



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA  
CONSUMO HUMANO: ESTUDO DE CASO NO DISTRITO DE  
JACI-PARANÁ, PORTO VELHO – RO

*ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY FOR HUMAN  
CONSUMPTION: A CASE STUDY OF JACI-PARANÁ DISTRICT, PORTO  
VELHO – RO*

Leidiane Caroline Lauthartte<sup>1</sup>; Ígor Bruno Barbosa de Holanda<sup>1</sup>; Cleber Calado  
Luz<sup>1</sup>; Marília Higino Mussy<sup>1</sup>; Susamar Pansini<sup>1</sup>; Ângelo Gilberto Manzatto<sup>1</sup>;  
Miyuki Yamashita<sup>2</sup>; Wanderley Rodrigues Bastos<sup>1</sup>

Artigo recebido em: 28/12/2015 e aceito para publicação em: 03/07/2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v30i2.28547>

**Resumo:** O Distrito de Jaci-Paraná possui uma população média de 18.000 habitantes e está situado a 87 km do município de Porto Velho, Rondônia, Amazônia Ocidental. Neste distrito o saneamento básico é inexistente. Assim, a captação de água é realizada por meio de poços, principalmente “poços amazonas” e os rejeitos de esgotos são lançados a céu aberto, fossas negras ou pequenos igarapés. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos por meio dos seguintes parâmetros: condutividade elétrica, cor aparente, pH, constituintes iônicos, tais como: fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato, sulfato, lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio, além de análises microbiológicas de coliformes fecais e coliformes totais. A coleta das amostras foi realizada nos meses de dezembro/2011 e maio/2012. Todas as 82 amostras analisadas apresentaram contaminação por coliformes totais e 42,3% das amostras de água apresentaram níveis de nitrato acima do valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2.914/2011 para potabilidade de água, que é de 10 mg L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Jaci-Paraná. Saneamento básico. Potabilidade da água.

**Abstract:** The Jaci-Paraná District has an average population of 18.000 inhabitants and is situated at 87 km from the city of Porto Velho, Rondônia, Western Amazon. In this district sanitation is non-existent. Thus, the water abstraction is carried from wells, mainly "amazons" and sewage wastes are thrown in the open, black pits or small streams. This study aimed to evaluate the quality of groundwater resources through the following parameters: electrical conductivity, apparent color, pH, ionic constituents, such as fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate, phosphate, sulfate, lithium, sodium, ammonium, potassium, calcium and magnesium, and microbiological analysis of fecal coliforms and total coliforms. The collection of samples was conducted in the months of December/2011 and May/2012. All 82 samples were contaminated by total coliforms and 42.3% of water samples had nitrate levels above the maximum value allowed by the MS Ordinance 2914/2011 for potability of water, which is 10 mg L<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Jaci-Paraná. Basic sanitation. Water potability. MS Ordinance 2914/2011.

## 1 INTRODUÇÃO

É sabido que uma infraestrutura de saneamento básico adequada leva a um menor gasto público com saúde pública (BRASIL, 2004). Entretanto, existem inúmeras regiões que ainda não apresentam sistemas

apropriados de abastecimento de água, esgotos sanitários e coleta de resíduos sólidos (IBGE, 2011; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (WHO, 2012), mais de 780 milhões de pessoas não têm acesso a fontes

<sup>1</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia ([leidianequimica@gmail.com](mailto:leidianequimica@gmail.com), [igorbruno16@gmail.com](mailto:igorbruno16@gmail.com), [cleberquimico@gmail.com](mailto:cleberquimico@gmail.com), [mussymhm@gmail.com](mailto:mussymhm@gmail.com), [susamarpansini@gmail.com](mailto:susamarpansini@gmail.com), [manzatto@unir.br](mailto:manzatto@unir.br), [wanderbastos@yahoo.com.br](mailto:wanderbastos@yahoo.com.br))

<sup>2</sup> Universidade Federal do Alagoas ([miyyama@gmail.com](mailto:miyyama@gmail.com))

melhoradas de água potável e destas, 2,5 bilhões não têm saneamento básico. No Brasil pouco mais de 20% da população desfruta de acesso de água de boa qualidade e de saneamento básico desde 2005 (WHO, 2012).

O município de Porto Velho, Rondônia, apresenta uma das menores coberturas de abastecimento de água do Brasil com apenas 32,7% da população total segundo o Ministério das Cidades no ano de 2010 (SNSA, 2012) e um índice igual a 1,5% de atendimento para a rede de esgotos.

O crescimento demográfico é um fator que pode provocar impactos sobre a qualidade das águas (BRASIL, 2011). Dentre os impactos, podem ser destacados aqueles oriundos da deficiente gestão das bacias hidrográficas, como desmatamento de áreas próximas aos corpos d'água e lançamento de efluentes sem tratamento, que pode acarretar na poluição do solo e as águas (PELÁEZ-RODRÍGUEZ, 2001).

Na região Amazônica, o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística apresentou um aumento abrupto na taxa de crescimento populacional de 1,63 até 2001 para 2,09 em 2010 (IBGE, 2010). À medida que cresce a população e as cidades da região, aumenta também a demanda de água para abastecimento público e eleva-se a geração de esgotos não coletados e não tratados.

O Distrito de Jaci-Paraná tem mais 100 anos de existência e não possuía rede de tratamento de água e de esgotos até o ano de 2015

(<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2015/12/distrito-de-jaci-parana-recebe-estacao-de-tratamento-de-agua-em-ro.html>).

Atualmente, apenas uma parte da população (3.600 habitantes) é atendida com abastecimento de água tratada.

Este distrito tem uma população

estimada em 18.000 habitantes que captam água subterrânea através de poços e utilizam sistema de fossas sépticas como rejeito de esgotos sem tratamento, as quais geralmente são mal construídas e próximas dos poços de captação de água comprometendo a qualidade dos recursos hídricos e, conseqüentemente, a saúde da população local.

