



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**ALEXANDRA MACIEL RIQUELME**

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO (NO<sub>3</sub>) EM POÇOS  
CACIMBA NO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE ROLIM DE  
MOURA - RONDÔNIA**

**PORTO VELHO – RO**

**2015**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM GEOGRAFIA**

ALEXANDRA MACIEL RIQUELME

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO (NO<sub>3</sub>) EM POÇOS  
CACIMBA NO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE ROLIM DE  
MOURA - RONDÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia –PPGG, da Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, como requisito para obtenção do título de Mestre.

**Linha de Pesquisa:** Paisagem, Natureza e Sustentabilidade – TNS.

**Orientador:** Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho.

**PORTO VELHO – RO**

**2015**

Riquelme, Alexandra Maciel.  
R594a Avaliação da contaminação por nitrato (NO<sub>3</sub>) em poços cacimba no  
perímetro urbano de Rolim de Moura – Rondônia /Alexandra Maciel Riquelme  
– Porto Velho: UNIR, 2015.  
89f.:il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia –  
UNIR.  
Orientador: Profº. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

1. Poços rasos. 2. Contaminação – Nitrato (NO<sub>3</sub>). 3. Água contaminada. 4. Fonte  
Hídrica. I. Silva Filho, Eliomar Pereira. II. Universidade Federal de Rondônia –  
UNIR. III. Título.

CDU 628.112.1:628.1.034(811.1)

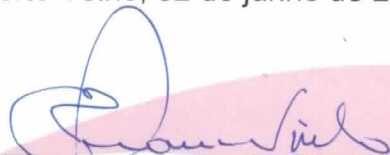
Catálogo na publicação: Naiara Raissa da Silva Passos / CRB11-Nº891

## ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

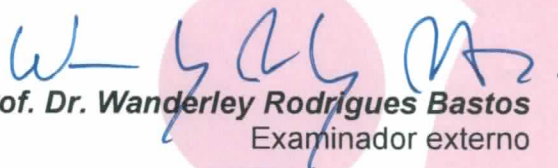
### ALEXANDRA MACIEL RIQUELME

A Banca de defesa de Mestrado presidida pelo orientador **Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho** e constituída pelos examinadores **Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos** e **Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes**, reuniram-se no dia 02 de junho de 2015, às 14:30 horas na sala Rosa Ester Rossini, Bloco 1N, sito no Campus Universitário José Ribeiro Filho, para avaliar a Dissertação de Mestrado intitulada “**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO (NO3) DA ÁGUA E POÇOS CACIMBA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA - RONDÔNIA**”, da mestranda Alexandra Maciel Riquelme, matrícula 201210516. Após a explanação da mestranda e arguição pela Banca Examinadora, a referida DISSERTAÇÃO foi avaliada e de acordo com as normas estabelecidas pelo Regimento do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia foi considerada APROVADA. Conforme determinação do Colegiado do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, a candidata tem o prazo de até 90 (noventa) dias, a contar desta data, para realizar as correções sugeridas pela banca e entregar as cópias definitivas de sua dissertação.

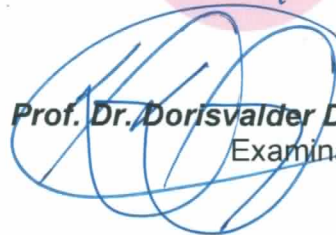
Porto Velho, 02 de junho de 2015.



**Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho**  
Orientador/presidente



**Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos**  
Examinador externo



**Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes**  
Examinador interno

*Dedico este trabalho em memória ao meu amado Pai Assis Riquelme da Silva.*  
*Obrigado Pai, por sempre me ensinar a seguir em frente e nunca desistir dos meus sonhos.*  
*Obrigado Pai, por todo amor e carinho.*  
*Obrigado Pai...*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço Primeiramente à Deus por iluminas meus passos, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradeço à minha família, em especial à minha amada Mãe Adalgisa T. Maciel de Souza que sempre foi paciente e que apesar da distância, nunca deixou de dar atenção e carinho. Em memória ao meu amado Pai Assis Riquelme da Silva. À minha querida irmãzinha Alexsimara Maciel Riquelme, presente que Deus colocou em nossas vidas.

Agradeço ao meu amado noivo Rummenig Ferreira Desidério por estar presente na minha vida em todos os momentos, tanto na alegria como na tristeza, pois sem você a realização deste não seria possível. Obrigado por toda paciência, apoio, compressão e por me amar tanto.

Agradeço ao professor e meu orientador Eliomar Pereira da Silva Filho pela paciência, compreensão e todo apoio correções e incentivos, fornecendo suporte durante a realização deste trabalho.

Agradeço à minha querida amiga, Larissa H. Barbosa Pinheiro da Luz por todo seu companheirismo e apoio.

Agradeço aos Acadêmicos da UNIR pela árdua tarefa de levantamento dos dados dos poços utilizados neste trabalho e ao laboratório de Águas do campus de Rolim de Moura – RO da UNIR, chefiado pelo Professor Dr. Rosalvo Stachiw, obrigado pelo esforço de manter a linha de pesquisa no município

Agradeço à Universidade Federal de Rondônia – UNIR, através do Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG, pela oportunidade de aperfeiçoamento dos conhecimentos científicos.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

## RESUMO

A utilização da água pelo ser humano é uma necessidade essencial a sua sobrevivência e seu bem estar, porém a utilização desta quando proveniente de fontes inadequadas pode trazer riscos à saúde, em regiões como Rondônia, devido ao baixo nível de oferta do saneamento básico e a outros fatores, o uso dos poços rasos amazônicos como fonte hídrica é de longa data e muito comum entre a população local. Objetivou-se avaliar o grau de contaminação da água por meio de análises laboratoriais por meio de parâmetros físico-químicos, químicos e microbiológicos correlacionando-os com fatores socioeconômicos. Foram coletadas amostra de água de 61 poços no perímetro urbano do município de Rolim de Moura-RO. As análises foram realizadas em dois períodos distintos do ano de 2013, no fim do período chuvoso e no fim do período seco. Nas análises do microbiológico foi determinado o índice de contaminação por coliformes totais e *E. coli*, com estes dois parâmetros determinou-se o grau de contaminação por bactérias oriundas de matéria orgânica e fecal demonstrando a exposição destes poços a fatores contaminantes externos que podem ser originados de acordo com a ocupação do solo ou más condições sanitárias e de construção destes poços. O pH foi aferido por meio do pHmetro de bancada, devidamente calibrado. A turbidez foi analisada através do uso de um turbidímetro de bancada automatizado e devidamente calibrado. A condutividade elétrica e a cor também foi obtida em aparelho automatizado de bancada calibrado previamente por solução padrão e com posterior análise individual das amostras obtidas. A dureza da água foi obtida por meio de titulação. O nitrito e nitrato foram obtidos por métodos físico-químicos, posteriormente foi dada a leitura no espectrofotômetro. Os resultados obtidos revelam o elevado grau de contaminação dos poços utilizados pela população, pois por meio das análises o nível de contaminação se mostrou elevado, sendo 98,4 % dos poços apresentando contaminação por coliformes fecais no período chuvoso e 100% no período seco. Houve detecção de valores elevados de turbidez nas amostras, o que pode indicar dificuldades de desinfecção destes poços por agentes químicos. A condutividade elétrica também se mostrou elevada no período chuvoso indicando assim presença aumentada de matéria orgânica e íons neste período. Foi obtida diferenças estatisticamente significativa entre os períodos chuvoso e seco pelo Test t Student demonstrou diferença significativa entre os períodos ( $p < 0,05$ ), nos parâmetros turbidez, dureza, nitrito, nitrato e *E. coli*. A análise multivariada demonstrou quando considerado todos os parâmetros, que o nitrito e o nitrato apresentaram maior diferenciação quando levado em conta os dois períodos. No período chuvoso não foi encontrado índice de correlação estatisticamente significativo entre os valores de nitrato e as classes socioeconômicas do município. Com a análise dos dados obtidos é possível estimar a dimensão do problema de saúde pública que se encontra instalado no município de Rolim de Moura, Rondônia nos locais cujo a população por ventura faça o uso destas fontes hídricas subterrâneas como única fonte de abastecimento.

**Palavras-chave:** Contaminação, Água, Coliformes, Saúde.

## ABSTRACT

Water use by humans is an essential need for the survival and well-being, but the use of this when coming from inadequate sources can bring health risks, in areas like Rondônia, due to the low supply level of sanitation and other factors, the use of Amazon shallow wells as water source is long-standing and very common among local people. The objective was to assess the degree of contamination of water by means of laboratory analyzes through physical-chemical, chemical and microbiological parameters correlating them with socioeconomic factors. 61 well water samples were collected in the urban area of the municipality of Moura Rolim -RO. The analyzes were performed at two different periods of the year 2013, at the end of the rainy season and at the end of the dry season. In the microbiological analysis it was determined the index of contamination by total coliforms and *E. coli*, determined with these two parameters the degree of contamination by bacteria from organic and fecal matter wells demonstrating the exposure of contaminants to external factors can be sourced according to land use or poor sanitation and construction of these wells. The pH was measured using the benchtop pH meter, calibrated. The turbidity was analyzed using a turbidimeter calibrated and automated bench. The electrical conductivity and the color was also obtained in automated apparatus previously calibrated by standard solution bench and subsequent analysis of individual samples obtained. The water hardness was obtained by titration. Nitrite and nitrate were obtained by physical-chemical methods, it was subsequently given the reading on the spectrophotometer. The results show the high degree of contamination of the wells used by the population because through the analysis the level of contamination proved high, with 98.4% of the wells showing contamination by fecal coliforms in the rainy season and 100% in the dry season. There was detecting high values of turbidity in samples which may indicate disinfection difficulties of these wells by chemical agents. The electrical conductivity was also high during the rainy season thus indicating increased presence of organic matter and ions will be shown. Was obtained statistically significant differences between the rainy and dry seasons by the Student t test showed a significant difference between periods ( $p < 0.05$ ) in the parameters turbidity, hardness, nitrite, nitrate and *E. coli*. Multivariate analysis demonstrated when considering all parameters, that nitrite and nitrate showed greater differentiation when taken into account the two periods. The rainy season was not found statistically significant correlation coefficient between nitrate values and socioeconomic classes of the municipality. With the data analysis it is possible to estimate the size of the public health problem that is installed in Rolim de Moura city, Rondônia in places whose population may eventually make the use of these underground water sources as the only source of supply.

**Key words:** Contamination, Water, Coliform, Health.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área urbana do Município de Rolim de Moura, Rondônia-RO. Fonte: Google Earth (2015).....	22
Figura 2- Precipitação Média Mensal do Município de Rolim de Moura. Fonte: SIPAM, 2006.. .....	25
Figura 3 - Geologia do perímetro urbano do município de Rolim de Moura, Rondônia-RO.	26
Figura 4- Geologia do perímetro urbano do município de Rolim de Moura, Rondônia-RO. .	28
Figura 5- Pedologia do perímetro urbano do Município de Rolim de Moura, Rondônia-RO.	30
Figura 6– Distribuição dos poços do município por bairros. ....	33
Figura 7- Distribuição dos poços do município proporcionalmente por bairros.....	34
Figura 8 - Condutivímetro de bancada. ....	36
Figura 9 - Condutivímetro de bancada. ....	36
Figura 10 - pHmetro de bancada. ....	37
Figura 11 - Turbidímetro portátil de bancada.....	38
Figura 12 - Suporte de bureta para titulação.....	40
Figura 13- Espectrofotômetro de mesa.....	43
Figura 14 - Espectrofotômetro de mesa.....	46
Figura 15 - Estufa bacteriológica A. Tubos de ensaio com Colilert B.....	47
Figura 16 - Tubos de ensaio com colilert, após 24 horas em estufa A e Tubo de ensaio expost a luz UV, indicando presença de E.coli B. ....	48
Figura 17- Localização dos poços analisados de acordo com a sua posição geográfica na área urbana de Rolim de Moura – RO. Fonte: Google Earth (2015). ....	50
Figura 18- Raster da interpolação dos dados de Condutividade Elétrica, A período chuvoso e B período seco. ....	52
Figura 19- Raster da interpolação dos dados de Cor da água, A período chuvoso e B período seco. ....	54
Figura 20- Raster da interpolação dos dados de pH da água, A período chuvoso e B período seco. ....	56
Figura 21 - Raster da interpolação dos dados de Temperatura da água, A período chuvoso e B período seco. ....	58

Figura 22- Raster da interpolação dos dados da Turbidez, A período chuvoso e B período seco .....	60
Figura 23 - Raster da interpolação dos dados de Dureza, A período chuvoso e B período seco. ....	62
Figura 24- Raster da interpolação dos dados de Nitrito, A período chuvoso e B período seco. ....	64
Figura 25- Raster da interpolação dos dados de Nitrato, A período chuvoso e B período seco. ....	66
Figura 26- Raster da interpolação dos dados de contaminação por Coliformes Totais, A período chuvoso e B do período seco. ....	68
Figura 27- Raster da interpolação dos dados de contaminação por E. Coli, A período chuvoso e B do período seco. ....	70
Figura 28 - Projeção de Casos no Plano do Componente Principal (1 X 2).....	73
Figura 29 - Gráfico de agrupamento dos dados estatísticos do Cluster. ....	74
Figura 30- Distribuição de classes sociais por bairro do município de Rolim de Moura-RO. ....	75
Figura 31- Concentração de nitrato no período chuvoso distribuído por bairro do município de Rolim de Moura-RO.....	76
Figura 32- Concentração de nitrato no período seco distribuído por bairro do município de Rolim de Moura-RO.....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala de Padrões .....	42
Tabela 2. Escala de padrões – Leitura em 410 nm. ....	46
Tabela 3. Distribuição das classes econômicas de acordo com atribuição de pontos. ....	48
Tabela 4. Média de contaminação dos poços nos períodos chuvoso e seco.....	71
Tabela 5. Índice de contaminação dos poços nos períodos chuvoso e seco.....	72
Tabela 6. Projeção de casos no plano do Componente Principal (1 X 2).....	73
Tabela 7. Componente Principal (CP).....	75

