

## Artigo

**Sazonalidade na Qualidade Físico-Química e Microbiológica das Águas de Fontes Naturais de Salvador, Bahia****da Silva, A. C. R.; Celino, J. J.;**\* Alva, J. C. R.*Rev. Virtual Quim.*, 2016, 8 (3), 576-587. Data de publicação na Web: 8 de fevereiro de 2016<http://rvq.sbq.org.br>**Seasonal in Physic-Chemical Quality and Microbiological of Natural Sources of Water Salvador, Bahia**

**Abstract:** The quality of water in natural sources of Salvador (Bahia, Brazil) showed a pH slightly acidic characteristic and dissolved oxygen, nitrate and phosphorus levels to below the permitted by Resolution CONAMA 357/2005 and Ordinance No. 2914/2011 of the Ministry of Health (MOH). Assessed by multivariate statistics in the dry season and rainy, total and fecal coliforms is exceeded level with most of the investigated sources confirming water contamination by *E. coli*. For susceptibility testing, cultures were on PDA agar supplemented with supplements Pb, Cu, and Cd. The isolates were Gram negative bacteria, in arrangement in pairs with distinct macroscopic characteristics. The sensitivity levels for heavy metals demonstrated heterogeneity of the three isolates and growth. Liquid effluents from domestic and urban sewage and solid waste (garbage) are the sources responsible for most contamination.

**Keywords:** Nitrate; coliform; multivariate analysis; sensitivity.

**Resumo**

A qualidade da água nas fontes naturais da cidade de Salvador (Bahia-Brasil) demonstrou um pH com característica levemente ácida e oxigênio dissolvido, nitrato e fósforo com níveis abaixo do permitido pela resolução do CONAMA 357/2005 e pela Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS). Avaliados por estatística multivariada no período de estiagem e chuvoso, os coliformes totais e termotolerantes está com nível excedido na maioria das fontes investigadas confirmando a contaminação da água pela *E. coli*. Para testes de sensibilidade, as culturas foram feitas em PCA ágar enriquecido com suplementos de metais Pb, Cu, e Cd. Os isolados estudados foram de bactérias Gram negativas, com arranjo aos pares e com características macroscópicas distintas. Os níveis de sensibilidade aos metais pesados demonstraram a heterogeneidade dos três isolados em relação ao crescimento. Os efluentes líquidos oriundos dos esgotos domésticos e urbanos e os resíduos sólidos (lixo) são as fontes responsáveis pela maior contaminação.

**Palavras-chave:** Nitrato; coliformes; estatística multivariada; sensibilidade.

\* Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Núcleo de Estudos Ambientais, Campus de Ondina, CEP 40170-115, Salvador-BA, Brasil.

✉ [joil@ufba.br](mailto:joil@ufba.br)

DOI: [10.5935/1984-6835.20160044](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20160044)

## Sazonalidade na Qualidade Físico-Química e Microbiológica das Águas de Fontes Naturais de Salvador, Bahia

Ana Carolina R. da Silva,<sup>a</sup> Joil José Celino,<sup>b,\*</sup> Juan Carlos R. Alva<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Av. Barão de Jeremoabo, s/n, CEP 40170-290, Salvador-BA, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Núcleo de Estudos Ambientais, Campus de Ondina, CEP 40170-115, Salvador-BA, Brasil.

<sup>c</sup> Universidade Católica do Salvador, Superintendência de Pesquisa e Pós Graduação, Laboratório de Estudos em Meio Ambiente, Av. Prof. Pinto de Aguiar, 2589, Centro de Ensino I – LEMA, Patamares, CEP 41740-090, Salvador-BA, Brasil.

\* [joil@ufba.br](mailto:joil@ufba.br)

*Recebido em 29 de novembro de 2014. Aceito para publicação em 27 de janeiro de 2016*

### 1. Introdução

### 2. Materiais e Métodos

#### 2.1. Área de Estudo

#### 2.1. Coleta e Análises das Amostras

#### 2.3. Tratamento Estatístico

### 3. Resultados e Discussão

### 4. Considerações Finais

## 1. Introdução

O rápido crescimento demográfico da cidade de Salvador nas últimas décadas vem se refletindo, como esperado, nas condições de vida de sua população, sobretudo quanto ao abastecimento de água e o saneamento básico.<sup>1</sup> As antigas fontes do município de Salvador (BA) foram construídas para facilitar o acesso da população a água e assim abastecer a cidade. Hoje a maioria delas encontra-se parcial ou totalmente destruídas, abandonadas ou servindo de sanitários

públicos ou depósitos de lixo.<sup>2</sup>

Os principais agentes biológicos desenvolvidos nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, vírus e parasitas. As bactérias patogênicas encontradas na água e/ou alimentos constituem uma das principais fontes de morbidade em nosso meio. São as responsáveis pelos numerosos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas (como a febre tifoide), com resultados frequentemente letais.<sup>3</sup> O grupo dos coliformes apresenta uma série de vantagens como indicadores de poluição fecal da água, a saber: constância e alto

número nas fezes; facilidades de isolar e identificar; proporcionalidade entre a concentração de coliformes na água e a das bactérias patogênicas intestinais.<sup>4</sup> Os principais indicadores de contaminação fecal comumente utilizado são: os coliformes totais, os coliformes fecais e os estreptococos fecais.

