

CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE MIRANTE DA SERRA (RO)

José Cláudio Viégas Campos¹

Resumo - Em 1999, a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, juntamente com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), desenvolveu o estudo de avaliação hidrogeológica da área urbana de Mirante da Serra (RO). A metodologia empregada utilizou dados do cadastramento de poços utilizados pela população com coleta de amostras de água para caracterização físico-química e bacteriológica e definição da direção de fluxo da água subterrânea. Os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados indicaram que a água que está sendo consumida pela população, captada nas cacimbas, está contaminada pelas fossas domésticas e/ou outras fontes poluentes locais. Foram cadastradas 50 cacimbas com profundidade média de 9,6 metros, variando de 2 a 20 metros. A condutividade elétrica variou de 99 a 761 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com uma média de 257,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto o pH variou de 6,08 a 7,9, com uma média de 6,88.

Abstract - In 1999, CPRM - Geological Survey of Brazil, working together with Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), developed a hydrogeological assessment in urban area of Mirante da Serra (RO). The methodology consisted of well data catalogue (dug wells), groundwater sampling to analyze chemical and bacteriological parameters and determination of groundwater flow. The chemical and bacteriological parameters analyzed show that water withdrawn from dug wells is polluted by on site sanitation and other sources. It was catalogued 50 dug wells with average depth of 9,6 meters, varying from 2 to 20 meters. Electrical conductivity varied from 99 to 761 $\mu\text{S}/\text{cm}$, with average value of 257,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, while pH varied from 6,08 to 7,9, with average value of 6,88.

Palavras-Chave – Contaminação; Rondônia; Amazônia.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é resultado do projeto desenvolvido pela CPRM em convênio com a Fundação Nacional de Saúde no município de Mirante da Serra - RO. Os estudos visavam

¹ CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Superintendência Regional de Salvador - Av. Ulysses Guimarães 2862, Bairro Sussuarana/CAB, Cep 41213-000, Tel. (71) 230-9977, email: jcviegas@sa.cprm.gov.br

inicialmente avaliar o potencial hidrogeológico da área da sede municipal desta localidade para atender a demanda de abastecimento de água potável para a sua população. A escolha das águas subterrâneas como fonte de abastecimento se deve ao fato de que, normalmente, os custos para implantação e manutenção de um sistema de captação desta fonte são bem menores do que aqueles que envolvem a captação de água superficial.

A sede do município não conta com um sistema de esgotamento sanitário adequado, sendo utilizadas fossas domésticas. O sistema de abastecimento de água potável é feito pelos próprios moradores através de cacimbas particulares com características construtivas bastante precárias. Durante os meses de junho a setembro, quando há a diminuição da intensidade pluviométrica, a população sofre consideravelmente com o abastecimento de água potável, pois, neste período, as cacimbas tendem a secar.

A cidade de Mirante da Serra está localizada sobre terrenos cristalinos, Complexo Jamari, que segundo dados de perfis geológicos de dois poços tubulares perfurados ao término do estudo na área urbana, indicam a ocorrência de rochas granitóides com predominância de minerais de biotita, quartzo e K-feldspato [1]. Em termos hidrogeológicos, tais rochas se comportam como aquíferos fissurais, ou seja, o armazenamento e a transmissão de água na rocha se dá através de suas descontinuidades. Os aquíferos fissurais tendem a ser menos potenciais que os aquíferos porosos que armazenam e transmitem a água da sua formação através dos poros. Entretanto, no processo de intemperismo das rochas quartzo-feldspáticas, o produto de alteração, geralmente, é constituído por material de granulometria grosseira, dessa forma, cria-se a possibilidade de obtenção de pequenos volumes de água (1 a 3 m³/h) através de poços tubulares de pequena profundidade (20 metros, em média), que captam água dessa zona de alteração.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Mirante da Serra situa-se na porção central do Estado de Rondônia (Figura 1). A sua sede está localizada a 388 km da cidade de Porto Velho. Para se ter acesso, partindo-se de Porto Velho, toma-se a BR 364, sentido Cuiabá, por 328 Km, até a entrada da RO 470, a partir daí, percorre-se mais 60 Km, ao longo da RO 470. A área urbana possui uma população de 5.733 habitantes [2] que vive em uma área de cerca de 3 Km².

