



## Distribuição espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia<sup>1</sup>

Ederson Rodinei Dantas Rodrigues<sup>2</sup>, Igor Bruno Barbosa de Holanda<sup>3</sup>, Dario Pires de Carvalho<sup>4</sup>, José Vicente Elias Bernardi<sup>5</sup>, Angelo Gilberto Manzatto<sup>3</sup>, Wanderley Rodrigues Bastos<sup>3\*</sup>.

Submetido 06/11/2014 – Aceito 28/12/2014 – Publicado on-line 30/12/2014

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas dos poços tipo “amazonas” da área urbana de Porto Velho (RO). O processo metodológico constitui-se de três etapas: amostragem de campo na área urbana onde foram coletadas 166 amostras, análise de laboratório e análise estatística dos dados. Os parâmetros físico-químicos foram realizados *in loco* obtendo-se intervalos mínimo e máximo de: pH entre 4,64 e 5,75; condutividade elétrica entre 9,42 e 73,12  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e oxigênio dissolvido entre 1,57 e 3,86 mg/L. A maior cota altimétrica no aquífero foi encontrada onde os níveis piezométricos são mais elevados (76,42 – 99,40 m) influenciando o lençol freático na distribuição dos níveis bacteriológicos de coliformes fecais (0 - 15.400 NMP/100 mL) e totais (0 - 21.300 NMP/100 mL). Os poços foram escavados na sua maioria por moradores sem respeitar a distância segura do poço em relação às fossas sépticas, encontrando-se variações entre 12,01 a 23,78 m e com profundidades entre 1,47 a 9,74 m. A população da cidade de Porto Velho esta sujeita ao consumo de água contaminada nos poços, os riscos e a contaminação distribuem-se em todas as zonas administrativas da cidade. Fazem-se necessárias medidas de prioridade máxima em relação a qualidade das águas subterrâneas, pois não se justifica projetos de crescimento na cidade de Porto Velho, sem que antes se tenha implementado, na sua plenitude, o saneamento básico, o que ainda não aconteceu mesmo com os já gastos recursos do Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal (PAC).

**Palavras-Chave:** contaminação, coliformes fecais, água de poço, parâmetros físico-químicos.

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the water quality of the “wells amazons” of the urban area of Porto Velho (RO). The methodological process consists of three stages: field sampling in the urban area where 166 samples, laboratory analysis and statistical data analysis. The physic-chemical parameters were performed in situ yielding minimum and maximum ranges: pH between 4.64 and 5.75; electrical conductivity between 9.42 and 73.12  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and oxygen dissolved between 1.57 and 3.86 mg/L. Most altimetry found in the aquifer where the piezometric levels are higher (76.42 – 99.40 meters) influencing the distribution of groundwater bacteriological levels of fecal coliform (0 – 15,400 NMP/100 mL) and total (0 - 21,300 NMP/100 mL). Wells were dug mostly by locals without respecting the safe distance from the well in relation to septic tanks, lying variations between 12.01 to 23.78 meters and to depths between 1.47 to 9.74 meters. The population of the city of Porto Velho is subject to the consumption of contaminated wells water, and contamination risks are distributed in all areas of the city. They become top priority measures necessary regarding the quality of groundwater in the urban area of Porto Velho. Not justified growth projects in the Porto Velho city, without first she has implemented in its fullness the sanitation, which has not happened even with the resources already spent Accelerated Growth Program of the Brazilian Federal Government.

**Key-words:** contamination, fecal coliforms, well water, physic-chemical parameters.

<sup>1</sup> Parte do trabalho de dissertação do primeiro autor no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Fundação Universidade Federal de Rondônia.

<sup>2</sup> Professor Geógrafo da Secretaria de Educação do Estado de Rondônia. Av. General Osório, 81 - Centro, Porto Velho (RO), 78916-210. [edersonrdr@yahoo.com.br](mailto:edersonrdr@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Pesquisadores do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental WCP, Fundação Universidade Federal de Rondônia. Rodovia BR-364 km 9,5 Zona Rural. Porto Velho (RO), 76800-500. \*autor para correspondências: [bastoswr@unir.br](mailto:bastoswr@unir.br).

<sup>4</sup> Doutorando do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ). Av Carlos Chagas Filho, 373, Prédio do CCS, Bloco G, Sala G1-019, Rio de Janeiro-RJ 21941-902. [darioilha@yahoo.com.br](mailto:darioilha@yahoo.com.br).

<sup>5</sup> Pesquisador do Instituto de Química, Fundação Universidade de Brasília (DF), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - DF, 70910-900. [bernardi@unb.br](mailto:bernardi@unb.br).

## 1. Introdução

Na década de 80, a ênfase nas pesquisas das águas subterrâneas nos países industrializados mudou o foco em abordar o quantitativo para o abastecimento, para enfocarmos os problemas da qualidade dessas águas subterrâneas. Nesse sentido, as abordagens se direcionaram para o monitoramento objetivando quantificar a presença de poluentes provenientes de diversas fontes, a exemplo: dos lixões lançando chorume que potencialmente alcançam o lençol freático percolando pelos solos; dos derramamentos de derivados de petróleo e outros compostos orgânicos; das indústrias eletro-eletrônicas e de cloro-soda e; da utilização dos organoclorados e organofosforados no controle de insetos e nas atividades agropecuárias (COSTA; SILVA, 2000).