Este artigo visa diagnosticar as condições físico-químicas e microbiológicas da água disponível em fontes naturais localizadas em zonas de maior ocupação urbana no município de Salvador, Bahia, evidenciando sua qualidade e sugerindo principais fontes de contaminação em diferentes períodos pluviométricos.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de estudo

A área do município de Salvador é de 693,292 km<sup>2</sup>, e suas coordenadas UTM, a partir do marco da fundação da cidade, no Fortaleza de Santo Antônio, são 8.565.000 norte e 551.000 leste (Figura 1). Segundo o IBGE,<sup>5</sup> a capital baiana conta com população de 2.440,886 habitantes, sendo estimada em 2010 em 2.892.625 habitantes. A cidade inicialmente se instalou sobre um planalto protegido de um lado por vales profundos e do outro por uma escarpa. Seu vetor de crescimento está direcionado ao norte – nordeste.<sup>2</sup>

### 2.2. Coleta e análises de amostras

Para a execução do trabalho, foram realizadas duas amostragens na área de influência com intuito de verificar a probabilidade de diferenças significativas a nível pluviométrico. A primeira amostragem

foi realizada de fevereiro 2011 (período seco), e a segunda em setembro de 2011 (período chuvoso). Em cada período de estudo foram realizadas 13 unidades amostrais por período e um total de 26 unidades amostrais.

Para realização da coleta foram utilizadas vasilhas de polietileno 500 mL previamente aciduladas com HNO<sub>3</sub> concentrado a 20 %, identificados e em seguida resfriadas a – 4 °C. A coleta de amostra para análise microbiológica foi realizada com a utilização de sacos plásticos de 100 mL contendo no seu interior pastilhas de dilsulfato de sódio, a diminuir o efeito de cloro e servindo de conservação para amostra. Foram determinadas *in situ* as análises físico-químicas da água com determinação de pH (mg L<sup>-1</sup>), temperatura, condutividade (μS cm<sup>-1</sup>), potencial de oxi-redução (Eh), oxigênio dissolvido (OD) (mg L<sup>-1</sup>), sólidos totais dissolvidos (STD) (g L<sup>-1</sup>), nitrato e fósforo (mg L<sup>-1</sup>) com a utilização de uma sonda multiparamétrica, onde foram comparados aos valores de referência de qualidade da água subterrânea estabelecidas pela CETESB, tomando como base os parâmetros constantes nas listagens da portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS), que estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A descontaminação dos materiais designados à coleta e aos procedimentos analíticos ocorreu em solução de ácido nítrico (10 %), com subsequente lavagem em água ultrapura (Milli-Q). Após o procedimento de coleta, as vasilhas e sacos plásticos foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo e transportadas imediatamente ao laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA), localizado no próprio Programa de Pós-Graduação, para as análises químicas.



**Figura 1.** Mapas de situação e localização da região metropolitana de Salvador (Bahia), destacando alguns bairros, com as principais fontes amostradas: (1) Pedra Furada, (2) Graça, (3) Gravatá, (4) Matatu, (5) Fonte Nova, (6) Dique, (7) Lapinha, (8) Estica, (9) Bica, (10) Santa Luzia, (11) Buraquinho, (12) Preguiça e (13) Conjunto Bahia

Os meios de cultura foram preparados seguindo o protocolo, os reagentes foram pesados, colocando-os em bechers de volume adequado e adicionada água destilada até atingir 70 % do volume final. Foi homogeneizado e transferido para proveta de volume próximo ao volume final desejado a fim de completar com água; o meio foi novamente homogeneizado, e transferido

para e transferido para tubos de ensaio em triplicata com tampas de rosca, em duplicatas. Após essa etapa os meios foram esterilizados por autoclavagem a 121°C por 15 minutos<sup>6</sup>. Os meios líquidos após a autoclavagem foram incubados na estufa a 37°C por 24h para o teste de esterilização, a fim verificar a presença ou não de contaminações dos meios<sup>7</sup>. Os principais meios são descritos a

seguir.

O meio YPD é um meio primário ou de enriquecimento que estimula o crescimento dos microorganismos existentes na água, onde foi preparado com a seguinte composição ( $\text{g L}^{-1}$ ): Extrato de Levedura (10), Peptona de carne (20), Glicose (20).

O meio Ágar MacConkey é um meio seletivo (pela presença de sais biliares, cristal violeta e NaCl) para o isolamento de bacilos Gram negativos, principalmente as enterobactérias (*Salmonellas*, *Shigellas* e bactérias coliformes); possibilidades: *Salmonella* spp, *Shigella* spp, *Proteus* spp e *Edwardsiella*) pela presença de lactose e vermelho neutro na composição do produto. Diferencia as bactérias fermentadoras de lactose (colônias vermelho tijolo a rosa, opacas se o crescimento for denso, podem estar rodeadas por zonas de precipitado de bile; possibilidades: *E. coli*, *Klebsiella* spp, Grupo *Enterobacter* spp) das não fermentadoras de lactose (colônias transparentes a incolores, observadas melhor a luz transmitida

