Neste trabalho, é utilizado o modelo computacional de código aberto Delft3D para simular a hidrodinâmica da região de estudo e determinar a dispersão dos rejeitos de minério transportados pelo Rio Doce, no período de outubro de 2015 a março de 2016. O módulo Delft3D-FLOW é usado para a calcular tanto a hidrodinâmica 2DH resultante da descarga do Rio Doce e da maré astronômica e como o transporte de constituintes conservativos, em uma grade ortogonal-curvilínea.

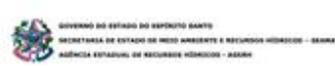
#### IMPLANTAÇÃO DO MODELO DELFT3D

O domínio físico horizontal do modelo é representado em uma grade ortogonal curvilínea com 49035 nós, na qual é discretizada as equações no espaço. A área dos elementos é variável, aumentando de  $0,003 \text{ km}^2$ , na foz do Rio Doce, a  $7,205 \text{ km}^2$ , na região oceânica.

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

Os dados de batimetria foram obtidos a partir das cartas náuticas 1403, 3001, 22900, 140201, 142001, 2280001 presentes no Centro de Hidrografia Marinha. Esses dados foram digitalizados para gerar um modelo digital de elevação, interpolado na grade do domínio.

As condições iniciais definidas são a de máxima elevação do nível d'água e de velocidade nula em todo o domínio. Nos contornos fechados, no limite entre a água e a terra é imposta a condição de contorno de velocidade nula. Nos contornos abertos, nas fronteiras que retratam o truncamento do Rio Doce e do mar são especificadas o fluxo volumétrico do rio e o nível da água no contorno oceânico.

O valor de 423m<sup>3</sup>/s para a vazão do Rio Doce, referente ao período de simulação, corresponde à média dos dados mensais de vazão da estação fluviométrica de Colatina-ES, obtidos a partir do portal HidroWeb, Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA).

Para representar a dispersão do poluente lançado no do Rio Doce, foi considerada uma concentração de sólidos suspensos igual a 2,044mg/L (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2015) constante na seção transversal do Rio Doce, localizada no centro de Linhares, no dia 20 de novembro de 2015 às 19:30 h GMT até o dia 31 de março de 2016 às 00h GMT. A concentração de sólidos suspensos presente no Rio Doce foi considerada completamente diluída e constante durante a simulação. Existe escassa informação a respeito de dados da concentração de sólidos e os constituintes presentes no Rio Doce após o rompimento da barragem de Fundão e o galgamento da barragem de Santarém.

### VERIFICAÇÃO DA MODELAGEM HIDRODINÂMICA

A verificação do modelo consiste em comparar resultados obtidos com os dados medidos, a fim de analisar a sensibilidade do modelo hidrodinâmico. Para isso, foram comparados os resultados numéricos de maré astronômica com os harmônicos de maré fornecidos pela Fundação de Estudos do Mar (FEMAR) para as estações portuárias localizadas na região de estudo (Tabela 1).

**Tabela 1: Localização das estações maregráficas da FEMAR (2000), presentes na área de estudo.**

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE
Barra do Riacho	19° 50,5'S	40° 03,5' W
Piraque-Açu	19° 57,3'S	40° 09,0' W
Tubarão	20° 17,1' S	40° 14,5' W
Vitória	20° 19,2' S	40° 19,1' W
Guarapari	20° 40,0' S	40° 29,9' W
Ponta do Ubu	20° 47,1' S	40° 34,1' W

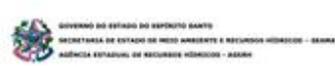
### RESULTADOS OBTIDOS

Os seis principais harmônicos de maré extraídos dos resultados do modelo hidrodinâmico foram comparados com os harmônicos fornecidos pela FEMAR (2000) para estações presentes na região de estudo. Para esta comparação, as séries temporais de elevação foram analisadas utilizando o método de análise harmônica de maré (CHACALTANA et al. 2016; HARARI e CAMARGO, 2003). Este método é baseado na decomposição de Fourier das séries temporais observadas, interpolação de amplitudes e fases para as frequências exatas de maré e inclusão de correções nodais (HARARI e CAMARGO, 2003).