A principal forma da contaminação das águas subterrâneas se dá pela sua exploração (DRAGON, 2008; ROY; BICKERTON, 2011) e as causas podem ser através de: efluentes domésticos (fossas sépticas) e industriais, lixões e aterros sanitários e poços mal construídos (AL-KHASHMAN, 2007; JAMEEL e HUSSAIN, 2011; BABA e TAYFUR, 2011).

Os últimos relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU) vêm apontando que mais de 15% da população mundial não têm acesso à água potável, por viverem em regiões secas ou pela poluição dos rios. Como consequência, cerca de 2 milhões de crianças morrem anualmente no mundo, em decorrência de diarreias e outras doenças provocadas por água contaminada devido a falta de saneamento (PNUD, 2006). O Brasil, embora tenha subido para 79ª. posição no *ranking* do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), ainda é um dos países onde o saneamento básico tem taxa de atendimento abaixo do ideal (PNUD, 2014). Cerca de 40% da população brasileira não recebe abastecimento de água com qualidade e 60% não possui nenhum tipo de tratamento de esgoto.

Os riscos para a saúde relacionados com água são pela ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e parasitos) que geralmente são provenientes de efluentes de esgotos domésticos e industriais (BRASIL, 2006<sup>a</sup>).

Na capital Porto Velho apenas 48% da população possui abastecimento com água tratada e 52% com água de poço, portanto, a água subterrânea é uma alternativa importante, sendo

utilizada por grande parte da população para o uso doméstico geral (CAERD, 2001).

A cidade de Porto Velho sofre com a falta de infraestrutura no saneamento básico desde o início de 1910 quando Oswaldo Cruz registrou essa grave deficiência em seu relatório encaminhado ao Ministério da Saúde (SCHWICKARDT e LIMA, 2007). Mais recentemente, baseando-se em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento do Ministério das Cidades, apontam a cidade de Porto Velho (RO) juntamente com Macapá (AP), Belém (PA), São Luiz (MA) e Terezina (PI) as 5 capitais com o pior serviço de saneamento básico no Brasil (SNIS, 2011). Ainda em 2014, na cidade de Porto Velho, se registra a grave deficiência na rede de esgotos e tratamento e nos demais serviços de saneamento como, deficiência no atendimento aos 100% dos domicílios com água potável, falta de um aterro sanitário e drenagem pluvial também deficiente. Grandes alagamentos já ocorrem em vários pontos da cidade durante as fortes chuvas naturais do inverno Amazônico. Todos estes fatores citados são determinantes para a potencial contaminação das águas subterrâneas e potencial comprometimento à saúde ambiental e humana, principalmente das crianças.

Bahia (1997) citava em sua dissertação de mestrado a necessidade de se elaborar mapas potenciométricos e de vulnerabilidade na cidade de Porto Velho. Sobretudo, para evidenciar o sentido do fluxo das águas subterrâneas e as áreas de maior recarga, servindo em futuros estudos como orientação para o planejamento de uso, ocupação territorial ou para o Plano Diretor do município na gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Nesse sentido, este estudo gerou um relatório detalhado encaminhado ao Órgão Ambiental do estado de Rondônia de modo à contribuir na tomada de decisão do Poder Público apresentando dados da qualidade das águas subterrâneas e apontando áreas mais críticas na cidade de Porto Velho (RO).

## 2. Materiais e Métodos

### Área de estudo

O procedimento metodológico desse estudo constituiu-se de quatro etapas: amostragem de campo, análises laboratorial, análise estatística dos dados e confecção de mapas temáticos. A área de estudo localiza-se na área urbana da cidade de Porto Velho no Estado de Rondônia na latitude sul

com  $-08^{\circ}45'43''$  e longitude a oeste de *Greenwchi*  $-63^{\circ}54'14''$ , com altitude de 85,2 metros (Figura 1). O município de Porto Velho tem população estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística) de 426.558 habitantes sendo 391.014 na zona urbana de Porto Velho (IBGE, 2010).