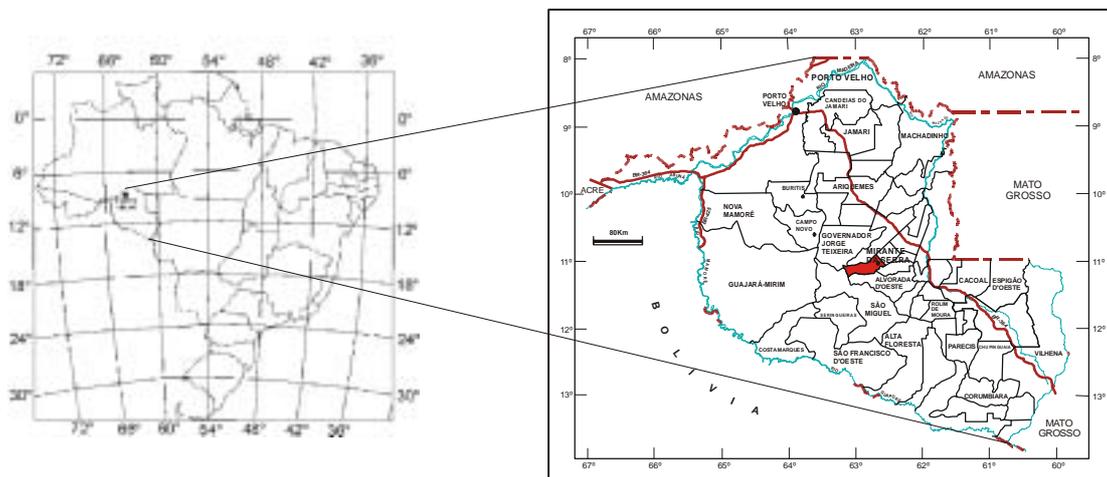


Figura 1 – Localização do município Mirante da Serra no estado de Rondônia

CADASTRAMENTO DE POÇOS

De acordo com o levantamento feito na área urbana de Mirante da Serra, foram cadastradas 50 cacimbas para determinação do nível estático, profundidade, características construtivas, pH e condutividade elétrica, dentre outras informações (ver Figura 2 e Tabela 1). Utilizando-se o nível estático de 45 cacimbas, juntamente com o mapa planialtimétrico da área urbana, foi possível confeccionar o mapa piezométrico da área urbana de Mirante da Serra, definindo-se a direção de fluxo das águas subterrâneas.

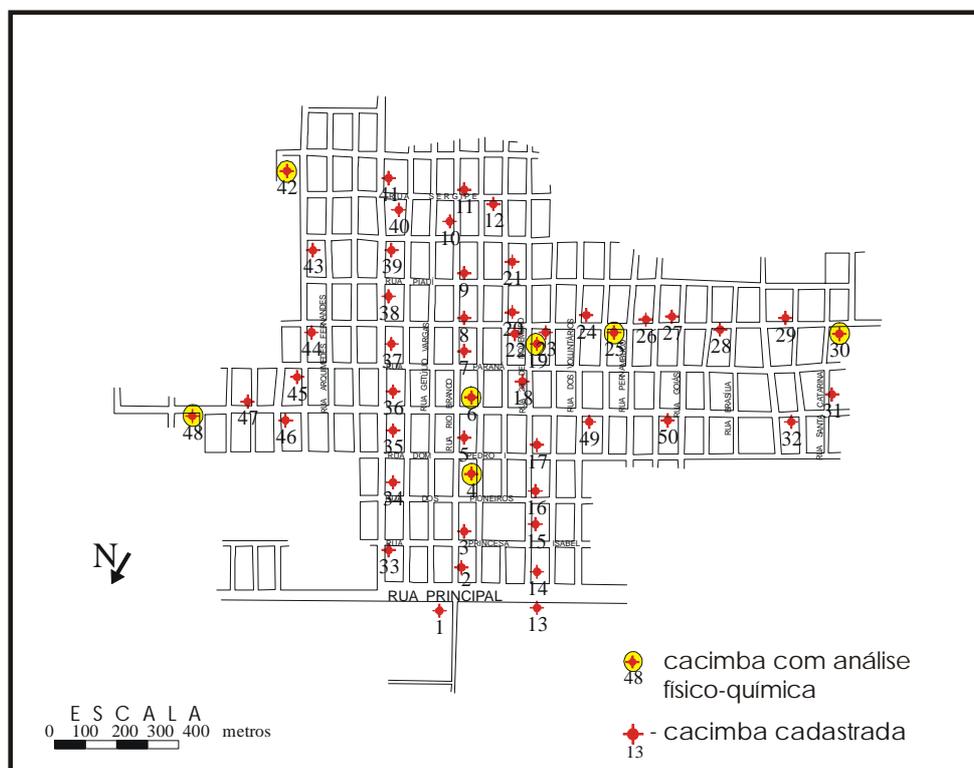


Figura 2 - Mapa da área urbana de Mirante da Serra com a localização das cacimbas cadastradas.

