



## Levantamento de Covs e Scovs na água subterrânea da sub-bacia do Rio Estrela, Saracuruna, RJ

*Cleber Vinicius Vitorio da Silva*<sup>1</sup>; *Karina Arruda da Silva*<sup>2</sup>; *Luiz Alberto Santos Abreu*<sup>3</sup>; *Wagner Campos Rodrigo Donadia*<sup>3</sup>; *Josimar Ribeiro de Almeida*<sup>3</sup>; *Elenice Rachid da Silva Lenz*<sup>4</sup>; *Fábio José Esper*<sup>5</sup>

✉ [clebervitorio88@gmail.com](mailto:clebervitorio88@gmail.com)

*1. Helium Corporation Engenharia - Seropédica, RJ 2. Faculdade de Americana - Americana, SP 3. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - RJ 4. Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ 5. Universidade Estácio - Vila Santa Edwiges, SP.*

---

### Histórico do Artigo:

Recebido em: 21 de novembro de 2018    Aceito em: 15 de julho de 2019    Publicado em: 30 de agosto de 2019

---

**Resumo:** Os níveis de compostos xenobióticos despejados nos ambientes aquáticos, vêm aumentando de forma alarmante como resultado da atividade antropogênica sobre o meio ambiente. Os VOCs (compostos orgânicos voláteis) e SVOCs (compostos orgânicos semivoláteis) representam um risco a saúde humana e animal, tendo como principal porta de entrada no meio ambiente a atividade antropogênica sobre os ecossistemas. As águas subterrâneas de regiões próximas a cidades, indústrias, rodovias, empreendimentos imobiliários, garimpos, lixões e habitações humanas apresentam diversas alterações quanto às concentrações permitidas por lei para VOCs e SVOCs. Para esta realidade ambiental deletéria, a sub-bacia do rio Estrela, localizada no município de Caxias (RJ) possui um longo histórico de contaminação por compostos orgânicos, em face as atividades antrópicas sobre a região. Grande parte da população local usa as águas subterrâneas da região para consumo humano, animal e em atividades agrícolas, com isso foi realizado a sondagem das águas subterrâneas visando levantar sua toxicidade quanto a concentração de VOCs e SVOCs em referência a Resolução Conama nº420/2009. Para os VOCs (1,2-dicloroetano, cloreto de vinila e tetracloreto de carbono) e SVOCs (aldrin, dieldrin, beta BHC, endrin, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Dibenzo(a,h)antraceno, Hexaclorobenzeno e Indeno(1,2,3-cd)pireno) para um delineamento amostral de 5 pontos na sub-bacia do rio Estrela, foram constatadas concentrações próximas as consideradas de risco em face a resolução no CONAMA 420/09, sendo notório o risco que estas águas subterrâneas oferecem para a população e o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Ecotoxicidade, Impacto Ambiental, Efluentes Industriais, Saneamento Ambiental.

---

## Survey of Covs and Scovs in underground water of Rio Estrela sub-bacia, Saracuruna, RJ

**Abstract:** The levels of xenobiotic compounds dumped in aquatic environments have increased alarmingly as a result of anthropogenic activity on the environment. The VOCs (volatile organic compounds) and SVOCs (semivolatile organic compounds) pose a risk to human and animal health, with anthropogenic activity on ecosystems as the main entry point into the environment. The groundwater of regions close to cities, industries, highways, real estate projects, garimpos, dumps and human habitations present several alterations as to the concentrations allowed by law for VOCs and SVOCs. For this deleterious environmental reality, the sub-basin of the Estrela river, located in the municipality of Caxias has a long history of contamination by organic compounds, in view of the anthropic activities on the region. A large part of the local population uses the region's groundwater for human consumption, animal and agricultural activities, with which the groundwater probing was carried out in order to raise its toxicity regarding the concentration of VOCs and SVOCs in reference to Resolution Conama nº420/2009. For VOCs (1,2-dichloroethane, vinyl chloride and carbon tetrachloride) and SVOCs (aldrin, dieldrin, beta BHC, endrin, Benzo(a)anthracene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,h)anthracene, Hexachlorobenzene and Indene(1,2,3-cd)pyrene) for a 5-point sampling design in the Estrela River sub-basin, concentrations close to those considered as risk were found in relation to the Resolution CONAMA 420/09, being notorious the risk that these groundwater offer for the population and the environment.

**Keywords:** Ecotoxicity, Environmental Impact, Industrial Effluents, Environmental Sanitation.

---

## Levantamiento de Covs y Scovs en el agua subterrânea de la subcuenca del Río Estrela, Saracuruna, RJ

**Resumen:** Los niveles de compuestos xenobióticos volcados em los ambientes acuáticos, han aumentado de forma alarmante como resultado de la actividad antropogénica sobre el medio ambiente. Los VOC (compuestos orgánicos volátiles) y SVOC (compuestos orgánicos semivolátiles) representan un riesgo para la salud humana y animal, teniendo como principal puerta de entrada em el medio ambiente la actividad antropogénica sobre los ecosistemas. Las aguas subterráneas de regiones cercanas a las ciudades, industrias, carreteras, emprendimientos inmobiliarios, garimpos, basurales y viviendas humanas presentan diversas alteraciones en cuanto a las concentraciones permitidas por ley para VOC y SVOCs. Para esta realidad ambiental deletérea, la subcuenca del río Estrela, ubicada en el municipio de Duque de Caxias-RJ, tiene uno largo histórico de contaminación por compuestos orgánicos, frente a las actividades antrópicas sobre la región. Gran parte de la población local utiliza las aguas subterráneas de la región para consumo humano, animal y en actividades agrícolas, con eso se realizó el sondaje de las aguas subterráneas para evaluar su toxicidad en cuanto a la concentración de VOC y SVOC sin referencia a la Resolución Conama n°420/2009. Para los VOCs (1,2-dicloroetano, cloruro de vinilo y tetracloruro de carbono) y SVOCs (aldrin, dieldrin, beta BHC, endrin, aldrin, dieldrin, beta BHC, endrin, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Dibenzo(a,h)antraceno, Hexaclorobenceno e Indeno(1,2,3-cd)pireno) para um delineamento muestral de 5 puntos en la sub-bacia del río Estrela, se constataron concentraciones cercanas a las consideradas de riesgo frente a la Resolución Conama 420/09, siendo notório el riesgo que estas aguas subterráneas ofrecen para la población y el medio ambiente.