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. JUSTIFICATIVA .....	14
2. OBJETIVOS .....	16
2.1. OBJETIVO GERAL .....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
3.1. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E INFLUÊNCIA ANTRÓPICA .....	17
3.2. NITRATO .....	18
3.3. GEOGRAFIA DA SAÚDE .....	19
4. ÁREA DE ESTUDO .....	22
4.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	22
4.2. HISTÓRICO DO MUNICÍPIO .....	23
4.2.1. Aspectos socioeconômicos.....	23
4.2.2. Saneamento básico .....	23
4.3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.3.1. Clima .....	24
4.3.2. Geologia .....	25
4.3.3. Geomorfologia .....	27
4.3.4. Solos.....	29
4.3.5. Vegetação .....	31
5. METODOLOGIA.....	32
5.1. ESTUDO DESENVOLVIDO.....	32
5.2. PERÍMETRO URBANO .....	32
5.3. AMOSTRAGEM .....	33
5.4. TRABALHO DE CAMPO .....	34
5.4.1. Aplicação do termo informativo e autorizativo.....	34
5.4.2. Ficha de coleta.....	34
5.4.3. Coleta das amostras .....	35
5.5. ANÁLISES LABORATORIAIS .....	35
5.5.1. Parâmetros físico-químicos .....	35
5.5.1.1. Condutividade elétrica.....	35

5.5.1.2. Cor.....	36
5.5.1.3 pH. Potencial Hidrogeniônico .....	37
5.5.1.4. Temperatura .....	37
5.5.1.5. Turbidez .....	38
5.5.2. Parâmetro químicos.....	38
5.5.2.1. Dureza .....	38
5.5.2.1.3. Cálculo .....	40
5.5.2.2. Nitrito .....	41
5.5.2.3. Nitrato.....	44
5.5.3. Parâmetro microbiológicos .....	46
5.5.3.1. Coliformes totais e <i>E. coli</i> .....	46
5.6. ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	48
5.7. OBTENÇÃO DE DADOS.....	48
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
6.1. ANÁLISES, DISTRIBUIÇÃO, INTERPOLAÇÃO DE DADOS ESPACIALIZADOS.....	50
6.1.1. Parâmetros físico-químicos .....	51
6.1.1.1. Condutividade elétrica.....	51
6.1.1.2. Cor.....	53
6.1.1.3. pH.....	55
6.1.1.4. Temperatura .....	57
6.1.1.5. Turbidez .....	59
6.1.2. Parâmetros químicos .....	61
6.1.2.1. Dureza .....	61
6.1.2.2. Nitrito .....	63
6.1.2.3. Nitrato.....	65
6.1.3. Parâmetro microbiológicos .....	67
6.1.3.1. Coliformes totais .....	67
6.2. VARIAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS PERÍODOS ANALISADOS .....	71
6.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA E MULTIVARIADA DOS DADOS.....	73
7. CONCLUSÕES.....	78
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de água subterrânea, captada de poços, há algum tempo vem assumindo importante papel no desenvolvimento da humanidade, auxiliando, viabilizando e, muitas vezes, constituindo-se em fonte única e indispensável no abastecimento humano, industrial e agrícola, entre outros. A perfuração de poços, executada de acordo com as exigências ambientais e normas técnicas construtivas em vigor, proporcionam benefícios, tais como autonomia, qualidade superior (a de outras fontes), saúde, segurança e economia.

Entretanto, em comunidades carentes, infelizmente este protocolo é raramente seguido, o que acaba acarretando em projetos inadequados. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 15,6% das famílias brasileiras, no ano de 2009, utilizavam os poços ou nascentes como fonte de água para consumo (IBGE, 2009; FUNASA, 2012).

De modo geral, a qualidade das águas utilizadas para o consumo humano está diretamente relacionada à forma de ocupação do solo urbano e rural, ao uso de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura, ao tratamento incorreto ou à falta de tratamento dos dejetos de animais e humanos. Tais fatores podem ser agravados caso não haja tratamento correto destas águas e as formas de proteção de reservatórios em relação ao deflúvio superficial sejam ineficazes.

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ocorre naturalmente em águas subterrâneas, mas a sua presença em concentrações elevadas é resultante de atividades humanas, principalmente ao uso de sistemas de saneamento *in situ*, as substâncias nitrogenadas dos resíduos orgânicos são oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. Por ser extremamente solúvel, uma vez presente no solo, ou diretamente na água, pode facilmente contaminar as águas subterrâneas.

Observa-se na Legislação Federal, Portaria nº. 2.914/2011 do Ministério da Saúde e da Organização Mundial de Saúde (OMS), que dispõe sobre o sistema de abastecimento de água, público ou individual, que a água contendo concentrações superiores a 10 mg/L de nitrogênio (N), na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), é imprópria para o consumo humano. Já o nitrito o estipulado pela legislação vigente que é de 1,0 mg/L, valor recomendado pela resolução 357/2005 do CONAMA.

Em poços, a contaminação por nitrato pode ser ocasionada por fontes internas e externas de contaminação; dentre as fontes de contaminação merece destaque a infiltração de esgoto

doméstico, promovido pela falta de saneamento básico e da construção incorreta de fossas sépticas ou sumidouros (GONÇALVES, 2003; ABAS, 2010).

A falta de saneamento básico não é recente e trata-se de um problema a ser enfrentado no cenário de políticas públicas mundiais. Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) mostram que duas em cada cinco pessoas no mundo moram em locais sem esgoto, e cerca de 2,6 bilhões de pessoas sofrem com a falta de saneamento básico e estão expostas ao aparecimento de doenças relacionadas à baixa qualidade de água, aproximadamente 90% dos afetados são mulheres e crianças.

De acordo com Queiroz (2009), a água de forma abundante e de qualidade se torna um fator direto de benefício à saúde pública, assim como ferramenta de qualidade de vida prevenindo a incidência de doenças como casos de doença diarreica na população em geral.

Em pequenos municípios, como a cidade de Rolim de Moura - RO, a utilização de água de poços para os mais diversos usos é um hábito comum da população, mesmo com o sistema de fornecimento de águas pelo órgão responsável CAERD. Dados da Secretaria Municipal de Saúde mostram que 63,38% das residências (9.687 famílias) utilizam este tipo de abastecimento de água.

Infelizmente, a construção de tais poços pela população raramente obedece às condições mínimas necessárias à sua construção, como por exemplo, a distância necessária do poço em relação à fossa séptica (30 metros). Sendo assim, o grande número de casos de doenças de veiculação hídrica na população carente do perímetro urbano do município tem preocupado a secretaria de vigilância sanitária, devido a relação existente entre estas doenças e o consumo de água de poço poluída por esgoto doméstico dos moradores. Apesar disso, nenhum estudo comprovou esta relação até o momento.

Neste contexto, a presente pesquisa visa determinar o grau de contaminação da água de poços rasos e superficiais do município, correlacionando-os com o perfil socioeconômico populacional da cidade de Rolim de Moura, considerando alguns padrões de qualidade da água determinados pela Legislação Federal do CONAMA 357/2005 e a Portaria do Ministério da saúde MS 2.9014/2011, através de uma análise geoestatística, que possibilite visualizar o comportamento espacial das áreas de estudo.

## **1.1. JUSTIFICATIVA**

A construção inadequada dos poços e a proximidade entre as fossas asséptica e os poços que por vezes tem distancias inferiores a 10 m, reforçam a suspeita de contaminação das águas

subterrâneas, principalmente por nitrato, pois o mesmo ocorre de forma natural, mas em quantidades elevadas é resultante de atividades humanas, principalmente ao uso de sistemas de saneamento *in situ* devido à relação existente entre doenças e o consumo de água de poço poluída por esgoto doméstico.

A avaliação da qualidade da água é o ponto de partida analítico quantitativo para a identificação dos poços com maior concentração de nitratos. Além de nitratos, foi realizada a determinação de outros parâmetros para avaliar a qualidade da água como: coliformes fecais e totais, cor, condutividade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e dureza.

Neste contexto a investigação da qualidade da água de poços rasos e superficiais da cidade de Rolim de Moura promoverá um levantamento e uma espacialização desses dados, que irão retratar com maior precisão os pontos críticos das contaminações existentes, promovendo a partir dos mapeamentos e análises de cunho socioambiental dos dados obtidos, registrar casos reduzidos das doenças associadas a esses vetores, contribuindo para melhorar as condições da saúde e de vida da população residente no perímetro urbano do município de Rolim de Moura – RO.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o grau de contaminação das águas subterrâneas considerando os poços do tipo cacimba por meio de parâmetros bio-físico-químicos, a caracterização socioeconômica da população considerando uma perspectiva dinâmico espacial desse possível impacto ambiental sobre a qualidade de vida e a saúde do cidadão residente em Rolim de Moura– RO.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a qualidade das águas de poços através de parâmetros químicos, físico-químicos e biológicos.
- Interpolar dados utilizando métodos estatísticos na análise da variabilidade espacial dos indicadores encontrados na área.
- Correlacionar os níveis de contaminação da água dos poços a possíveis perfis socioeconômico da população da área urbana da cidade de Rolim de Moura.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E INFLUÊNCIA ANTRÓPICA

Um dos conceitos comumente aplicados ao termo água subterrânea é o descrito por Amaral e Leinz (2003), a água subterrânea é formada por parte da água da precipitação atmosférica que se infiltra no solo formando a zona saturada e a zona insaturada. Essas duas camadas de água encontram-se separadas pelo lençol freático, cuja profundidade varia com as mudanças climáticas, a topografia da região e com a permeabilidade de solos e das rochas.

Desde a antiguidade, a água subterrânea é aproveitada pelo homem. No entanto, a compreensão de sua ocorrência e de seu movimento só foi estabelecida completamente durante o séc. XVIII.

De acordo com Guiguer (2000), a água subterrânea, pode ser compreendida como a água que ocorre nos espaços vazios do solo, o termo água do solo se refere a água que se encontra em espaços sólidos ou entre eles.

Para Borguetti *et al.* (2004), a água subterrânea é toda água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os espaços vazios, esta desempenha importante papel na umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos, fazendo parte do ciclo hidrológico.

As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada. De forma geral as águas subterrâneas estão contidas nos solos e formações geológicas permeáveis denominadas aquíferos. Este pode ser classificado de acordo com a pressão das águas nas suas superfícies limítrofes e também em função da capacidade de transmissão de água das respectivas camadas limítrofes: camada confinante superior e inferior (FEITOSA e FILHO, 2000).

Os aquíferos livres têm a chamada recarga direta, ou seja, o nível da água varia de acordo com a quantidade da chuva e são parcialmente saturados de água. (BORGHETTI *et al.*, 2004).

Assim, subentende-se que os aquíferos livres são os mais comuns e mais explorados pela população. Nestes ambientes os riscos de contaminação são maiores quando comparados aos aquíferos confinados, sua formação geológica é permeável e completamente saturada de água.

A camada do aquífero livre ou freático é, portanto, mais vulnerável, assim sendo, a gestão e planejamento das atividades sobre o aquífero torna-se tarefa imprescindível, principalmente nas áreas urbanas, para minimizar os impactos sobre as águas subterrâneas.

Atualmente, a poluição e a contaminação das águas subterrâneas são, tecnicamente, fáceis de serem detectadas. Acontece que, na maioria das vezes, a contaminação só é descoberta no momento em que substâncias nocivas aparecem nos reservatórios de água potável, quando a poluição já se espalhou sobre uma grande área.

As principais atividades antropogênicas, especialmente as de origens industriais, tornaram-se as fontes mais preocupantes de poluição das águas subterrâneas. O esgoto é outra fonte importante de poluição, diariamente cerca de dez bilhões de litros são lançados nos rios, lagos e no solo (HIRATA et al.1997).

Conforme classificação, o saneamento *in situ* é uma fonte dispersa de contaminação no aquífero, que uma vez lançado, contamina uma vasta área. Ou seja, de todas as atividades urbanas, os vazamentos de tubulações de esgotos e inexistência de rede de coletora de esgoto são as fontes mais críticas, entre as atividades exercidas.

Segundo Finotti et al. (2001), as reservas de água subterrâneas brasileiras já se encontram seriamente comprometidas. Através de estudos realizados em todas as partes do Brasil, percebe-se o significativo grau de contaminação encontrado nas águas subterrâneas, seja ela de origem urbana, industrial ou agrícola.

Deste modo às águas que se encontram contaminadas, implicam, sobretudo, que se identifiquem constituintes presentes indicando a gravidade da contaminação, para que se possa indicar as opções reparadoras e para que não haja perigo para a saúde humana e a biota local.

### **3.2. NITRATO**

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é um íon incolor, neutro, forte, oxidante e solúvel em água, correspondente à relação final da estabilização biológica da matéria orgânica nitrogenada (FERNANDES, 1982).

A maior parte do nitrogênio sob a forma de nitrato é derivada da ação biológica e, normalmente, não existem concentrações elevadas em águas subterrâneas não poluídas (ALABURDA e NISHIHARA, 1998). Sua introdução nos corpos hídricos pode ocorrer de fontes naturais ou como consequência de atividades antropogênicas.