Geralmente, as cacimbas possuem características construtivas precárias, pois não possuem a boca bem vedada para impedir o acesso de animais e nem o piso cimentado ao redor, de modo a impedir a entrada, por entre as paredes e a manilha (revestimento), de águas de enxurradas e/ou servidas. A grande maioria possui como tampa ripas de madeira, além de manilhas como revestimento apenas na parte superior, 30 cm acima do nível do terreno, em média. As cacimbas captam águas subterrâneas de pequena profundidade. Possuem uma profundidade média de 9,6 metros, variando de 2 a 20 metros.

Foi cadastrado somente um poço tubular que capta água do aquífero fissural, pertencente ao hospital da cidade, construído pela CPRM em setembro de 1989. Segundo dados obtidos no relatório final do poço, este tem uma profundidade de 60 metros e vazão específica de 0,34 m³/h/m. A vazão de produção na época da perfuração era de 8 m³/h, entretanto, segundo medições realizadas na época, a vazão caiu para 6 m³/h.

Tabela 1 – Informações coletadas na fase de cadastramento das cacimbas

cacimba	prof.(m)	NE(m)	extração	pH	Cond. elétrica (μS/cm)	Rev	uso	cacimba	prof.(m)	NE(m)	extração	pH	Cond. elétrica (μS/cm)	Rev	uso
1	3,5	0,9	bomba	6,43	179	-	-	26	11	6,6	bomba	6,52	145	-	-
2	7	4,3	bomba	6,32	251	sim	-	27	8	6,15	bomba	6,15	302	-	-
3	9	7,9	bomba	7,9	179,2	-	-	28	8	6,2	bomba	7,13	221	-	-
4	14	12	bomba	6,84	244	-	hotel	29	8,5	7,2	balde	7,22	8,5	-	-
5	16	14,05	bomba	6,81	217	-	-	30	13	11,05	bomba	7,61	281	sim	-
6	20	16,35	Compres.	6,77	127	-	Rodov	31	12	10,1	balde	6,15	186	-	-
7	10,2	12,5	bomba	6,41	186	-	-	32	5	2,8	balde	6,26	99	-	-
8	11	9,15	bomba	6,43	246	-	-	33	5	1,2	bomba	6,35	163	-	-
9	9	7,7	bomba	6,95	261	-	-	34	-	7,3	bomba	6,45	167	-	-
10	16	11,55	bomba	6,9	160	-	-	35	10	6,7	bomba	6,34	196	-	-
11	10	7,35	balde	7,1	449	-	-	36	9	5,2	balde	6,08	209	-	-
12	11	8,6	bomba	6,45	207	-	-	37	10	7,4	bomba	6,36	142	-	-
13	3,5	0,45	balde	7,48	568	sim	-	38	14	12	bomba	7,7	393	-	-
14	7,5	4,2	bomba	6,65	226	-	-	39	13	10	bomba	7,29	273	-	-
15	10	6,9	bomba	6,96	215	-	-	40	2	0,6	Compres.	6,94	196	-	-
16	12	9,3	bomba	6,72	178	-	-	41	8,5	6,2	-	6,59	99	-	-
17	10	7,2	bomba	6,33	155	-	-	42	8	2,5	bomba	7,47	165	-	escola
18	14	12,45	bomba	7,13	265	-	-	43	13	10	balde	7,31	337	-	-
19	13	8,3	bomba	6,63	388	-	-	44	13	12,2	bomba	7,48	272	-	-
20	6	4,1	balde	6,87	575	-	-	45	12,5	10,35	bomba	7,41	223	-	-
21	9	5	bomba	6,61	183	sim	-	46	6	4,1		7,45	370	-	-
22	9	5,85	bomba	7,53	352	sim	-	47	10	6,85	bomba	6,87	205	-	-
23	6	5	bomba	7,25	458	-	-	48	8	3,85	bomba	6,8	375	-	-
24	7,5	5	balde	6,85	275	-	-	49	4	0,3	balde	7,62	761	-	não
25	10	8,7	bomba	7	345	-	-	50	6	3,45	bomba	7,19	183	sim	-