O meio R2A de cultura para o cultivo e a enumeração de bactérias em águas potáveis. Composição (para 1 litro): Peptona 0,5 g extrato de levedura 0,5 g Casamino-ácidos 0,5 g Dextrose 0,5 g Amido 0,5 g Piruvato de sódio 0,3 g Hidrogenofosfato de potássio 0,3 g Sulfato de magnésio 0,05 g Agar 15,0

O meio PCA – Agar é utilizado na contagem de placa de contagem de agar (PCA) é um meio comumente usados para avaliar ou para monitorar "total" ou viável crescimento bacteriano de uma amostra. PCA não é um meio seletivo sua composição de ágar-ágar de contagem em placa pode variar, mas tipicamente contém 0,5 % de peptona 0,25 % de extratos de levedura 0,1 % de glicose 1,5 % de ágar com pH ajustado para neutra a 25 °C.

Após a chegada das amostras ao LEMA/UCSAL, estas foram devidamente acondicionadas à -4°C. Posteriormente foram inoculadas 100  $\mu\text{L}$  de cada amostra em oito tubos de ensaio com tampa de rosca contendo 10 mL de meio YPD e incubados na

estufa a 25 °C por 24 ou 48 horas.

Em seguida foi feito o isolamento das bactérias em placas de petri descartáveis, de 80 mm de diâmetro, devidamente esterilizadas contendo meio MAC e R2A. Os meios de cultura foram autoclavados em um erlenmeyer de 500 mL à 121 °C por 15 minutos. Posteriormente, este foi vertido em placas de petri descartáveis (20 mL cada), onde passou por um teste de esterilização ficando na estufa à 37 °C 24 horas, observando após esse período a presença de contaminantes no material.<sup>7</sup>

Inoculou-se 20  $\mu\text{L}$  do meio YPD em placas com meio MAC e R2A semeou-se por disseminação sendo depois incubadas em estufa à 25 °C por cinco dias. Segundo Oplustil,<sup>8</sup> a leitura é feita pela presença ou ausência de crescimento de colônias na superfície do meio.

A qualidade bacteriológica das amostras de água foi avaliada para coliformes totais e termotolerantes com análise do número mais provável (NMP) de coliformes pela técnica da fermentação em tubos múltiplos. Foram consideradas amostras positivas, as que apresentarem, além do crescimento (turvação do meio de cultura), o acúmulo de gases no tubo de Durham. Após essa leitura registrou-se o número de tubos positivos e determinou o NMP/u mL.<sup>9</sup>

A resistência foi testada através do meio PCA. Para cada metal testado (Pb, Cu, Cd) foram pesados 0,16 g do mesmo na forma de cloreto e foram diluídos com água purificada em balão volumétrico de 10 mL e posteriormente autoclavados. Posteriormente foram vertidos em quinze placas de petri pequenas por bactéria, para cada metal Pb, Cu, Cd por pontos estudados, cada um contendo concentração 3.200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 1.600  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 800  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 400  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Inoculou-se na placa de petri 200  $\mu\text{L}$  de solução salina contendo as bactérias, 5 mL do meio PCA e 200, 100, 50, 25 ou 12,5  $\mu\text{L}$  respectivamente para cada concentração do metal de uma solução padrão na concentração de 16.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

Para avaliar o crescimento bacteriano na

presença de metais pesados foi realizada a quantificação do crescimento bacteriano na presença dos metais pesados através da técnica de contagem de bactérias pelo método *pour-plate* e posteriormente colocados sobre um contador de colônias.

Após o crescimento das colônias, verificou macroscopicamente as diferenças entre as mesmas através de identificações morfológicas com posterior confirmação da integridade e da pureza pela realização da coloração de Gram,<sup>8</sup> o que também contribuiu para maiores informações sobre a morfologia dos isolados microbianos.

análises hierárquicas de agrupamento (AHA) e análise de componentes principais (ACP) / análise fatorial (AF). Estas análises são necessárias a uma etapa preliminar do tratamento de dados, que consistiu na normalização dos dados brutos analíticos, de modo a evitar erros de classificação, devido à ordem de magnitude e intervalo de variação dos parâmetros analíticos.

Cálculos estatísticos foram executados usando o pacote de software estatístico, STATISTICA 7.0 da Statsoft Inc.

### 3. Resultados e Discussão

#### 2.3. Tratamento Estatístico

Os dados de qualidade de água foram submetidos à análise univariada: faixa de desvio, média, desvio padrão, teste de significância (Teste T) e análise multivariada:

