

AValiação DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA ZONA URBANA DA AMAZÔNIA BRASILEIRA: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO ELETRONORTE, PORTO VELHO (RO)

Homero Reis de Melo Junior¹; Maria Lucilene Alves da Silva²; Maria Betânia Correia de Melo²; Rizaldo Ferreira da Silva³

RESUMO

O presente estudo trata da avaliação da qualidade das águas subterrâneas em um bairro periférico do município de Porto Velho (RO) onde foram identificados elevados teores de nitrato nas águas subterrâneas, em decorrência, principalmente, da falta de saneamento básico aliada à inexistência de uma rede de abastecimento de água. Desta forma, os moradores locais são submetidos à utilização do sistema poço amazonas x fossa para seu abastecimento e disposição de dejetos. Sendo este sistema o principal responsável pela contaminação das águas subterrâneas no local.

ABSTRACT

The present research concerns a groundwater quality assessment in a peripheric zone in a brazilian amazon municipality, located in Porto Velho, Rondonia Estate; where were identified high nitrate levels in groundwater, mainly because the nonexistence of any sewer collect and treatment system locally. By the way, the local people is submit to man made wells and local sewers to atend it needs. This system is the main responsible by groundwater contamination in that place.

PALAVRAS-CHAVE: Água Subterrânea, Contaminação, Nitrato

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none">1- Serviço Geológico do Brasil – CPRM Av. Lauro Sodré 2561 CEP:78940-300 Porto Velho (RO). Fone: (69) 3223-3545 E-mail: homero@pv.cprm.gov.br2- Universidade Federal de Rondônia – UNIR BR-364 Km 10 Sentido Acre. Porto Velho (RO). Fone: (69) 3216-1415 E-mail: marialucilene@ibest.com.br3- Faculdade São Lucas Ltda. Av. Alexandre Guimarães 4560. Porto Velho (RO). Fone: (69) 3211-8001 E-mail: rferreira@bol.com.br |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

1. Introdução

A maior parcela da população brasileira hoje está concentrada nas cidades, principalmente nas metrópoles. Os problemas ambientais originados dessas grandes concentrações implicam diretamente na vida dos indivíduos, exemplos como deficiência do saneamento básico, poluição, conflitos por uso da água e do solo, fixação imprópria de atividades particularizada, graves embates sociais, dentre outros, somam para diminuir a qualidade de vida da população (Bezerra, 2004).

Um dos grandes problemas que a região amazônica apresenta são os baixos índices de saneamento básico nas áreas urbanas de suas diversas cidades (Maia Neto, 1998). Isso provoca a disseminação de fossas sanitárias para a destinação dos esgotos domésticos e a perfuração de poços tubulares e cacimba para abastecimento d'água. Esta conjuntura tem propiciado freqüentemente a contaminação das águas subterrâneas consumida pela população, por dejetos provenientes do saneamento *in situ* (Campos, 2003).

Em Rondônia apesar da realização de diversos eventos abordando temas ambientais podemos afirmar que pouco se discutiu sobre o problema da poluição das águas, em específico as subterrâneas. O aumento populacional e a falta de planejamento na construção das cidades têm proporcionado um agravante no problema. O Estado, a partir das décadas de 70 e 80 sofreu um grande aumento populacional provocado pela imigração de pessoas de várias partes do país em busca de terras para agricultura e do ouro encontrado no rio Madeira, fatos estes que, aliados à urbanização desordenada proporcionou o surgimento de vários bairros sem um mínimo de infraestrutura como saneamento básico, saúde, transporte, educação, assim como fornecimento de energia elétrica e água tratada.

Inserido neste contexto, no município de Porto Velho (RO), que possui uma área urbana de 150 km² e há uma estimativa de residirem 373.917 habitantes segundo o IBGE (2005), o sistema de saneamento básico é ainda muito precário, o esgotamento sanitário é quase inexistente totalizando menos que 2% da área total da sede do município, abrangendo apenas uma pequena parcela da população (Ricci, 2001). Neste cenário, a maioria dos moradores está condicionada a captação de água através de poços escavados.

Desta forma, o principal objetivo deste estudo foi avaliar o grau de contaminação das águas subterrâneas no bairro Eletronorte, um dos mais populosos da capital do Estado; uma vez que, a população local utiliza desse recurso natural para seu abastecimento devido a inexistência de uma rede de abastecimento de água, o que se torna ainda mais grave também devido a ausência de um sistema coletor de esgoto, obrigando a população a construir fossas negras dentro das imediações de suas

casas. Portanto, o sistema poço x fossa se caracteriza por ser um dos principais responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas na sede do município de Porto Velho, e, desta forma, se busca quantificar neste estudo o estado real dos fatos a fim de ilustrar através de mapas os pontos mais críticos do bairro investigado.