Rodov. - Rodoviária Compres. - Compressor. Rev. - Revestimento Prof. - Profundidades NE - Nível Estático

MAPA PIEZOMÉTRICO

Conforme relatado no item anterior, foi confeccionado o mapa piezométrico da área urbana de Mirante da Serra (Figura 3). As linhas de isopiezas, como era de se esperar, seguem, aproximadamente, a topografia do terreno. As medições do nível estático foram realizadas em janeiro de 99, juntamente com a obtenção de outros parâmetros e informações.

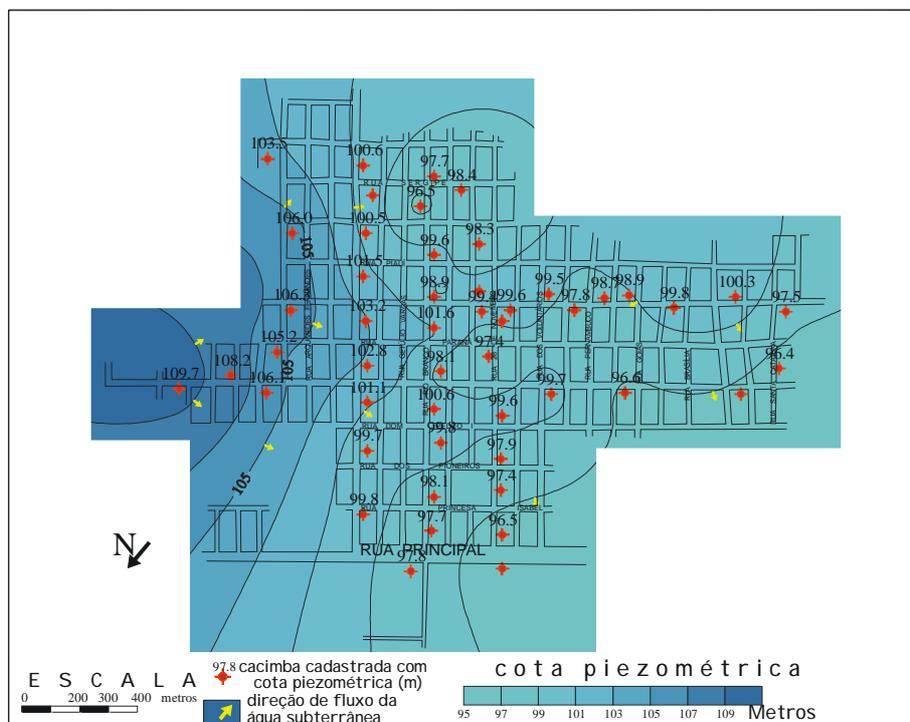


Figura 3 - Mapa piezométrico das águas subterrâneas da área urbana de Mirante da Serra.

Uma vez que a totalidade da população utiliza-se das águas subterrâneas para suprir sua demanda, o mapa piezométrico é de bastante utilidade para definição de áreas de proteção desse manancial. Observa-se que na porção nordeste da cidade, acima da cota piezométrica 107, qualquer fonte poluidora com mobilidade e persistência tem condições de comprometer a qualidade das águas subterrâneas em boa parte da área urbana. Isto porque as direções de fluxo subterrâneo partem deste ponto para toda a área, carregando consigo o poluente. Dessa forma, aconselha-se a utilização dessa área como de proteção ambiental ou pelo menos que seja desestimulada a instalação de postos de gasolina, matadouros, curtumes, lixão, ou outros tipos de estabelecimentos ou atividades com alto poder de poluição.

CARACTERIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Alguns parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas utilizadas pela população foram medidos no local através de dois aparelhos portáteis: o medidor de pH (pHmetro) e o de condutividade elétrica (condutivímetro). O pH é representado pela concentração do íon H^+ na solução, enquanto a condutividade elétrica (CE) indica a capacidade da água conduzir eletricidade, e está intimamente ligada ao teor de sais dissolvidos (íons) na mesma [3]. Foram feitas medições em 50 cacimbas. A condutividade elétrica variou de 99 a 761 $\mu S/cm$, com uma média de 257,2 $\mu S/cm$, sendo que 74% das amostras possuem valores de CE inferiores a 300 $\mu S/cm$ (Figura 4). O pH variou de 6,08 a 7,9, com uma média de 6,88, sendo que 62% das amostras encontram-se com pH entre 6 e 7.