**Palabras clave:** Ecotoxicidad, Impacto Ambiental, Efluentes Industriales, Saneamiento Ambiental.

---

## INTRODUÇÃO

De modo contínuo e ininterrupto, a civilização tem usado os corpos d'água para sobrevivência, sem praticamente nenhum manejo. Os níveis de compostos xenobióticos despejados nos ambientes aquáticos, a destruição das matas ciliares e a constante frequência de assoreamentos nas margens de rios e demais corpos d'água vêm aumentando de forma alarmante como resultado da atividade antropogênica sobre o meio ambiente. Tal fato tem contribuído para a geração de desequilíbrios ambientais, afetando o ecossistema a nível de estabilidade, resistência e resiliência. A população humana também é afetada. Os ecossistemas aquáticos têm sido alterados, com inúmeras e drásticas consequências para a sua dinâmica, daí a necessidade cada vez mais urgente do uso do monitoramento ambiental nestes ambientes e da avaliação de sua qualidade (ABREU et al., 2015).

O Rio de Janeiro, por ser um Estado com ocupação antiga, passou por diversos ciclos econômicos de exploração e de produção, no qual seus ecossistemas originais foram sendo progressivamente eliminados e descaracterizados (SILVA et al., 2013). As matas de baixada e as áreas úmidas foram um dos ecossistemas que mais sofreram perdas e degradações oriundas deste processo de ocupação. Atualmente, as matas de baixada estão restritas a pequenos fragmentos localizados no sopé da Serra do Mar, enquanto as áreas úmidas vêm sofrendo o aterro e drenagem principalmente no Norte Fluminense, Região dos Lagos e Grande Rio,

estimulados historicamente pela agricultura e pecuária e, mais recentemente, pela expansão urbana desordenada (BERGALLO et al., 2016). Como consequência, diversos animais característicos destes ambientes constam na Lista da Fauna Ameaçada do Estado do Rio de Janeiro classificados em diferentes categorias de ameaça ou mesmo considerados extintos. Neste contexto, destaca-se o município Duque de Caxias, localizado no sopé da Serra dos Órgãos. A cidade possui localização privilegiada, no que diz respeito às florestas e áreas úmidas do Rio de Janeiro, abrigando fragmentos de Mata Atlântica de baixada e sub-montana, bem como importantes remanescentes de manguezais e brejos.

O aglomerado subnormal intitulado “Parque Estrela”, localiza-se no distrito de Campos Elíseos e compreende uma grande área de baixada, rica em brejos e outros corpos hídricos, nas proximidades do maior remanescente de manguezal de Duque de Caxias e, conseqüentemente, um dos maiores de toda área da Baía de Guanabara. Por se localizar em uma região industrial de ocupação antiga, sua área florestal original encontra-se bastante descaracterizada, quando não completamente suprimida. Assim, ainda hoje, destacam-se suas áreas úmidas que, embora bastante antropizadas, ainda apresentam elementos faunísticos de interesse conservacionistas e comerciais principalmente relacionados à Ictiofauna, malacofauna e agricultura (BERGALLO et al., 2013).

As águas subterrâneas são essenciais para o desenvolvimento humano. No Brasil, elas desempenham importante papel no abastecimento público e privado, suprindo as mais variadas necessidades de água em diversas cidades e comunidades, bem como em sistemas autônomos residenciais, indústrias, serviços, irrigação agrícola e lazer (TAVARES et al., 2014). Menos reconhecido, mas igualmente importante, é seu papel ecológico, fundamental para manutenção da flora, fauna e fins cênicos ou paisagísticos em corpos d’água superficiais, pois a perenização da maior parte dos corpos hídricos superficiais é feita pela descarga de aquíferos, através dos fluxos de base. Esse mesmo fluxo de base também é importante para auxiliar na diluição de efluentes domésticos e industriais e evitar o assoreamento dos rios pelo acúmulo de sedimentos e resíduos nas cidades devido à sua perda de capacidade de arrasto e vazão do corpo hídrico (ANA, 2006).

Com a finalidade de garantir a qualidade da água consumida, o ser humano vem desenvolvendo desde a década de 70 do século passado diversas técnicas analíticas para monitorar a presença de compostos xenobióticos (SILVA et al., 2014).

Desta maneira a partir da década de 90 do século passado, surge uma nova tendência na forma de conduzir as análises químicas com foco na avaliação da qualidade dos

compartimentos ambientais, com o intuito de mitigar e avaliar o impacto ambiental nos ecossistemas terrestres e aquáticos. Essa nova visão é nomeada Green Chemistry, ou química verde, química limpa, ou ainda, química auto-sustentável. O conceito da química verde, que inclui 12 princípios básicos, é definido como o projeto, o desenvolvimento e a aplicação dos produtos e processos químicos visando a redução, eliminação, ou ainda a utilização de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Iniciaram-se desta forma diversas pesquisas com o objetivo de desenvolver métodos ambientalmente seguros.