Realização



Apoio



Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

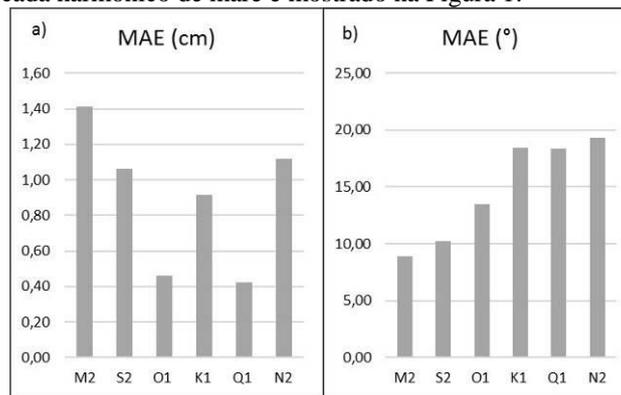
**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

A comparação dos resultados para as amplitudes e as fases de todas as estações presentes na região de estudo foi realizada utilizando como parâmetro estatístico, o erro absoluto médio (*Mean Absolute Error* – MAE – Equação 1).

$$MAE = [n^{-1} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i|]$$

Equação (1)

Sendo  $P_i$  o valor modelado para cada tempo  $i$ ,  $O_i$  valor medido para cada tempo  $i$  e  $n$  o número de dados. O erro absoluto médio para cada harmônico de maré é mostrado na Figura 1.



**Figura 1: Verificação dos resultados do modelo em relação aos dados fornecidos pela FEMAR para amplitude (a) e para fase (b).**

Analisando os resultados do MAE (Figura 1), percebe-se que os maiores erros de amplitude estão associados ao harmônico semi-diurno M2 (1,4 cm), ao mesmo tempo que os outros harmônicos analisados apresentam erros médios menores que 1,1 cm.

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h

AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

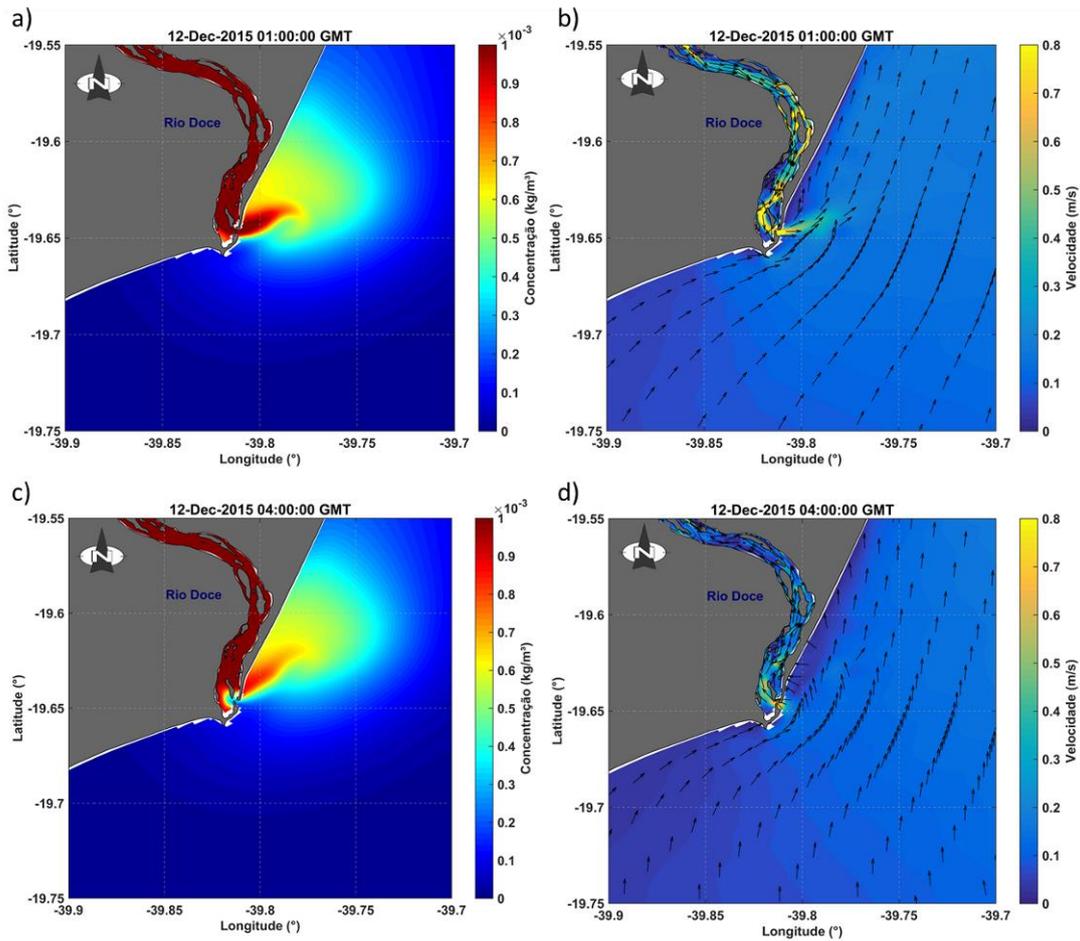


Figura 2: Pluma do Rio Doce (a) e (c) e a circulação na foz do Rio Doce e vizinhança (b) e (d).