2. Objetivos Específicos

Desta forma, os objetivos específicos do presente estudo foram:

- ✓ Cadastrar poços cacimba no bairro investigado;
- ✓ Coletar amostras de água subterrânea para análise da condutividade elétrica;
- ✓ Coletar amostras de água subterrânea para análise de nitrato (NO_3^-) e cloreto (Cl^-);
- ✓ Mapear as zonas de isoconcentrações de nitrato (NO_3^-) e cloreto (Cl^-) no aquífero livre que abastece o bairro Eletronorte;
- ✓ Avaliar a relação dos teores de nitrato (NO_3^-) e cloreto (Cl^-) com os valores da condutividade elétrica nas águas subterrâneas;

3. Metodologia

Para o desenvolvimento do presente estudo, o cadastro dos poços foi realizado com aparelho GPS com o objetivo de se obter suas coordenadas geográficas, além de se obter o registro das residências onde estes se encontravam, constando o nome do proprietário, endereço e telefone de contato. As amostras de água coletadas foram, em seguida enviadas para o Laboratório de Análises Ambientais da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), onde os elementos nitrato e cloreto foram analisados, sendo considerado na presente pesquisa a portaria 518/04 do Ministério da Saúde e a Resolução 537/05 do CONAMA, para enquadramento das amostras. Utilizando-se as coordenadas dos poços, assim como os valores dos elementos nitrato e cloreto foi criado um banco de dados para inserção destes parâmetros em ambiente SIG, através do *software* ArcGis 9.1, onde as zonas de isovalores dos elementos investigados foram obtidas através do modelo matemático *Inverse Distance Weighted* (IDW).

4. Produtos Obtidos

4.1 Análises Físico-Químicas

Os resultados obtidos para as amostras coletadas nos 55 poços cadastrados no bairro

Eletronorte com suas respectivas coordenadas geográficas se encontram na tabela 1.

Tabela 1- Valores das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea, coletadas no bairro Eletronorte.

POÇO	UTM (N)	UTM (E)	NO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	C.E. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
1	9027897	401248	16	31	185
2	9027813	401431	2	15	100
3	9027881	401247	10	28	221
4	9027771	401388	8	35	238
5	9027779	401377	1	50	359
6	9027708	400978	44	52	420
7	9027708	400890	3	56	216
8	9027676	400830	7	24	155
9	9027732	400911	3	47	191
10	9027688	400830	5	36	93
11	9027357	401337	6	36	144
12	9027325	401419	4	36	122
13	9027245	401111	6	36	77
14	9027459	401503	4	36	124
15	9027456	401566	5	36	131
16	9027460	401630	4	36	159
17	9027503	401217	4	36	90
18	9027586	401495	4	36	77
19	9028083	401316	5	28	80
20	9028068	401299	10	28	156
21	9028055	401300	7	28	165
22	9027811	401490	3	28	76
23	9027770	401466	6	28	100
24	9027724	401463	13	43	158
25	9027713	401032	4	43	104
26	9027644	400876	10	36	145
27	9027668	400897	13	36	165
28	9027922	400993	1	11	40
29	9027948	401086	0	1	16
30	9028008	401214	4	31	163
31	9028060	401280	4	25	143
32	9028152	401392	2	11	49
33	9028232	401474	1	8	68
34	9027810	401259	5	24	145
35	9027810	401379	3	15	87
36	9027796	401490	3	14	81
37	9027644	401628	5	18	99
38	9027630	400939	8	42	287
39	9027624	401305	4	19	114

40	9027698	400890	3	51	197
41	9027708	400975	8	27	164
42	9027688	401383	3	40	218
43	9027446	401420	3	9	68
44	9027548	401530	6	20	105
45	9027574	401354	4	21	193
46	9027494	400995	4	19	101
47	9027676	400716	0	57	179
49	9027162	401071	2	21	38
50	9027144	401267	1	21	23
51	9027210	401692	3	36	92
52	9027260	401560	4	36	78
53	9027170	401405	2	36	45
54	9027426	401423	5	36	124
55	9027330	401145	2	36	48
56	9027302	400973	4	36	75

4.1.1- Análise de Nitrato

De acordo com as análises realizadas (Tabela 1), 12.72% dos poços investigados apresentam concentrações de nitrato acima do valor de 10 mg/l, estabelecidos pela resolução 537/05 do CONAMA e portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Verificou-se ainda que, estes poços (1, 3, 6, 20, 24, 26 e 27) situam-se nas áreas mais densamente povoadas do bairro, o que comprova a contribuição antrópica como principal fonte de contaminação do aquífero livre, no bairro investigado. No entanto, observou-se também que, em 80% dos poços investigados o teor de nitrato encontra-se acima de 3 mg/l, o que, segundo o Serviço Geológico dos Estados Unidos - *USGS* (*apud* Campos, 2003), já é um indicativo da influência antrópica na qualidade das águas subterrâneas.

A figura 2 ilustra a relação entre os teores de nitrato com os respectivos poços investigados no bairro Eletronorte.