Observa-se que o nitrato é o contaminante mais comum encontrado nas águas subterrâneas. Conforme Foster e Hirata (1993), concentrações acima de 10 mg/L representam forte indicação de contaminação nas águas. Portanto o nitrato é um bom parâmetro para se medir a contaminação da água subterrânea destinadas ao consumo.

O nitrato em altas concentrações pode trazer graves problemas de intoxicação tanto para

o homem como para os animais.

Segundo Cortecci (2003), quando ingerido, na cavidade bucal são reduzidos a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por microrganismos e depois em óxidos nítricos no estômago, formando nitrosaminas, substâncias reconhecidas como agentes cancerígenos potenciais.

Em virtude da periculosidade deste agente químico, a inexistência de planejamento na construção de cada sistema individual de saneamento (poço e fossa), permite que ocorra o contato dos efluentes da fossa com a água do poço. Conforme Melo Júnior *et al.* (2006), esta situação compromete seriamente a qualidade da água subterrânea.

### 3.3. GEOGRAFIA DA SAÚDE

Ao longo dos dois últimos séculos foram sendo observadas evidências de que tanto o nível de pobreza quanto o contexto social em que ela se desenvolve importam na determinação do estado de saúde, ou seja, indivíduos pobres vivendo em ambientes degradados apresentam pior situação de saúde do que indivíduos pobres vivendo em ambientes melhores (KRIEGER, 2001).

Nesta concepção, essas primeiras inferências tornaram-se um marco inicial para o estudo da geografia da saúde. Diversos pensadores analisaram a sociedade tomando a questão das desigualdades como objeto, justificando-as como derivadas dos desígnios divinos ou decorrentes de uma natureza humana abstrata, ou contestando-as como injustas e derivadas da maneira como os seres humanos constroem sua história (SILVA; BARROS, 2002).

Para Cavalli (1992), essas desigualdades podem ser classificadas como naturais quando ocorrem como diferenças ou dessemelhanças entre os indivíduos, como no caso de sexo, raça e idade; ou como sociais, quando sua ocorrência é associada com a estrutura da sociedade onde estão inseridas.

Esta relação entre espaço e saúde tem sido uma preocupação da medicina ocidental e da saúde pública há mais de dois mil anos e se consolidou no Ocidente por meio dos escritos de Hipócrates. Atribui-se a Hipócrates os primeiros registros sobre a relação entre a doença e o local/ambiente onde ela ocorre. Segundo Costa e Teixeira (1999), Hipócrates em sua obra “Ares, Águas e Lugares,” além de enfatizar a importância do modo de vida dos indivíduos, o filósofo analisou a influência dos ventos, da água, dos solos e da localização das cidades em relação ao sol, na ocorrência das doenças.

A aproximação entre o conhecimento médico e a geografia só foi estimulada a partir do século XVI decorrente da necessidade de se conhecer as doenças nas terras conquistadas,

visando à proteção de seus colonizadores. Esse período correspondeu ao predomínio da concepção determinista da geografia sobre a relação homem/natureza, de forma que as características geográficas, principalmente o clima, eram referidas como responsáveis pela ocorrência das doenças (COSTA; TEIXEIRA, 1999).

Minayo *et al.* (1998), afirmam que, no Brasil, a preocupação com a relação entre os problemas ambientais e as características socioeconômicas se tornam relevantes para a saúde coletiva no início do século XX, através do trabalho pioneiro de Oswaldo Cruz e seus colaboradores, que caracterizam três paradigmas básicos presentes nos estudos sobre a interface entre problemas ambientais e de saúde, a saber: o biomédico que tem origem na parasitologia clássica; o da relação saneamento e ambiente, com origens no saneamento clássico; e o da medicina social, que tem suas origens nos anos 1970 e que se constituiu em referência para o campo da saúde coletiva.

Pignatti (2003), ao fazer um histórico sobre as perspectivas teóricas ocidentais que tratam a relação saúde e ambiente, mostra que o entendimento atual sobre a integração dos campos tem fundamentação tanto nos estudos do campo da Saúde Pública quanto da Ecologia Humana. Ambos os campos começam a se fortalecer teoricamente, e a se aproximar, sob uma perspectiva mais complexa a partir dos anos 1970.

Para Freitas e Porto (2006) a importância dos processos socioeconômicos também é trazida ao traçarem um histórico sobre a interface saúde e ambiente, segundo a noção de sustentabilidade. Estes autores apontam três grandes processos socioeconômicos que estão interconectados e são essenciais para a compreensão de como o processo de constituição da sociedade vem agravando os problemas de saúde humana e ambiental. O primeiro tem a ver com processos demográficos de crescimento e mobilidade populacional, o segundo está relacionado com o aumento e intensificação das trocas comerciais; e o terceiro diz respeito às diferentes formas pelas quais as sociedades têm se apropriado dos recursos naturais.

A cidade é a protagonista da estrutura espacial, pois o crescimento, o hiper adensamento, a precária rede de infraestrutura e a intensa movimentação de pessoas, favorecem a circulação de parasitas. Não só antigas doenças convivem com novas, como outras antes erradicadas reemergem (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000).

Segundo Guimarães *et al.* (2003), a elevada desigualdade na distribuição de renda e no acesso aos recursos de saúde, ao saneamento básico, à educação e a outros constituintes do padrão de vida da população, têm resultado em diferenças no risco de morte e nos diversos estratos sociais.

Para Duarte *et al.* (2002), a desigualdade socioeconômica pode ser definida como a

distribuição desigual de bens e serviços entre grupos sociais. A saúde ou os processos saúde/doença e seus determinantes também podem ser desigualmente distribuídos nas populações, e, portanto, essas diferenças imprimem padrões diferenciados de morbimortalidade nos grupos sociais.

No contexto da Geografia da Saúde, Paraguassu-Chaves (2001) afirma que estudos voltados à descrição do clima e da hidrografia fundamentam a Geografia médica, definida como o estudo da geografia das doenças.

Nas observações gerais sobre a importância de cultivar-se os conhecimentos dos efeitos que as diversas estações, os ventos, as várias espécies de águas, a situação das cidades, a natureza dos solos e os modos de vida exercem sobre a saúde, bem como a necessidade que tem o médico de familiarizar-se com estes dados; estudar o clima e as doenças prevalentes; o discorrer sobre as várias espécies de água, bem como seus efeitos na constituição do homem; descrever a natureza das estações do ano, assinalando sua influência sobre a saúde.

Nesse contexto, o espaço geográfico deve ser o cenário a ser considerado, pois o conceito de saúde não está relacionado apenas à ausência de doenças, mas também às condições de vida da população.

## 4. ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa se encontra no perímetro urbano do município de Rolim de Moura, como apresentado na figura 1, o Município está compreendido entre as latitudes de 11° 30' S a 12° 00' S e longitudes de 61° 30' W a 62° 10' W, localizada na região leste do Estado de Rondônia, cerca de 480 km a sudeste da capital Porto Velho e 60 km ao sul de Cacoal.

É composta atualmente de uma área geográfica de 1.458 km<sup>2</sup>, sua população atinge 50.648 habitantes, ocasionando uma densidade demográfica de 34,73 hab./km<sup>2</sup> (IBGE/2012).

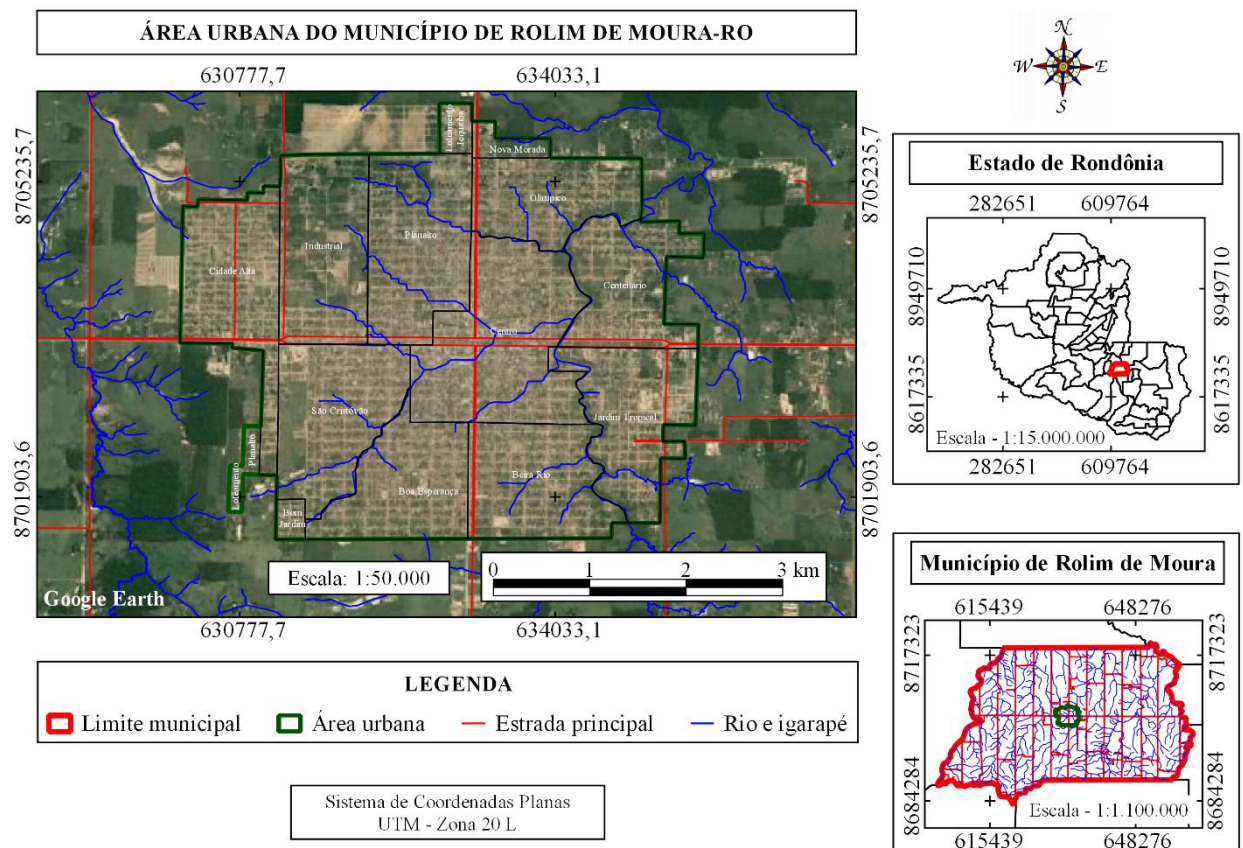


Figura 1- Localização da área urbana do Município de Rolim de Moura, Rondônia-RO. Fonte: Google Earth (2015).

## **4.2. HISTÓRICO DO MUNICÍPIO**

### **4.2.1. Aspectos socioeconômicos**

Rolim de Moura é um importante pólo regional, é a 7ª cidade mais populosa e economicamente ativa do estado de Rondônia, com uma população de 50.648 habitantes, onde aproximadamente 41.454 residem na área urbana. Sustenta o 7º maior PIB de Rondônia e possui o 18º melhor IDH da região Norte (IBGE/2012).

O Município de Rolim de Moura é um dos mais prósperos e importantes do Estado, por sua economia sólida e em plena expansão, destacando-se como grande centro produtor agropecuário. A sua história está vinculada à expansão da fronteira agrícola nacional decorrendo da convergência de fluxos migratórios para o Estado de Rondônia.

O município conta com Programas de Habitação Popular, através de recursos próprios e de convênios com os Governos Federal e Estadual. O Município possui abastecimento de água por Sistema Público, mas ainda assim algumas famílias dependem exclusivamente da água de poço.

O sistema de coleta dos resíduos sólidos é diário, atendendo cerca de 99% da população urbana e do setor industrial, sendo o destino a céu aberto. O esgotamento sanitário é feito por tratamento individual, visto que o Município não conta com Estação de Tratamento de Esgoto.

### **4.2.2. Saneamento básico**

Rolim de Moura não possui rede de coleta de esgotos e apresenta muitos poços rasos e superficiais irregulares para os mais diversos usos, mesmo com o sistema de fornecimento de águas pelo órgão responsável (CAERD), dados da Secretaria Municipal de Saúde mostram que 63,38% das residências (9.687 famílias) utilizam deste tipo de abastecimento de água. No entanto, a construção de tais poços pela população não obedece às condições mínimas, contaminando o aquífero.

Mais de 90% da área urbana do município está situada em uma microbacia, fato esse que agrava os riscos potenciais de contaminação dos aquíferos.

As condições físicas e sanitárias da rede de saúde são regulares, sendo comum o atendimento de doentes vindos de outros municípios situados na região da Zona da Mata.

A situação da saúde do município é muito delicada, devido ao grande número de atendimentos realizados pela rede física, mantida pela prefeitura de Rolim de Moura. A rede de



saúde pública é formada pelo Hospital Municipal, Policlínicas, laboratórios e vários postos e centros de saúde

### **4.3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **4.3.1. Clima**

O clima é equatorial com variação para tropical quente e úmido, temperatura de 40° para as máximas e 18° para as mínimas. A umidade relativa do ar varia de 80% a 85% e a precipitação anual é elevada, com variação entre 2.000 a 2.500 mm/ano, tendo a estação seca e chuvosa bem definida, ocorrendo a maior incidência de chuvas no período de janeiro a março. (SIPAM, 2006)

De acordo com a localização geográfica de Rolim de Moura no estado de Rondônia, verifica-se o clima Equatorial com variação para o tropical quente e úmido, que segundo a classificação de Köppen é do tipo AW, com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18°C (megatérmico), e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre na região um moderado déficit hídrico, com índice pluviométrico inferior a 50 mm/mês.