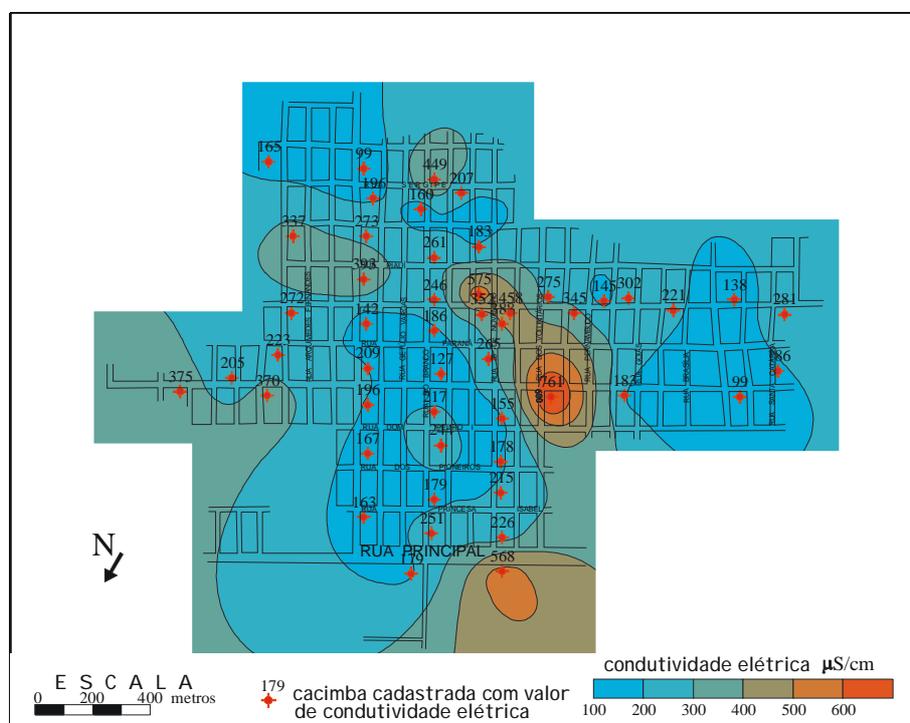


Figura 4 - Mapa de condutividade elétrica das águas subterrâneas na área urbana de Mirante da Serra

Nas zonas mais densamente povoadas (porção central) os valores de condutividade estão abaixo da média das medições. Considerando-se o período de estudo tipicamente chuvoso, janeiro de 1999, o nível freático na zona mais urbanizada está em profundidade relativamente elevada, superior a 7 metros (Figura 5), fazendo com que a zona vadosa tenha maiores chances de atenuar e/ou barrar os contaminantes que são depositados em superfície ou introduzidos pelas fossas domésticas.