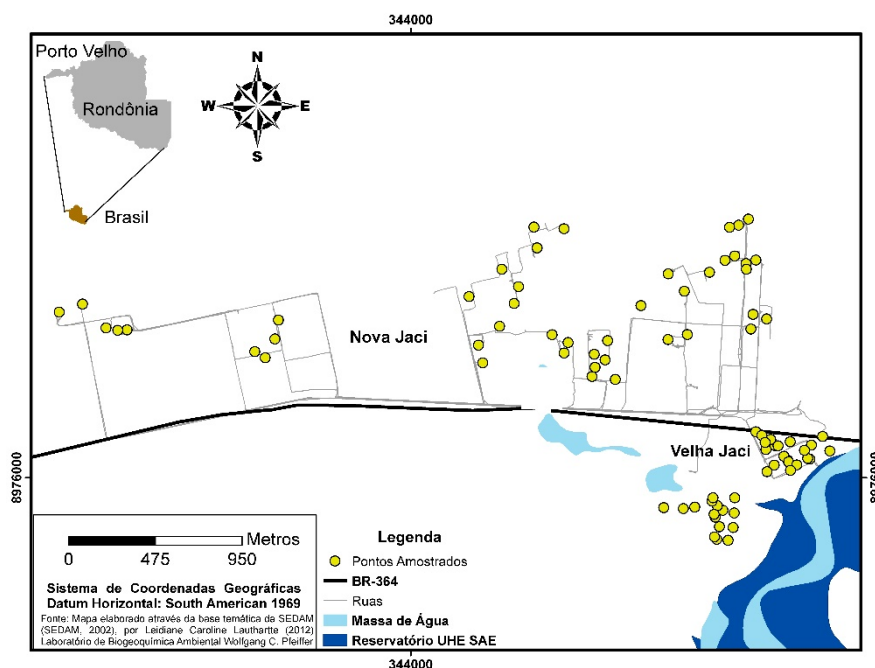
Somado a estes fatores, Jaci-Paraná é considerada área de influência direta (AID) da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio (UHE – Santo Antônio) devido ao enchimento do reservatório para geração de eletricidade (SAESA, 2012).

O enchimento de um reservatório interfere no comportamento das águas subterrâneas, provocando a criação de áreas úmidas e alagadas, afloramento, interferência em estruturas enterradas, em redes de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, afogamento de poços e cacimbas, bem como o afogamento do sistema radicular da vegetação adjacente (SAESA, 2012). Estes fatores podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas pela penetração de contaminantes provenientes de rejeitos e esgotos domésticos.

Portanto, torna-se importante uma avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Jaci-Paraná e das condições ecológicas para que se possa subsidiar o gerenciamento dos recursos hídricos no Distrito de Jaci-Paraná.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o Distrito urbano de Jaci-Paraná que está situado a 87 km do centro de Porto Velho (Rondônia) entre as margens da Rodovia BR-364 sentido Acre (Figura 1).



**Figura 1** – Mapa com a localização dos pontos amostrais no Distrito de Jaci-Paraná  
**Figure 1** - Map showing locations of sampling sites in the Jaci-Paraná District

Desde o ano de 2009, o distrito vem recebendo um grande fluxo migratório devido ao início das obras da Usina Hidrelétrica de Jirau (UHE Jirau), distante 20 km deste distrito e da recém-criada vila Nova Mutum, que abriga a população do extinto Distrito de Mutum-Paraná, inundado pelo reservatório formado pela UHE de Jirau (SVS, 2010).

O estado de Rondônia apresenta clima tropical úmido e quente, durante todo o ano (RONDÔNIA, 2002). Segundo a classificação de Köppen (1948) (TEJAS et al., 2012), o Estado de Rondônia está sob a influência do clima do tipo Aw - clima tropical chuvoso, com média anual da precipitação pluvial variando entre 1.400 e 2.500 mm/ano, e a média anual da temperatura do ar entre 24 e 26 °C, sendo que as maiores precipitações ocorrem nos meses de dezembro a março e o período de estiagem se estende de julho a setembro (RONDÔNIA, 2002).

De acordo com dados do Estudo de Impacto Ambiental da UHE Santo Antônio (EIA/RIMA, 2004), ocorre na região do distrito de Jaci-Paraná as seguintes unidades hidrogeológicas: Aquíferos Intergranulares Descontínuos Livres que

correspondem aos sedimentos terciários da Formação Jaci-Paraná compostos por terraços arenosos e sedimentos aluvionares recentes, também de composição predominantemente arenosa. Esta unidade pode ser considerada como representativa dos melhores aquíferos da região.

Podem ocorrer, também, os Aquíferos Intergranulares Descontínuos Livres a Semi Confinados, representados pelos pediplanos argilo-silto arenosos da Formação Jaci-Paraná e sedimentos aluvionares indiscriminados (EIA/RIMA, 2004). Estes aquíferos não fornecem vazões semelhantes aos aquíferos intergranulares descontínuos livres, devido à presença de argila.

A contaminação de um aquífero pode estar relacionada com o tipo de solo e com a profundidade deste, tornando evidente que, os aquíferos livres são mais susceptíveis aos efeitos de ações antropogênicas do que os confinados e semi-confinados (LIMA, 2008).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

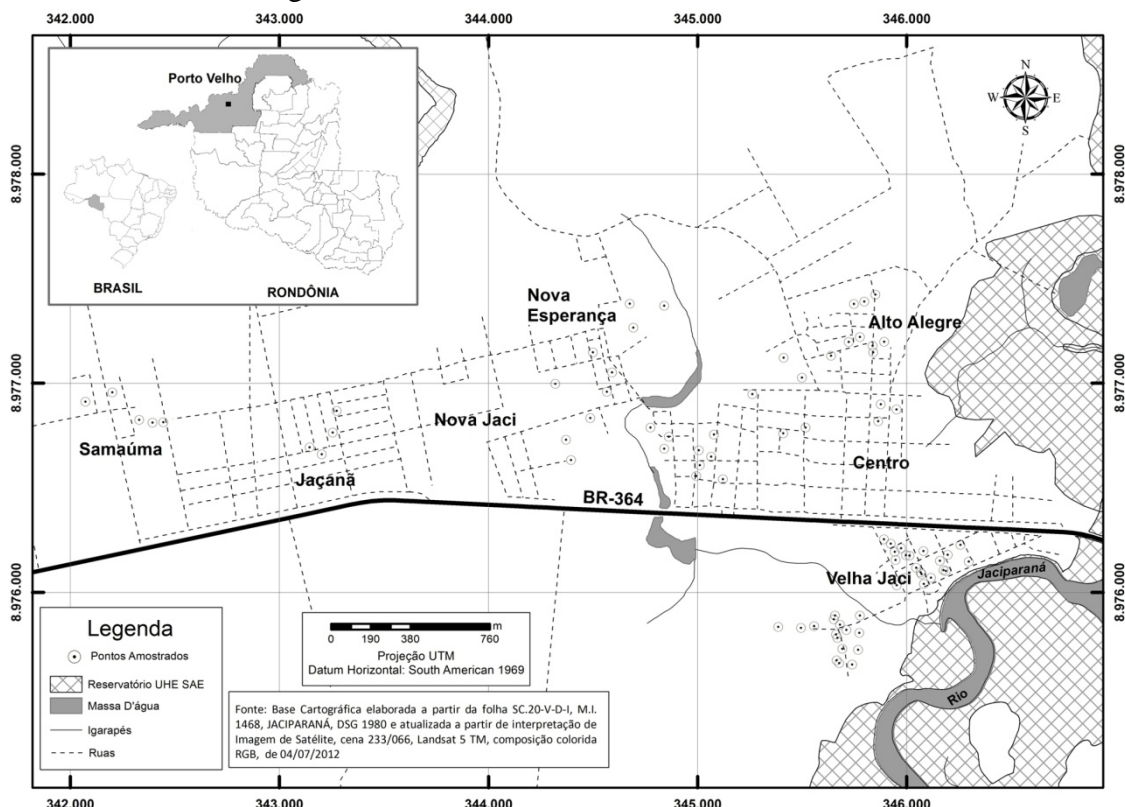
As coletas das amostras de água foram realizadas exclusivamente em poços

“amazonas”. Foram coletadas 36 amostras de água no bairro Velha Jaci e 46 na região de Nova Jaci.