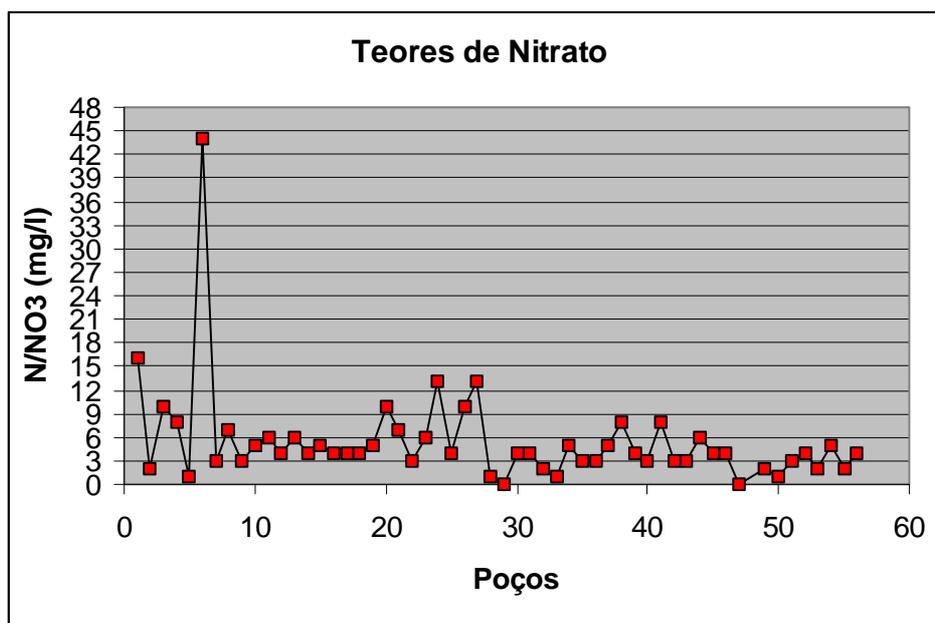


Figura 2- Distribuição dos valores de nitrato nos poços investigados no bairro Eletronorte.

4.1.2- Valores de Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água constitui um parâmetro físico que corresponde à quantidade de íons dissolvidos em seu meio e varia com a temperatura, mobilidade e valência dos íons presentes (Custodio & Llamas, 1976). Este parâmetro está intrinsecamente correlacionado à geologia de cada localidade, ou seja, o arcabouço de rochas, minerais e sedimentos que constituem uma determinada região, os quais influenciarão diretamente os íons que vão compor as águas superficiais e subterrâneas. Na região amazônica, valores de condutividade elétrica compreendidos entre 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são considerados como *background* regional das águas subterrâneas (Campos, 2003). De acordo com os dados da tabela 1 e conforme ilustra a figura 3, 96.36% dos poços investigados apresentaram valores acima deste padrão, e, em 61.81% dos poços, os valores obtidos para este parâmetro foram superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando mais uma vez a influência antrópica na qualidade das águas subterrâneas.

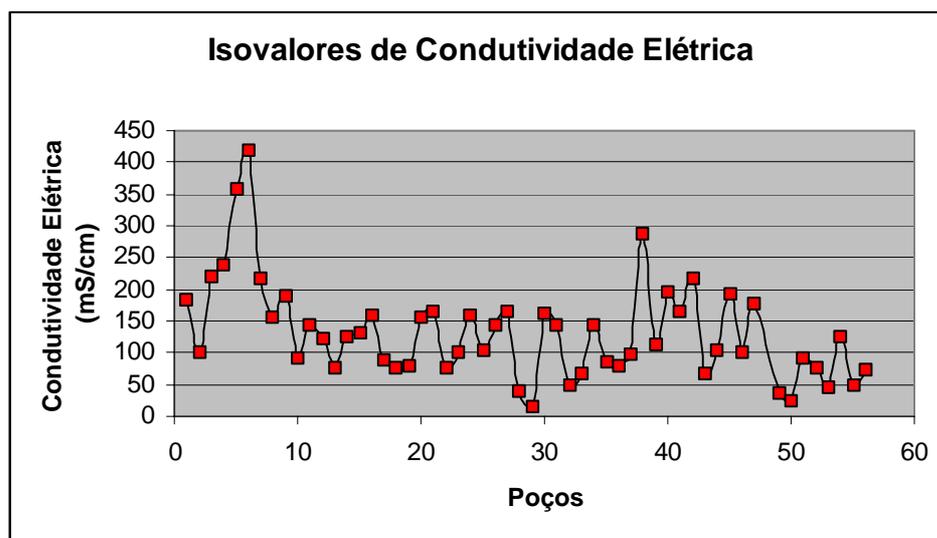


Figura 3- Distribuição dos valores da condutividade elétrica nos poços investigados no bairro Eletronorte.

4.1.3- Análise de Cloreto

Conforme a portaria 518/04 do Ministério da Saúde e a resolução 537/05 do CONAMA, o valor máximo de potabilidade da água para o elemento cloreto (Cl) é de 250 mg/l. De acordo com os dados da tabela 1 e da figura 4, os valores identificados na água subterrânea dos poços cacimba investigados encontram-se bem abaixo deste número. No entanto, foi observada uma discrepância nos valores deste elemento para a água analisada nos poços 10 a 18; 19 a 23 e 51 a 56, cujos teores de cloreto se apresentaram iguais em 36 mg/l e 28 mg/l, para a respectiva seqüência de poços. Esta coincidência não pode, evidentemente ter ocorrido em consequência do teor de cloreto nas amostras de água, e sim, por motivos de erro de leitura do técnico de laboratório, ou por erro do método de análise aplicado. Infelizmente, devido às restrições financeiras, não foi possível se realizar uma nova série de análises para cloreto; no entanto, como esse elemento encontra-se muito abaixo dos padrões estabelecidos, não apresenta risco para a população local.