A contaminação das águas subterrâneas e recursos hídricos superficiais nas últimas décadas representam uma ameaça para a saúde pública (HIRATA et al., 2010), a partir de uma perspectiva analítica dos contaminantes ambientais, os compostos orgânicos voláteis (VOC do inglês – “volatile organic compounds”) são uma classe de contaminantes da água, do ar e do solo com características bastante diferenciadas dos restantes poluentes hídricos como os metais pesados, por exemplo. O número de espécies orgânicas na atmosfera e na água são muito elevados e as pressões de vapor de muitas delas fazem com que a transição entre as fases da matéria seja frequente (SILVA & ABREU, 2016). Assim, existe uma variedade de compostos orgânicos presentes simultaneamente como vapores e como partículas no ar, na água e no solo. Por definição, um VOC é uma substância cuja pressão de vapor a 20 °C é inferior à pressão atmosférica normal ( $1,013 \times 10^5$  Pa) e maior do que 130 Pa. O termo VOC é, por vezes, estendido aos compostos semivoláteis (SVOC do inglês – “semivolatile organic compounds”) e engloba não só os compostos de carbono-hidrogénio, mas também os que contêm outros átomos, como o oxigénio, azoto, enxofre, cloro, etc. É também frequente utilizar o termo hidrocarboneto não metano (HCNM), uma vez que este último é, em geral, estudado separadamente.

O município de Caxias possui um longo histórico de contaminação por compostos orgânicos, em face das atividades antrópicas sobre os ecossistemas naturais, um exemplo é o lixão de Gramacho, que esteve em atividade de 1976 a 2012, como o maior lixão da América Latina, este lixão chegou a receber 7000 Ton de rejeitos químicos e orgânicos por dia, contaminando o solo e as águas subterrâneas e superficiais da região, por lixiviação dos contaminantes no solo e por escoamento superficial, tendo a sua maximização de disseminação de contaminantes pela rede de drenagem da região (SILVA, 2011).

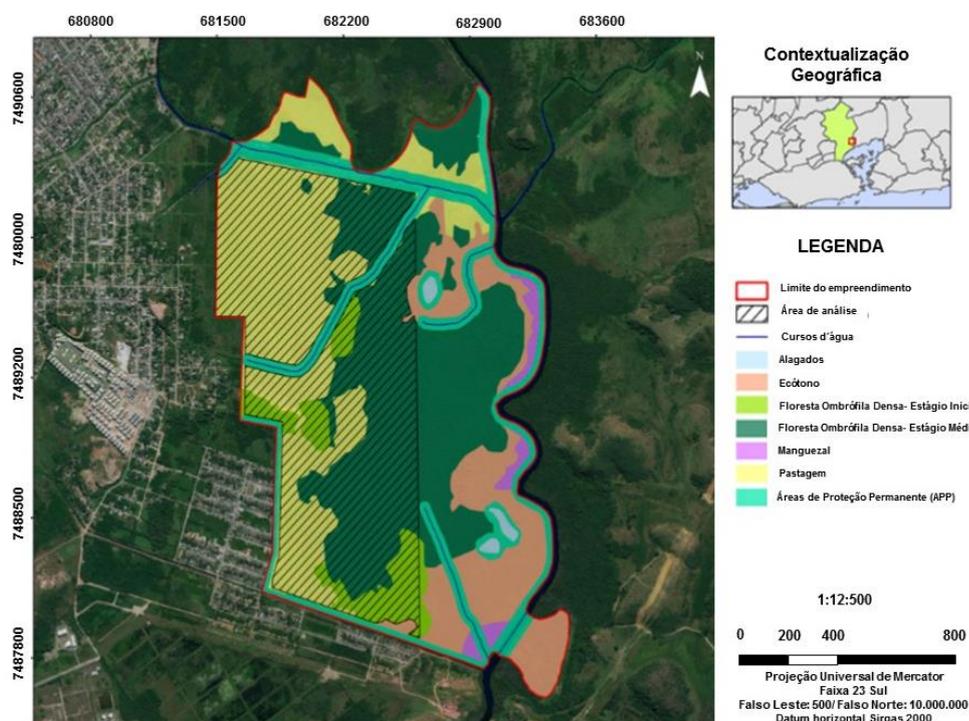
A drenagem de uma região gera a diminuição da saturação da água no solo, este processo é importante para as populações humanas ocuparem um determinado local, cujo solo seja saturado, como é o caso de ambientes de florestas paludosas, manguezais e brejos. Na

área da sub-bacia do rio Estrela, foram realizadas drenagens que possuem cerca de meio século de existência, embora o processo de drenagem maximize a colonização humana, ele gera impactos negativos na estrutura dinâmica da malha hídrica local e regional, além de servir de porta de entrada de contaminantes no solo e na água subterrânea. O presente estudo de Sondagem de Águas Subterrâneas baseia-se na “Investigação confirmatória”, da NBR 15515 da ABNT, intitulada “Passivo ambiental em solo e água subterrânea”, tendo foco no levantamento de compostos orgânicos voláteis e semivoláteis. E visa atender a Resolução Conama nº420, de 28 de Dezembro de 2009, focando na avaliação dos compostos orgânicos voláteis e semivoláteis nas águas subterrâneas, bem como visa avaliar os riscos que a população local corre, pois a mesma faz uso da água subterrânea para consumo humano, animal e na irrigação de culturas agrícolas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo e seu entorno encontram-se na região hidrográfica drenante à Baía de Guanabara, mais especificamente na sub-bacia do rio Estrela, incluindo o rio e o canal de Saracuruna (Rio de Janeiro) (Figura 1).