A região denominada de Velha Jaci é o bairro mais antigo do distrito, localizado no lado esquerdo da rodovia, sentido ao Acre. A região de Nova Jaci é

representada pelos bairros: Alto Alegre, Centro, Jaçanã, Nova Esperança e Samaúma e está localizada ao lado direito da rodovia.

A figura 2 mostra a divisão geopolítica e os bairros do Distrito de Jaci-Paraná.



**Figura 2** – Mapa representando a divisão geopolítica do Distrito de Jaci-Paraná

**Figure 2** - Map showing the geopolitical division of Jaci-Paraná District

Os pontos de coleta foram escolhidos observando-se diferenças de altitude do terreno, distância de aproximadamente 200 metros entre um ponto e outro, proximidade às possíveis fontes de contaminação, tais como: fossas negras ou sépticas e o descarte de resíduos sólidos.

As atividades de coleta de amostras ocorreram durante o período de águas altas da região. Coletaram-se 82 amostras de água provenientes poços “amazonas”. Durante a coleta, os poços amostrados e as fossas negras e sépticas mais próximas foram georreferenciados, utilizando-se o aparelho de GPS - *global positioning system* (GARMIN – GPSmap 60CSx).

As amostras foram cadastradas e processadas no Laboratório de

Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer, Fundação Universidade Federal de Rondônia.

Durante a coleta foi aplicado um questionário com o proprietário, para levantamento de informações a respeito da construção do poço, do perfil do usuário do recurso e a análise de sua percepção sobre a qualidade da água.

Coletaram-se, primeiramente, as amostras para determinação microbiológica. Foi utilizada a metodologia descrita por Rodrigues (2008) para a qual se coletou, aproximadamente, 400 mL de água e foram adicionadas 8 gotas de solução tiosulfato de sódio (10%). As amostras foram armazenadas à cerca de 4 °C e encaminhadas para análise num período inferior a 24 horas a partir da

coleta.

Após, efetuou-se a coleta de água em tubos do tipo “Falcon” de 50 mL para determinação de cor aparente e outro para a quantificação dos ânions e cátions: fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato, sulfato, lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio.

Os parâmetros de condutividade elétrica (CE) e pH foram medidos *in loco* utilizando-se um condutivímetro (WTW – Cond 315i) e um pHmetro portátil microprocessado (Quimis).

Os ensaios microbiológicos foram realizados seguindo-se da metodologia descrita para coliformes totais e coliformes termotolerantes (*E. coli*) (APHA, 1995).

Para a determinação da cor aparente efetuou-se a comparação de soluções padrões de platina-cobalto seguindo-se o método descrito por APHA (1995).

A determinação dos constituintes iônicos foi realizada por cromatografia iônica com detector de condutividade elétrica (METROHM – 882 *Compact IC plus*).

Os dados obtidos neste estudo foram organizados em uma matriz contendo as informações das 82 amostras analisadas e as 18 variáveis estudadas: altitude do terreno, distância entre a fossa mais próxima e o poço, condutividade elétrica, pH, coliformes totais e os seguintes ânions: fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato, sulfato, e cátions: lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio.

Foi realizada a Análise dos Componentes Principais (ACP) utilizando-se do pacote estatístico XLSTAT (2010). A ACP é um método de ordenação dos dados que se baseia em uma matriz de semelhança estabelecendo um conjunto de eixos perpendiculares. Cada eixo corresponde a um autovetor dessa matriz com um comprimento característico. Esses comprimentos correspondem aos  $n$

autovalores da matriz. Desse modo, o primeiro eixo da componente principal, sobre o qual serão ordenadas as amostras, representará a maior parte da variação dos dados, proporcionando informações sobre as semelhanças das amostras.

Nesta análise, os escores fornecem a composição das componentes principais em relação aos objetos (amostras) enquanto os *loadings* (cargas) fornecem essa mesma composição em relação às variáveis (REPULA e QUINÁIA, 2009).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo abordou os poços rasos com profundidade média de 8,20 metros, variando de 1,0 a 17,0. A água captada desses poços pela população é utilizada para uso doméstico, irrigação e dessedentação de pessoas e de animais. A tabela 1 apresenta os dados relativos ao cadastramento dos poços.

Os valores de condutividade elétrica encontrados nas águas subterrâneas dos poços de Jaci-Paraná foram bastante variáveis 14,70 – 1.084,00  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , com desvio padrão de 144,76. Valores de condutividade elétrica podem variar de acordo com a temperatura, a concentração total de íons dissolvidos e com o pH da solução (ESTEVES, 1998).

Para as amostras analisadas, os valores de pH foram relativamente baixos, variando entre 2,61 (mínimo) e 5,21 (máximo), sendo as águas classificadas como ácidas ou levemente ácidas. O pH recomendado é de 6,0 a 9,5 para água de consumo humano na Portaria MS nº 2.914/2011, na saída do sistema de distribuição. Segundo Bahia et al. (2011), a abundância de chuvas e a decomposição da matéria orgânica provocam aumento da produção de substâncias ácidas nas águas subterrâneas e diminuição do pH, o que é considerado normal para ambientes da região Amazônica.

**Tabela 1** – Cadastro dos poços, coordenadas geográficas UTM Datum SAD 69, Zona 20L, altitude e distância entre a fossa séptica mais próxima em relação ao poço

**Table 1** – Registration of wells, geographic coordinates UTM Datum SAD 69, 20L zone, elevation and distance between the septic tank in relation to the well (continua)