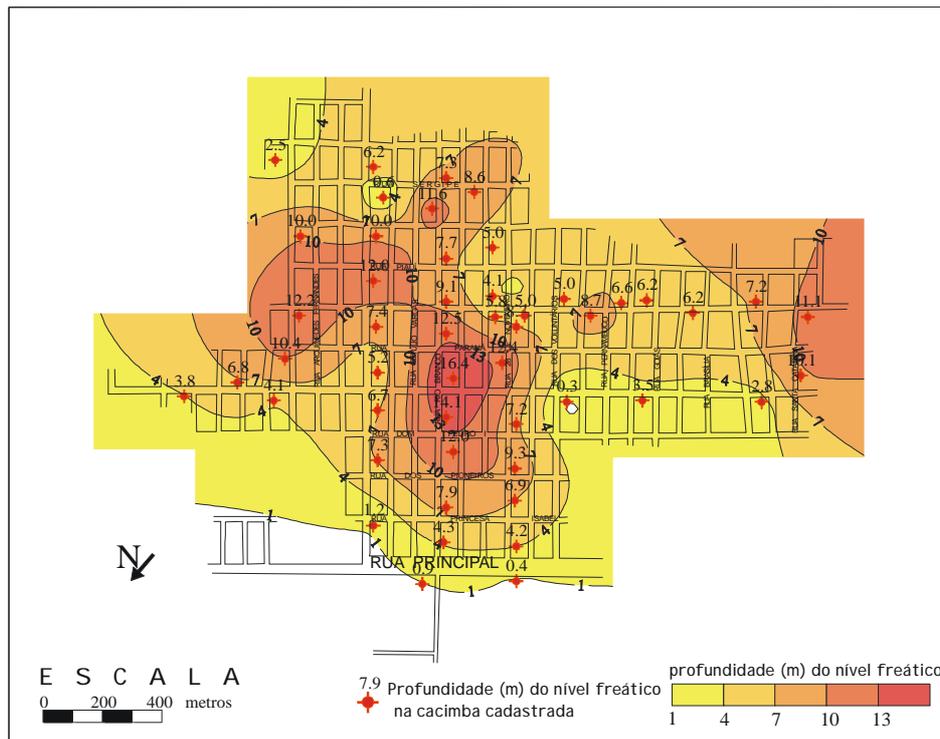


Figura 5 – Mapa de profundidade do nível freático da área urbana de Mirante da Serra

Além das medições de pH e condutividade elétrica nas águas subterrâneas em 50 cacimbas na área urbana, foram selecionadas 7 cacimbas para realização de análises bacteriológicas e físico-químicas (Tabela 2), preferencialmente, em locais cujo consumo de água fosse feito por um grande número de pessoas, tais como: hotéis, escolas, restaurantes, rodoviária, dentre outras. As amostras coletadas foram remetidas para o laboratório Sanear Engenharia Ambiental sediado em Belo Horizonte (MG) para processamento. Conforme orientação do laboratório, para cada análise físico-química, foram coletados 4 litros em quatro garrafas, sendo duas com água in natura, outra com 0,2 ml de ácido nítrico e outra com 0,2 ml de ácido sulfúrico para preservação de alguns elementos químicos. Para cada análise bacteriológica foram coletados 200 ml de água em recipiente esterilizado fornecido pelo laboratório. Durante o transporte, todas as amostras foram mantidas sob refrigeração até entrega para análise. As amostragens foram realizadas em junho de 99.

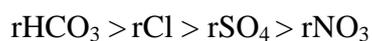
Foram analisados os elementos maiores (HCO_3 , Cl , NO_3 , SO_4 , Ca , Mg , K , e Na), bem como, Fe total, resíduo seco e dureza total. Todos os parâmetros encontram-se dentro dos limites de aceitabilidade [4], exceção feita ao Fe total que apresentou valores acima do padrão na cacimba 4 do Hotel Central (2,27 mg/l) e na cacimba 30 (0,34 mg/l), quando o máximo permitido é de 0,3 mg/l. Os valores elevados de Fe total (acima de 0,3 mg/l) podem propiciar o desenvolvimento de ferro-bactérias, que conferem à água cores avermelhadas e odores fétidos. Além disso, a utilização desta água pode causar incrustações nas canalizações e manchas ferruginosas em louças e roupas [3].

Tabela 2 – Resultado das análises físico-químicas na água subterrânea

PARÂMETRO ANALISADO (mg/l)	PONTO DE AMOSTRAGEM						
	Hotel Central (cacimba 4)	Rodoviária (cacimba 6)	Comercial Sagitário (cacimba 25)	Residência (cacimba 30)	Residência (cacimba 19)	Escola Est. F. Lamego (cacimba 42)	Residência (cacimba 48)
Resíduo seco	155,7	98,5	217,9	136,2	224,2	117,5	206,2
*Dureza total	67,33	33,66	124,75	87,13	126,73	55,45	95,05
*Bicarbonato	50,73	47,11	100,26	109,62	86,37	71,27	50,73
Cloreto	11,17	2,03	15,73	< 0,25	29,44	3,04	38,32
**Nitrato	0,67	< 0,01	1,11	< 0,01	2,22	< 0,01	1,91
Sulfato	2,44	2,12	1,62	2,46	1,94	3,51	3,61
Cálcio	12,67	4,75	35,64	31,68	19,01	13,46	20,59
Ferro total	2,27	< 0,05	0,05	0,13	0,34	0,05	0,15
Magnésio	8,66	5,29	8,66	11,55	19,25	5,29	10,59
Potássio	2,52	3,54	1,46	2,52	0,92	1,63	0,46
Sódio	7	4,41	5,72	1,55	8,33	3,51	10,7