Em poucos dias dos meses de junho, julho e/ou agosto, o fenômeno da “friagem”, quando a região encontra-se sob a influência de anticiclones que se formam nas altas latitudes e atravessam a Cordilheira dos Andes em direção ao Sul do Chile, os quais se deslocam em direção à região amazônica. Durante estes eventos as temperaturas mínimas do ar, podem atingir valores inferiores a 12 °C (SIPAM, 2006).

A temperatura do ar apresenta uma pequena amplitude térmica mensal - em torno de 25°C, com temperatura máxima variando entre 29°C e 32°C e temperatura mínima do ar, variando entre 17°C e 23°C. A precipitação pluviométrica, ao contrário da temperatura do ar apresenta variações ao longo do ano, como apresentado na figura 2, distribuindo-se em duas estações bem definidas: uma estação chuvosa compreendida entre os meses de outubro a abril: o período mais chuvoso está compreendido entre os meses de novembro a março, no qual se concentra mais de 74% da precipitação total anual; e uma estação seca compreendida entre os meses de maio a setembro, período em que as chuvas são escassas, quadro que se agrava mais de junho a agosto, período em que a precipitação não ultrapassa 3% do total anual (SIPAM, 2006).

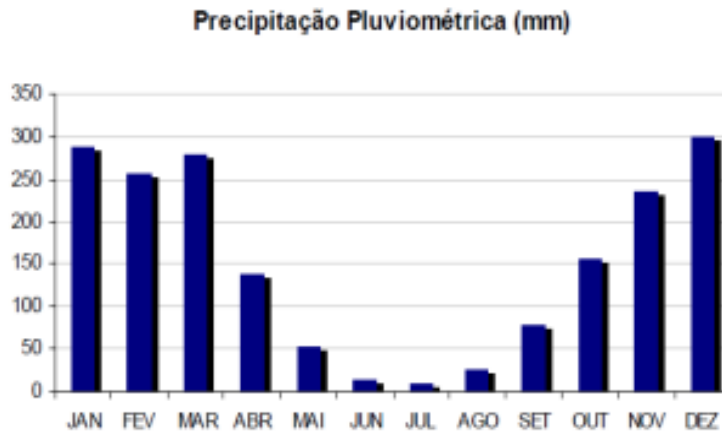


Figura 2- Precipitação Média Mensal do Município de Rolim de Moura. Fonte: SIPAM, 2006.

#### 4.3.2. Geologia

Rolim de Moura pertence à Bacia dos Parecis, e a formação de Pimenta Bueno. Onde a geologia é formada por conglomerado, arenito, folhelho, clastos caídos. (BAHIA *et. al.*, 2007).

Segundo Silva, *et.al* (1992), a geologia do perímetro urbano de Rolim de Moura se apresenta em duas grandes formações, figura 3.

Paleozóico (Grupo Pa 1 – Formação conglomerado – dolamito – ardósia):

- **GRUPO CACOAL** - Conglomerado polimítico, calcário dolomítico com intercalações sílticas-argilosas, com brechas intrafonacionais e margas ferruginosas; folhelhos micáceos (ardósia) com arenito feldspático interacamadado e níveis de carbonato dolomítico com módulos de chert e, localmente, gipsita na parte superior (CPRM, 2012).

Mesoproterozóico (Grupo NP mb – Vulcano – sedimentar):

- **GRUPO NOVA BRASILANDIA** - Mica – quartzo – xistos, biotita – xistos, silimanita – xistos, trenolita – xistos, anfíbolitos, metatufos; metamorfismo variando da fácies xistos – verde a fácies antibolito inferior (CPRM, 2012).

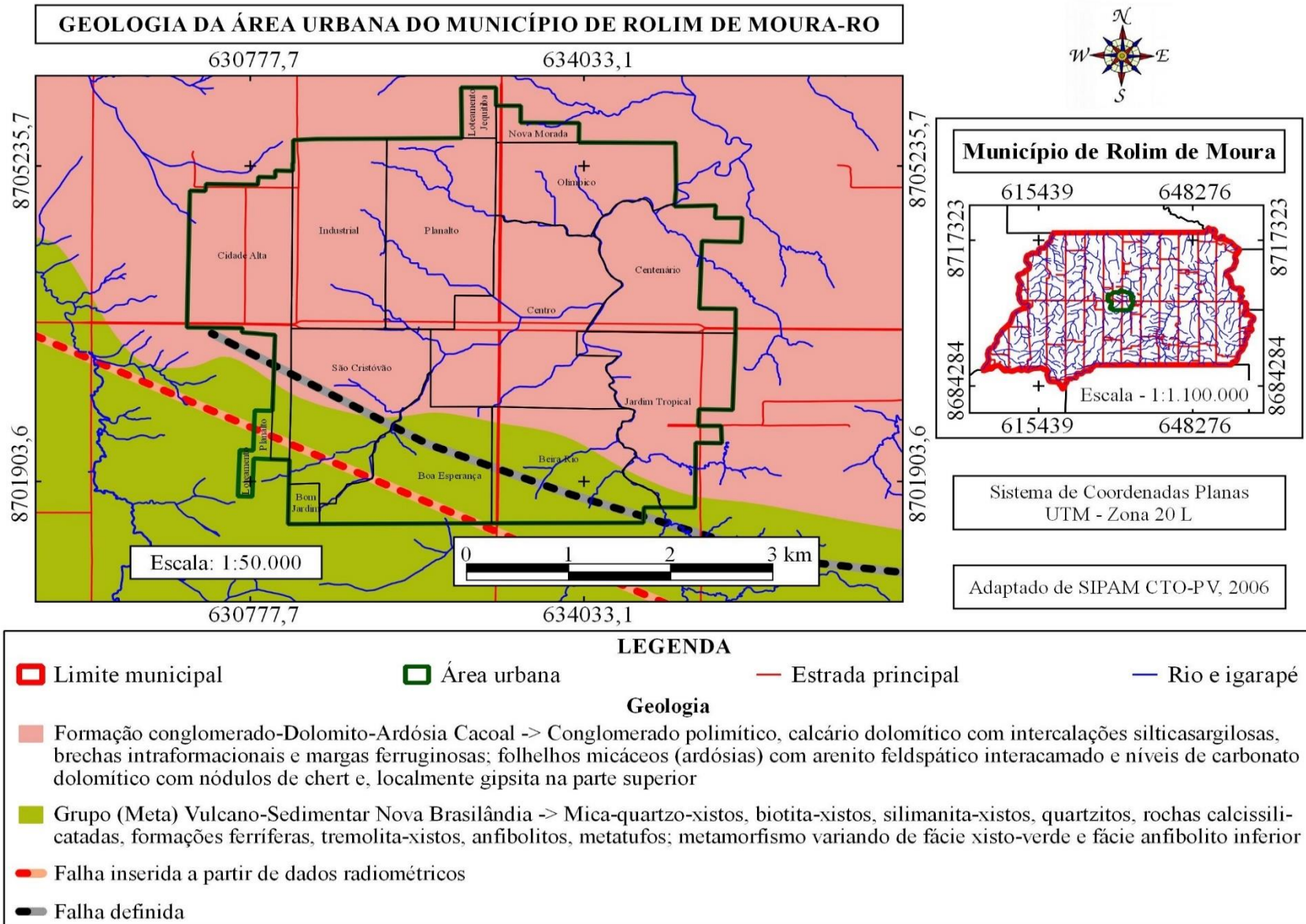


Figura 3 - Geologia do perímetro urbano do município de Rolim de Moura, Rondônia-RO.

### 4.3.3. Geomorfologia

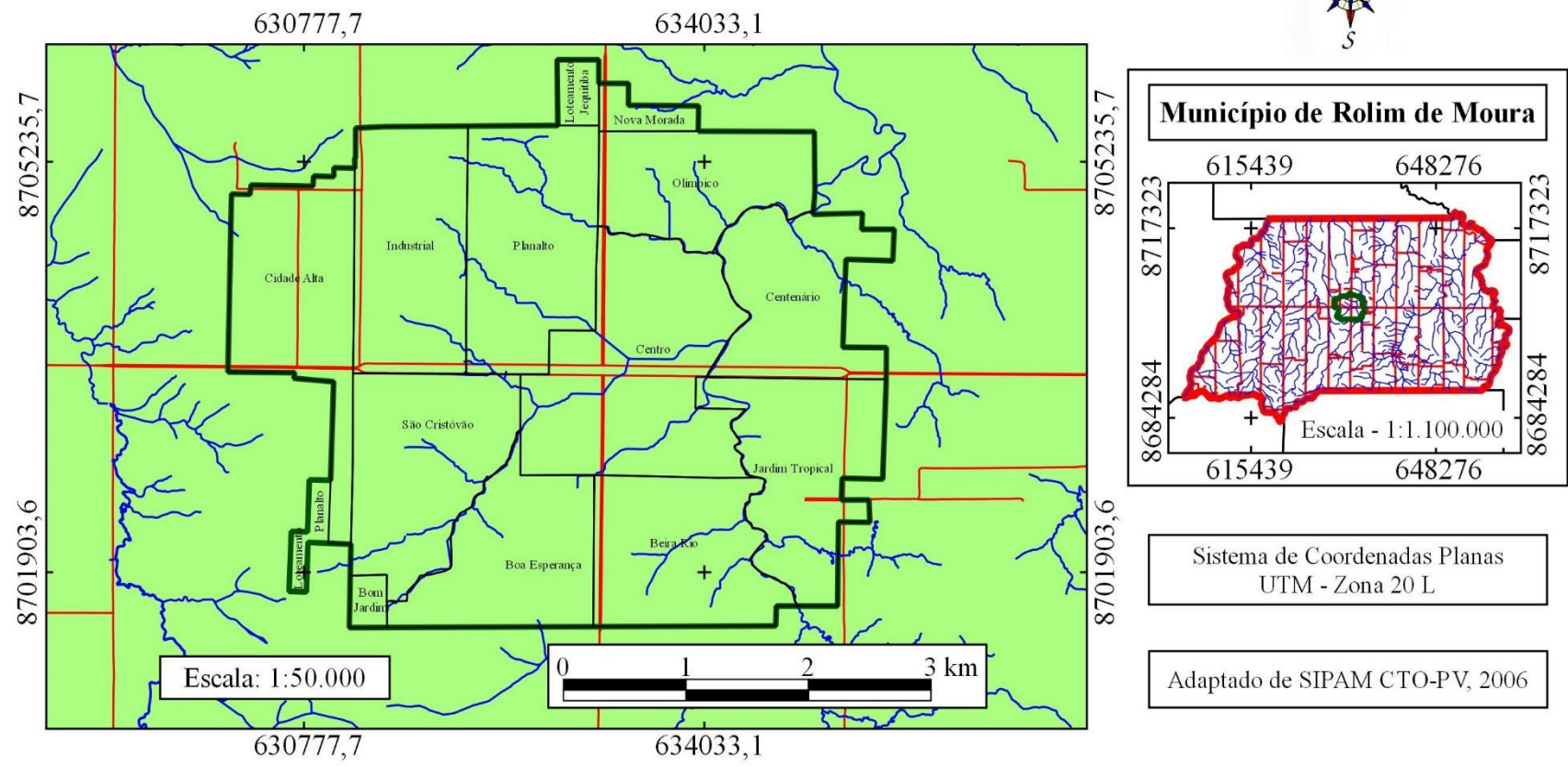
O município de Rolim de Moura situa-se na região centro-sul do Estado de Rondônia, a 290 m acima do nível do mar. De acordo com a CPRM (1998), ocorrem as seguintes unidades morfoestruturais, como apresentado na figura 4:

- O domínio do Planalto não muito elevado com Unidades Estruturais Denudacionais, porção integrante do Planalto dos Parecis, com presença de Agrupamentos de Morros ligeiramente abaulados e vales em forma de U e Colinas com Controle Estrutural e Agrupamentos abertos Unidades Denudacionais de Aplainamento nível I ( $> 300$ ). O domínio fortemente ondulado apresenta suscetibilidade à erosão. Característica presente na Linha 172 com declividade de 0 a 23,3 e alternância de altitude de 405 a 208 m (CPRM, 1998);
- O domínio Morfoestrutural esta relacionando a uma zona de cisalhamento, impondo um domínio bastante acidentado com morros alongados e vales em forma de —VI Unidades Denudacionais com Superfície de Aplainamento nível II ( $200 > \text{altitude} < 300$ ) com dissecação baixa e esporádicos Insebergs e Tors (CPRM, 1998).

O domínio é delimitado, a norte, pelas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia e pelo Planalto dos Rios Roosevelt-Aripuanã; ao sul e a sudeste, delimita-se com o Planalto dos Parecis (CPRM, 2010).

Essa extensa área aplainada ou ocupada por colinas com amplitudes de relevo invariavelmente inferiores a 50 m é drenada pela bacia hidrográfica do rio Anta Atirada. O rio Anta Atirada é um afluente pela margem esquerda do rio São Pedro, tributário do Rio Machado, e drena toda a área urbana do município de Rolim de Moura. Ressaltam-se, na topografia, baixos platôs incipientemente dissecados, com cotas ligeiramente mais elevadas entre 250 e 300 m (CPRM, 2010).