Código de Campo	Localidade	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)	Distância entre fossa e poço - DFP (m)
		Longitude	Latitude		
PÇ 01	Centro	345410,28	8976760,68	96,74	36,19
PÇ 02	Velha Jaci	346187,98	8976102,70	78,95	25,00
PÇ 03	Velha Jaci	346066,98	8976096,00	79,43	27,00
PÇ 04	Nova Esperança	344993,80	8976557,22	92,17	31,19
PÇ 05	Centro	345121,72	8976541,13	93,61	17,70
PÇ 06	Centro	345864,54	8976818,30	86,64	13,00
PÇ 07	Centro	345876,49	8976899,70	86,40	21,21
PÇ 08	Centro	345951,44	8976874,84	82,80	24,12
PÇ 09	Centro	345892,35	8977198,16	85,20	22,70
PÇ 10	Alto Alegre	346257,84	8976227,53	82,32	28,40
PÇ 11	Alto Alegre	345797,66	8977390,92	98,42	18,29
PÇ 12	Alto Alegre	345747,83	8977379,07	98,90	11,66
PÇ 13	Centro	345850,86	8977424,54	98,18	14,90
PÇ 14	Alto Alegre	345837,56	8977179,13	89,05	29,37
PÇ 15	Alto Alegre	345840,31	8977147,94	88,09	6,90
PÇ 16	Alto Alegre	345776,72	8977221,21	89,77	10,00
PÇ 17	Alto Alegre	345723,26	8977197,10	97,22	19,38
PÇ 18	Jaçanã	343255,81	8976764,57	103,71	17,90
PÇ 19	Jaçanã	343274,60	8976868,45	104,91	26,80
PÇ 20	Jaçanã	343202,92	8976660,81	106,11	11,10
PÇ 21	Jaçanã	343145,48	8976694,26	104,91	15,30
PÇ 22	Samaúma	342445,42	8976813,97	101,06	14,80
PÇ 23	Samaúma	342394,00	8976811,56	101,30	19,00
PÇ 24	Velha Jaci	345891,88	8976253,85	99,38	13,60
PÇ 25	Velha Jaci	345947,23	8976155,49	84,96	4,00
PÇ 26	Velha Jaci	346080,63	8976198,17	79,19	21,70
PÇ 27	Velha Jaci	346196,94	8976179,79	75,35	13,50
PÇ 28	Samaúma	342330,12	8976825,31	97,22	16,40
PÇ 29	Samaúma	342201,59	8976956,43	110,44	23,08
PÇ 30	Samaúma	342073,13	8976911,66	102,03	17,00
PÇ 31	Centro	345516,49	8976788,57	98,18	22,60
PÇ 32	Centro	345499,98	8977027,00	100,58	20,11
PÇ 33	Nova Esperança	345262,10	8976948,06	102,03	12,35
PÇ 34	Alto Alegre	345638,31	8977131,56	92,41	15,13
PÇ 35	Alto Alegre	345411,90	8977122,36	96,26	24,20
PÇ 36	Nova Esperança	345065,33	8976649,12	91,21	27,10
PÇ 37	Nova Esperança	345079,08	8976755,10	96,26	17,16
PÇ 38	Nova Esperança	345006,06	8976679,64	96,50	21,13
PÇ 39	Nova Esperança	345010,91	8976607,89	95,78	16,40
PÇ 40	Nova Esperança	344862,96	8976744,54	96,26	19,20
PÇ 41	Nova Esperança	344841,07	8976687,11	94,33	7,14
PÇ 42	Nova Esperança	344775,31	8976787,96	98,42	9,90
PÇ 43	Nova Esperança	344487,26	8976833,58	102,51	18,30
PÇ 44	Nova Esperança	344395,45	8976632,85	103,95	22,45
PÇ 45	Nova Esperança	344371,85	8976730,37	102,75	23,70
PÇ 46	Jaçanã	344319,86	8976997,36	104,43	16,00
PÇ 47	Nova Esperança	344499,98	8977148,09	109,48	16,21
PÇ 48	Nova Esperança	344591,21	8977051,99	105,39	19,23
PÇ 49	Nova Esperança	344566,67	8976959,82	101,54	17,40
PÇ 50	Nova Esperança	344693,14	8977265,77	109,72	23,31
PÇ 51	Nova Esperança	344675,64	8977380,25	108,03	18,40
PÇ 52	Nova Esperança	344840,63	8977371,27	100,58	12,50

**Tabela 1** – Cadastro dos poços, coordenadas geográficas UTM Datum SAD 69, Zona 20L, altitude e distância entre a fossa séptica mais próxima em relação ao poço

**Table 1** – Registration of wells, geographic coordinates UTM Datum SAD 69, 20L zone, elevation and distance between the septic tank in relation to the well (conclusão)

Código de Campo	Localidade	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)	Distância entre fossa e poço - DFP (m)
		Longitude	Latitude		
PÇ 53	Velha Jaci	345677,40	8975661,48	84,72	17,75
PÇ 54	Velha Jaci	345739,74	8975655,69	85,44	11,53
PÇ 55	Velha Jaci	345711,71	8975820,87	85,44	3,00
PÇ 56	Velha Jaci	345776,69	8975889,62	80,88	31,27
PÇ 57	Velha Jaci	345681,16	8975845,98	81,84	25,23
PÇ 58	Velha Jaci	345692,60	8975730,21	86,88	18,37
PÇ 59	Velha Jaci	345665,35	8975675,00	89,53	23,18
PÇ 60	Velha Jaci	345669,20	8975782,95	87,61	10,54
PÇ 61	Velha Jaci	345767,94	8975725,91	91,69	11,26
PÇ 62	Velha Jaci	345662,79	8975798,54	88,09	9,14
PÇ 63	Velha Jaci	345773,80	8975806,54	83,52	66,93
PÇ 64	Velha Jaci	345652,37	8975871,13	84,00	13,17
PÇ 65	Velha Jaci	345657,52	8975889,82	84,72	28,00
PÇ 66	Velha Jaci	345557,41	8975838,55	84,68	18,14
PÇ 67	Velha Jaci	345386,69	8975835,62	88,57	117,69
PÇ 68	Velha Jaci	345494,82	8975830,28	87,37	11,10
PÇ 69	Velha Jaci	345953,02	8976033,73	83,76	10,69
PÇ 70	Velha Jaci	345992,69	8976069,75	83,28	24,45
PÇ 71	Velha Jaci	346046,02	8976118,08	82,08	19,49
PÇ 72	Velha Jaci	346071,97	8976087,67	75,35	18,89
PÇ 73	Velha Jaci	345997,09	8976177,81	78,47	19,53
PÇ 74	Velha Jaci	346013,69	8976176,08	82,32	18,17
PÇ 75	Velha Jaci	345973,95	8976210,92	89,29	21,33
PÇ 76	Velha Jaci	345924,46	8976233,28	90,97	31,21
PÇ 77	Velha Jaci	345943,23	8976194,36	91,45	6,78
PÇ 78	Velha Jaci	346116,45	8976070,60	89,29	13,65
PÇ 79	Velha Jaci	346082,12	8976041,18	88,33	30,60
PÇ 80	Velha Jaci	346176,11	8976106,10	87,61	18,14
PÇ 81	Velha Jaci	346158,92	8976151,10	87,61	10,25
PÇ 82	Velha Jaci	346297,73	8976147,52	85,68	14,27