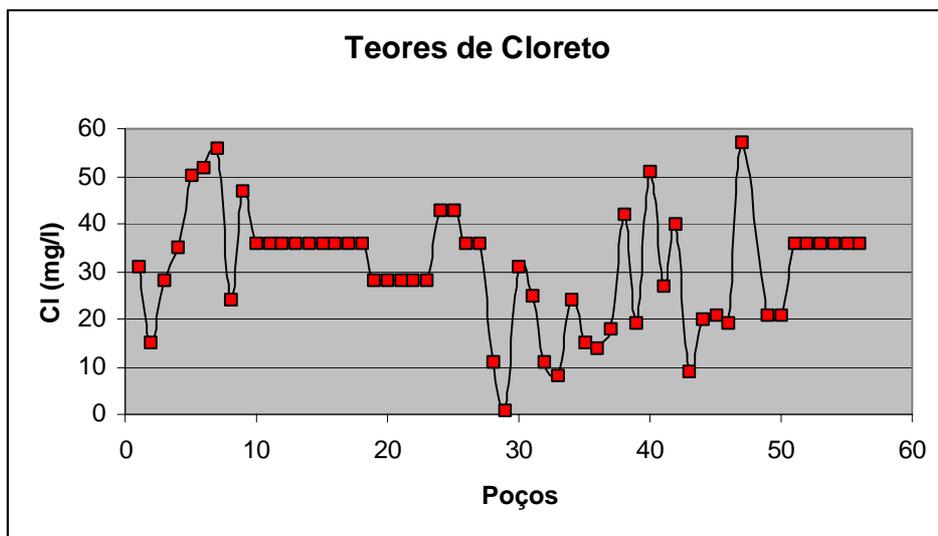


Figura 4- Distribuição dos teores de cloreto na água subterrânea dos poços investigados no bairro Eletronorte.

4.1.4- Correlação dos Teores de Nitrato e Condutividade Elétrica

Segundo Ferreira e Hirata (1993) existe uma estreita correlação entre a condutividade elétrica e os teores de nitrato, sendo que, no presente estudo foi possível se verificar esta correspondência conforme ilustra o gráfico apresentado na figura 5, onde se observa uma certa concentração dos pontos entre os valores 0 mg/L a 20 mg/L de NO_3^- e 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que seguem a linha de tendência, com apenas dois valores anômalos identificados nos poços 05 e 06.

A correlação existente entre a condutividade elétrica e o nitrato nas amostras de água dos poços investigados se deu em função, principalmente, de uma estreita relação entre a topografia e as péssimas condições de higiene no local pesquisado. O agravamento da contaminação das águas foi registrado onde o relevo apresentou-se com declividade acentuada, onde, o fluxo subterrâneo acompanha a descida do terreno, e, ao encontrar condições precárias de higiene com a presença de fossas negras e poços cacimba mal construídos, nas cotas mais baixas, a pluma de contaminação tende a se concentrar.

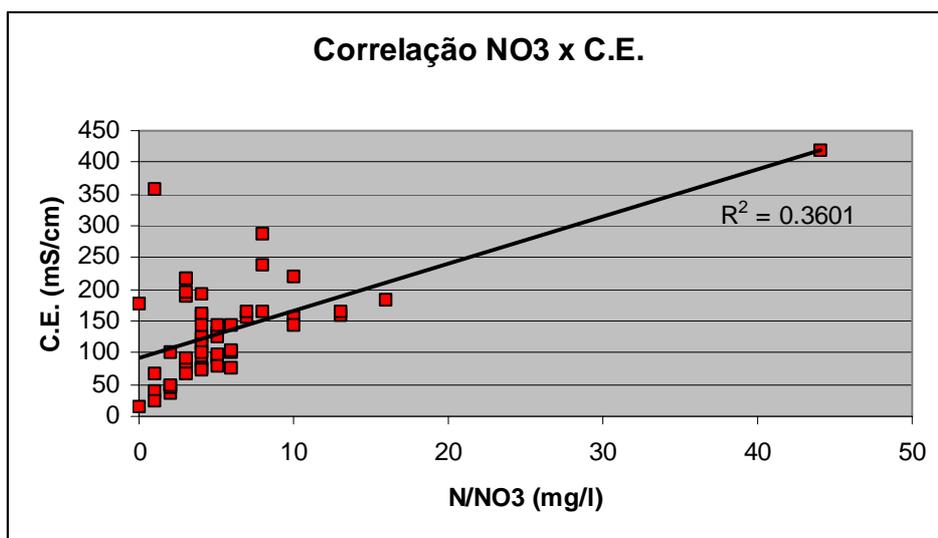


Figura 5- Correlação entre os parâmetros Condutividade Elétrica *versus* Nitrato nas amostras de água subterrânea da área investigada.