# GEOMORFOLOGIA DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA-RO



**LEGENDA**

Limite municipal	Área urbana	Estrada principal	Rio e igarapé
------------------	-------------	-------------------	---------------

**Geomorfologia**

Unidades Denudacionais - Superfície de Aplanamento - Altitude entre 200 e 300 m, com baixa Dissecção e nenhum ou esporádicos Inselbergs e Tors

Figura 4 - Geomorfologia do perímetro urbano do município de Rolim de Moura, Rondônia-RO.

#### 4.3.4. Solos

Os solos predominantes do município são Cambissolos Distróficos e Latossolo Vermelho-Escuros Distróficos, estes solos se caracterizam de maneira geral, como bem drenados, argilosos e bem drenados, franco pedregoso. Há ocorrência também dos de Cambissolos Eutróficos, Latossolo Amarelo Distrófico e Latossolo Vermelho-Escuro Eutrófico (CPRM, 2007).

Os Latossolos, constituem uma ordem de grande expressão geográfica no estado de Rondônia, compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte, diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo (CPRM, 2007).

Segundo Fernandes e Guimarães(2002), estes solos possuem zonas de solos arenosos e manchas de terras roxas, formado por terras de média a baixa fertilidade, de textura média a grossa, com presença de cascalho.

Devido à heterogeneidade do material de origem, às formas de relevo e condições climáticas, as características desses solos variam muito de local para local. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno- amarelada até vermelho-escuro, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila (CPRM,2007).

De acordo com o mapa apresentado na figura 5 é possível observar que os solos do perímetro urbano de Rolim de Moura são classificados conforme as características a seguir:

Latossolos Vermelho Amarelos Distróficos - Apresentam baixa saturação por bases ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B e também BA. São caracterizados pela cor amarelada e baixo teor de ferro, geralmente, a declividade tem uma variação em torno de 2-8%, bem drenados e variando de argiloso a arenoso (EMBRAPA, 2006).

Latossolos Vermelho-Escuro distróficos - Apresentam uma coloração mais escura, profundo, com declividade entre 2-8%, bem drenados, argilosos, levemente pedregosos e com fertilidade média (EMBRAPA, 2006).

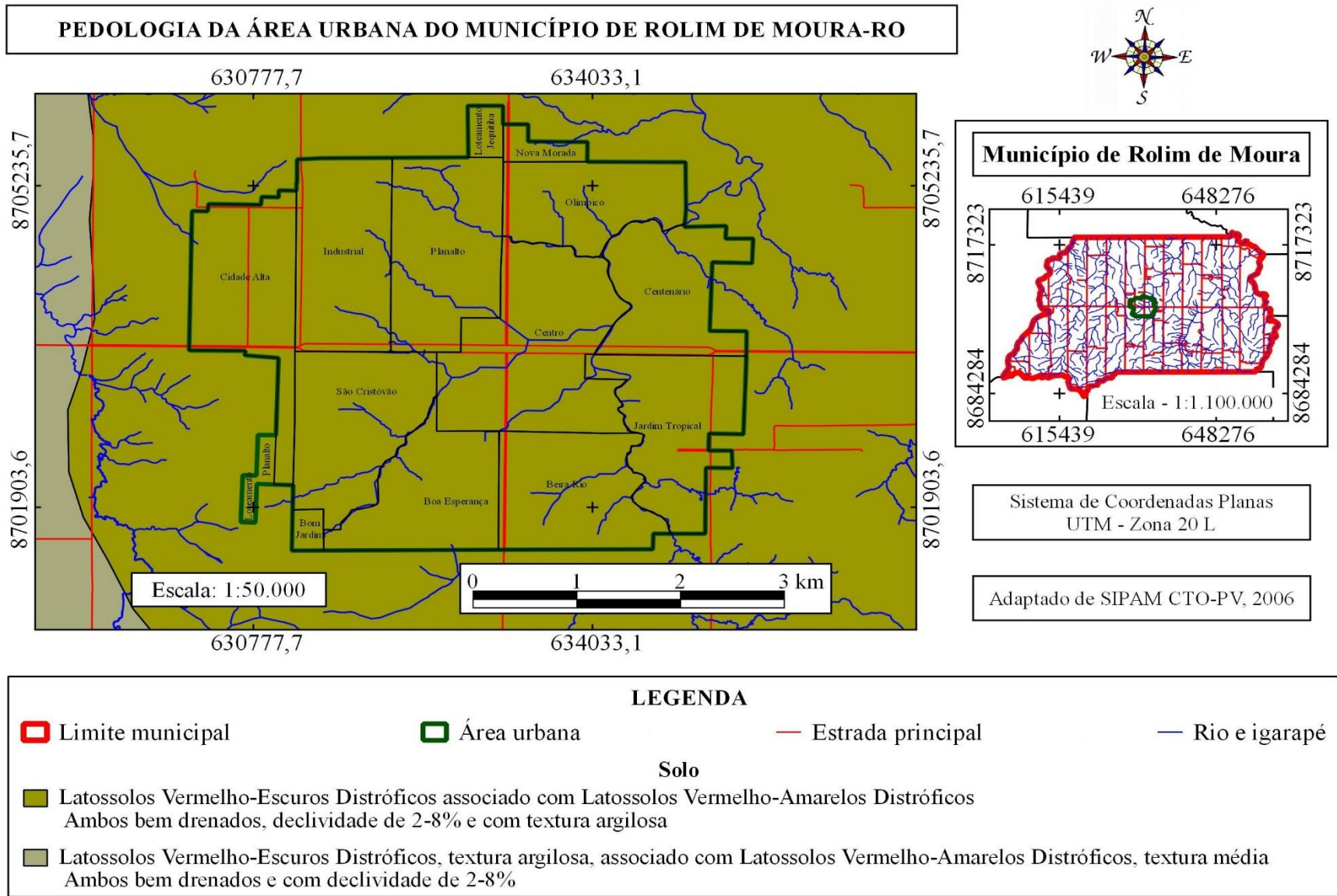


Figura 5 - Pedologia do perímetro urbano do Município de Rolim de Moura, Rondônia-RO.

#### 4.3.5. Vegetação

A composição original da vegetação de Rolim de Moura é coberta por floresta tropical semicaducifólia estacional, de altura baixa, passando em alguns lugares para cerrado. Essa composição e distribuição da vegetação estão condicionadas ao clima e fatores do solo.

Até por volta de 1975, a área onde se instalou o setor Rolim de Moura era uma área natural onde predominava uma floresta densa. Com o início da imigração a região sofreu um intenso desmatamento, em virtude da exploração predatória e de substituição, para composição de pastagens haja vista que a extração da madeira até por volta dos anos de 1985 representava a principal fonte de renda.

De acordo com o levantamento feito entre os anos de 1978 e 1993 (SEDAN/SEPLAN/PNDU) o município encontrava-se com sua área territorial desmatada em quase sua totalidade, 87,17%.

De acordo com a carta temática desenvolvida pelo SIPAM em 2004, identificando a vegetação de Rolim de Moura, atualmente o município possui dois tipos de vegetações. Uma vegetação predominante alterada antropicamente para fins pecuários a pastagem ou pasto antrópico, e outra em menor quantidade, alternada entre as pastagens encontra-se uma vegetação de floresta ombrófila aberta submontana com cipós associada com floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras e vegetação secundária sem palmeiras.

A vegetação de floresta ombrófila Aberta caracteriza-se por agregar árvores de grande porte, com altura média de 22 m, ricas em madeira de lei como a maçaranduba, cedro, mogno, cerejeira, angelim, garapeira, caixeta, jatobá, ipê, sumaúma, dentre outras. Segundo o IBGE, essas tipologias apresentam várias fisionomias: floresta com cipó, floresta com palmeiras, floresta com bambu.

Das espécies supracitadas, a cerejeira, o mogno e o cedro são consideradas extintas no município, existindo raros exemplares de variabilidade genética inferior, uma vez que foram alvos de exploração seletiva e predatória ao longo dos anos no município. As demais estão em via de extinção pela supressão da cobertura florestal para a introdução de práticas agrícolas de curto ciclo e monocultura de pastagens (SEDAM, 2007).



## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. ESTUDO DESENVOLVIDO**

Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa com característica descritiva. Conforme Furasté (2006), a da pesquisa descritiva tem como característica a observação, descrição, análise, classificação e registra os fatos sem qualquer tipo de inferência. As amostras foram realizadas em dois períodos no ano (cheia e seca), pois a dinâmica das águas superficiais muda muito em períodos de chuvas intensas.

O principal objetivo foi medir os teores de nitrogênio, na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), associados a outros parâmetros químicos e bio-físico-químicos da água subterrânea do município de Rolim de Moura - RO, através dos poços rasos e superficiais.

Estes poços se caracterizam por apresentar diâmetro um metro ou mais, escavados manualmente e revestidos com tijolos ou anéis de concreto (tipo manilhão) e não carecem de licenciamento ou autorização dos órgãos gestores, conforme a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2010).

Este tipo de poço capta água do lençol freático e possui geralmente profundidade na ordem de até vinte metros. Foram selecionados para o estudo por serem favoráveis à identificação de contaminação no lençol freático e representarem maior população dentro da área de estudo.

### **5.2. PERÍMETRO URBANO**

A princípio foi realizado um cadastro dos poços do município de Rolim de Moura –RO de acordo com o Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água da CETESB (DERISIO e SOUZA, 1997). O cadastro foi realizado pelos acadêmicos dos cursos de engenharia florestal e agronomia da UNIR de Rolim de Moura, em parceria com os agentes de saúde do município durante os anos de 2009 a 2011, onde foram cadastrados 1.972 poços, dos quais 1.789 se encontram ativos e apenas 183 estão desativados (STACHIW *et al.* 2011).

O município está dividido em 12 bairros e os poços ativos estão distribuídos por bairros, como apresentado na figura 6.

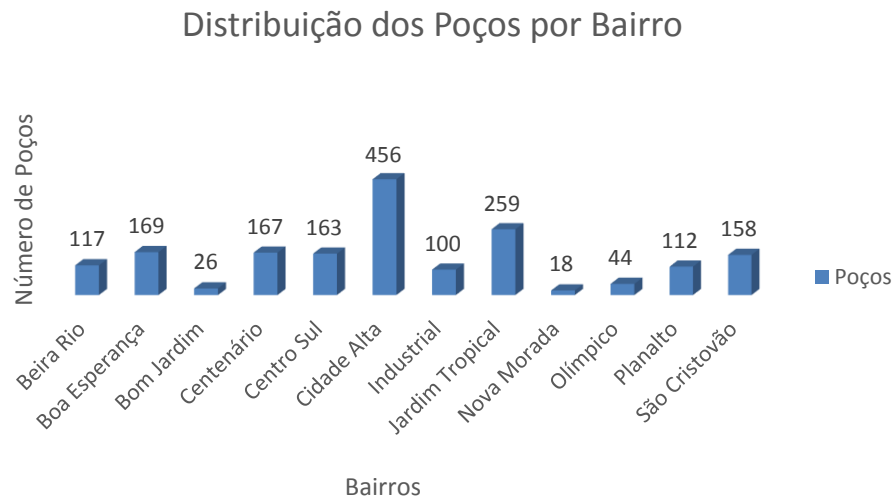


Figura 6 – Distribuição dos poços do município por bairros.

### 5.3. AMOSTRAGEM

Após o cadastro foi definido o universo de estudo por estrato, definindo cada bairro do município como um estrato. Posteriormente foram selecionados 61 poços de forma aleatória como proposta por Landim (2003).

Para selecionar os pontos foi utilizado o método casual simples por sorteio, procedendo-se à amostragem em cada estrato, (alocação proporcional) como proposta por Cochran (1977) e proporcional a quantidade de poços por bairro do município.

Para determinar o número de elementos da população por estrato que irão participar da amostra ( $n_i$ ) foi utilizado a seguinte equação.

Equação 1.

$$n_i = \frac{n}{N} N_i$$

Onde:

$n$  = é o tamanho da amostra,

$N$  = é o tamanho da população,

$N_i$  = é o tamanho do estrato.

O quociente  $n/N$  é denominado fração amostral e notado por  $f$ .

Após a aplicação da equação é possível observar na figura 7, a distribuição dos poços proporcionalmente distribuídos em cada bairro.

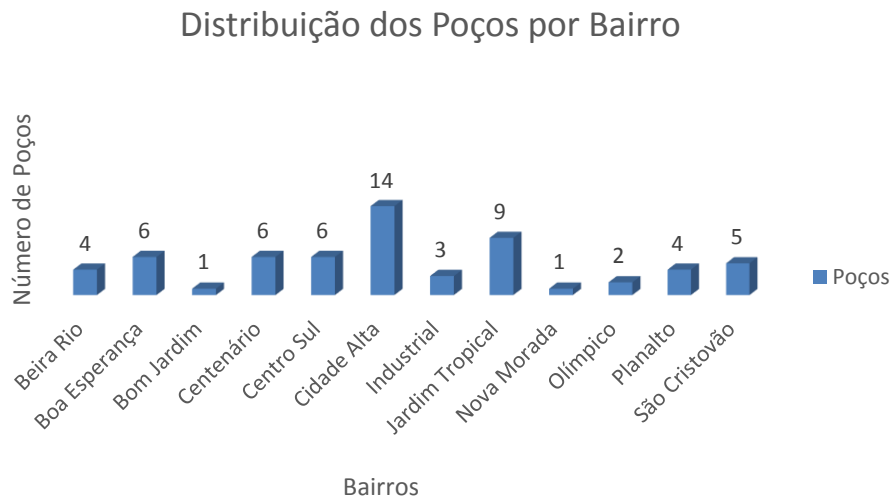


Figura 7 - Distribuição dos poços do município proporcionalmente por bairros.