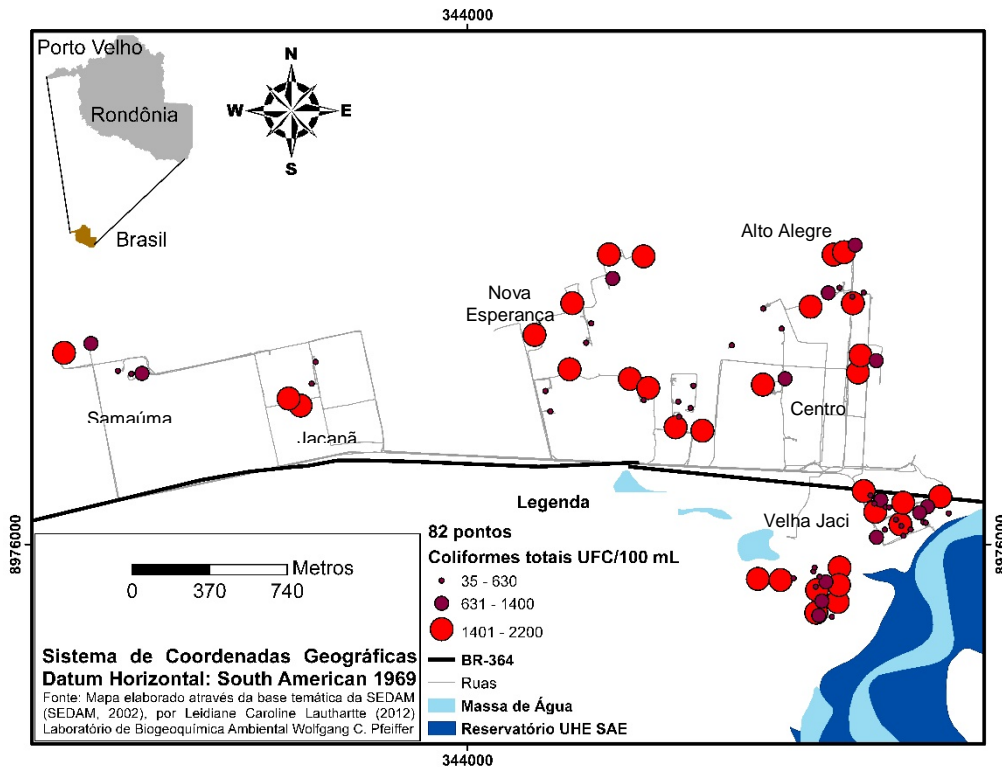
As análises realizadas para cor aparente demonstram organolepticamente a qualidade da água. Em 34 poços, os resultados estão em conformidade com a Portaria MS nº 2.914/2011 (abaixo de 15,00 µH). Os demais poços apresentaram valores acima do permitido. Os resultados variaram de 0,00 a 50,00 µH.

Em 100% dos poços amostrados foi verificada a presença de coliformes totais, representando que na região estudada, a população não dispõe de água de qualidade para o consumo. A figura 3 mostra a

distribuição espacial dos coliformes totais nos 82 pontos amostrados.

Os coliformes totais são bactérias cuja presença indica que a água pode estar contaminada com dejetos humanos ou de animais (ÖZLER e AYDIN, 2008). Doenças causadas por esses microrganismos de dejetos podem causar diarreia, cólicas, náuseas, dores de cabeça, ou outros sintomas, além de representar especial risco à saúde para bebês, crianças e pessoas com sistema imune severamente comprometido (ÖZLER e AYDIN, 2008).





**Figura 3** – Representação esquemática da distribuição espacial dos teores de coliformes totais em 82 poços no Distrito de Jaci-Paraná.

**Figure 3** - Schematic representation of the spatial distribution of levels of total coliforms in 82 wells in Jaci-Paraná District.

Durante a coleta de amostras, observou-se que as fossas negras ou sépticas utilizadas pelos moradores para o depósito de esgoto doméstico, são mal construídas e próximas dos poços. Segundo Silva (2008) os produtos orgânicos e inorgânicos lançados em sistemas rudimentares, fossas negras ou fossas sépticas, chegam, em muitos casos, com relativa facilidade ao lençol freático, introduzindo substâncias tóxicas e

aumentando as concentrações de alguns íons na água subterrânea, além de microrganismos que podem ser patogênicos.

Os resultados para ânions e cátions revelou que as concentrações da maioria dos íons analisados na água dos poços estiveram abaixo dos valores preconizados na Portaria 2.914/2011/MS conforme apresentados na tabela 2.



**Tabela 2** – Limites de detecção e limites de quantificação, amplitude de variação, média e desvio padrão de ânions e cátions ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para águas subterrâneas de Jaci-Paraná e valores máximos permitidos segundo a Portaria 2.914/2011/MS

**Table 2** – Limits of detection and quantification, range of variation, mean and standard deviation of anions and cations ( $\text{mg L}^{-1}$ ) for groundwater of Jaci-Paraná and maximum values allowed by MS Ordinance 2914/2011/MS

Variável	LD/LQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Valor Mínimo ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Valor Máximo ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Valor Médio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Desvio Padrão ( $\pm$ )	Portaria MS 2.914 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Fluoreto	2,15/7,16	$4,1 \times 10^{-3}$	$42,6 \times 10^{-2}$	$64,5 \times 10^{-3}$	$81,4 \times 10^{-3}$	1,5
Cloreto	11,16/33,83	$32,4 \times 10^{-3}$	37,80	5,71	8,82	250
Nitrito	14,72/44,60	$16,5 \times 10^{-3}$	$49,5 \times 10^{-3}$	$28,3 \times 10^{-3}$	$9,1 \times 10^{-3}$	1
Brometo	13,62/41,26	$23,3 \times 10^{-3}$	$10,2 \times 10^{-2}$	$44,9 \times 10^{-3}$	$20,7 \times 10^{-3}$	-
Nitrato	22,09/66,97	$96,8 \times 10^{-3}$	142,60	16,59	22,35	10
Fosfato	18,38/55,70	$30,7 \times 10^{-3}$	$14,4 \times 10^{-3}$	$55,4 \times 10^{-3}$	$30,7 \times 10^{-3}$	-
Sulfato	18,49/56,04	$33,2 \times 10^{-3}$	4,46	$51,5 \times 10^{-2}$	$87,51^{-2}$	250
Lítio	0,36/1,08	$4,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	-
Sódio	31,36/95,03	$39,8 \times 10^{-3}$	50,11	7,17	11,13	200
Amônio	20,97/63,56	$21,0 \times 10^{-3}$	1,43	$14,1 \times 10^{-2}$	$31,8 \times 10^{-2}$	1,5
Potássio	28,80/87,26	$31,6 \times 10^{-3}$	44,51	2,33	5,44	-
Cálcio	78,26/237,14	$13,3 \times 10^{-2}$	74,81	4,85	10,73	-
Magnésio	12,19/36,95	$16,1 \times 10^{-3}$	13,06	$46,8 \times 10^{-2}$	1,56	-

Em 33 amostras (42,3%) distribuídas em todos os bairros, os índices do íon nitrato ultrapassaram o valor máximo permitido para consumo humano de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  pela Portaria MS nº 2.914/2011, conforme pode ser observado na figura 4.