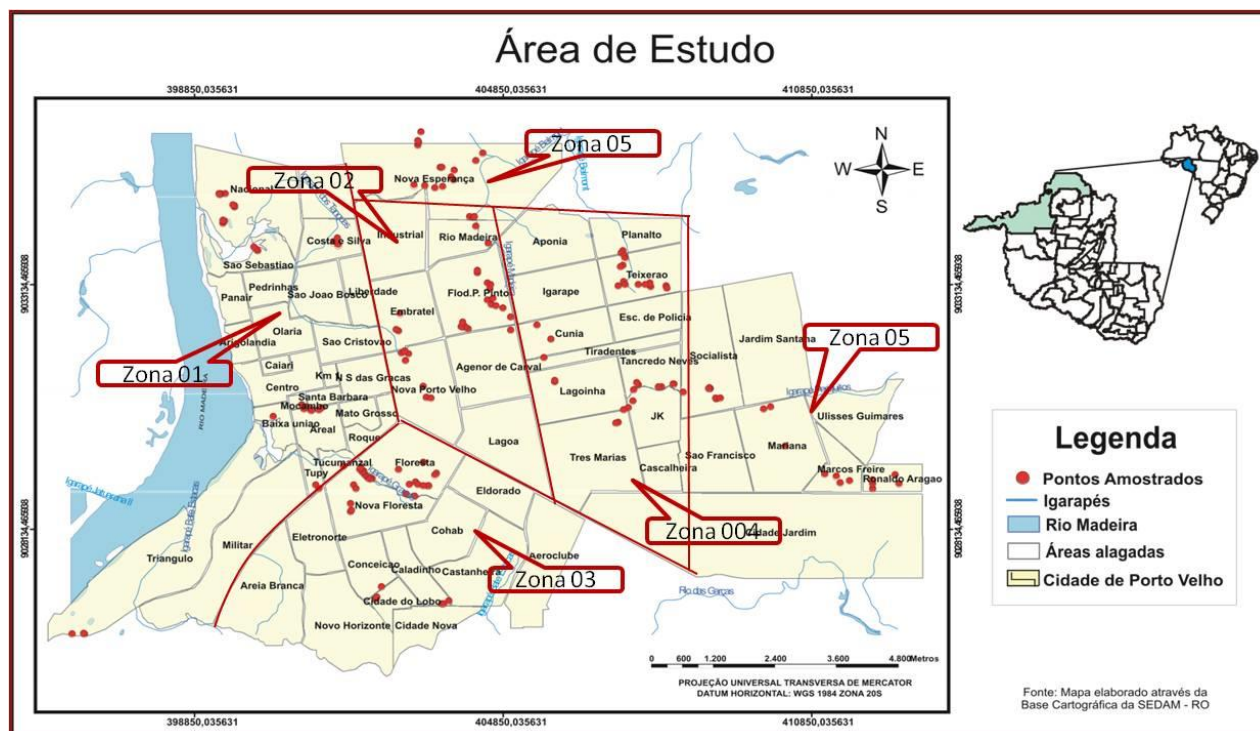


Figura 1 - Localização da área de estudo evidenciando os pontos amostrais distribuídos nas 5 zonas administrativas da área urbana da cidade de Porto Velho.

### Desenho Amostral e Coleta

Para elaboração do delineamento amostral partiu-se da divisão geopolítica do município que estabelece cinco setores, caracterizados por zonas administrativas, para a área urbana da cidade de Porto Velho (RO). A partir de então, deu-se ênfase principalmente aos bairros que são cortados por igarapés e de áreas de extensão urbana, consideradas periféricas. Os pontos amostrais foram distribuídos nas 5 zonas administrativas de Porto Velho: Zonas 1, 2, 3, 4 e 5 com 33 pontos amostrados nas zonas 1, 3, 4 e 5 e na zona 2 com 34 pontos amostrados, perfazendo um total de 166 pontos coletados.

O delineamento experimental foi determinado pelos níveis do lençol freático com a direção do fluxo da água subterrânea e da altimetria com suas declividades, indicado com os níveis piezométricos. Foram amostradas 3 alíquotas de água de cada ponto amostral para quantificação dos níveis bacteriológicos (coliformes totais e fecais). Os parâmetros físico-

químicos: temperatura da água, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido foram medidos *in loco* em todos os pontos.

Utilizou-se para no delineamento espacial o programa *Surfer 8* criando um arquivo a partir do mapa de coordenadas geográficas de latitude e longitude (XY), sendo Z as concentrações dos parâmetros a serem analisados trabalhando sempre com três variáveis. Criando-se um *grid* posteriormente a partir da planilha de dados mostrando as linhas de contorno, com o método utilizado da *minimum curvature* acionando a *cross validate* plotando o mapa gerado nas áreas, determinou-se seu *background*.

Os resultados foram planilhados, inicialmente em *Excel* e, posteriormente, no *Arcview*, e adicionados a um Banco de Dados para utilização no tratamento estatístico e gerando mapas espacializados com escalas das concentrações bacteriológicas e físico-químicas da qualidade da água.





As atividades de campo aconteceram inicialmente com o georreferenciamento dos poços “tipo amazonas”, com objetivo de elaborar uma amostragem intensional para as coletas de água. Poços amazonas, destinado a captar água subterrânea, também são chamados de cacimba, poço escavado, poço raso ou cisterna e são construídos manualmente perfurando o solo em diâmetro de cerca de 1,5m, com escala de profundidade na ordem de metros, revestido lateralmente com tijolo ou manilhas de concreto, ou sem revestimento.

As amostras foram coletadas a partir da adaptação/desenvolvimento de um equipamento semelhante a uma roldana com uma grade onde comporta um recipiente PET (Politereftalato de etileno) de 500 mL esterilizado para se alcançar a linha d’água no fundo do poço. Este equipamento possui um peso em sua base que alcança a profundidade do poço e fixa o recipiente sem deixá-lo submergir e sem encostar a parede lateral do poço, evitando assim a contaminação na coleta.

O georeferenciamento foi realizado utilizando um aparelho receptor de GPS (*Global Position System*, fabricante GARMIN’s®, mod. 12 XL *Personal Navigator*™). Utilizou-se também as coordenadas geodésicas com maior precisão no trabalho onde foram realizados levantamentos de dados marcando os pontos de amostragem. Para descarregar os dados coletados nos pontos amostrados no computador foi utilizando o *software* GPS Trackmaker-Pro versão 3.4 e os dados salvos em DXF.