## 5.4. TRABALHO DE CAMPO

### 5.4.1. Aplicação do termo informativo e autorizativo

Com os pontos amostrais definidos, procedemos com a aplicação do termo de consentimento no mês de janeiro de 2013, conforme apêndice I, no qual o morador autorizava a coleta das amostras de água e aceitava participação na pesquisa, sendo que em qualquer momento o pesquisado poderia sair da pesquisa sem qualquer dado ou prejuízo. Recebendo ao fim da pesquisa os resultados das análises efetuadas em sua propriedade apêndice II.

### 5.4.2. Ficha de coleta

Durante as coletas foram utilizadas Fichas Individuais de Amostragem de Água, apêndice III, onde foram coletados os dados dos poços tais como: local da coleta, coordenadas geográficas, data e hora, profundidade do poço, chuvas nas últimas 24 horas, condições higiênicas do poço, fossas, animais e esgotos nas proximidades.

O georreferenciamento dos pontos foram realizados com o auxílio do aparelho de GPS (*Global Positioning System*), utilizando as ferramentas para classificação dos dados, tais como coordenadas UTM (*Universal Transverso de Mercator*) de latitude e longitude de cada ponto de interesse, esses pontos foram transferidos para o programa software freeware Quantum Giz 2.4 Chugiak e juntamente com a imagem do Google Earth, originou o mapa de distribuição dos

poços na área urbana.

### **5.4.3. Coleta das amostras**

As coletas das amostras foram realizadas em dois períodos do ano (chuvoso e seco) respectivamente, sendo o primeiro período de fevereiro a abril de 2013 e o segundo período de setembro a novembro de 2013.

As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro de 250 mL, estéreis, com tampa e sem preservantes com o auxílio de um barbante. Os frascos foram individualmente identificados e acompanhados da ficha de coleta.

As amostras foram transportadas em caixa térmica com gelo seguindo as normas do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (2005), juntamente com a metodologia proposta no guia Coleta e Preservação de Amostra de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (BATALHA, 1993).

## **5.5. ANÁLISES LABORATORIAIS**

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Águas da UNIR, Campus de Rolim de Moura – RO. Todos os padrões de referência para o branco foram considerados a partir de água destilada.

### **5.5.1. Parâmetros físico-químicos**

#### **5.5.1.1. Condutividade elétrica**

Para aferição deste parâmetro utilizou-se o condutivímetro de bancada, utilizando-se os seguintes materiais:

- Condutivímetro
- Becker 50mL
- Picetes 500mL
- Papel Toalha absorvente
- Solução padrão

Utilizando-se da seguinte técnica. O aparelho foi ligado e calibrado com solução padrão

de  $1417\mu\text{S}/\text{cm}$ , após isto foi lavado o eletrodo com água destilada e secado com papel absorvente, com isso o eletrodo foi introduzido em becker com 50mL da amostra e mediu-se então a condutividade da amostra.



Figura 8 - Condutivímetro de bancada.

#### 5.5.1.2. Cor

Este parâmetro foi avaliado usando o aparelho ( Aquacolor ) de bancada usando-se água destilada como padrão de referência. Após isto a cubeta foi lavada com água destilada e colocada a amostra para enfim realizar-se a leitura.



Figura 9 - Colorímetro de bancada Aquacolor.

### 5.5.1.3 pH. Potencial Hidrogeniônico

Na realização das análises das amostras os resultados de potencial hidrogeniônico foram obtidos através do aparelho pHmetro de bancada. Utilizou-se dos seguintes materiais:

- Potenciômetro.
- Erlenmeyer de 250mL
- Picetes 500mL
- Papel Toalha absorvente
- Soluções tampão de pH conhecido

A técnica de aferição consiste em ligar o aparelho, lavar o eletrodo com água destilada e seca-lo com papel absorvente, calibrá-lo utilizando-se dos tampões de pH conhecido 7,0 e 4,0 respectivamente, aguardar sua estabilização lavar o eletrodo com água destilada e enxugá-los com papel toalha absorvente. Após este processo introduzi-lo em contato com 25 mL da amostra em um erlenmeyer de 250 mL e realizar a leitura após a estabilização do aparelho, após retirar o eletrodo lavá-lo novamente com água destilada e secá-los novamente.



Figura 10 - pHmetro de bancada.

### 5.5.1.4. Temperatura

A temperatura foi aferida no próprio local de coleta das amostras dos poços cacimba. Utilizando-se:

- Termômetro digital

- Álcool líquido
- Becker 250mL
- Papel Toalha absorvente

Para esse procedimento dotou-se de termômetro digital esterilizado com álcool líquido.

#### 5.5.1.5. Turbidez

Para obtenção deste parâmetro utilizou-se de turbidímetro portátil de bancada, Utilizando-se dos seguintes materiais:

- Turbidímetro
- Papel Toalha absorvente
- Soluções padrão

Seguindo a seguinte técnica. Ligar o aparelho e calibrá-lo utilizando-se de padrões fornecidos pelo fabricante do aparelho, cujo os valores são 0,1 NTU, 1 NTU, 10 NTU, 100 NTU e 1000 NTU. Após isto inserir uma quantidade da amostra em tubo específico do aparelho lavado com água destilada, e seco com papel toalha, colocá-lo no aparelho e realizar a leitura.



Figura 11 - Turbidímetro portátil de bancada.

#### 5.5.2. Parâmetro químicos

##### 5.5.2.1. Dureza

O método mais empregado para aferição da dureza é o método do EDTA, quando os

íons causadores de dureza tiverem sido complexados a solução muda da cor vermelha vinho para azul. O método consiste em:

#### **5.5.2.1.1. Preparação dos reagentes**

Solução tampão - Dissolver 16,9g de cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) em 143 ml de hidróxido de amônio concentrado ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Adicionar 1,25g de EDTA de magnésio e diluir para 250 ml com água destilada. Na falta de EDTA de magnésio adicionar 1,179g de EDTA de sódio dihidratado e 780 mg de sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ou 644 mg de cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) dissolvidos em 50 ml de água destilada. Guardar a solução tampão em frasco plástico ou de borosilicato bem fechado por não mais que um mês ou até que 1 a 2ml da mesma falhem para produzir um  $\text{pH} = 10,0 \pm 0,1$  no ponto final da titulação.

Solução padrão titulante de EDTA, 0,01M (0,02N) Pesar 3,723 g de etileno dinitrilotetracetato de sódio dihidratado, dissolver em água destilada e diluir para 1000 ml. Padronizar com uma solução padrão de cálcio e guardar em frasco de borosilicato ou, preferencialmente, polietileno.

Solução padrão de cálcio Pesar 1,0g de  $\text{CaCO}_3$  num frasco erlenmeyer de 500ml. Adicionar pouco a pouco  $\text{HCl}$  1 + 1 até que todo o carbonato de cálcio tenha sido dissolvido. Adicionar 200ml de água destilada e ferver por alguns minutos para remover o  $\text{CO}_2$ . Esfriar, adicionar algumas gotas do indicador vermelho de metil e ajustar para uma coloração alaranjada pela adição de  $\text{NH}_4\text{OH}$  3N ou  $\text{HCl}$  1+ 1, conforme a necessidade, Diluir para 1000ml desta solução contém dureza equivalente a 1,00mg  $\text{CaCO}_3$ .

Solução de hidróxido de sódio, 0,1 N - Pesar 4,0g de  $\text{NaOH}$ , dissolver e diluir para um litro com água destilada.

Solução de ácido clorídrico 1 + 1 - Adicionar com agitação 500 ml de  $\text{HCl}$  (37%) em 500 ml de água destilada.

Solução de hidróxido de amônio, 3N - Medir 200 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado, diluir e completar para um litro com água destilada.

Solução de ácido clorídrico 1N - Medir 83 ml de  $\text{HCl}$ , diluir e completar para um litro com água destilada.

#### **5.5.2.1.2. Execução do método**

Diluir 25 mL da amostra em água destilada para um volume final de 50 mL num becker



apropriado.

Adicionar 1 a 2 mL da solução tampão de NH<sub>4</sub>OH para que o pH seja elevado à faixa 10,0 - 10,1; Juntar 0,05 g do indicador de negro de eriocromo-T.

Titular com a solução padrão de EDTA, lentamente, com agitação contínua, até que a coloração da solução mude completamente de vermelha vinho para azul. Adicionar as últimas gotas com intervalos de 3 a 5 s.

Efetuar uma prova em branco com igual volume de água destilada para correção (fc) de uma possível contaminação da água destilada, anotar o volume gasto.

### 5.5.2.1.3. Cálculo

O valor da dureza é obtido pela expressão:

Equação 2.

$$\text{Mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{(\text{V1}-\text{Vb}) \times \text{fc} \times 0,01 \times 100000}{\text{Va}}$$

Onde:

V1= Volume (mL) de solução de EDTA-Na gasto na titulação da amostra.

Vb= Volume (mL) de solução de EDTA-Na gasto na titulação do branco.

fc= fator de correção volumétrica da solução de EDTA-Na.

Va= Volume (mL) da amostra.



Figura 12 - Suporte de bureta para titulação.

### 5.4.2.2. Nitrito

O nitrito foi aferido pelo método da sulfanilamida e do N-(1-naftil)-etilenodiamina, como posto pela NBR 12619/1992.

#### 5.4.2.2.1. Princípio do método

O nitrito é determinado através da formação de um complexo de coloração púrpura avermelhada em pH 2 a 2,5, pela diazotização do ácido sulfanílico com o dicloreto de N-(1-naftil)- etilenodiamina. Interferentes: Material em suspensão interfere, e é removido por filtração através de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ .

A cor interfere, e é removida por tratamento com hidróxido de alumínio. A alcalinidade interfere quando superior a 600 mg/L (600ppm). A interferência é eliminada através do ajuste de pH. Oxidantes e redutores, em geral interferem.

Solução de NaOH 0,01 mol/L

Solução de HCl 0,01 mol/L

Solução de Sulfanilamida

Dissolver 5g de 4-NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub> p.a. (sulfanilamida), em uma mistura de 50 mL de HCl concentrado e 300 mL de água destilada. Diluir a 500 mL com água destilada. Estável por alguns meses.

Solução de Dicloreto de N-(1-naftil) Etilenodiamina

Dissolver 500 mg de C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>HN CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>. 2 HCl p.a. (Dicloreto de N-(1-naftil) Etilenodiamina), em 500 mL de água destilada. Guardar em frasco ambar, descartar se aparecer coloração marrom intensa. Solução estável por 1 mês.

Solução-estoque de Nitrito, padronizada

Dissolver 1,232 g de NaNO<sub>2</sub>p.a., (nitrito de sódio, que permaneceu em dessecador por 24 horas) em água destilada. Diluir a 1000 mL em balão volumétrico. Preservar a solução com 1 mL de CHCl<sub>3</sub> (clorofórmio p.a.). Manter o frasco bem fechado.

Solução intermediária de Nitrito

Diluir um volume de solução-estoque padronizada a 250 mL em balão volumétrico, com água destilada isenta de nitritos. 1,00 mL = 50  $\mu\text{g}$  NO<sub>2</sub>em N. Preparar diariamente e guardar

em geladeira.

#### Solução-padrão de Nitrito

Diluir 10,00 mL da solução intermediária de nitrito a 1000 mL em balão volumétrico, com água destilada. Preparar 2 litros 1,00 mL = 0,500 µg NO<sub>2</sub> em N. Preparar diariamente.

#### Solução-estoque de nitrito

Dissolver 1,2320g de Nitrito de Sódio em água destilada, adicionar 1mL de Clorofórmio para preservar e diluir a 1litro num balão volumétrico. Como este sal possui muita impureza, deve então ser quantificado o teor de N(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) pelo método Permanganométrico. A partir desta solução, através de diluições chega-se ao padrão de calibração do espectrofotômetro com concentração igual a 0,1 ppm.

#### Solução-padrão de nitrito

Diluir 50,0 mL da solução-estoque de nitrito (ver anterior) a 25 mL com água deionizada em balão volumétrico.

Nota: 1 mL = 0,5 µg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> em N.

#### Construção da Curva de Calibração

a) Preparar uma escala de padrões de várias concentrações de nitrito (ao mesmo tempo que se prepara a Amostra e o Branco – ver item 2 a seguir), fazendo diluição da solução padrão de nitrito (1mL = 0,5 µg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> em N), em balão volumétrico de 500 mL conforme Tabela 1;

Tabela 1. Escala de Padrões.

Concentrações de Nitrito em N (mg/L)	Volume de solução (mL)	Concentrações de Nitrito em N (mg/L)	Volume de solução (mL)
0,0 (Branco)	0,0	0,004	4,0
0,001	1,0	0,007	7,0
0,002	2,0	0,010	10,0

Fonte: ABNT - NBR 9896, 1993.

- b) Ajustar cada um dos padrões para pH aproximadamente 7, seguindo os itens de 2c à 2f;
- c) Empregar a prova em branco para zerar o espectrofotômetro
- d) Construir uma curva de transmitância ou absorbância vs mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> em N/L;
- e) Elaborar uma nova curva de calibração cada vez que forem preparados ou utilizados novos reagentes ou após alguma alteração no aparelho.