* mgCaCO₃/l ** mgN/l

As análises químicas das águas subterrâneas foram submetidas ao balanço iônico, segundo o critério de Logan [3], e somente três apresentaram erro prático aceitável. Através da análise da concentração em miliequivalentes dos principais cátions e ânions, pode-se observar que o cátion predominante é o Ca e secundariamente o Mg, enquanto o bicarbonato é o principal ânion, o que classifica as águas subterrâneas locais como, predominantemente, bicarbonatadas cálcicas e, secundariamente, bicarbonatadas magnesianas, podendo ser caracterizada, de modo geral, pela expressão:



onde “r” representa a concentração em miliequivalentes por litro (meq/l).

Na Figura 6, de acordo com os diagramas de Stiff, observa-se um incremento nos teores de HCO₃ ao longo do sentido de fluxo que é de aproximadamente de leste para oeste.

Há uma forte correlação entre os íons NO₃ e Cl que apresenta um coeficiente de correlação de 0,91 (Figura 7), o que indica que a fonte de tais elementos químicos é a mesma. Trata-se de elementos bastante móveis e relativamente estáveis na zona saturada e são os dois principais elementos químicos decorrentes do saneamento in situ [5].

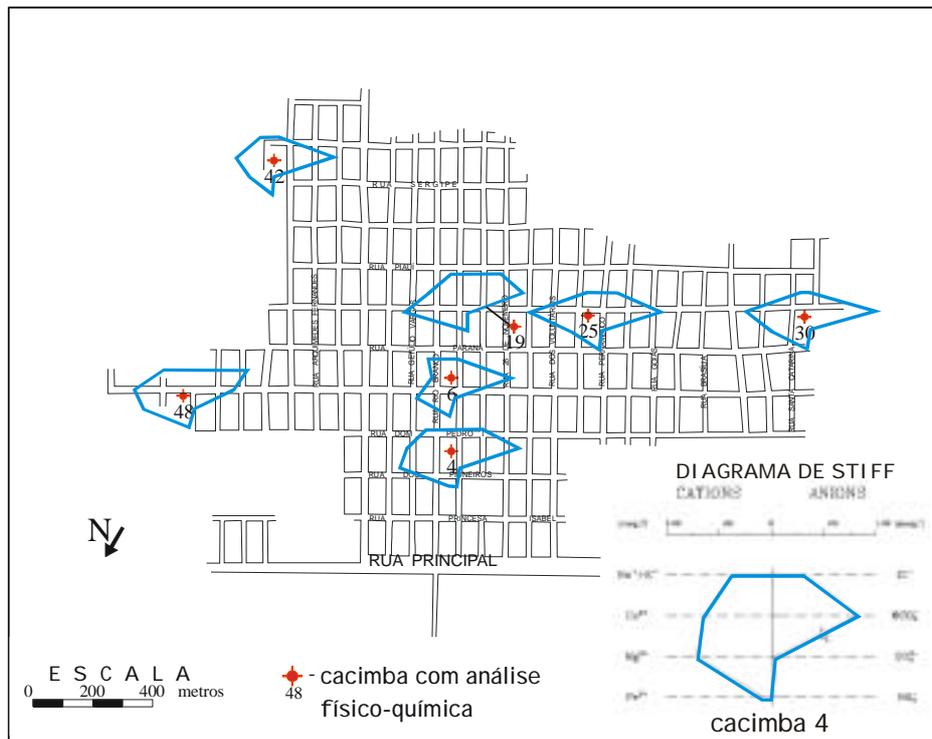


Figura 6 – Mapa da área urbana com o Diagrama de Stiff das águas subterrâneas coletadas