As variáveis físico-químicas: pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido foram determinadas *in loco* fazendo uso dos aparelhos: pHmetro (SCHOTT – pH/mV Meter-handylab); Condutividade Elétrica (SCHOTT – Hand-Held Conductivity Meter-handylab LF1); Oxigênio Dissolvido e Temperatura (SCHOTT – Dissolved Oxygen Meter-handylab OX1), respectivamente.

A coleta das amostras de água dos poços foi realizada no período de águas altas (cheia) do ano de 2006 (janeiro) utilizando-se de garrafas tipo PET transparentes de 500 mL para as análises bacteriológicas e conservadas em um isopor com gelo até o laboratório e analisadas em período inferior a 12 horas a partir da coleta (RODRIGUES, 2008; LAUTHARTTE, 2013).

Este estudo fez parte de um projeto “guarda chuva” financiado pelo CNPq/Banco Mundial (PPG7-Fase II) e obteve aprovação no

Comitê de Ética em Pesquisa com envolvimento de seres humanos do Núcleo de Saúde da Fundação Universidade Federal de Rondônia – CEP/NUSAU/UNIR. Ressalta-se que não houve danos à dimensão física, psíquicas, morais, intelectuais, sociais, culturais ou espirituais dos participantes que foram convidados a responder um questionário e nos autorizar a coleta da água em seus respectivos poços. O estudo cumpriu todas as exigências da resolução CNS 196/96.

### **Procedimentos de Laboratório**

Os materiais utilizados para análise bacteriológica foram devidamente esterilizados em autoclave e a manipulação dos materiais foram realizados dentro da capela de fluxo laminar.

A análise se iniciou com a diluição de 100 vezes, onde se pipetou 1,0 mL da amostra aferindo a 100 mL com água deionizada estéril (previamente autoclavada). Em seguida, a amostra passou pelo processo de filtração através da membrana filtrante de acetato de celulose quadriculada (Millipore) de 0,45 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro. Após a filtração, as membranas foram colocadas sobre o meio de cultura *chromocult* (Coliforme Agar® da Merck com substrato cromogênico) e incubadas a 37°C por 24h. Posteriormente, foi contada a presença de colônias de coliformes totais (rosa/lilás) e de coliformes fecais (violetas/pretas), expressando-se o resultado em número mais provável em 100 mL (NMP/100 mL) (BRASIL, 2006<sup>b</sup>).

A partir da contagem destas colônias, calculou-se a densidade de coliformes presentes na amostra multiplicando-se pela diluição. Para a obtenção dos coliformes totais se somou os coliformes fecais com os não fecais de acordo com metodologia estabelecida pela CETESB (1988).

### **Resultados e Discussão**

A distribuição espacial do pH nas águas dos poços das cinco zonas distribuídas na área urbana da cidade de Porto Velho apresenta valores levemente ácidos na maioria das zonas (Figura 2). Na zona 1 a variação na água dos poços tem destaque para o bairro Nacional que apresentou o valor mais baixo (4,03). A zona 3 representada pelos bairros Floresta, Cidade do Lobo, Conceição e Caladinho e zona 5 pelos bairros Ronaldo Aragão e Marcos Freire, registraram valores de

pH entre 5,0 e 6,8. O pH mais baixo foi detectado no ponto 153 na zona 5, no bairro Nova Esperança (3,88), e o mais elevado no ponto 111, na zona 3 no Bairro Floresta (5,97).

A área estudada não teve grandes variações altimétricas (entre 66 e 99 m), os poços variaram entre 1,5 a 8,8 m de profundidade, revelando nível bastante superficial do lençol freático, o que facilita a contaminação de suas águas, sobretudo pela pequena distância entre as fossas e os poços (Tabela 1), embora não tenha apresentado significância estatística. A tabela 1 apresenta as informações físicas e químicas das águas do lençol freático na área urbana da cidade de Porto Velho (RO).

A zona 1, localizada no centro da cidade de Porto Velho, apresentou boa qualidade na água dos poços nos pontos 1 e 4 do bairro Nacional; no ponto 12 na Vila Tupi; nos pontos 17 e 19 no bairro Areal; no ponto 28 do bairro São Sebastião II e; nos pontos 31 e 32 no bairro Costa e Silva. A zona 2 também apresentou locais com boa qualidade, no ponto 38 no bairro Nova Porto Velho; no ponto 65 no bairro Flodoaldo Pontes Pinto e; no ponto 69 no bairro Alphaville.

Destaque para o ponto 48 do bairro Agenor de Carvalho que apresentou a concentração mais elevada da zona 2 (10.200 NMP/100mL).

Na zona 3 constatou-se que os pontos 96, 114 e 118 do bairro Floresta, os pontos 103 e 104 do bairro Nova Floresta e, o ponto 105 do bairro São João Batista apresentaram ausência de coliformes fecais, os demais pontos apresentaram coliformes fecais entre 200 e 15.400 NMP/100mL. A zona 4 também apresentou ausência em coliformes fecais nos pontos 79 no bairro Esperança da Comunidade; no ponto 85 no bairro Teixeira e; nos pontos 88 e 89 no bairro Tancredo Neves e os demais pontos variam de 100 e 15.400 NMP/100mL. A zona 5, considerada periférica, destaca-se pela ausência de coliformes fecais nas águas dos poços dos pontos 141 e 153 do bairro Nova Esperança, os demais pontos variando entre 100 e 15.400 NMP/100mL.