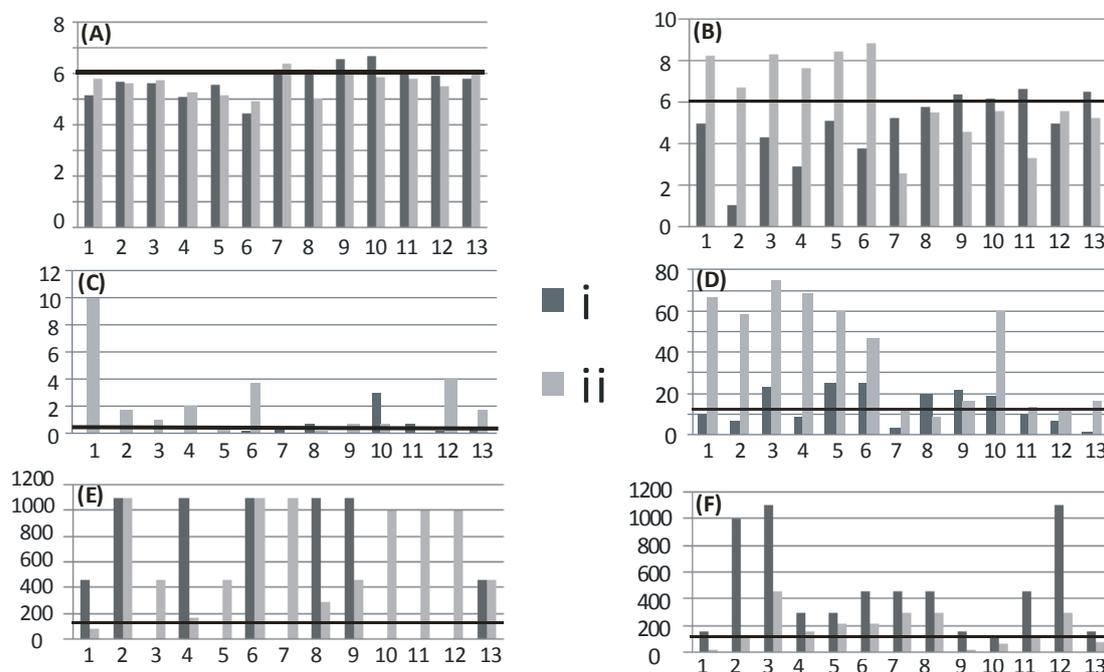
Os resultados referentes às propriedades físico-químicas e microbiológicas na água do sistema em estudo estão apresentados para diferentes estações do ano na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados de localização (UTM), parâmetros físico-químicos, micronutrientes (mg L<sup>-1</sup>) e microbiológicos (NMP/100mL) na água das fontes do município de Salvador (BA). Onde: Temp = temperatura; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxi-redução; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade (mS/cm); CT = coliformes termotolerantes e CTotal = coliformes totais

Fontes	Pedra Furada	Graça	Gravatá	Matatu	Fonte Nova	Dique	Lapinha	Estica	Bica	Santa Luzia	Buraquinho	Preguiça	Conjunto Bahia
X	551706	553255	553939	554117	553939	554524	555114	557098	553362	552827	552370	552370	556181
Y	8563152	8565371	8565401	8565359	8564609	8567727	8568839	8570385	8566368	8571277	8565131	8565131	8568237
Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			E	S	T	I	A	G	E	M			
Temp	27,9	28,0	28,1	28,5	28,4	27,9	28,4	26,3	24,4	27,4	26,0	26,3	27,1
pH	5,1	5,7	5,6	5,1	5,5	4,4	6,1	6,2	6,6	6,7	6,0	5,9	5,8
Eh	193	105	123	187	142	226	148	204	203	226	261	269	246
OD	4,95	1,02	4,29	2,91	5,09	3,75	5,22	5,75	6,35	6,18	6,59	4,94	6,47
STD	0,13	0,13	0,11	0,22	0,23	0,16	0,22	0,27	0,31	0,28	0,30	0,26	0,55
Cond	0,58	0,48	0,63	0,43	0,52	0,47	0,36	0,41	0,47	0,68	0,47	0,39	0,86
Nitrato	9,18	5,83	22,80	7,01	24,09	24,58	3,26	18,86	20,43	17,38	8,99	5,63	1,68
Fósforo	0,01	0,08	0,08	0,02	0,09	0,19	0,61	0,79	0,10	3,06	0,69	0,40	0,50
CT	460	1.100	>1.100	1.100	>1.100	1.100	>1.100	1.100	1.100	>1100	>1100	>1100	460
Ctotal	160	1.000	1.100	290	460	460	460	150	120	460	1.100	160	160
			C	H	U	V	O	S	O				
Temp	24,9	25,9	25,2	25,0	25,4	25,1	24,7	25,9	26,1	26,1	25,2	26,4	25,8
pH	5,8	5,6	5,7	5,2	5,1	4,9	6,4	5,0	6,0	5,8	5,8	5,5	6,1
Eh	212	275	276	298	318	312	261	282	220	272	261	266	228
OD	8,19	6,69	8,25	7,59	8,39	8,78	2,53	5,51	4,56	5,52	3,26	5,54	5,24
STD	0,16	0,36	0,30	0,24	0,23	0,11	0,37	0,13	0,27	0,25	0,15	0,14	0,26
Cond	2,64	0,56	0,48	0,38	0,38	0,19	0,58	0,20	0,43	0,33	0,35	0,19	0,47
Nitrato	65,44	57,55	75,51	68,70	59,52	45,60	10,07	7,90	16,49	60,12	12,07	10,07	16,86
Fósforo	10,07	1,68	1,05	2,08	0,50	3,75	0,08	0,20	0,82	0,76	0,08	4,06	1,66
CT	75	1.100	460	160	460	1.100	1.100	290	460	1.000	1.000	1.000	460
Ctotal	20	120	460	160	210	210	290	290	21	64	120	290	75

A análise evidencia a alteração do pH (Figura 2A) para levemente ácida, onde não se percebeu diferença significativa (Teste t,  $p = 0,5426$ ) entre os períodos seco e chuvoso. O oxigênio dissolvido (OD) apresentou

diferença estatística significativa entre os dois períodos (Teste t,  $p = 0,0874$ ), com valores menos elevados nos períodos estudados (Figura 2B).