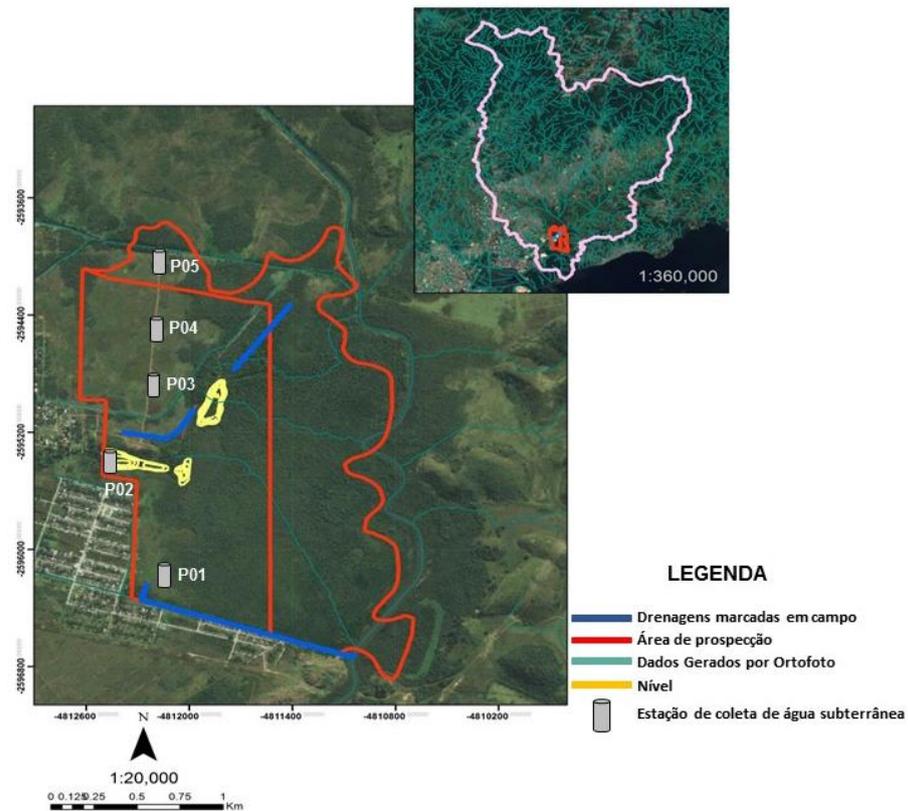
**Figura 1** – Área de estudos e fisionomias.

Fonte: do próprio autor.

Os rios Estrela e Saracuruna (bem como o canal de Saracuruna) limitam a área de estudo a Leste e Norte, respectivamente. Na porção SE da área de estudo, próximo ao rio Estrela, tem-se a presença de dois corpos lênticos. A área de estudos (Figura 1) e seu entorno se insere no bioma da Mata Atlântica, e com base na classificação proposta no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (1991), se situa nas regiões fitoecológicas de Floresta Ombrófila Densa com formação Densa de Terras Baixas e de Áreas de Formação Pioneira com Influência flúvio-marinha. A composição flúvio-marinha ocupa a porção do terreno localizada no limite próximo a foz do rio Estrela, onde forma uma paisagem homogênea, embora possam ser observados pequenos grupamentos as margens do curso d'água em trechos um pouco mais internos, apresentando o mangue local um poder de dispersão de baixa densidade. A geomorfologia da região é predominantemente planície fluvial, com a presença de algumas colinas, o que favorece canais meandranes e áreas alagadiças. A área e seu entorno abrangem os domínios de forma de relevo relacionados as colinas isoladas e ao fundo plano das depressões da Baixada Fluminense, apresentando o terreno da área de estudos uma topografia predominantemente plana, destacando-se a presença de três colinas isoladas com altitude cerca de 20 metros, situadas em sua porção noroeste. A ocupação do território ocorreu de forma desordenada, no mapa de uso do solo vê-se que a região é rodeada por adensamento urbano, esse feito com poucos aparatos do Estado, realizando-se em autoconstrução e agricultura, com pastos abandonadas e subaproveitadas e fragmentos de florestais e manguezais (SILVA et al., 2018).

### **Delineamento Amostral e Análises**

A determinação do tamanho da amostra é um fator de extrema importância quando se trata de estudos relacionados a impactos ambientais, pois se pretende utilizar uma amostra mais representativa da área amostral. A fim de se obter uma amostra representativa da água subterrânea da sub-bacia do rio Estrela, em 14 de junho de 2018, no espaço amostral foram perfurados 05 poços aleatoriamente segundo a geomorfologia local e o nível do lençol freático (3-5 m) (Figura 2) a coleta ocorreu no período vespertino, com intervalos de tempos sistemáticos de 30 minutos, tendo seu início de coleta em P01 e seu término em P05, as sondagens foram paralelas aos corpos hídricos superficiais naturais e artificiais, preenchendo toda sub-bacia do rio Estrela, as coordenadas dos poços encontram-se na Tabela 1.



**Figura 2** – Delineamento amostral e pontos de coleta.

Fonte: do próprio autor e *Google Earth*, 2010.

**Tabela 1** – Coordenadas dos poços perfurados (UTM 23K).

Pontos	Coordenadas	
P01	681987 E	7488171 S
P02	681665 E	7489009 S
P03	681880 E	7489352 S
P04	681886 E	7489724 S
P05	681923 E	7490116 S

Fonte: do próprio autor.

A perfuração dos poços foi realizada com auxílio de um trado manual (Figura 3A), utilizando hastes de diferentes tamanhos e broca convencional de 4" (Figura 3B), para solos com pouca abrasão e médio grau de compactação.



**Figura 3** – Tradagem (A). Brocagem (B).

Fonte: do próprio autor.

Após a perfuração do poço foram realizadas as coletas das amostras de águas subterrâneas com auxílio de uma bomba de baixa vazão, válvula e caixa controladora (Figura 4) o volume por coleta foi de 1000 ml. Todas as amostras de água foram acondicionadas em garrafas plásticas virgens de 500 ml e resfriadas a 2° C (Figura 5), sendo realizadas duas amostras instantâneas por unidade amostral, na mesma sondagem, durante o período vespertino e seguiram refrigeradas até o laboratório Hidroquímica, do grupo Oceanus, localizado na cidade do Rio de Janeiro.



**Figura 4** - Bomba controladora para coleta de água subterrânea.

Fonte: do próprio autor.