Todas as zonas da área urbana da cidade de Porto Velho encontram-se com a qualidade crítica da água de seus poços. A distribuição espacial das concentrações de coliformes fecais nas águas subterrâneas na cidade de Porto Velho pode ser observada na Figura 3 e na figura 4 a distribuição dos níveis piezométricos.

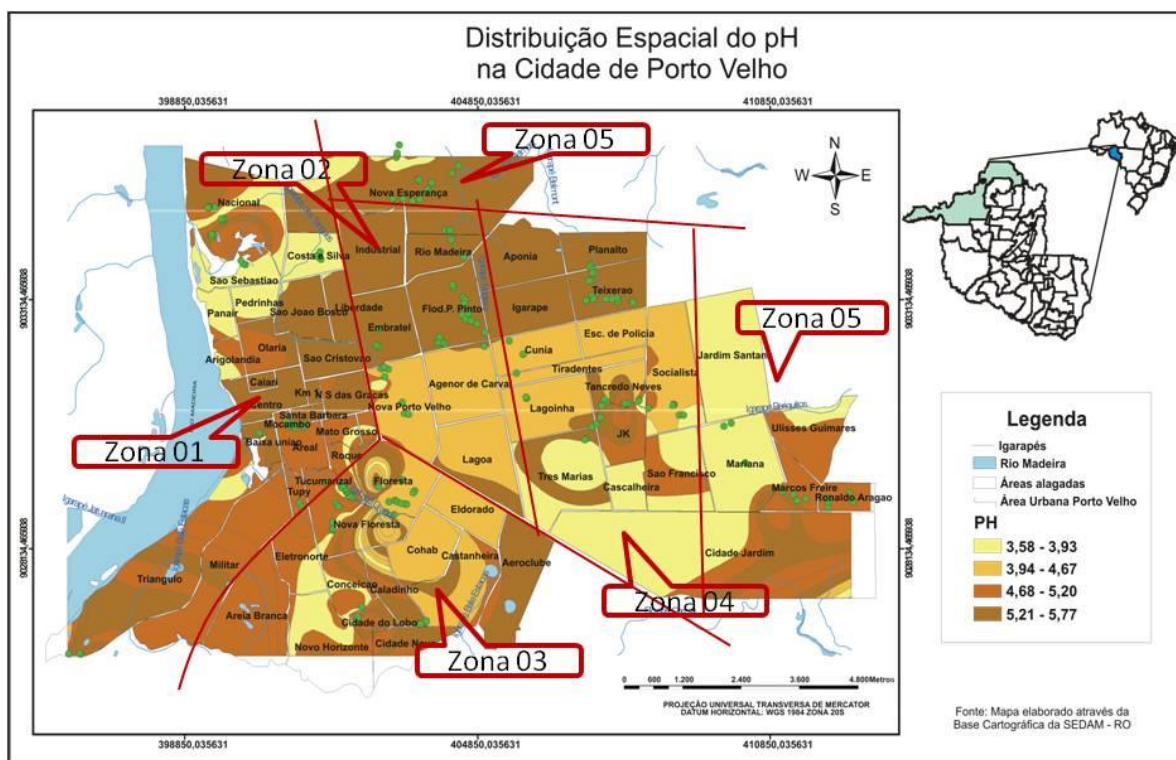


Figura 2 - Distribuição espacial das concentrações de pH nas águas subterrâneas da cidade de Porto Velho.

Tabela 1 - Resultados (média ± desvio padrão, mínimo e máximo) da estrutura física e dados físico-químicos da água dos poços amazonas distribuídos nas 5 zonas administrativas da área urbana da cidade de Porto Velho.

Parâmetros	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Altimetria (m)	81,45±14,19 (76,42-86,48)	97,35±5,88 (95,30-99,40)	92,81±6,93 (90,35-95,27)	95,12±10,18 (91,50-98,73)	96,18±4,62 (94,54-97,82)
Profundidade do Poço (m)	5,99±5,96 (3,88-8,11)	2,18±2,01 (1,47-2,88)	7,77±5,56 (5,80-9,74)	3,80±3,43 (2,58-5,02)	3,75±1,83 (3,10-4,40)
Distância entre Poço e Fossa (m)	17,85±9,33 (13,35-22,35)	19,84±8,41 (15,90-23,78)	15,85±8,42 (12,01-19,68)	17,12±5,65 (15,08-19,16)	17,83±5,51 (15,81-19,86)
Poço Ø (m)	0,98±0,17 (0,92-1,04)	0,92±0,18 (0,86-0,99)	0,94±0,17 (0,88-1,00)	0,96±0,17 (0,89-1,02)	0,94±0,17 (0,88-1,00)
pH	4,96±0,59 (4,75-5,17)	4,83±0,36 (4,70-4,95)	5,41±0,95 (5,07-5,75)	4,86±0,44 (4,70-5,02)	4,80±0,46 (4,64-4,97)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	3,19±1,55 (2,64-3,74)	2,21±0,94 (1,88-2,54)	3,35±1,39 (2,83-3,86)	2,10±1,49 (1,57-2,62)	2,95±1,47 (2,43-3,47)
Condutividade Elétrica (µS/cm)	22,62±37,22 (9,42-37,81)	62,62±30,08 (52,12-73,12)	50,99±31,19 (39-93-62,05)	56,84±39,65 (42,78-70,90)	37,38±24,95 (28,53-46,23)
Temperatura da Água (°C)	28,38±0,67 (28,14-28,62)	28,57±0,69 (28,33-28,81)	28,60±0,64 (28,37-28,83)	28,43±0,49 (28,25-28,61)	28,26±0,61 (28,04-28,48)