**Figura 2.** Diagramas de variação: (A) pH, (B) Oxigênio dissolvido; de concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ ): (C) Fósforo; (D) Nitrato; do número de coliformes (NMP/100mL): (E) Totais; (F) Termotolerantes no período (i) de estiagem e (ii) chuvoso para a água das fontes do município de Salvador (BA). Em negrito, o limite máximo permitido pela resolução CONAMA 375/05 para águas classe 1

Comparando-se as concentrações obtidas no presente estudo com os valores estabelecidos pela resolução CONAMA 375/05 para águas Classe 1,10 verifica-se que os valores obtidos para a físico-química, estão em desconformidade aos valores da legislação estabelecida.

A Figura 2(C,D) ilustra que os valores de fósforo e o nitrato foram superiores ao padrão de potabilidade para o consumo humano, sendo que o nitrato apresentou diferença estatística significativa pelo Teste t ( $p = 0,0028$ ). Para Klein e Thayer,<sup>11</sup> o nitrato é normalmente o contaminante de ocorrência mais comum nos grandes centros urbanos, devido principalmente a contaminação por atividades domésticas através das fossas,

esgotos, lixo adubos nitrogenados e resíduos de animais.

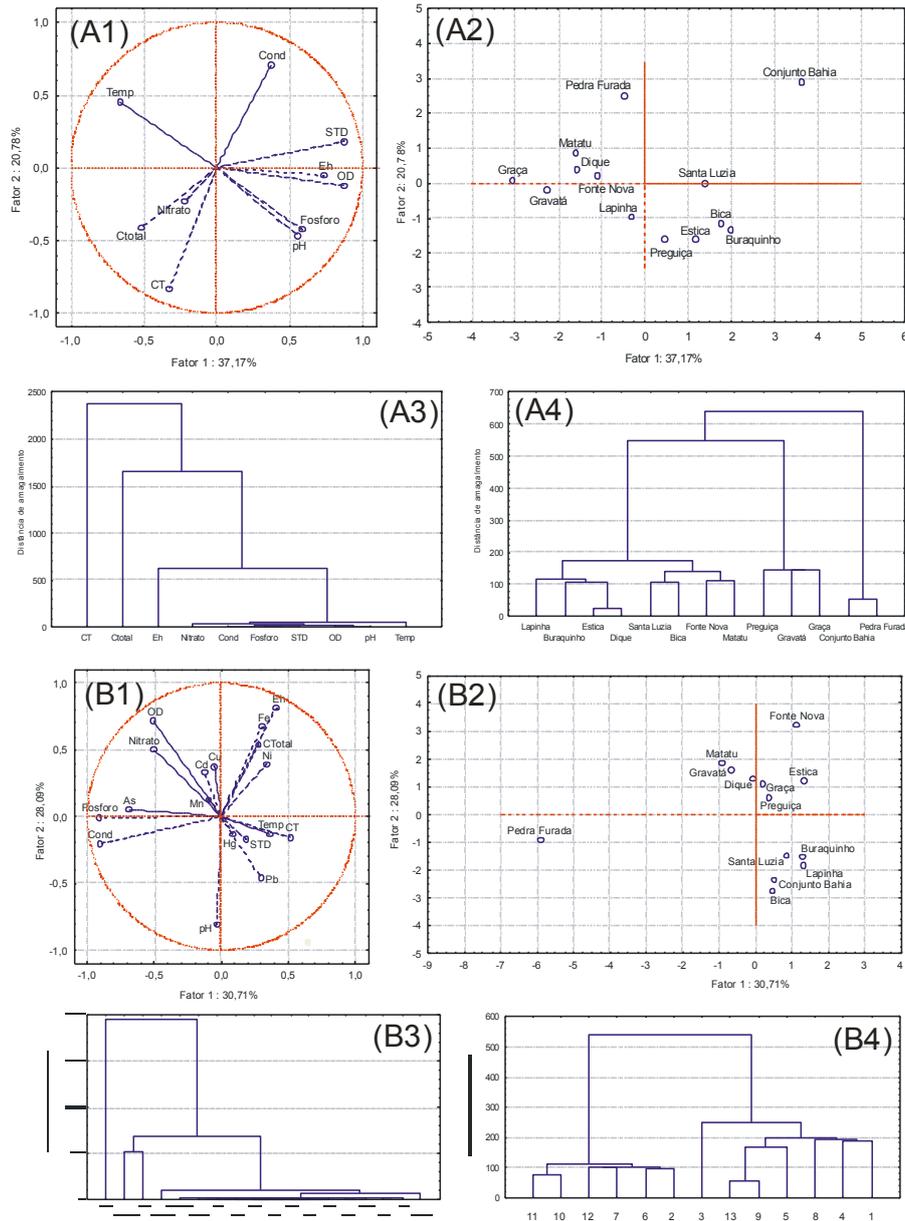
Os dados de coliformes (Figura 2E, F) demonstram um aumento na contagem, tanto de CT quanto de CTo, no período seco quando comparada ao chuvoso. Estes dados também já eram esperados, pois, durante o verão, ocorre um índice pluviométrico maior, onde podem ser carreados os microrganismos presentes nos pontos estudados ocorrendo uma possível contaminação de forma mais intensa, corroborando com Nogueira<sup>12</sup>, que observando aumento na taxa de coliformes durante o período de verão, acompanhado pelo aumento no índice pluviométrico.