Realização



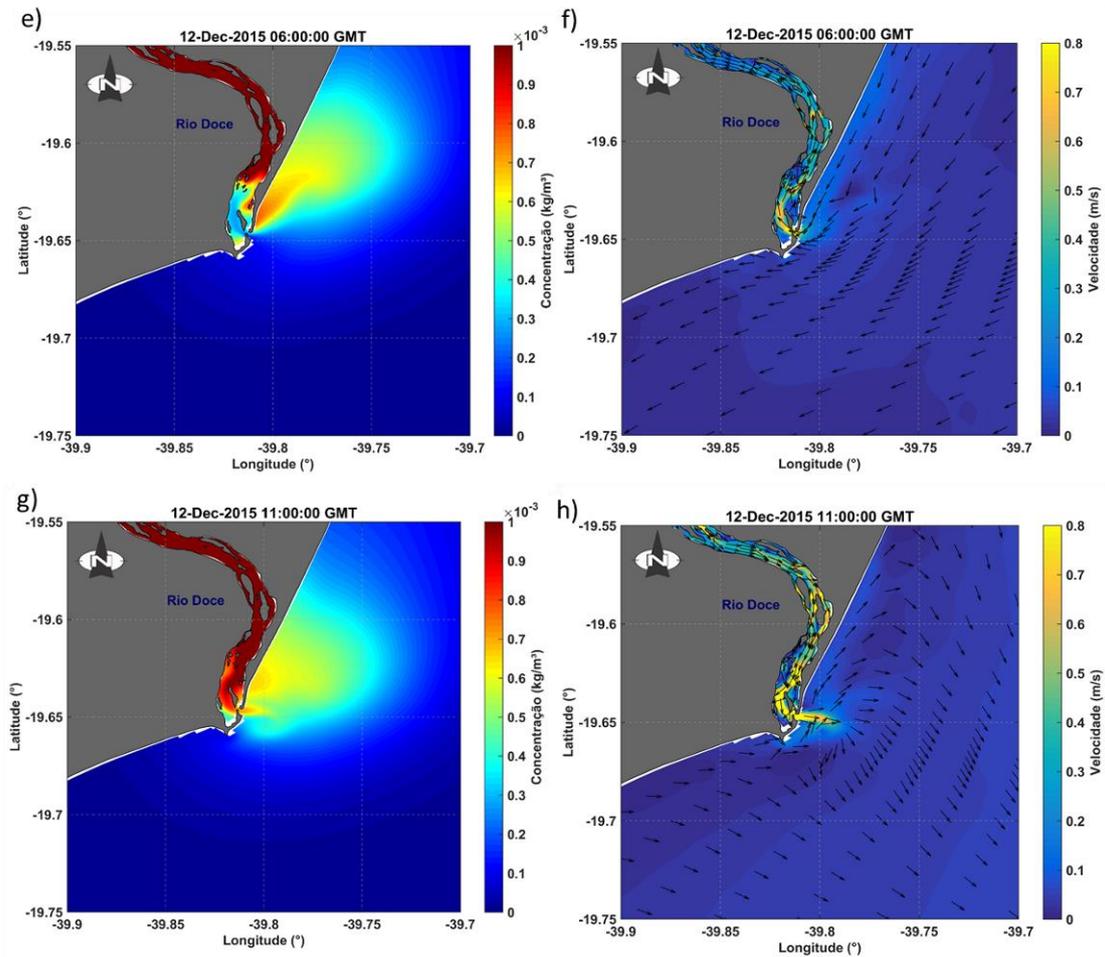
Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





**Figura 3: Pluma do Rio Doce (e) e (g) e a circulação na foz do Rio Doce e vizinhança (f) e (h).**

Na figura 2 e figura 3 são mostrados uma sequência de resultados do espalhamento do poluente (coluna esquerda) e do campo de velocidades (coluna direita) considerando os estágios de vazante e enchente da maré. As flechas que representam o sentido do movimento da água (coluna direita das figuras 2 e 3) mostram que os vetores velocidade giram, na maior parte da região de estudo, em sentido anti-horário e que o jato na desembocadura, próximo à foz do Rio Doce, é acompanhado de vórtices mostrando a forte influência do fluxo volumétrico do rio na hidrodinâmica da foz e vizinhanças, como relatado em Pedruzzi (2011).