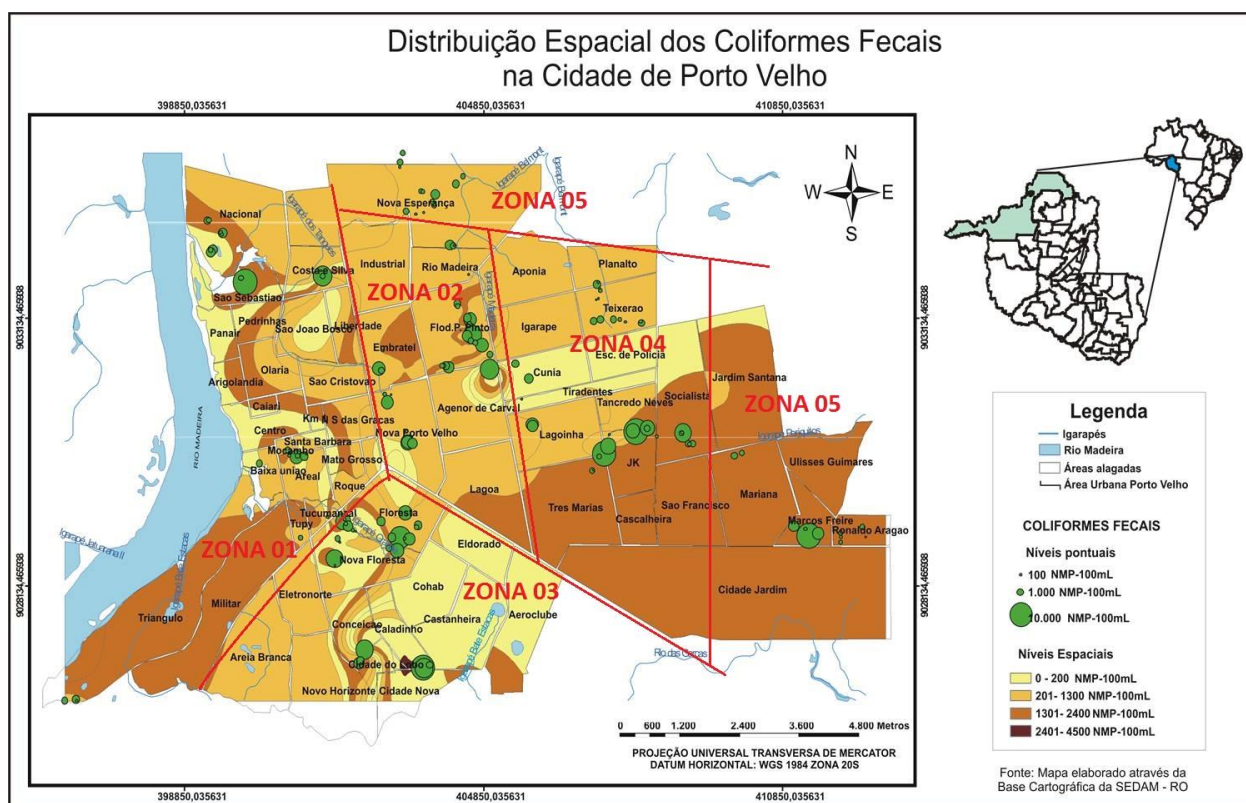


Figura 3 - Distribuição espacial dos níveis de coliformes fecais nas águas subterrâneas na área urbana da cidade de Porto Velho (RO).