Com a análise das componentes principais - ACP (Figura 3 A1, A2) que representa uma

variância de 57,95% dos dados analisados no período seco, o oxigênio dissolvido (OD) exerce uma forte correlação com o potencial de hidrogênio (pH), Eh e o fosforo, assim como o coliformes termotolerantes (CT) estão correlacionados com os coliformes totais (CTotal) e o nitrato. Por outro lado, a temperatura, condutividade (cond) e STD tiveram uma forte correlação negativa.

condutividade está associada diretamente ao STD, revelando um indicativo de poluição.

Pelo diagrama de agrupamento hierárquico (Figura 3 A3, A4) no período de estiagem, observa-se a distinção em 02 grupos para as variáveis estudadas (I) Coliformes totais e termotolerantes, (II) Eh, nitrato, condutividade, fósforo, STD, oxigênio dissolvido (OD), pH e temperatura.



**Figura 3.** Análise das componentes principais para as variáveis (1) e casos (2) e dendrogramas pelo método de Ward aplicado para as variáveis (3) e pontos de amostragem (4) para período (A) de estiagem e (B) chuvoso. Onde: pH (potencial de hidrogênio); Eh (potencial oxí-redução); O.D. (oxigênio dissolvido); Temp (temperatura); STD (sólidos totais dissolvidos); CT (coliformes termotolerantes); CTotal (coliformes totais)

Os resultados do ACP durante o período chuvoso (Figura 3B) determinam a variância para 58,8% dos dados estudados, onde os coliformes termotolerantes estão correlacionados com os coliformes totais, temperatura e Eh, assim como o oxigênio dissolvido exerce sobre o nitrato uma forte correlação. A condutividade e o fósforo estão extremamente relacionados, corroborando com a Tabela 1. Valendo ressaltar que o ponto 01 (Pedra Furada) apresentou  $10,07 \text{ mg L}^{-1}$ , valor bastante elevado se comparado ao limite mínimo que é de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ , o que também pode ser evidenciado no gráfico da projeções de casos (Figura 3B2).

Segundo Nogueira,<sup>12</sup> o fósforo pode estar associado a produto de limpeza, tais como: sabões e saponáceos. É provável então que seja a causa do valor encontrado na fonte da Pedra Furada, pois suas águas são utilizadas para lavagem de carros e roupas sempre expostas ao contato com este tipo de produto.

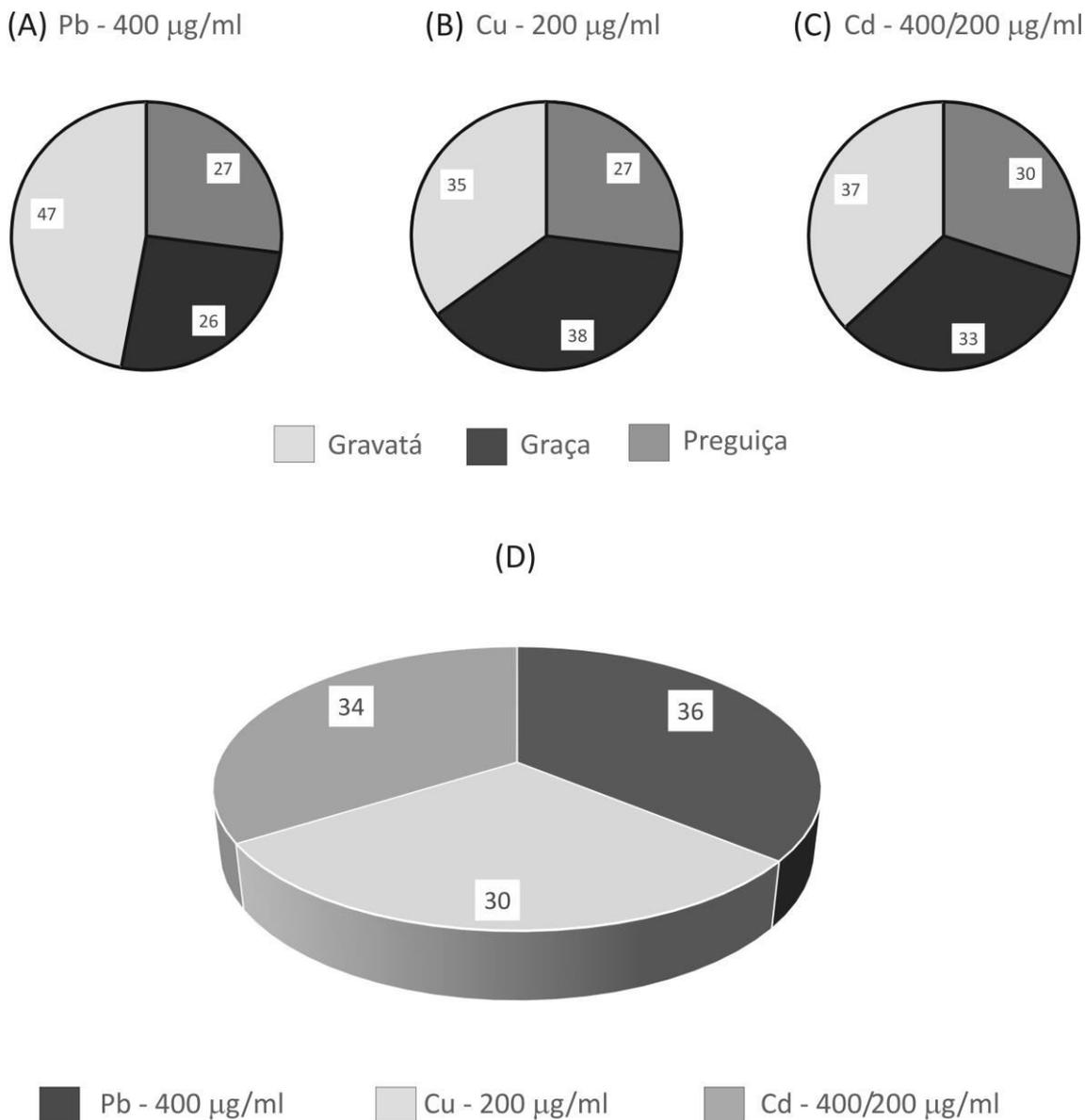
Em relação ao percentual menor de bactérias do grupo CTo, quando comparado ao CT, pode estar relacionado ao fato da microbiota acompanhante inibir o crescimento de bactérias do gênero *Escherichia*. Esta correlação também foi sugerida por Siqueira,<sup>13</sup> onde relatam em seu trabalho um baixo índice de detecção de *E.*