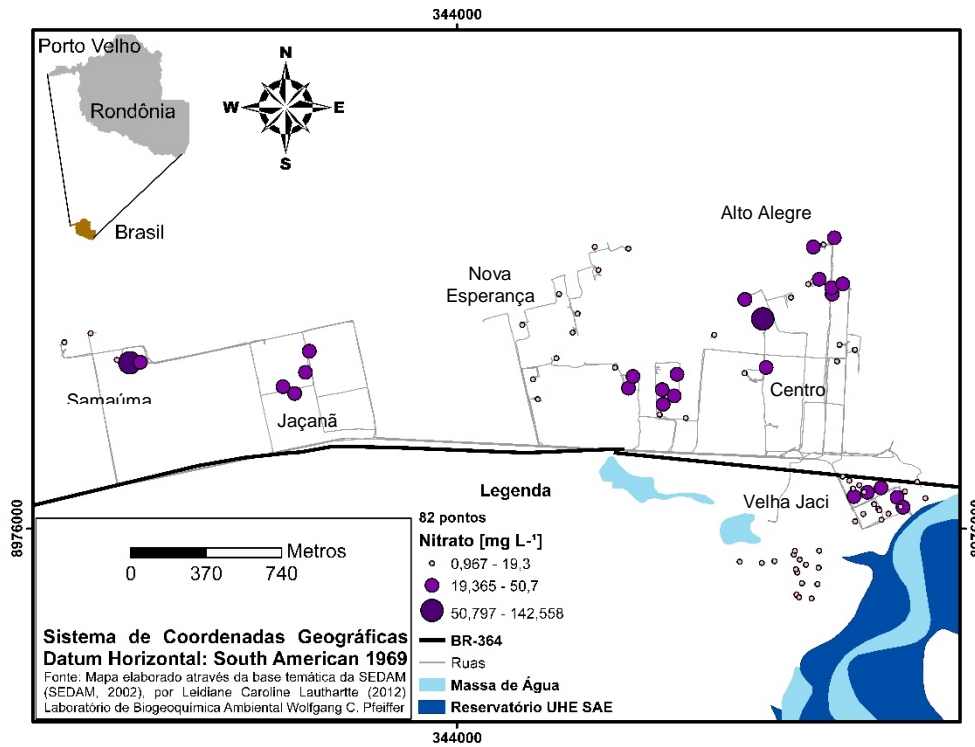
As áreas que apresentaram valores de nitrato acima dos padrões de potabilidade estão situadas nas zonas mais antigas da cidade (Centro, Velha Jaci e Alto Alegre) e em partes isoladas da zona de expansão (Jaçanã e Samaúma).

Esses altos índices de nitrato representam um grande risco para a saúde pública (BIGUELINI e GUMY, 2012) e são indicativos de contaminação do aquífero por esgotos domésticos (FREITAS, 2001; CONNOLLY e PAULL, 2001) e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, incluindo as construções precárias dos poços (ALABURDA e NISHIHARA, 1998).

Níveis de íons nitrito ou nitrato em excesso na água potável causam doenças graves e, às vezes, a morte. Estudos sobre as consequências disto têm relatado a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) como o efeito tóxico mais frequente (NAGARAJAN, 2010).

Além da síndrome do bebê azul, existem outras consequências da ingestão do íon nitrato, tais como o aparecimento do câncer gástrico (LIMA, 2008; ROSSITER et al., 2010), aumento dos depósitos de amido e hemorragia do baço (ÖZLER e AYDIN, 2008).

Duas componentes principais permitiram representar 38% da variância dos dados originais. A primeira componente (F1) contribuiu com 23% da carga para os íons nitrito, sulfato, sódio, potássio, cálcio e magnésio e a segunda componente (F2) explicou 15% da variância dos dados entre as variáveis: CE, pH e os íons nitrato e fosfato (tabela 3).



**Figura 4** – Teores de nitrato distribuídos por bairros do distrito de Jaci-Paraná  
**Figure 4** - Levels of nitrate spread over neighborhoods of Jaci-Paraná District

**Tabela 3** - Peso (*loadings*) dos 18 parâmetros avaliados nas duas primeiras componentes  
**Table 3** - Weight (*loadings*) of the 18 parameters evaluated in the first two components

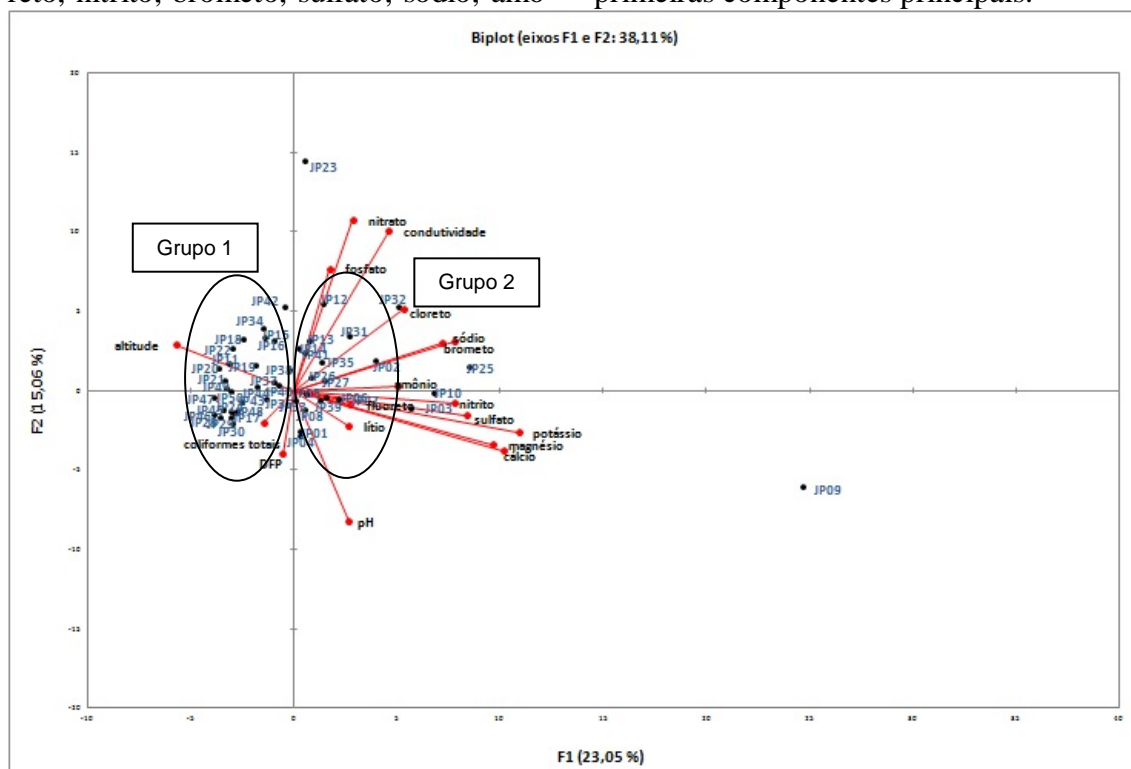
Variáveis	F1 (23%)	F2 (15%)
Altitude	-0,440	0,219
DFP	-0,041	-0,311
Condutividade elétrica	0,354	<b>0,770</b>
pH	0,204	<b>-0,637</b>
Coliformes totais	-0,113	-0,156
Fluoreto	0,212	-0,068
Cloreto	<b>0,409</b>	0,392
Nitrito	<b>0,602</b>	-0,064
Brometo	<b>0,551</b>	0,228
Nitrato	0,218	<b>0,826</b>
Fosfato	0,132	<b>0,590</b>
Sulfato	<b>0,644</b>	-0,124
Lítio	0,203	-0,172
Sódio	<b>0,597</b>	0,233
Amônio	<b>0,389</b>	0,019
Potássio	<b>0,838</b>	-0,206
Cálcio	<b>0,783</b>	-0,293
Magnésio	<b>0,742</b>	-0,265