Em todas as estações de coleta, foi realizada a determinação dos parâmetros físico-químicos, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura, com auxílio de uma sonda multiparamétrica INS-87, conforme apresentado na Figura 5. As águas subterrâneas foram analisadas quanto a presença e concentração dos compostos orgânicos (hidrocarbonetos aromáticos voláteis, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, benzenos clorados, etanos clorados, etenos clorados, metanos clorados, fenóis clorados, fenóis não clorados, ésteres ftálicos e pesticidas organoclorados) e comparados à Resolução CONAMA 420/09. As análises de laboratório para compostos voláteis foram realizadas segundo a USEPA SW 846 - 8260 - Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) e para Semivoláteis, segundo a USEPA SW 846 - 8270 - Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) .



**Figura 5** - Sonda multiparamétrica INS-87

utilizada durante a coleta.

Fonte: do próprio autor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a temperatura se manteve em torno de 22 °C e que o OD variou de 0,67 mg L<sup>-1</sup> no ponto 3 a 7,82 mg L<sup>-1</sup> no ponto 2. Esta variação pode estar relacionada ao tipo de fisionomia vegetal entre os pontos ou ainda pela presença de corpos hídricos eutrofizados (SILVA *et al.*, 2016) próximos aos pontos 3, 4 e 5. A variação de temperatura e OD pode ser observada na Tabela 2, abaixo.

**Tabela 2** – Variáveis físico-químicas nos poços perfurados.

Pontos	P01	P02	P03	P04	P05
Temperatura (°C)	21,7	22,0	22,0	22,4	22,3
OD (mg L <sup>-1</sup> )	5,19	7,82	0,67	0,91	1,25

Fonte: do próprio autor, coletados em campo com a sonda multiparamétrica INS-87.

De acordo com análises realizadas pelo laboratório, as amostragens de água subterrânea apresentaram resultados abaixo do limite permitido pela resolução Conama n° 420 para todos os pesticidas organoclorados (Tabela 3), todavia os organoclorados aldrin+dielrin (0,025 µg L<sup>-1</sup>), beta BHC (0,03 µg L<sup>-1</sup>) e endrin (0,025 µg L<sup>-1</sup>), estão muito próximos da faixa de periculosidade, podendo representar um perigo a população num futuro próximo (Figura 6).

**Tabela 3** – Concentração dos pesticidas organoclorados na água subterrânea, pareados ao limite permitido da Resolução Conama n° 420/09.

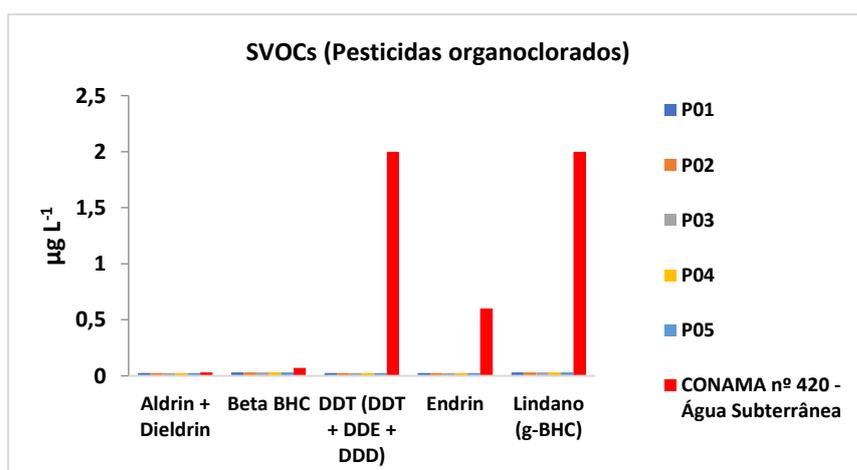
Pesticidas organoclorados SVOC (µg L <sup>-1</sup> )	P01	P02	P03	P04	P05	CONAMA n° 420 – Água Subterrânea
Aldrin + Dielrin	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,03
Beta BHC	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07
DDT (DDT + DDE + DDD)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	2
Endrin	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,6
Lindano (g-BHC)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	2

Fonte: relatório de ensaio: 54039-69/2018-1.1, Laboratório Oceanus Hidroquímica REG.INEA: UN015590/55.11.10 / REG.INEA:UN016133/55.11.10.

O uso indiscriminado de DRINS (aldrin, dielrin e endrin), representa um iminente perigo aos ecossistemas terrestres e aquáticos. A comercialização destes produtos foi interrompida no Brasil em meados da década de 80 do século passado, através da portaria 329 de 02 de setembro de 1985 do Ministério da Agricultura, sendo ainda permitido a comercialização de iscas para formigas e cupinicida destinados a reflorestamentos elaborados a base de aldrin. Entretanto a fabricação para exportação continuou até 1990 (OGA *et al.*, 2014). Em 1998, através da Portaria n.º 12 do Ministério da Saúde, estes pesticidas organoclorados

foram completamente proibidos. O organoclorado aldrin para este estudo apresentou valores tangenciais aos estabelecidos como perigosos na resolução CONAMA nº 420/09, no organismo pluricelular ele se metaboliza rapidamente em dieldrin, portanto, raramente são encontrados resíduos desse agrotóxico em alimentos e animais. Apresenta efeitos citotóxicos e genotóxicos em humanos. Os sinais e sintomas da intoxicação por aldrin incluem: dor de cabeça, tontura, náusea, mal-estar e vômitos, seguido de contração muscular, abalos mioclônicos e convulsões. O dieldrin está associado a várias neoplasias como mama e fígado e o organoclorado endrin também está associado a neoplasias e patologias do sistema nervoso central, além de doenças mitocondriais (BAIRD, 2002). O beta BHC tem uso comercial como biocida, os valores encontrados nas águas subterrâneas do bairro Parque Estrela estão muito próximos à resolução CONAMA nº 420/09, sendo notório o risco à população que utiliza as águas subterrâneas para consumo humano, animal, irrigação de plantas e demais culturas agrícolas comuns na região que tem características periurbanas.