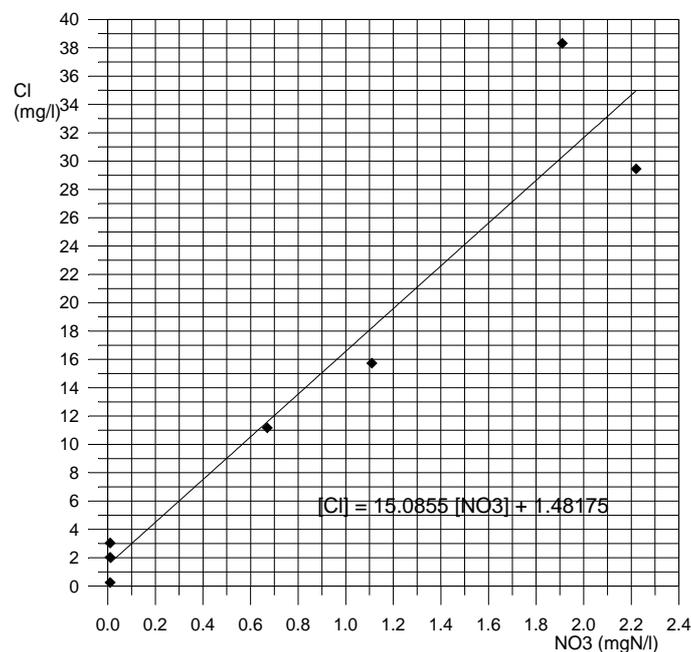


Figura 7 – Correlação entre os teores de cloreto e nitrato nas águas subterrâneas da área urbana de Mirante da Serra

Embora os valores limites adotados para nitrato na água pelo Ministério da Saúde seja de 10 mgN/l [4], a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) considera valores acima de 3 mgN/l como indicativo de contaminação antrópica [6]. Na área em estudo os valores de nitrato

nas águas subterrâneas amostradas variam de < 0,01 a 2,22 mgN/l, entretanto, há forte correlação com as áreas mais densamente povoadas com os maiores valores de nitrato, indicando um possível efeito antrópico na alteração química da água.

Segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde [4], as águas destinadas ao consumo humano devem ser isentas de coliformes totais ou fecais. Os resultados (Tabela 3) das análises bacteriológicas (coliformes fecais) indicaram que as águas subterrâneas captadas através das cacimbas encontram-se contaminadas pelas fossas domésticas aí existentes, tornando-se necessário, pelo menos, a fervura ou cloração das águas antes do consumo. Um outro problema na utilização das águas subterrâneas está relacionado às condições construtivas das cacimbas, todas têm a presença de coliformes totais, o que indica as péssimas condições em que a água está armazenada. Para se evitar tal tipo de contaminação, é necessário que as mesmas sejam bem construídas. Devem ter uma tampa de cimento, sem frestas, de forma a não permitir a entrada de insetos (ex.: baratas), revestimento da parede da cacimba para se evitar desmoronamentos e cimentação do piso ao redor da boca.

Tabela 3 – Análise bacteriológicas das águas subterrâneas amostradas na área urbana de Mirante da Serra

PONTO AMOSTRADO	RESULTADOS	
	NMP de Coliformes Totais (em 100 ml)	NMP de Coliformes Fecais (em 100 ml)
Hotel Central (cacimba 4)	$2,4 \times 10^2$	5×10
Rodoviária (cacimba 6)	$2,4 \times 10^3$	$1,7 \times 10^2$
Comercial Sagitário (cacimba 25)	$1,6 \times 10^3$	9
Residência (cacimba 30)	$1,6 \times 10^4$	8×10
Residência (cacimba 19)	3×10^3	4
Escola Est. F. Lamego (cacimba 42)	5×10^3	5×10
Residência (cacimba 48)	$2,4 \times 10^4$	3×10

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de saneamento básico nas áreas urbanas da região norte tem acarretado a contaminação por fossas das águas subterrâneas consumida pela população. No estudo desenvolvido na área urbana de Mirante da Serra, observaram-se evidências de contaminação da água através de parâmetros químicos (cloreto e nitrato) e bacteriológicos.

É de caráter emergencial a instalação de uma rede de tratamento de esgoto, bem como um sistema de distribuição de água por parte do poder público, de modo a diminuir a vulnerabilidade da população quanto à aquisição de doenças relacionadas ao consumo de água de má qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L. et al. Mapa geológico do Estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM, 1998.
- [2] Censo Demográfico/IBGE. Rio de Janeiro. 2000
- [3] FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. (Coords.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 2ª ed. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 2000. 391p.
- [4] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n° 1469 de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília. 2000. 17 p.
- [5] ARGOSS 2001. Guidelines for assessing the risk to groundwater from on-site sanitation. British Geological Survey Comissioned Report, CR/01/142. 97p.
- [6] U. S. Environmental Protection Agency, 1996, Environmental indicators of water quality in the United States. Washington, D. C., U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA 841-R-96-002.