F1: Fator 1; F2: Fator 2; DFP: Distância entre fossa mais próxima e o poço

Na tabela 3 encontram-se os *loadings* das componentes principais para cada uma das 18 variáveis. Para cada variável selecionou-se o maior *loading* em valor absoluto, para compreender qual ou quais as variáveis mais importantes na formação de cada uma das duas primeiras componentes (ver na tabela o sombreado mais escuro). Deste modo, para a primeira componente as variáveis que mais contribuíram para a sua formação foram: o cloreto, nitrito, brometo, sulfato, sódio, amô-

nio, potássio, cálcio e magnésio. Para a segunda componente principal foram a CE, o pH, o nitrato e o fosfato. Ainda se podem observar na tabela 3 (sombreado mais claro) os *loadings* maiores que 0,3 em valor absoluto. Assim sendo, todas as variáveis originais, exceto coliformes totais, fluoreto e lítio, foram determinantes na formação das duas primeiras componentes.

Na figura 5 estão representados os *biplots* dos *loadings* e dos *scores* das duas primeiras componentes principais.



**Figura 5** – Representação gráfica (*biplot*) dos *loadings* e dos *scores* das duas primeiras componentes principais

**Figure 5** - Graph biplot of the loadings and the scores of the first two principal components

A sobreposição entre a distribuição espacial dos pontos, com as variáveis das duas principais componentes separou as amostras espacialmente em termos de localização geográfica, ou seja, amostras localmente mais próximas “aparentam” ter características semelhantes.

O estudo de Gomes (2013) avaliou a existência de relação entre a composição química da água subterrânea e as formações geológicas, bem como, identificou o que distinguia cada uma das formações geológicas na cidade de Lisboa. O resultado das análises de ACP de Gomes

(2013) revelou que as variáveis das duas principais componentes separaram as amostras em termos de localização geográfica, apresentando características semelhantes.

Os bairros Alto Alegre, Centro e Velha Jaci (Grupo 2) são os mais antigos no Distrito de Jaci-Paraná e estão geograficamente mais próximos, assim como, os bairros Jaçanã, Nova Esperança e Samaúma (Grupo 1), também, são próximos entre si e com pouco tempo de formação.

Além de pouco tempo de existên-

cia, os bairros do Grupo 1 tiveram uma expansão com a construção de novas moradias desde o início das obras da UHE Jirau em 2009. O aumento do número de casas implicou no aumento da construção de poços para captação de água e fossas sépticas. Nessas áreas recentemente povoadas (a partir de 2009), os poços apresentaram concentrações do íon nitrato significativamente menores do que nas áreas mais antigas do distrito.

Segundo Araújo (2001), os teores de nitrato podem sofrer aumento com o passar do tempo nas áreas em que não houve melhorias sanitárias, o que foi observado em alguns bairros de Belém (PA) pelo referido autor, quando comparou os resultados de amostras coletadas entre os anos de 1994 com amostras coletadas nos mesmos pontos em 1999/2000. Araújo (2001), em seus resultados, obteve concentrações de nitrato acima dos valores máximos permitidos pela legislação para água potável.

Ainda segundo Araújo (2001), nos meses de maior precipitação pluviométrica, pode-se esperar uma concentração mais baixa de nitrato, decorrente de uma maior diluição da água do aquífero freático. Em contrapartida, neste período, ocorre a subida do lençol freático, o qual pode entrar em contato ou aproximar-se de fontes potenciais poluidoras, o que possibilita a contaminação pelos íons nitrato, amônio, nitrito, entre outros (ARAÚJO, 2001).

Em Jaci-Paraná ocorre que, as concentrações de nitrato aumentam durante o período de águas altas da região Amazônica, provavelmente pelo fato de os processos de lixiviação serem mais intensos que os processos de diluição.

Campos et al. (2004) observaram que o nível freático em Porto Velho, ao término da estação chuvosa (maio), normalmente, encontra-se a poucos centímetros da superfície, fazendo com que muitas fossas fiquem submersas, dificultando a decomposição da matéria orgânica, diminuindo a

eficiência do sistema de saneamento *in situ*.

Panero e colaboradores (2006) em seus estudos na cidade de Boa Vista, capital de Roraima, observaram a formação de dois grupos distintos quando utilizaram a ACP para explicar os seus dados. Um grupo foi classificado por se tratar de poços tubulares não poluídos e, o outro grupo, por poços tubulares poluídos de origem antropogênica. Os fatores responsáveis pela discriminação dos grupos foram a condutividade elétrica e teores de íons cloreto e nitrato, que corroboram com os resultados deste trabalho (Figura 5) mostrando que a condutividade elétrica e o íon nitrato são expressivos em águas subterrâneas contaminadas por ações antropogênicas (PANERO et al., 2006).

Diante dos dados expostos, todos estes fatos sugerem que existem focos de poluição provenientes de fontes não pontuais como lixo doméstico, fossas sépticas mal construídas e esgotos lançados a céu aberto em todos os bairros de Jaci-Paraná. Além disso, o nível do rio Jaci-Paraná foi bastante elevado no período de dezembro/2011 a março/2012 por causa do represamento pela UHE – Santo Antônio, o que contribuiu para a elevação do lençol freático, tornando o solo da região bastante úmido, favorecendo a infiltração de contaminantes nas águas subterrâneas.