#### 5.5.2.2.2. Método de ensaio

- a) Se a amostra apresentar material em suspensão filtrar 200 mL através de membrana filtrante de 0,45  $\mu\text{m}$ ;
- b) Se a amostra apresentar cor e turbidez, clarificar pela adição de 6 mL de suspensão de hidróxido de alumínio a 200 mL de amostra, agitar rapidamente por 1 minuto e lentamente por 5 minutos. Deixar decantar, filtrar, desprezar a primeira porção do filtrado e repetir a operação caso necessário;
- c) Transferir 50 mL da Amostra límpida para um erlenmeyer de 250 mL e ajustar o pH para aproximadamente 7 usando algumas gotas da solução de NaOH (ou HCl) 0,01 mol/L;
- d) Adicionar 1 mL da solução de sulfanilamida (NOTA: Caso a amostra contenha tricloreto de nitrogênio, adicionar 1 mL da solução de dicloreto de N-1-naftil-etilenodiamina antes da adição da solução de sulfanilamida e esperar de 2 a 8 minutos para reagirem, = 5 minutos);
- e) Adicionar 1 mL de solução de dicloreto de n-(1-naftil)-etilenodiamina e misturar imediatamente;
- f) Aguardar 10 minutos, no mínimo, e não mais que 2 horas. Transferir um pouco da solução para uma cubeta de 1 cm e realizar a leitura em espectrofotômetro ( $\lambda=543\text{ nm}$ );
- g) Efetuar uma prova em branco, ajustando 50 mL de água destilada para pH aproximadamente 7 e seguir os itens 2d-2e-2f e utilizá-la para zerar o espectrofotômetro.

#### 5.5.2.2.3. Expressão dos resultados

O resultado final é obtido diretamente da curva de calibração, em  $\text{mg NO}_2^- \text{ N/L}$ , multiplicado pelo fator de diluição correspondente quando necessário.

Para expressão do resultado em  $\text{mg NO}_2^- \text{ /L}$ , utilizar a relação:  $1\text{ mg N} = 3,29\text{ mg NO}_2^-$ .



Figura 13 - Espectrofotômetro de mesa.

### 5.5.2.3. Nitrato

A determinação do nitrato foi feita de acordo com o método do Ácido Cromotrópico proposto pela NBR 1262/19922, considerando a água livre de nitrato água destilada.

Para a determinação do nitrato primeiramente é preciso processar a solução-estoque de nitrato. Para isso Secou-se a 105°C por 24 h nitrato de potássio p.a., KNO<sub>3</sub>, com isso dissolveu-se 0,7218 g em água deionizada e diluir a 1000 mL. Preservar a solução com 2 mL de clorofórmio p.a. CHCl<sub>3</sub>. Nota: 1 mL = 100 µg NO<sup>3-</sup> em N.

É necessário também obter a solução padrão de nitrato Diluindo-se 50,0 mL da solução-estoque de nitrato (ver 5.1.2) a 500 mL com água deionizada em balão volumétrico.

Nota: 1 mL = 10 µg NO<sup>3-</sup> em N.

E prepara os seguintes reagentes para o procedimento:

Reagente de uréia-sulfito

Dissolver 5 g de uréia p.a. CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> e 4 g de sulfito de sódio p.a., Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, em água deionizada e diluir a 100 mL.

Reagente de antimônio

Aquecer 0,5 g de antimônio metálico p.a. Sb, em 80 mL de ácido sulfúrico p.a. até dissolução completado metal. Esfriar, adicionar cuidadosamente 20 mL de água gelada deionizada. No caso de haver formação de cristais, redissolver por aquecimento.

Ácido sulfúrico concentrado p.a., H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, livre de nitrato

Reagente de ácido cromotrópico

Ferver 125 mL de água deionizada em béquer e adicionar lentamente 15 g de ácido cromotrópico sal dissódico p.a. (4,5 - diidróxido 2,7 naftaleno ácido dissulfônico), com agitação constante. Esfriar e vagarosamente adicionar 10 mL de ácido sulfúrico concentrado p.a. evaporar a solução até 100 mL. Deixar em repouso por 12 h. Transferir os cristais de ácido cromotrópico para um cadinho de placa porosa, filtração rápida e lavar com ál-cool etílico 95% até coloração branca. Secar os cristais a 80°C e armazenar em frasco âmbar bem vedado. Dissolver 100 mg de ácido cromotrópico purificado em 100 mL de ácido sulfúrico concentrado p.a. (ver 5.1.6) e armazenar em frasco âmbar.

#### 5.5.2.3.1. Princípio do Método do ácido cromotrópico

O nitrato reage com o ácido cromotrópico para formar um composto de coloração amarela com absorvância máxima de 410 nm. O desenvolvimento máximo da cor ocorre em 10

min, permanecendo estável por 24 h. Interfere no método do ácido cromotrópico

A adição do reagente uréia-sulfito elimina o cloro residual, nitrito e certos oxidantes. A adição de uréia converte o nitrito em nitrogênio gasoso; Complexos de cloroferrato (III), em quantidades superiores a 40 mg de  $\text{Fe}^{+3}/\text{L}$ . A adição de antimônio elimina a interferência; Bário, chumbo, estrôncio, iodeto, selenito e sele-natos formam precipitados; contudo, é pouco provável, na maioria das amostras, que ocorram quantidades significantes destes íons; Cloreto em concentração superior a 2000 mg/L. A adição de antimônio aumenta o nível de tolerância, podendo a concentração de cloreto alcançar até 4000 mg/L; Quantidades apreciáveis de sólidos suspensos deixam de interferir após a centrifugação ou filtração.

#### 5.5.2.3.2. Método de Ensaio

Para realizar o procedimento segue-se o seguinte fluxo:

- 1) Transferir 2,0 mL da amostra para um balão volumétrico de 10 mL.
- 2) Adicionar uma gota de reagente de uréia-sulfito (ver 5.1.4).
- 3) Colocar o frasco em banho de água fria ( $10^{\circ}\text{C}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ ) e adicionar, com agitação, 2 mL do reagente de antimônio (ver 5.1.5).
- 4) Após 4 min no banho de água, adicionar, com agitação, 1 mL do reagente de ácido cromotrópico (ver 5.1.7).
- 5) Após 3 min, adicionar ácido sulfúrico concentrado (ver 5.1.6), até quase completar o volume de 10 mL. Misturar por inversão quatro vezes.
- 6) Deixar em repouso à temperatura ambiente por 45 min e completar o volume com ácido sulfúrico concentrado (ver 5.1.6). Misturar com cuidado, evitando a introdução de bolhas de ar.
- 7) Ler a absorvância a 410 nm no período de 15 min a 24 h, após a última adição do reagente.
- 8) Usar água livre de nitrato (ver 5.1.1) como branco. Processar o branco conforme itens de 2 a 7.
- 9) Preparar padrões de nitrato na faixa de 0,10 mg a 5 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$  em N, pela diluição em balão volumétrico, da solução-padrão de nitrato a 100 mL com água deionizada conforme Tabela 2. Processar os padrões conforme itens de 2 a 7.

Tabela 2. Escala de padrões – Leitura em 410 nm.

Concentração de Nitrato em N(mg/L)	Volume em mL de solução (ver 5.1.3) a elevar a 100 mL com água destilada (ver 5.1.1)
Branco	0
0,1	1,0
0,5	5,0
1,0	10
2,5	25
4,0	40
5,0	50

Fonte: ABNT - NBR 12620, 1992.

10) Construir uma curva, absorbância 410nm  $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$  em N.

### 5.5.2.3.3. Expressão dos Resultados

Os resultados são obtidos através da curva de calibração, em  $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$  em N, multiplicando pelo fator de diluição correspondente, quando necessário.



Figura 14 - Espectrofotômetro de mesa.

### 5.5.3. Parâmetro microbiológicos

#### 5.5.3.1. Coliformes totais e *E. coli*

As técnicas de avaliação de contaminação das águas por coliformes totais e *E. coli*

utilizadas foram seguidas de acordo com “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. O material utilizado foi:

- Autoclave
- Estufa Bacteriológica
- Tubos de Ensaio
- Pipetas graduada
- Bico de Bunsen
- Colilert
- Erlenmeyer 250 mL
- Estante de tubos de ensaio
- lâmpada ultravioleta

Para realização dos procedimentos separou-se 100 mL da amostra em um erlenmeyer autoclavado próximo ao bico de bunsen, onde foi adicionado o colilert, após isto agitou-se até a completa diluição do meio, destes 100 mL separou-se 10 mL em 10 tubos de ensaio esterilizados e tampados para posteriormente serem postos em estufa a 35 °C durante 24 horas.

Após isto realiza-se a contagem dos tubos, onde de acordo com o fabricante do Colilert se dará a leitura quantitativa da contaminação em NMP (Número Mais Provável), onde a leitura varia de <1.1 para 0 tubos contaminados até o infinito >23.0 para 10 tubos contaminados, tanto para Coliformes termo tolerantes totais quanto para *E. coli*.



Figura 15 - Estufa bacteriológica A. Tubos de ensaio com Colilert B.

Onde:

- 1- Tubo amarelo (+) positivo para coliformes totais.
- 2- Tubo transparente (-) negativo para coliformes totais
- 3- Tubo fluorescente em lâmpada UV (+) positivo para *E. coli*.



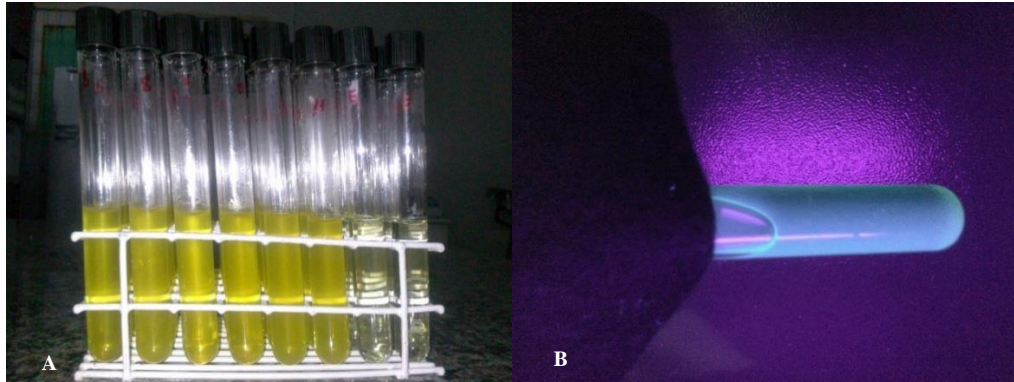


Figura 16 - Tubos de ensaio com colilert, após 24 horas em estufa A e Tubo de ensaio expost a luz UV, indicando presença de *E.coli* B.

## 5.6. ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO

O questionário socioeconômico familiar foi aplicado em fevereiro e março de 2014, apêndice IV. O questionário segue os critérios de classificação econômica Brasil, realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa - ABEP, 2013.

De acordo com a ABEP, as famílias são classificadas em 5 (cinco) classes e subdivididas em 3 (três) extratos, tabela 3, por intermédio da atribuição de pontos a um conjunto de itens de conforto doméstico, além do nível de escolaridade do chefe de família.

Tabela 3. Distribuição das classes econômicas de acordo com atribuição de pontos.

Classe	Pontos
A1	42 – 46
A2	35 - 41
B1	29 - 34
B2	23 - 28
C1	18 - 22
C2	14 - 17
D	8 - 13
E	0 -7

Fonte: ABEP - 2012 com base no IBOPE -2010.

## 5.7. OBTENÇÃO DE DADOS

A princípio as análises de dados foram feitas por geoestatística, que inclui computação de médias, variâncias e diagramas de dispersão para o estudo da relação entre as variáveis e identificação de sub-populações e pontos de alavanca (MELLO, 2004).

Posteriormente foi aplicado um estimador espacial de variáveis regionalizadas, a partir de valores adjacentes enquanto considerados independentes na análise variográfica. Por meio deste, pode-se obter a previsão do valor pontual de uma variável regionalizada e em um local específico dentro do espaço geométrico, trata-se de um procedimento exato de interpolação que leva em consideração todos os valores observados (ISAAC e SRIVASTAVA, 1989).

Utilizou-se o software freeware Quantum Gis 1.7.4, para o processamento das coordenadas e geração dos mapas.

Buscou-se correlacionar as variáveis analisadas entre si para averiguar a existência de padrões estatísticos entre estas, que pudessem corroborar hipóteses de interligação entre os parâmetros analisados, para este fim usou-se a o índice de correlação de Pearson e confirmação através do método não paramétrico de Spearman

Para averiguar a existência de diferença estatística significativa entre os períodos analisados tomou-se como ferramenta o Teste t de Student e confirmação através do método não paramétrico de Wilcoxon.

Para todas as análises estatística foi adotado um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ), através do software STATISTICA 8.0.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. ANÁLISES, DISTRIBUIÇÃO, INTERPOLAÇÃO DE DADOS ESPACIALIZADOS

No mapa da Figura 17 temos a distribuição espacial dos poços analisados na área urbana do município de Rolim de Moura – RO, observa-se que foram coletadas amostras em todos os bairros da área urbana do município.

Apenas não foram realizadas coletas nas áreas não habitadas e na porção central do perímetro urbano, pois não foi autorizado pelos comerciantes locais, já que nesta área encontram-se apenas os comércios.