O comportamento do espalhamento do poluente em direção ao norte, coluna esquerda das Figuras 2 e 3, demonstram o comportamento da propagação de uma onda de Kelvin. Segundo Wang (2003), é uma onda que viaja na direção em que o limite lateral (onde a onda tem amplitude máxima) está sempre à direita no Hemisfério Norte e à esquerda no Hemisfério Sul. Portanto, os efeitos da rotação e do contorno lateral determinam a propagação unidirecional e o comportamento padrão da onda de Kelvin.

A dispersão dos rejeitos de minério lançado pelo Rio Doce mostrou-se fortemente influenciada pelo jato na foz e pela maré astronômica, apontando predominantemente para o norte da foz. Neste trabalho não é incluído o

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AEARH

Patrocínio





# I Seminário Nacional de Recursos Hídricos

## I Encontro de Profissionais do Saneamento do Espírito Santo

Crise Hídrica, Reúso de Água, a PNRH, Resíduos Sólidos e Desafios do Profissional do Saneamento

**12-13** | AGOSTO 2017  
8h às 18h  
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES  
VITÓRIA-ES

efeito do vento, que de acordo com o relatado na literatura, o espalhamento do poluente se espalhou em direção ao litoral sul do Espírito Santo. Esse comportamento será investigado num próximo trabalho.

### CONCLUSÕES

A hidrodinâmica da região de estudo se mostrou compatível com o reportado na literatura, com erros menores do que 5% para a amplitude e de 25% para a fase. As amplitudes do nível d'água crescendo de sul para o norte e o giro anti-horário dos vetores velocidade na maior parte da região de estudo. O estreitamento da foz do Rio desempenha um papel importante na hidrodinâmica local. A circulação na região de estudo, forçada pelo fluxo volumétrico do Rio Doce e a maré astronômica, revela que a dispersão do rejeito de minério é altamente influenciada pela maré, espalhando-se para o norte da foz do Rio Doce segundo a propagação de uma onda de Kelvin.

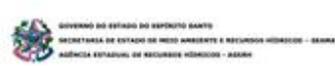
### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da Barragem em Mariana/MG. Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil. Informe 215. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2016.
2. CHACALTANA, Julio Tomás Aquije et al. Tide assessment for the continental shelf situated in the southwestern Atlantic between the latitudes 19.8°S and 21.2°S. Brazilian Journal Of Oceanography, v. 64, n. 2, p.113-126, jun. 2016.
3. FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR (FEMAR). Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Rio de Janeiro: FEMAR, 2000.
4. HARARI, J., CAMARGO, R. Numerical simulation of the tidal propagation in the coastal region of Santos (Brazil, 24°S 46°W). Continental Shelf Research, v. 23, n. 16, p.1597-1613, out. 2003.
5. JESUS, L.C. Estudo da maré barotrópica e da geração de maré baroclínica para a região costeira e oceânica ao largo da costa do Espírito Santo. Vitória, 2014. Dissertação de mestrado-Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.
6. LACERDA, K.C. Modelagem hidrodinâmica e do transporte de sedimentos da Baía de Vitória, ES: impacto do aprofundamento do canal estuarino do Porto de Vitória. Vitória, 2016. Dissertação de mestrado-Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.
7. MARTA-ALMEIDA, Martinho et al. Fundão Dam collapse: Oceanic dispersion of River Doce after the greatest Brazilian environmental accident. Marine Pollution Bulletin, v. 112, n. 1-2, p.359-364, nov. 2016.
8. PEDRUZZI, C.V. Interação de simulação computacional e imagem de satélite para a avaliação da dinâmica da pluma do Rio Doce/ES. Vitória, 2011. Dissertação de mestrado-Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.
9. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Monitoramento especial da bacia do Rio Doce: Relatório II. Belo Horizonte, 2015
10. VIÉGAS, N.J.F. Modelagem numérica das marés no litoral do Espírito Santo. Vitória, 2006. Dissertação de mestrado- Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.
11. Wang, B. 2003, Kelvin Waves, Encyclopedia of Meteorology. ED. J. Holton et al. Academic Press., pp.1062-1067.

Realização



Apoio



Patrocínio





I Seminário Nacional de  
**Recursos Hídricos**  
I Encontro de Profissionais do  
**Saneamento - Espírito Santo**

Tema: Saneamento, Reúso e  
Gestão dos Recursos Hídricos

Realização



Apoio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEAMA  
AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH

Patrocínio



MINISTÉRIO DA  
SAÚDE



[www.abes-es.org.br](http://www.abes-es.org.br)

27 9 9699 4924

[eventos@abes-es.org.br](mailto:eventos@abes-es.org.br)

[contato@abes-es.org.br](mailto:contato@abes-es.org.br)