O município de Duque de Caxias já teve importância agrícola para o estado do Rio de Janeiro, assim como toda Baixada Fluminense, e quando era permitido o uso de biocidas nas culturas agrícolas, era comum o seu uso indiscriminado ocasionando a contaminação dos compartimentos ambientais, inclusive das águas subterrâneas. Frente ao seu caráter químico persistente no ecossistema e em face ao Estado nunca ter executado a remediação destas áreas, encontram-se valores tangentes e acima da legislação vigente para os pesticidas organoclorados em toda a zona hidrográfica da Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro (ANA, 2006).



**Figura 6** – Resultados encontrados de pesticidas organoclorados ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), para todas as áreas amostrais, pareados com a resolução CONAMA nº 420/09.

Fonte: do próprio autor.

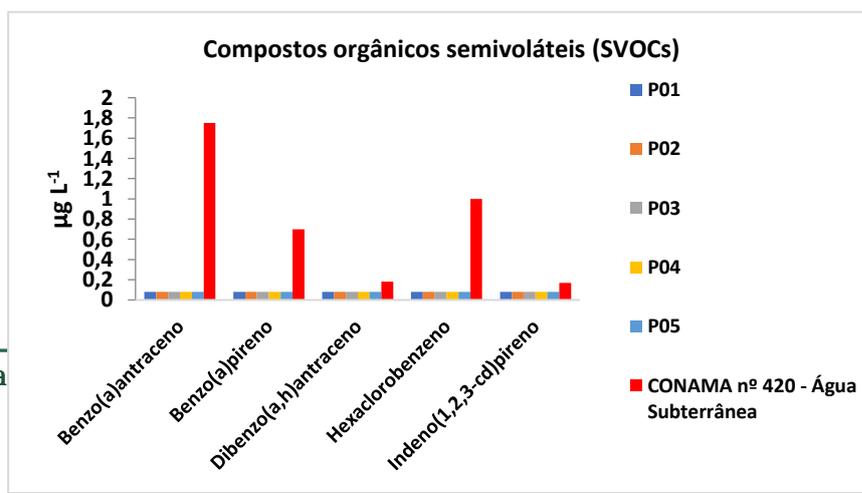
Os demais compostos orgânicos semivoláteis que apresentaram valores próximos aos da resolução CONAMA no 420/09 (Tabela 4), e que são passíveis de observações e monitoramento foram o Benzo(a)antraceno ( $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ), Benzo(a)pireno ( $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ), Dibenzo(a,h)antraceno ( $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ), Hexaclorobenzeno ( $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e Indeno(1,2,3-cd)pireno ( $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 7).

**Tabela 4** - Concentração dos SVOCs na água subterrânea, pareados ao limite permitido da Resolução Conama nº 420/09.

SVOC ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	P01	P02	P03	P04	P05	CONAMA nº 420 - Água Subterrânea
2,3,4,5-Tetraclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	10,5
2,4,5-Triclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	10,5
2,4,6-Triclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	200
2,4-Diclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	10,5
2-Clorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	10,5
3,4-Diclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	10,5
Benzo(a)antraceno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	175
Benzo(a)pireno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,7
Cresóis Totais	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	175
Di(2-etilhexil) ftalato	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	8
Dibenzo(a,h)antraceno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,18
Dimetilftalato	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	14
Fenantreno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	140
Fenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	140
Hexaclorobenzeno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	1
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17
Naftaleno	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	140
Pentaclorofenol	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	9

Fonte: relatório de ensaio: 54039-69/2018-11, Laboratório Oceanus Hidroquímica REG.INEA:UN015590/55.II.10 / REG.INEA:UN016133/55.II.10.

Os SVOCs, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, dobenzo(a,h)antraceno e Indeno(1,2,3-cd)pireno são hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, oriundos da matéria orgânica que sofreu combustão parcial, é encontrado na fumaça de madeiras, cigarros e maconha (*Cannabis sativa*). São agentes citotóxicos e genotóxicos, sendo responsáveis por diversos tipos de cânceros em pessoas e animais, além de distintas neoplasias. Para este levantamento



especialmente benzo(a)pireno, do benzo(a,h)antraceno e Indeno(1,2,3-cd)pireno encontram-se muito próximo da faixa de perigo da resolução CONAMA nº 420/09 (Figura 7).

**Figura 7** - Resultados encontrados de SVOCs ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), para todas as áreas amostrais, pareados com a resolução CONAMA nº 420/09.

Fonte: do próprio autor.

O hexaclorobenzeno (HCB) é um benzeno clorado introduzido em 1933 para uso agrícola como micocida no tratamento de sementes agrícolas e no uso industrial como intermediário na fabricação de corantes, compostos pirotécnicos para uso militar e matéria prima para borracha sintética (BARBER *et al.*, 2005). O HCB pode volatilizar rapidamente da superfície do solo, mas fica fortemente adsorvido a matéria orgânica e provavelmente não será lixiviado para a água subterrânea, logo quando encontrado nas águas subterrâneas há indícios de lançamentos frequentes no ecossistema. O HCB bioacumula e biomagnifica na cadeia trófica, pois se concentra em tecidos ricos em lipídios como o tecido adiposo, córtex adrenal, medula óssea, tecido epitelial e o sistema endócrino, no caso de mamíferos eutérios apresenta o risco de transpassar a barreira placentária, sendo um contaminante de risco teratogênico. Está associado a diversas patologias como neoplasias e Porfíria Cutânea Tarda e mutações ligadas ao DNA mitocondrial. A observação e o monitoramento deste contaminante na sub-bacia do rio Estrela é importante com foco na preservação da saúde humana e animal (Figura 7).

Os compostos orgânicos voláteis que apresentaram valores próximos aos da resolução CONAMA nº 420/09 (Tabela 4), e que são passíveis de observações e monitoramento foram, 1,2-dicloroetano ( $1,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ), cloreto de vinila ( $1,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e tetracloreto de carbono ( $1,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5** - Concentração dos VOCs na água subterrânea, pareados ao limite permitido da Resolução Conama nº 420/09.