Rodrigues (2008) em seus estudos no município de Porto Velho concluiu que os poços para captação de água são geralmente construídos sem qualquer critério mínimo pré-observado, como a distância de segurança em relação do poço e a fossa ou o critério de dimensionamento ou o assentamento da base.

## 5 CONCLUSÕES

Apesar de possuir um imenso reservatório hídrico, a região Amazônica apresenta dificuldades de acesso à água potável devido à falta de saneamento básico da região.

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas do Distrito de Jaci-Paraná (RO) mostrou que ocorreu a contaminação por coliformes fecais e totais em todos os 82 pontos amostrados e elevados teores de nitrato, decorrente da decomposição bacteriológica nos poços de captação de água, estando em desacordo com a Portaria MS nº 2.914/2011.

Até o ano de 2014, o Distrito de Jaci-Paraná era totalmente abastecido por sistemas de abastecimento de água coletivos ou individuais com captação subterrânea. Recomenda-se um controle maior e um cuidado com a construção dos poços, fossas e disposição dos resíduos sólidos, visto que uma parte da população ainda utilizada os poços para captação de água.

Segundo a Portaria MS nº 2.914/2011 (artigos 3º e 4º) toda a água destinada ao consumo humano proveniente

de solução alternativa individual ou coletiva de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita a vigilância da qualidade da água, a qual compete às Secretárias de Saúde do Município.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) através do INCT-INPeTAm/CNPq/MCT (Processo nº. 573695/2008-3); CT-Amazônia/CNPq (Processo nº. 575920/2008-4) e CT-Casadinho/CNPq (Processo nº. 552331/2011-2). A primeira autora agradece à CAPES pelo apoio financeiro concedido através da bolsa e à Bruna Daniely Brito Viana pela participação na coleta das amostras.

## REFERÊNCIAS

- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - **Standard methods for the examination of water and wastewater**. ed. 19. Washington, 1995.
- ARAÚJO, P. P. **Variações sazonais dos componentes nitrogenados, em aquífero livre na zona urbana de Santa Isabel do Pará, nordeste do estado do Pará**. Dissertação – Mestrado em Geologia e Geoquímica. Belém, PA, 2001.
- BAHIA, V. E.; FENZL, N.; LEAL, L. R. B.; MORALES, G. P.; LUÍZ, J. G. Caracterização Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas na Área de Abrangência do Reservatório de Abastecimento Público do Utinga – Belém (PA). **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo. v. 25, n. 01, p. 43-46, 2011.
- BIGUELINI, C. P.; GUMY, M. P. **Saúde Ambiental: Índices de Nitrato em Águas Subterrâneas de Poços Profundos na Região Sudoeste do Paraná**. v. 14, n. 20, jul.-dez. 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/articulo/view/8724>> Acesso em: 05 mai. 2016.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. ed. 3. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12 dez. 2011.
- CAMPOS, J. C. V.; FILHO, E. P. da S.; OLIVEIRA, I. R. **Contaminação do aquífero Jaci-Paraná na cidade de Porto Velho (RO)**. Relatório técnico do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2004. 10 p. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/contami\\_porto\\_velho.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/contami_porto_velho.pdf)> Acesso em: 24 fev. 2011.
- CONNOLLY, D.; PAULL, B. Rapid determination of nitrate and nitrite in drinking water samples using ion-interaction liquid chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v. 441, p. 53-62, 2001.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.
- EIA/RIMA. **Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antonio e Jirau, no Rio Madeira, Estado de Rondônia**. Parte A – Relatório de análise: MP/RO, out. 2006. 210 p.
- FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de

- água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, v. 3, n. 17, p. 651-660, mai.-jun. 2001.
- GOMES, J. P. O. **Aplicação da análise de componentes principais e geoestatística no estudo hidrogeoquímico de elementos-traço nos sólidos em suspensão do Alto Rio Madeira**. Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Porto Velho, 2005.
- GOMES, V. S. P. S. **Análise estatística multivariada aplicada a dados hidrogeológicos**. Dissertação apresentada ao Departamento de Estatística e Investigação Operacional da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados\\_dou/RO2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/RO2010.pdf)> Acesso em: 04 abr. 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2011**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)> Acesso em: 05 mai. 2016.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un estudio de lós climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- LIMA, J. C. de. **Avaliação da concentração de nitrato nas águas subterrâneas no bairro do Farol, em Maceió, Alagoas**. 96 f. Dissertação - Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento, Maceió, 2008.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Brasília, 2013.
- NAGARAJAN, R. et al. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Thanjavur city, Tamil Nadu, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 171, p. 289–308, 2010.
- ÖZLER, H. M.; AYDIN, A. Hydrochemical and microbiological quality of groundwater in West Thrace Region of Turkey. **Environmental Geology**, v. 54, p. 355-363, 2008.
- PANERO, F. S. P. dos S. et al. Application of HCA and PCA in the discrimination of not polluted tubular wells from tubular wells with incidence of anthropogenic pollution in Western Amazon Region. **Chinese Journal of Geochemistry**, v. 25, 2006.
- PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. 147 f.
- REPULA, C. M. M.; QUINÁIA, S. P. Avaliação da qualidade das águas do córrego Viaduto utilizando análise de componentes principais. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 5, n. 3, p. 433-442, set./dez. 2009.
- RODRIGUES, É. R. D. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho - Rondônia – Brasil**. 70 f. Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Porto Velho, 2008.
- RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002.
- ROSSITER, H. M. A. et al. Chemical drinking water quality in Ghana: Water costs and scope for advanced treatment. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 2378-2386, 2010.
- SAESA. SANTO ANTÔNIO ENERGIA S/A. **Informações Adicionais - Atendimento ao Ofício nº 380/2012/DILIC/IBAMA - Otimização Energética da UHE Santo Antônio**. Porto Velho: SAESA, Maio, 2012. 110 p.
- SILVA, A. C. da. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná - RO**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade de São Paulo, Rio Claro, 2008.
- SNSA. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2010**. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2012. 448 p.
- SVS. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Surto de malária no distrito de Jaci-Paraná, município de Porto Velho-RO, em 2009**. Boletim Eletrônico Epidemiológico. v. 05, 2010.
- TEJAS, G. R. T.; SOUZA, R. M. S.; FRANCA, R.

LAUTHARTTE, L. C.; HOLANDA, I. B.B.; LUZ, C.C.; MUSSY, M. H.; PANSINI, S.; MANZATTO, A.G.; YAMASHITA, M.; BASTOS, W.R.

R.; NUNES, D. D. Estudo da variabilidade climática em Porto Velho/RO – Brasil no período de 1982 A 2011. Revista de Geografia (UFPE), v. 9, n. 2, p. 63 – 82, 2012.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on drinking of water and sanitation**, 2012. 61 p.