4.2- Observações Sobre as Condições de Higiene Locais

Vale observar as precárias condições de higiene em que se encontra a grande maioria dos poços cadastrados no bairro Eletronorte. Onde se pode destacar os poços 38, 41 e 42 (figuras 6, 7 e 8). Nestes observa-se a falta de impermeabilização do solo ao redor dos poços, a falta de uma tampa de proteção na boca dos poços, assim como o amontoado de lixo ou material descartado nas proximidades dos mesmos. Foi observada durante o desenvolvimento da presente pesquisa a presença de latrinas (figura ?) localizadas a céu aberto e sem nenhum tipo de proteção ao solo, sendo todos os dejetos liberados diretamente sobre a calçada ou na rua Júpiter, correspondendo a uma potencial fonte de contaminação aos recursos naturais, em especial, as águas subterrâneas do bairro Eletronorte.



Figura 6 - Poço 38, cujo valor de condutividade elétrica identificado foi de $287,0 \mu\text{S}/\text{cm}$, devido à atividade antrópica.



Figura 7 - Poço 41, situado na rua Bartolomeu Pereira, apresentando precárias condições de higiene, onde se identificou o teor de $7,60 \text{ mg}/\text{l}$ de NO_3/N .



Figura 8- Poço 42, situado na rua Bartolomeu Pereira, apresentando péssimas condições de higiene, resultando em valores de condutividade elétrica de 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figura 9- Latrina localizada na calçada da rua Júpiter.

4.3- Mapeamento do Nitrato

O mapeamento da pluma de contaminação de nitrato no bairro da Eletronorte foi executado através do cadastro dos poços amazonas e coleta das amostras de água subterrânea em cada um dos respectivos poços; sendo criado desta forma um banco de dados com os parâmetros investigados, conforme ilustra a tabela 1. Em seguida, 9.1) e através de modelo matemático que utiliza interpolação de pontos (*Inverse Distance Weighted*) o mapa foi criado. As áreas amarelas indicam as regiões onde os teores de nitrato apresentaram valores mais baixos; enquanto que, as áreas vermelhas do mapa representam as regiões cujos teores identificados apresentaram-se mais elevados.

De acordo com o mapa de isoconcentrações de nitrato apresentado na figura 12, os teores mais elevados de nitrato foram identificados no poço 6, situado na rua Bartolomeu Pereira, antiga rua do Café; assim como no poço 27 na rua Janaura, antiga rua 1 e nos poços 1 e 3, ambos no beco Fernando de Noronha, próximo a rua Samaumeira (Figura 10).



Figura 10- Poço 1, situado no beco Fernando de Noronha, onde se percebe as precárias condições de higiene local e a falta de normas técnicas na construção do mesmo.

É clara a relação entre os elevados teores de nitrato na água dos poços investigados e as condições de higiene nas proximidades dos mesmos, como pode ser observado nas figuras 10 e 11, referentes aos poços 1 e 3. Nota-se que o poço 1 não encontrava-se tampado e sua boca está no mesmo nível do terreno, facilitando a infiltração de qualquer elemento através do escoamento superficial, sem mencionar a distância com a fossa sanitária, localizada a pouco mais de quatro metros.

A precariedade nas condições de higiene dos poços que abastecem individualmente a população do bairro investigado também é nitidamente representada na **foto 3**, que ilustra o poço 3. Nesta, observa-se que, o poço, além de mal construído, encontra-se a pouco mais de um metro de distância da vala que escoar a céu aberto e a jusante do fluxo de água subterrânea, que alimenta o poço e, encontra-se comprometida pela contaminação, de acordo com a análise físico-química.



Figura 11- Poço 3 situado no beco Fernando de Noronha, onde se percebe as precárias condições de higiene local, com a vala escoando a céu aberto e o poço localizado a jusante do fluxo.