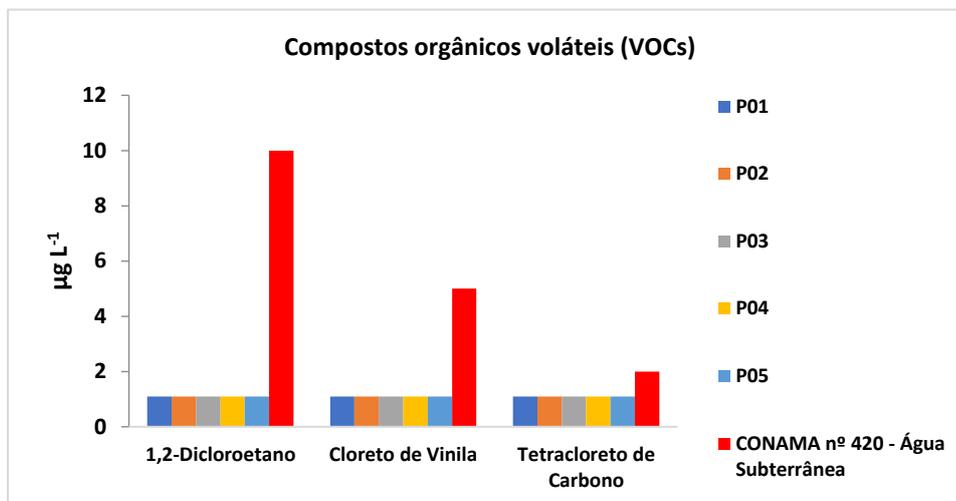
VOC ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	P01	P02	P03	P04	P05	CONAMA nº 420 - Água Subterrânea
1,1,1-Tricloroetano	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	280
1,1,2-Tricloroetano	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	70
1,1-Dicloroetano	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	280
1,1-Dicloroetano	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	30
1,2-Diclorobenzeno	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1000
1,2-Dicloroetano	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	10
1,2-Dicloroetano (cis+trans)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	50
1,4-Diclorobenzeno	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	300
Benzeno	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	5
Cloreto de Metileno	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	20
Cloreto de Vinila	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	5
Clorofórmio	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	200

Estireno	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	20
Etilbenzeno	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	300
Monoclorobenzeno	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	700
Tetracloroeto de Carbono	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2
Tetracloroetano	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	40
Tolueno	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	700
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	20
Xilenos	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	500

Fonte: relatório de ensaio: 54039-69/2018-1.1, Laboratório OceanusHidroquímicaREG.INEA:UN015590/55.11.10 / REG.INEA:UN016133/55.11.10.

Os hidrocarbonetos clorados 1,2-dicloroetano, cloreto de vinila e tetracloroeto de carbono, apresentaram-se próximos a faixa de risco da resolução CONAMA nº 420/09 (Figura 8). O 1,2-Dicloroetano e o cloreto de vinila, estão ligados a produção de polímeros associados ao PVC, a maior parte do 1,2-dicloroetano liberado ao ambiente volatiliza para a atmosfera. O composto tem persistência moderada no ar, com meia-vida entre 43 e 111 dias (OGA *et al.*, 2014). Na estratosfera, o 1,2-dicloroetano sofre fotólise, produzindo radicais cloro, os quais podem reagir com o ozônio (BAIRD, 2002). O 1,2-dicloroetano pode ser liberado ao ambiente aquático por efluentes industriais, porém não é perene nos corpos hídricos, já que volatiliza rapidamente devido ao seu baixo ponto de ebulição. Também, pode infiltrar-se no solo e atingir a água subterrânea em locais próximos a despejo de resíduos industriais, persistindo por longo período onde a volatilização é restrita, todavia encontrar esta substância ao nível do lençol para a longa faixa da sub-bacia do rio Estrela, indica que existe a possibilidade de despejo constante deste no meio ambiente, assim sendo passível de monitoramento na sub-bacia.

O tetracloreto de carbono é usado principalmente na fabricação de gases refrigerantes e propelentes em aerossóis (OGA *et al.*, 2014). Foi usado na fabricação de tintas, polímeros,



aditivo para combustíveis fósseis de baixa densidade, desengraxante de peças metálicas, atrasador de chama, na queima de grãos, entre outros usos, porém muitos desses usos foram descontinuados devido ao risco ambiental. A liberação da substância ocorre por emissão direta ao ar, onde é encontrada como gás incolor, permanecendo por muitos anos antes de sua degradação. Pequenas quantidades são encontradas na água superficial e a maior parte irá evaporar em poucos dias ou semanas. Entretanto, o composto pode permanecer na água subterrânea por longo período. A exposição humana a altas concentrações do solvente pode causar patologias ao sistema nervoso central e maus hepáticos e renais. Dos compostos orgânicos voláteis encontrados, este é o que apresenta maior valor tangencial ao estabelecido na resolução CONAMA nº 420/09.

**Figura 8** - Resultados encontrados de VOCs ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), para todas as áreas amostrais, pareados com a resolução CONAMA no 420/09.

Fonte: do próprio autor.

A área de estudos possui baixa declividade sendo sujeita a inundações, estando uma parte da mesma inserida em área de mangue, ou seja, composta por cursos d'água e sofre influência da maré por estar próximo da Baía de Guanabara, fazendo com que, em períodos de chuvas intensas, a maior parte do terreno fique alagada, estas altas concentrações de VOCs e SCOCs podem estar relacionadas à proximidade dos poços de monitoramento amostrados aos corpos hídricos da região que desaguardam na Baía de Guanabara, local mundialmente reconhecido pelo seu alto grau de contaminação de origem antrópica, além é claro que o município de Duque de Caxias possui um largo histórico de industrialização sem respeito ao

meio ambiente, tendo assim contribuído para a degradação ambiental dos ecossistemas terrestres e aquáticos por décadas de ocupação humana.