*coli*, provavelmente, pela inibição por bactérias antagonistas, além da influencia do pH sobre seu crescimento.

Os testes para sensibilidade (Figura 4) foram iniciados mediante avaliação das características macroscópicas e morfotintoriais das três amostras, onde observa diferença na elevação, na superfície, no tamanho (variando de 1 mm a 4 mm) e na coloração das colônias sendo evidenciado também a presença dos três isolados em forma de bacilo e coloração de Gram negativo.

Em relação ao seu arranjo, o isolado 1 e 2 apresenta-se aos pares, enquanto que no isolado 3 não foram observadas estruturas dispostas em arranjos.

Dos 3 pontos estudados todos os isolados cresceram no meio suplementado com chumbo (Figura 4A). A concentração máxima de chumbo em que os isolados testados cresceram já em 24 h foi de  $400 \text{ mg L}^{-1}$ . Os resultados sugerem que dentre os níveis testados, a concentração inibitória mínima (MIC) é de  $800 \text{ mg L}^{-1}$  para esse metal; sendo que de um total de 92 colônias foram contadas 22 (24%) colônias que cresceram a partir do isolado da fonte da Preguiça (Fonte 1), 32 colônias que cresceram da fonte da Graça (Fonte 2) e 38 colônias que cresceram da fonte do Gravatá (Fonte 3), Figura 4.



**Figura 4.** Variações das concentrações bacterianas em meios suplementados por metais pesados (Pb, Cu e Cd) em diferentes concentrações (A, B, C) e variações das concentrações bacterianas (D)

Pelos resultados dos parâmetros físico-químicos, o fósforo apresentou níveis acima do permitido pela Portaria nº 2914/11/MS<sup>14</sup> na totalidade das amostras, assim como os níveis de nitratos ultrapassaram o permitido na legislação para consumo humano em 50% até 90% do total de amostras no período de estiagem e chuvoso, respectivamente.

Dentre os compostos nitrogenados, o nitrato foi o identificado em maior quantidade acima dos padrões de

potabilidade para consumo humano. Isso significa que nas fontes analisadas há mais contaminação antiga do que recente por matéria orgânica. Isso se deve ao fato dos nitratos serem muito solúveis e não absorvidos pelo solo. Assim, contaminam as águas subterrâneas ao migrar para o lençol freático, provenientes, por exemplo, da lixiviação de fertilizantes inorgânicos e/ou processos de decomposição e oxidação de compostos orgânicos provenientes de

infiltração de esgoto de fossas sépticas e canalizações defeituosa<sup>15</sup>.

Esses resultados confirmam a hipótese de que áreas contaminadas favorecem a seleção de microrganismos que se adaptam as condições do meio. É o que ocorre nas fontes analisadas, que estão localizadas em regiões de ocupação urbana e sujeitas aos efeitos da poluição hídrica produzidas pela população local. De acordo com os resultados, obteve-se maior número de microrganismos sensíveis aos metais testados (Figura 4D).