Mapa de Isoconcentrações de Nitrato

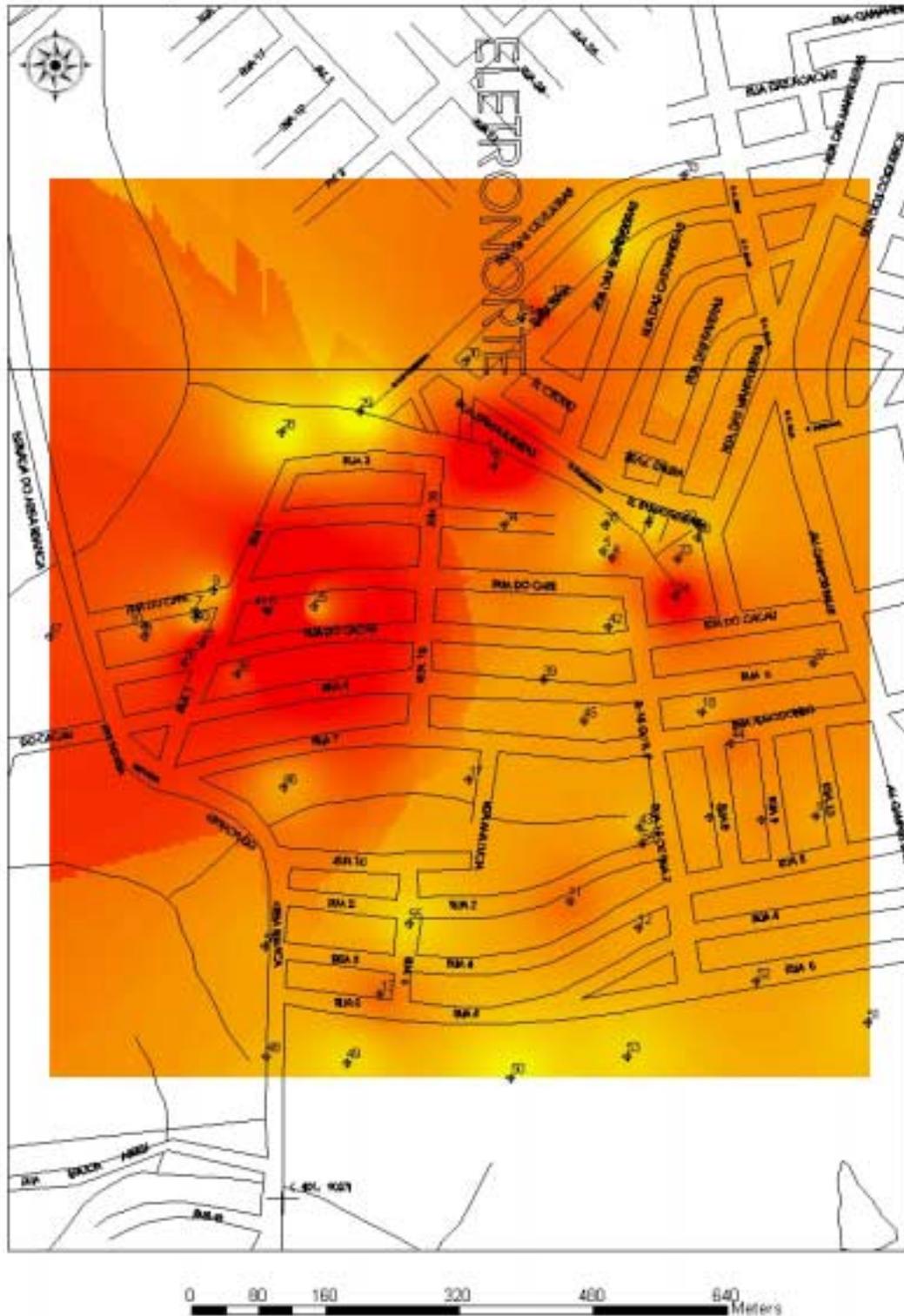


Figura 12– Mapa de isoconcentrações de nitrato no bairro Eletronorte.

4.4- Mapeamento do Cloreto

A metodologia adotada para mapear as zonas homólogas de cloreto foi a mesma adotada para o mapeamento da pluma de contaminação do nitrato. No entanto, a terminologia adotada para este tópico foi zonas de ocorrência de cloreto, uma vez que, os teores identificados para esse elemento encontram-se bem abaixo do limite de potabilidade dos padrões adotadas no presente estudo, de 250mg/l de Cl⁻; não caracterizando, portanto, uma pluma de contaminação.

Através do modelo matemático da *Inverse Distance Weighted* obtido pelo software ArcGis 9.1 foi determinado que as zonas amarelas simulam as menores concentrações de cloreto; enquanto que, as regiões vermelhas do mapa representam as áreas com os maiores teores deste elemento. De acordo com o mapa da figura 13, as maiores concentrações de cloreto foram identificadas nos poços 6, 7 e 25, localizados na rua Bartolomeu Pereira, antiga rua do Café; assim como no poço 5 no beco da Tilápia, próximo a rua Samaumeira e no poço 24 situado na rua Faveira, antiga rua do Cacau.

O teor de cloreto pode muitas vezes ser mascarado nas amostras de águas subterrâneas, uma vez que, muitas pessoas adicionam água sanitária aos poços com o objetivo de eliminar microorganismos. Esse fato se observou em diversos poços cadastrados, onde as condições de higiene são boas e o poço se encontra protegido e impermeabilizado.