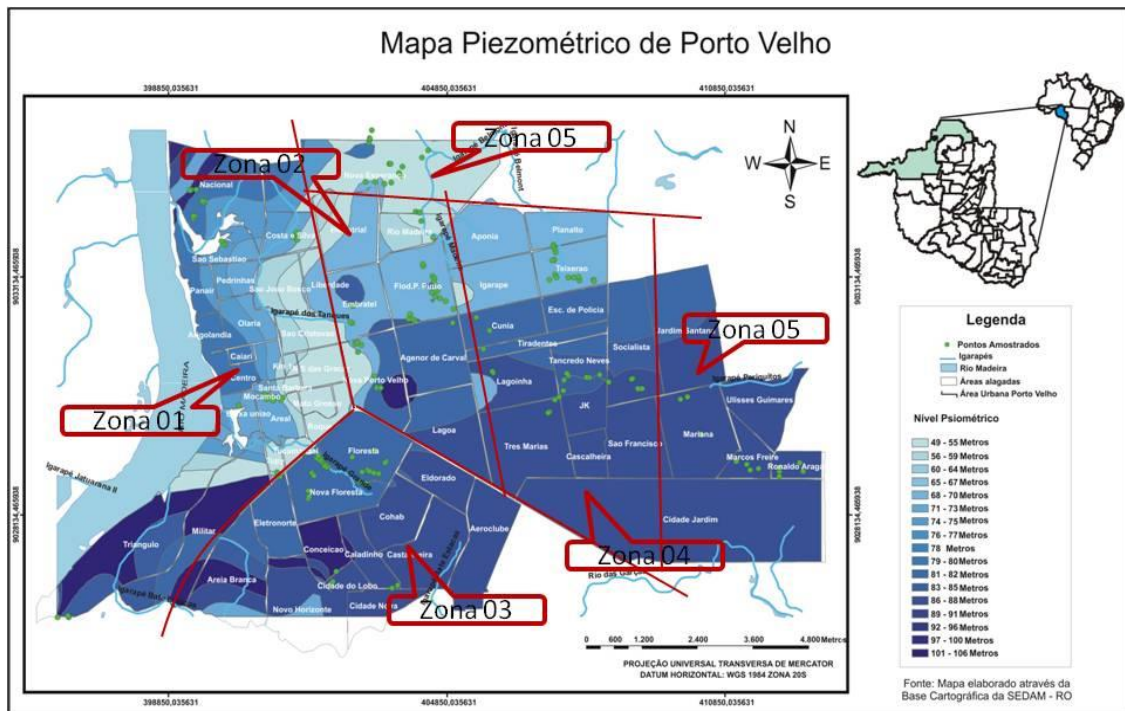


Figura 4. Distribuição espacial dos níveis piezométricos na cidade de Porto Velho (RO).

Observa-se na figura 5 que não houve diferença estatística significativa entre as 5 zonas ( $p=0.3585$ , teste Kruskal-Wallis e teste Dunn's de comparação múltipla,  $p>0.05$ ).

Os dados apresentaram uma grande variabilidade em todas as cinco zonas com percentuais de poços contaminados entre 79 a 94%. Um dos fatores que colabora significativamente para essa variabilidade e, conseqüente, aumento de contaminação das águas são os igarapés que cortam a cidade e que viraram depósito de lixo e de despejos de esgoto. De acordo com Zuffo et al.(2009) em trabalho realizado em águas subterrâneas do estado de Rondônia, foi detectado que em geral as concentrações de nível bacteriológico excede o nível tolerado para consumo humano. Vale ressaltar que a Resolução CONAMA 396/08, que rege sobre a qualidade de água subterrânea, determina que coliformes termotolerantes para água de consumo humano devem estar ausentes.

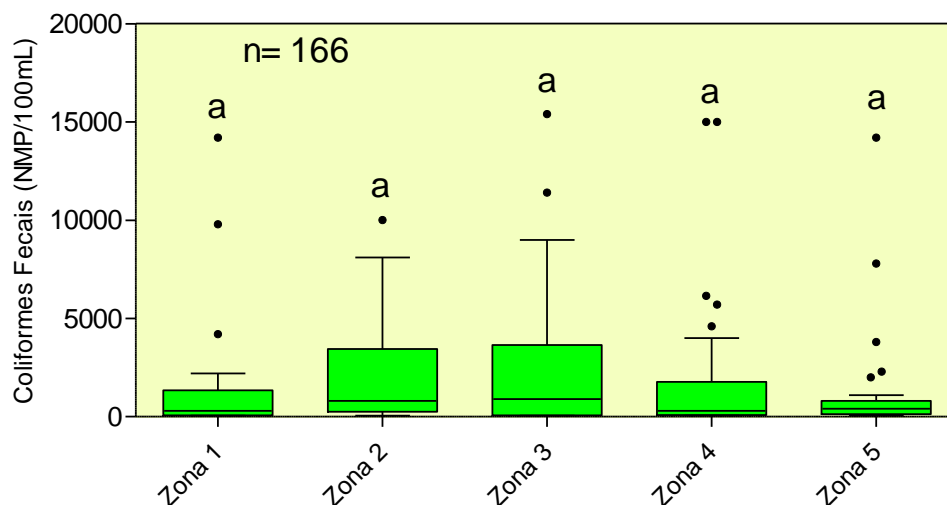


Figura 5 - Box plot apresentando as concentrações de coliformes fecais (NMP/100mL) nas águas dos poços “tipo amazonas” nas cinco zonas administrativas da área urbana da cidade de Porto Velho (Dunn's Multiple Comparison Test,  $p>0.05$ ).



### 3. Conclusão

As águas do lençol freático dos poços “tipo Amazonas” da área urbana da cidade de Porto Velho (RO) encontram-se com altos índices de contaminação bacteriológica indicando a presença de coliformes fecais, ou seja, impróprias para o consumo humano sem um tratamento prévio e, em alguns casos até para uso no lazer, conforme preconiza a legislação vigente no Brasil (BRASIL, 2005). Das 166 amostras coletadas 85% apresentaram coliformes fecais (Zona 1 com 79%; Zona 2 com 91%; Zona 3 com 79%; Zona 4 com 88% e; Zona 5 com 94%).

Os fatores que determinam à contaminação nos bairros são os fluxos elevados do lençol freático e sua direção, principalmente voltando-se para áreas mais baixas ocasionando um impacto maior nos menores declividades e, conseqüentemente, aumentando potencialmente o contágio da água, fato este que se associa principalmente a influência dos igarapés impactados pelos lançamentos de esgotos *in natura* contribuindo com o aumento desta contaminação.