Esse elevado percentual de contaminação na zona urbana é devido a vários fatores, sobretudo fontes e poços que geralmente apresentam localização inadequada (por exemplo, próximos à fossas sépticas), falta de manutenção e cuidado antes de utilizar a água para consumo humano.

#### 4. Considerações Finais

Nas fontes naturais do município de Salvador (BA), os pontos estudados apresentaram-se geoquimicamente diferentes quanto aos diversos parâmetros analisados: pH, OD (oxigênio dissolvido), nitrato, fosfato, sólidos totais dissolvidos (STD). Os parâmetros físico-químicos que contribuem mais para a alteração dos padrões normais da água são os nitratos e os fosfatos oriundos dos esgotos domésticos e urbanos e de prováveis fossas sépticas. Esta contaminação é sem dúvida a mais comum e a mais bem difundida por toda área, sendo típicas de zonas urbanas.

O teste de sensibilidade aos metais demonstrou um perfil de bactérias com nível elevado de sensibilidade. Foram isoladas e caracterizadas linhagens bacterianas de três fontes de água de forma morfotintorial como bacilo gram negativo crescidos em meio PCA que contém metais traços (Pb, Cu e Cd). A heterogeneidade dos três isolados em relação ao crescimento foi bastante evidente quando analisada a sua tolerância para cada metal. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se sugerir que estes

isolados bacterianos, possivelmente, poderão ser utilizados como ferramentas biotecnológicas em processos de tratamento de efluentes industriais dentre outros.

Considerando-se conjuntamente todos os indicadores analisados, conclui-se que as águas das fontes da área estudada apresentam algum tipo de contaminação, principalmente aquela proveniente da presença de coliformes, o que restringe o seu uso para fins domésticos, na sua forma bruta.

No conjunto das análises pode-se afirmar que, a maioria das fontes é considerada própria para balneabilidade, já para consumo humano a situação é delicada, pois em sua totalidade é desaconselhável.

#### Agradecimentos

O primeiro autor gostaria de prestar seus agradecimentos à CAPES pelo suporte financeiro. À equipe NEA/LEPETRO da Universidade Federal da Bahia, ao LEMA (laboratório de Estudos em meio Ambiente) da Universidade Católica do Salvador pela ajuda nos trabalhos de campo e realização das análises químicas.

#### Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Nascimento, S. A. M.; Barbosa, J. S. Qualidade da Água do Aquífero Freático no Alto Cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências* **2005**, *35*, 543. [[Link](#)]
- <sup>2</sup> Tourinho, O. A.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal da Bahia, 2008. [[Link](#)]
- <sup>3</sup> American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water & wastewater*, 21a. ed., APHA: New York, 2005. [[Link](#)]
- <sup>4</sup> Santos, E. O Caminho das Águas em Salvador: Bacia Hidrográficas, Bairros e Fontes. Centro Interdisciplinar de Desenvolvimento e Gestão Social – CIAGS da EA-UFBA. Disponível em:

<http://www.gestaosocial.org.br/almanaque-das-aguas> Acesso em: 2 novembro 2012.

<sup>5</sup> POPULACIONAL, IBGE Censo. Rio de Janeiro: Sítio do IBGE, 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados\\_subnormais/agsn2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/agsn2010.pdf) Acesso em: 10 dezembro 2012.

<sup>6</sup> Rossi-Alva, J. C.; Rocha-Leão, M. H. M. A strategic study using mutant-strain entrapment in calcium alginate for the production of *Saccharomyces cerevisiae* cells with high invertase activity. *Biotechnology and Applied Biochemistry* **2003**, *38*, 43. [CrossRef]

<sup>7</sup> Murray, P. R.; *Microbiologia Médica*, 1a. ed., Elsevier Science: Madrid, 2002.

<sup>8</sup> Oplustil, C. P.; *Procedimentos Básicos em Microbiologia Clínica*, 1a. ed., Sarvier: São Paulo, 2000.

<sup>9</sup> Silva, V. M.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Estadual da Paraíba, 2012. [Link]

<sup>10</sup> Resolução CONAMA 20 de 12 de junho de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Disponível: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res\\_conama\\_357\\_05.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf). Acesso em: 7 março 2012.

<sup>11</sup> Klein, D. A.; Thayer, J. S. Em *Interactions between soil microbial communities and organometalic compouds*; Bollag, J. M.; Stotsky, G., eds.; Marcel Dekker: New York, 1990. cap. 2.

<sup>12</sup> Nogueira, G.; Nakamura, C. V.; Tognim, M. C. B.; Abreu Filho, B. A.; Dias Filho, B. P. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. *Revista de Saúde Pública* **2003**, *37*, 232. [CrossRef].

<sup>13</sup> Siqueira, J. O. Microrganismos e processos biológicos do solo; perspectiva ambiental. Disponível em: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/8934/1/doc\\_45.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/8934/1/doc_45.pdf) . Acesso em: 28 novembro 2014.

<sup>14</sup> BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Brasília, DF: [s.n], 2011. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria\\_2914\\_12\\_12\\_2011.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_2914_12_12_2011.pdf) . Acesso em: 2 junho 2015.

<sup>15</sup> Costa, C. L.; de Lima, R. F.; Paixão, G. C.; Pantoja, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde* **2012**, *33*, 171. [CrossRef]