Mapa de Isoconcentrações de Cloreto

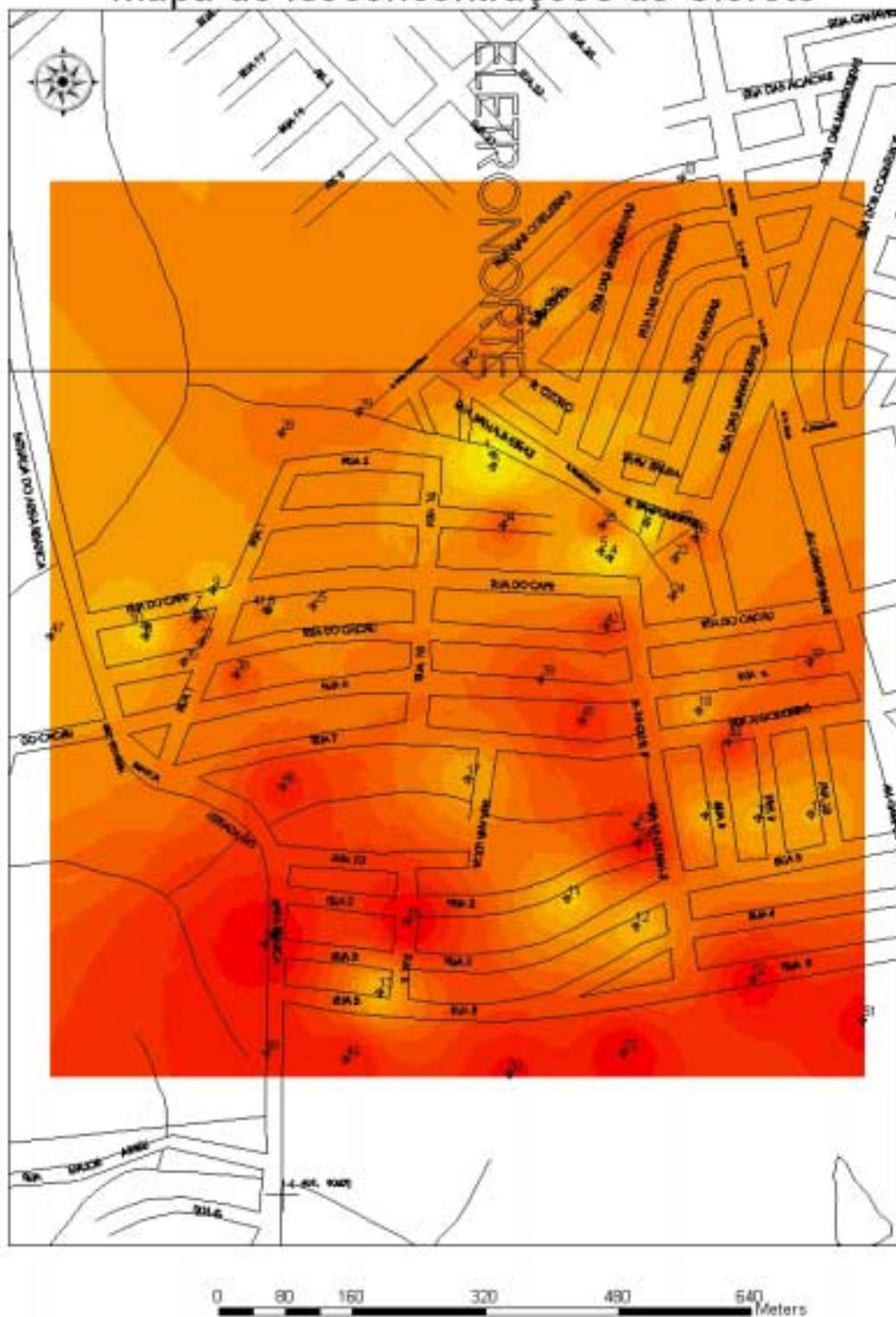


Figura 13 – Mapa de isoconcentrações de cloreto no bairro Eletronorte.

4.5- Mapeamento da Condutividade Elétrica

O método utilizado para o mapeamento da condutividade elétrica nas águas subterrâneas do bairro Eletronorte foi o mesmo utilizado para o cloreto e o nitrato. Pode se observar no mapa de isovalores da condutividade elétrica, na figura 14, que, as áreas com os valores mais elevados de condutividade elétrica, apresentam uma distribuição espacial semelhante ao mapa de isoconcentrações de nitrato, em decorrência e corroborando a relação entre estes dois parâmetros investigados. Destacam-se, portanto, os poços 5 e 6 localizados no beco da Tilápia e na rua Bartolomeu Pereira, respectivamente. Em ambos, os valores identificados para a condutividade elétrica foram muito elevados, correspondendo a 359,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o poço 5 e 420,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o poço 6. Em relação a estes valores elevados de condutividade elétrica destacam-se ainda os poços 3, 4 e 9, localizados no beco Fernando de Noronha, no beco da Tilápia e na rua Janaura, respectivamente. Nestes poços, os valores variaram entre 221,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 238,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 191,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O mapa produzido pelo modelo matemático utilizado ilustra as demais áreas com coloração amarelo claro; no entanto, vale destacar que 96.36% dos poços investigados apresentaram valores de condutividade elétrica acima do *background* regional e, cerca de 61.81% das amostras encontram-se acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando a influência antrópica na alteração da qualidade das águas.