## CONCLUSÃO

De forma geral as análises de água subterrâneas para todas as áreas amostrais apresentarem valores das concentrações de compostos orgânicos voláteis e semivoláteis próximos aos limites permitidos da Resolução Conama nº 420/09, sendo extremamente perigoso que a população do aglomerado subnormal do Parque Estrela continue a captação de água para consumo próprio e animal na região, assim como o cultivo de culturas agrícolas e a irrigação das mesmas com a água subterrânea da região também é vetado, pois é notório o risco de contaminação e/ou exposição humana na área.

Ações que foquem a educação ambiental e a remediação da área são necessárias, bem como a participação do poder público, autarquias, institutos de pesquisa, universidades e Organizações não Governamentais (ONG), focando no bem estar humano, animal e na sustentabilidade ambiental de forma holística, visto a importância que os fragmentos florestais representam para a manutenção da biodiversidade da Mata Atlântica.

## AGRADECIMENTOS

À Helium Corporation Engenharia pelo financiamento de todas as análises laboratoriais.

Cleber Vinicius Vitorio da Silva: caracterização toxicológica dos COVs e SCOVs levantados na água subterrânea e síntese do corpo do artigo; Fábio José Esper: Pareamento dos COVs e SCOVs levantados juntos a legislação vigente e acompanhamento das análises laboratoriais; Karina Arruda da Silva: Avaliação do ambiente hidrológico para implantação dos poços de amostragem de água subterrânea e acompanhamento da instalação dos poços de monitoramento; Luiz Alberto Santos Abreu: Tradagem e brocagem para instalação dos poços de amostragem e acompanhamento das análises laboratoriais; Wagner Campos Rodrigo Donadia: Tradagem e brocagem para instalação dos poços de amostragem e coleta de dados com a sonda multiparamétrica INS-87; Josimar Ribeiro de Almeida: Avaliação de Impactos Ambientais e descrição da área de estudos; Elenice Rachid da Silva Lenz: Auxílio na formatação do corpo do artigo e revisão geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim: Relatório do Diagnóstico – Final**. Sondotécnica Engenharia de Solos S.A, Volume 2, Dezembro de 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-2. **Passivo Ambiental em solo e águas subterrâneas. Parte 2 – Investigação Confirmatória de 22 de março de 2011.**

ABREU, L. A. S.; DONADIA, W. C. R.; SILVA, C.V.V.; ALMEIDA, J. R.. **Avaliação do Impacto Ambiental no Complexo Lagunar de Itaoca, São Gonçalo - RJ. O uso da Carcinofauna como bioindicador..** In: O2 ? ENCONTRO INTERCONTINENTAL SOBRE A NATUREZA, 2015

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre, Bookman, 2002. 622p.

BARBER, J.; SWEETMAN, A.; JONES, K.. **Hexachlorobenzene – sources, environmental fate and risk characterisation. Brussels: Euro Chlor Sci Dossie, 2005.** Disponível em: <<http://www.eurochlor.org/download-centre/science-dossiers.aspx>>. Acesso em 14/11/2018.

BERGALLO, H.G.; BERGALLO, A.C.; ROCHA, H. B; ROCHA, C.F.D.. **Invasion by *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae) in an island in the Atlantic Forest Biome, Brazil: distribution at the landscape level, density and need for control.** Journal of Coastal Conservation , v. 20, p. 1-8, 2016.

BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S. **O Status atual da fauna do Estado do Rio de Janeiro: Considerações finais.** In: In: H. G. Bergallo; C. F. D. Rocha; M. A. S. Alves & M. Van Sluys. (Orgs). A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro. 1 ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2000, v. 1, p. 145-150.

HIRATA, R.; ZOBBI, J.; OLIVEIRA, F. **Águas subterrâneas: reserva estratégica ou emergencial.** In: Bicudo, C.; Tundisi, J.; Scheuenstuhl, M. (Org.). Águas do Brasil: análises estratégicas. 1. ed. São Paulo: Instituto de Botânica, v.1, p. 144-164, 2010.

OGA, S.; CAMARGO, M.M.A; BATISTUZZO, J.A.O. (eds). **Fundamentos de Toxicologia.** 4ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. 685p.

SILVA, C.V.V.; MAGALHÃES C.. **Risco Ambiental da Construção do CTR Santa Rosa Sobre o Aquífero Piranema.** In: XXI Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ, 2011, Seropédica.

SILVA, C.V.V.; TAVARES R.; SILVA, L. M. S.; SILVA, W. S.; CARVALHO, L. O.; FRANCISCO, C. F.. **Levantamento de Metais Pesados na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, Uma Ameaça Ambiental à Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** In: XI Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2014.

SILVA, C.V.V.; TAVARES R.; SILVA, L. M. S.; FRANCISCO, C. F.. **Monitoramento da Concentração de Metais Pesados solúveis, Parâmetros químicos no sedimento e Análise de Biomagnificação em *Corbicula fluminae* e *Narapa bonettoi* na Bacia do rio Guandu.** Rj. In: XXIII Jornada de Iniciação Científica UFRRJ, 2013.

SILVA, C.V.V.; ABREU, L.A.S; FRAGA, A.; MATARAZZO, A.; PEIXOTO, D.R.S; LOPES, A.L. D.; ASSUNÇÃO, R.F.; NOVAES, A.B.C.. **Biomonitoramento de Macroinvertebrados Bentônicos na Avaliação Ambiental da Represa Billings, SP.** In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 2016.

RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.**

TAVARES R.; SILVA, C.V.V.; SILVA, L. M. S.; SILVA, W. S.; CARVALHO, L. O.; FRANCISCO, C. F.. **Impactos Ambientais em Corpos Hídricos na UFRRJ.** In: XI Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2014, Poços de Caldas. Impactos Ambientais em Corpos Hídricos na UFRRJ, 2014.