A contribuição para os níveis bacteriológicos elevados nas águas dos poços esta prioritariamente ligada a falta de saneamento da cidade, complementada com fossas e sumidouros, sem critérios de segurança, com contribuições fluviais de lançamentos de resíduos domésticos e sólidos nas proximidades dos poços ou dentro de igarapés e córregos. Os níveis microbiológicos encontrados nesse estudo nas águas dos poços, em sua maioria acima dos limites permissíveis recomendados pelo Ministério da Saúde, encontram-se possivelmente ligados a distribuição dos níveis piezométricos.

Este estudo também aponta áreas mais críticas, como os bairros: Novo Porto Velho, Floresta, Nova Floresta e Agenor de Carvalho que devem ser promovidas ações dos órgãos responsáveis e constantemente monitorados. Isto significa que se não for implementada uma política de infra-estrutura adequada de saneamento básico na cidade os índices de doenças vinculadas à água crescerão de forma geométrica.

### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico) através dos projetos: PPG-7-Fase II/CNPq (Processo n°. 556934/2005-4); CT-Casadinho/CNPq (Processo n°. 552331/2011-2) e CT/PVE edital71/2013 – linha 2 (Processo n°. 400576/2013-9).

### Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

### Referências

- AL-KHASHMAN, O. A. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan: A three-year follow-up. **Water Resources Management**, v. 21, p. 1145-1163. 2007.
- BABA, Al.; TAYFUR, G. Groundwater contamination and its effect on health in Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 183, p. 77-94. 2011.
- BAHIA, M.A.S. **Caracterização Biogeoquímica de Águas Subterrâneas da Zona Urbana de Porto Velho**. 129p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém. 1997.
- BRASIL. **Resolução nº 196**, de 10 de outubro de 1996. Conselho Nacional de Saúde. [online] 1996. [acesso 27 dez. 2014] Disponível: [conselho.saude.gov.br/docs/Reso196.doc](http://conselho.saude.gov.br/docs/Reso196.doc).
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 408 p. 2006<sup>a</sup>.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. (Série B. Textos Básicos de Saúde). Brasília: Ministério da Saúde, 212 p. 2006<sup>b</sup>.
- CETESB. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo: CETESB, 1988.
- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTO DE RONDÔNIA-CAERD. **Diagnóstico dos serviços de saneamento básico do Estado de Rondônia**. Porto Velho: Porto Velho. 2001.
- CONAMA. **Resolução nº 396**, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. 2008.





CONAMA. **Resolução nº 357** de 17 de março de 2005.

(<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>). Accessed on 01/03/2013. 2005.

COSTA, W. D.; SILVA, A.B. **Hidrogeologia dos meios anisotrópicos**. In: Feitosa, A. C.; Manoel Filho, J. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 2. ed. Fortaleza: CPRM. p. 133-174. 2000.

DRAGON, K. The Influence of Anthropogenic Contamination on the Groundwater Chemistry of a Semi-confined Aquifer (The Wielkopolska Buried Valley Aquifer, Poland). **Water Resources Management**, v. 22, p. 343-355. 2008.

HIDROGEOLOGIA. **Conceitos e Aplicações**, CPRM, 2 edição, 3-5p, 2000. IBGE. 2013. <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=110020> acessado dia 16.08.2014.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Consultado em: 20 dez. 2014.

JAMEEL, A. A.; HUSSAIN, A. Z. Monitoring the quality of groundwater on the bank of Uyyakondan channel of river Cauvery at Tiruchirappalli, Tamil Nadu - India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 183, p. 103-111. 2011.

LAUTHARTTE, L.C. **Avaliação da qualidade da água subterrânea no Distrito de Jacy-Paraná, Município de Porto Velho (RO)**. 66p. Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente/UNIR, Porto Velho, RO. 2013

PNUD. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/home/>. 2006. Data de acesso: 27/12/06.

PNUD. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. Informe sobre desarrollo humano. 28p. 2014. <http://www.pnud.org.br/arquivos/rdh2014es.pdf>. Acesso em 17/08/2014.

RODRIGUES, E.R.D. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho - Rondônia – Brasil**. 70p. Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente/UNIR, Porto Velho, RO. 2008.

ROY, J. W.; BICKERTON, G. Toxic Groundwater Contaminants: An Overlooked Contributor to Urban Stream Syndrome? **Environmental Science & Technology**. 2011.

SCHWICKARDT, J.C; LIMA, N.T. Os cientistas brasileiros visitam a Amazônia: as viagens científicas de Oswaldo Cruz e Carlos Chagas (1910-1913). **Hist. Cienc. Saúde-Manguinhos** vol.14 (suppl):15-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702007000500002>. 2007.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. 2011. Data de acesso: 17/08/2014.

ZUFFO, C.L; ABREU, F.A.M; CAVALCANTE, I.N; NASCIMENTO, G.F; **Águas subterrâneas em Rondônia: análise estatística de dados hidroquímicos, organolépticos e bacteriológicos**. Rev. Inst. Geol. vol.30 n.º.1-2 São Paulo ene.-dec. 2009 <http://dx.doi.org/10.5935/0100929X.20090005>. 2009.