Mapa de Isovalores da Condutividade Elétrica

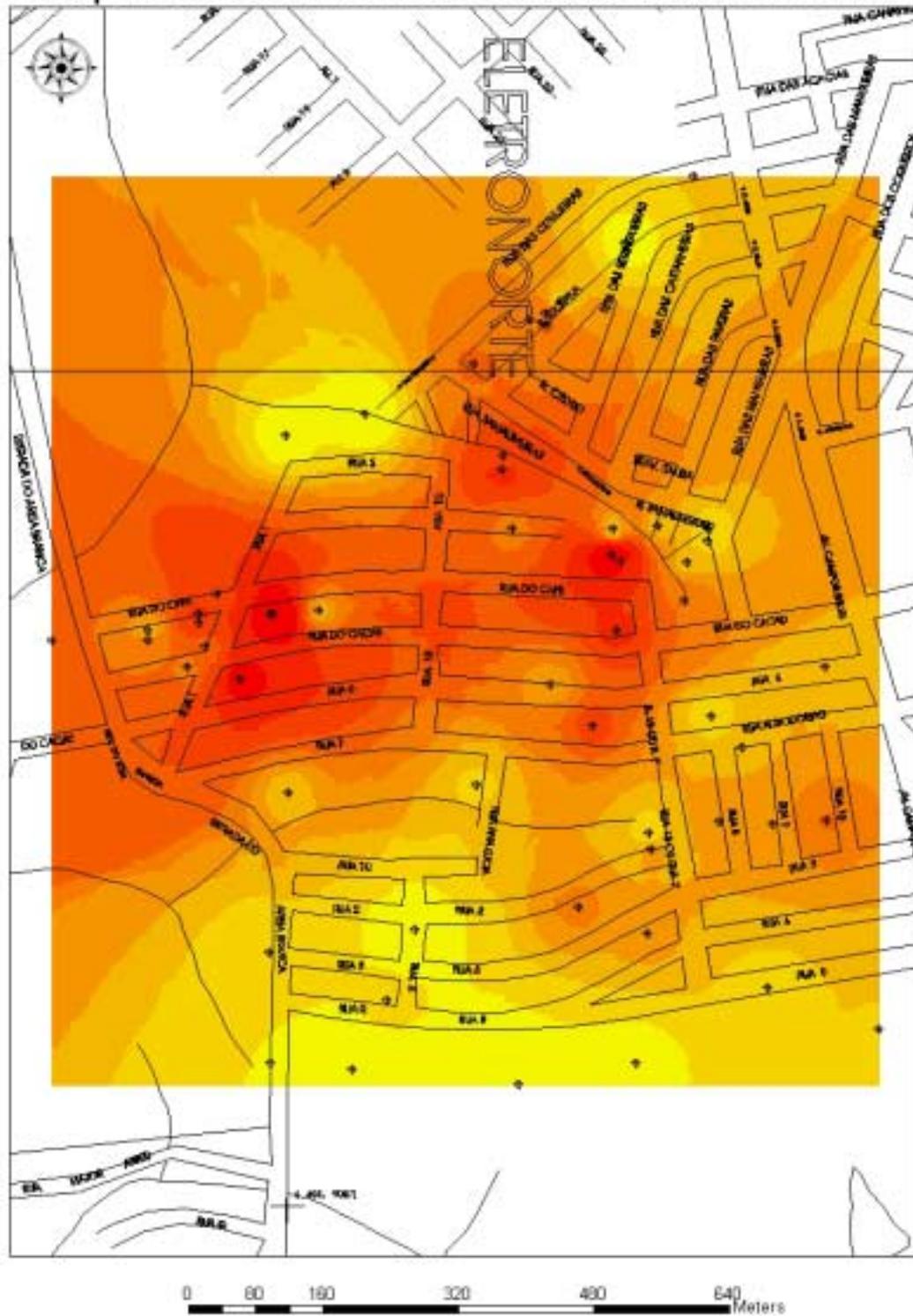


Figura 14 – Mapa de isovalores da condutividade elétrica no bairro Eletronorte.

5. Conclusões

Após o desenvolvimento do presente estudo e da avaliação de todos os dados obtidos, tornou-se possível ponderar como principais conclusões, que, as condições de higiene do bairro Eletronorte são péssimas, considerando-se empiricamente as observações realizadas durante os levantamentos de campo. A condutividade elétrica da água subterrânea corrobora essa verificação, uma vez que, 96.36% das amostras estudadas apresentaram valores acima do *background* regional e, 12.72% das amostras averiguadas apresentaram teores de nitrato acima dos padrões estabelecidos pelas normalizações nacionais. Deve se considerar ainda que, em 80% das amostras investigadas de água subterrânea foram identificados teores acima de 3mg/l, o que segundo o USGS (*apud* Campos, 2003) já é um indicativo da alteração antrópica na qualidade das águas subterrâneas. O elevado índice de contaminação está relacionado à ocupação desordenada do solo como a falta de planejamento urbano e saneamento básico. Este problema é agravado através da interação do sistema poço x fossa, uma vez que, os poços rasos utilizados para abastecimento doméstico, na grande maioria das vezes não apresentam condições de higiene apropriada, além de serem construídos de forma incorreta. Quando estes se localizam às proximidades de fossas sanitárias igualmente construídas sem critérios técnicos, o problema está instalado.

6. Referência Bibliográfica

- CAMPOS, J.C.V. 2003. *A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil – CPRM*. I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. Petrópolis, Rio de Janeiro, pp. 133-141.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2005. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Consultado em 22 de fevereiro de 2006.
- MAIA NETO, R.F. 1997. *Água para o desenvolvimento sustentável*. A Água em Revista, v.5 n.9, p.21-32.
- MELO JUNIOR, H. R. 2004. *Avaliação do grau de contaminação nas águas subterrâneas da área urbana do município de Porto Velho (RO) e suas implicações para a qualidade de Vida da População*. CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Porto Velho – RO: Projeto de Pesquisa. 27p.
- RICCI, G. 2001. *Avaliação da qualidade da água de abastecimento de Porto Velho – RO*. Monografia de Bacharelado em Biologia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho-RO.
- UHLY, S. & SOUZA, E. L. 2004. *A questão da água na grande Belém*. Fundação Heinrich Böll. Belém – PA, 182p.