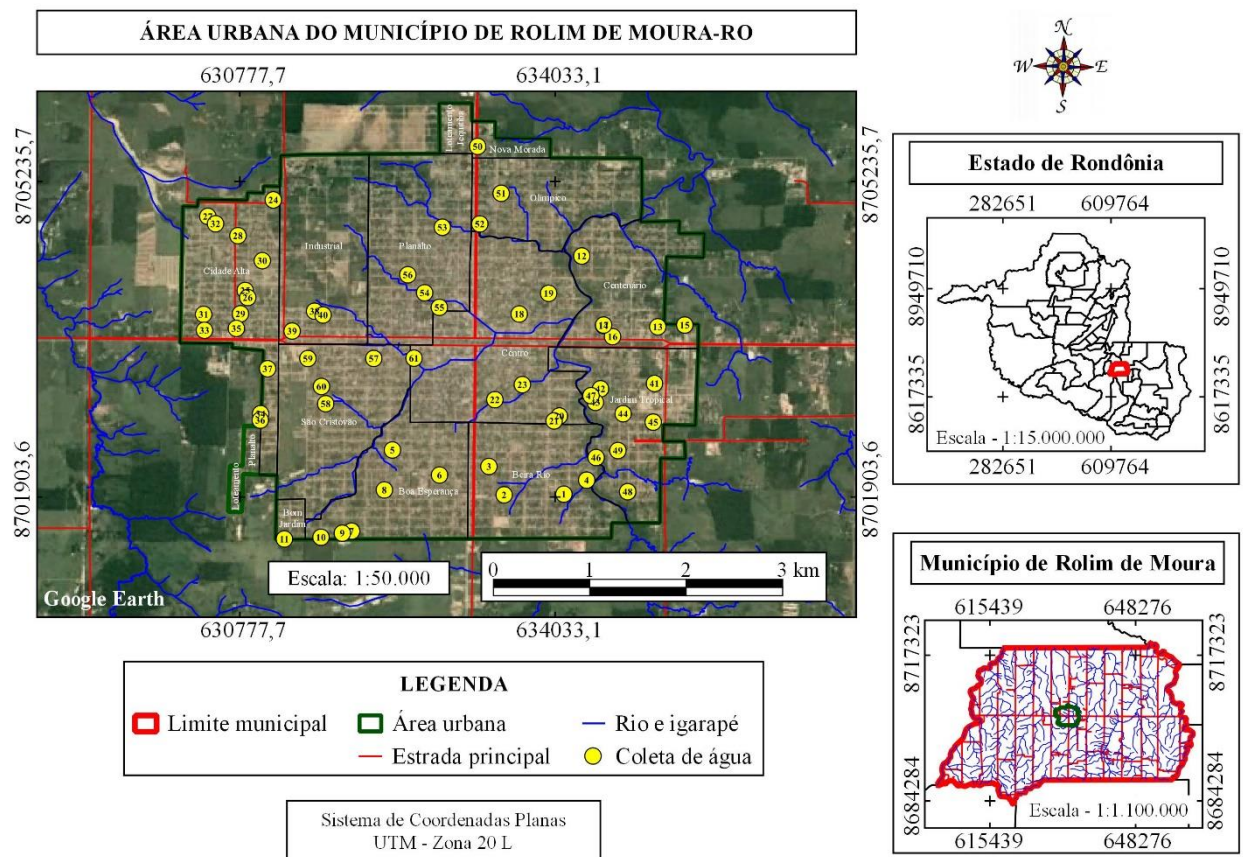


Figura 17 - Localização dos poços analisados de acordo com a sua posição geográfica na área urbana de Rolim de Moura – RO. Fonte: Google Earth (2015).

Através da espacialização dos pontos de coleta, pode-se realizar a interpolação gráfica dos dados possibilitando assim, a obtenção de uma representação gráfica em raster de cada parâmetro analisado nos períodos chuvoso e seco. Desta maneira

## 6.1.1. Parâmetros físico-químicos

### 6.1.1.1. Condutividade elétrica

A figura 18 mostra a representação gráfica da interpolação dos dados da condutividade elétrica, onde percebe-se focos de contaminação em todo o perímetro do município com altos valores para a condutividade elétrica acima de  $100,0 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  em ambos os períodos, o que representa de acordo com manual da Cetesb SP impactação ambiental e presença de matéria orgânica, íons e outros agentes externos. Nas demais áreas do município os valores encontram-se dentro do valor preconizado pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011.

Apenas a área Oeste do município apresentou valores  $\leq 7,2 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  no período chuvoso, no período seco a área Oeste e também uma porção central apresentaram valores  $\leq 7,2 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ .

Nas demais áreas os valores encontram-se abaixo de  $100,0 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  e não representam sinais de impactação ambiental.

A área Leste mais ao Sul foi a que apresentou valores mais elevados de condutividade elétrica no período chuvoso e no período seco na área Oeste, representando assim que esta área está mais propícia a apresentar condutividade elevada ao longo do ano, sendo assim uma área de maior impactação ambiental e vulnerável a presença de matéria orgânica e íons externos em relação às outras áreas do município.

Os valores da condutividade variaram de  $7,2$  a  $354 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , no período chuvoso, sendo estes localizados nos bairros Jardim Tropical e Boa Esperança e de  $1,4$  a  $488 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  no período seco, sendo os valor mais altos encontrado no bairro Industrial.

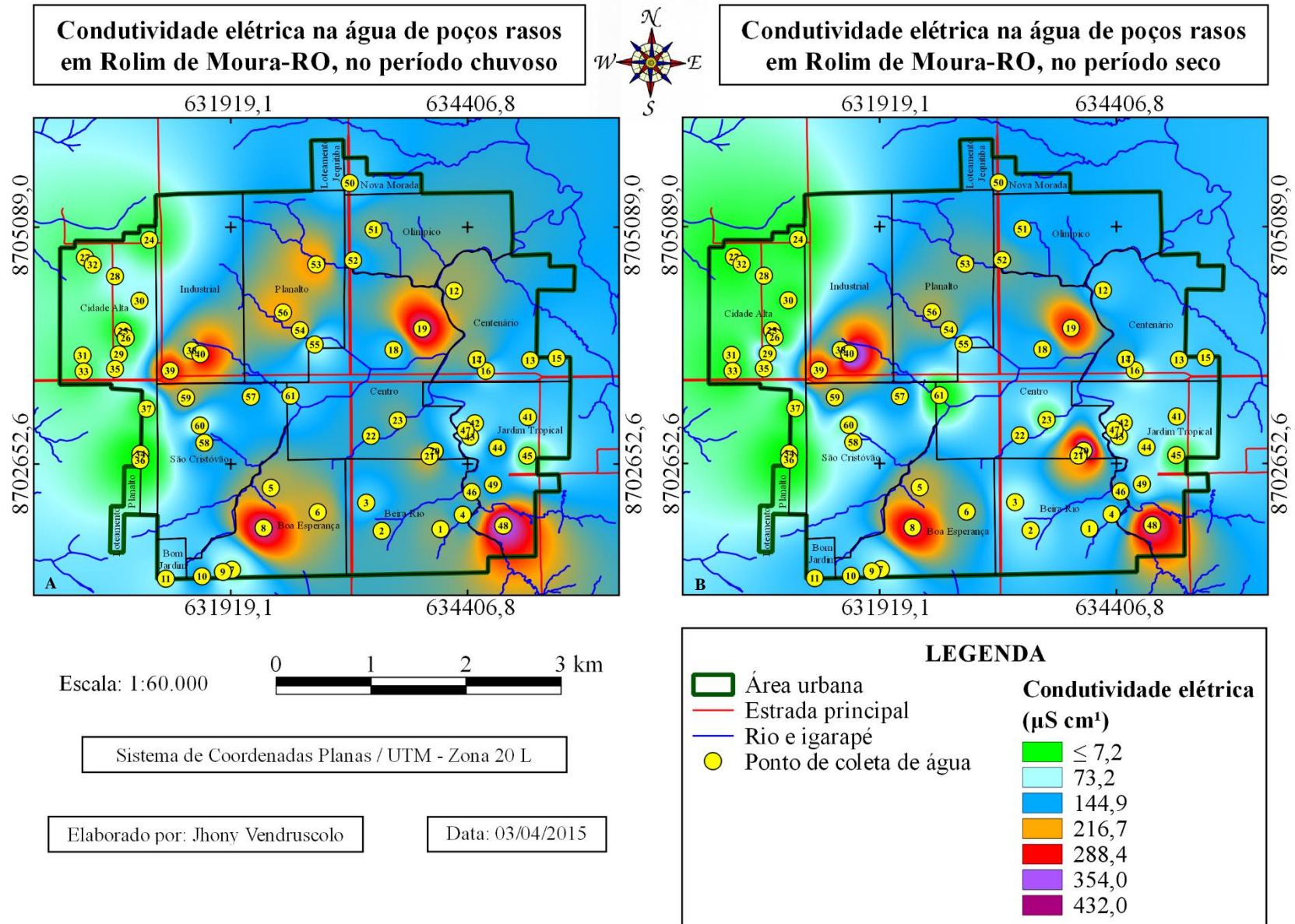


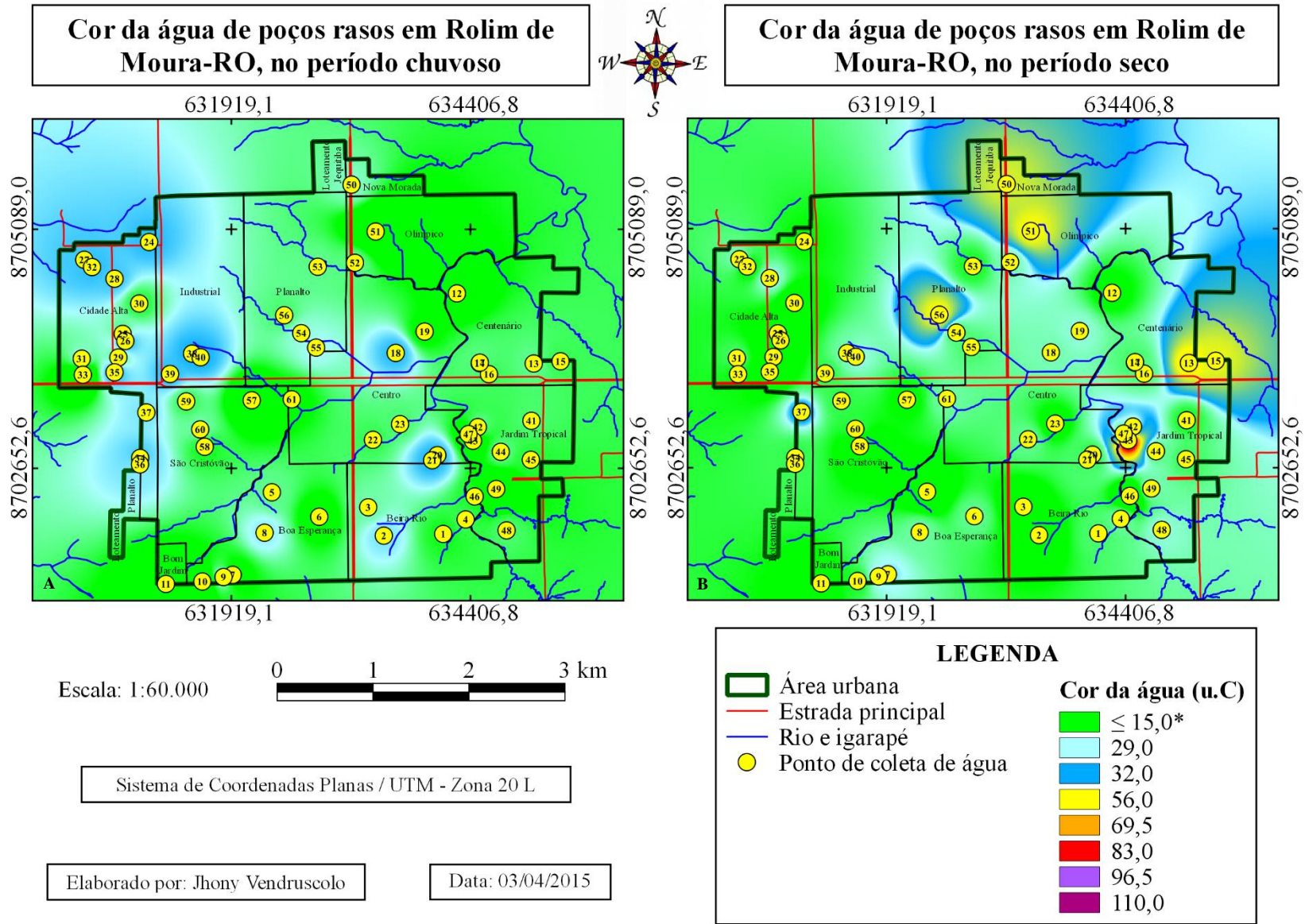
Figura 18 - Raster da interpolação dos dados de Condutividade Elétrica, A período chuvoso e B período seco.

### 6.1.1.2. Cor

No primeiro período o parâmetro cor variou de 0 a 32 u.C, demonstrando que 78,7 % dos poços da área urbana do Município de Rolim de Moura encontram-se acima de 15 u.C. No período seco 72,2% dos poços apresentares valores acima 15 u.C, padrão estipulado pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/201, portanto torna-se a água não recomendada para consumo humano.

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas coloides, finamente dispersas, sua origem é principalmente orgânica, os quais podem ser provenientes de decomposição de matéria orgânica de origem vegetal e do metabolismo de microorganismos presentes no solo, bem como de atividades antrópicas provenientes de efluentes domésticos ou industriais, lixiviação de vias urbanas e agricultáveis (LIBÂNIO, 2008).

Nos bairros Cidade Alta e Industrial no período chuvoso e nos bairros Boa Esperança, Centro, industrial e Jardim Tropical no período seco, como apresentado na Figura 19. A média de cor encontrada nos poços do município foi de 19,67 u.C, o que traz à tona que os existe uma extensa gama de poços no município com água fora dos padrões considerados apropriados para consumo humano, assim fazendo-se necessário a recomendação da não utilização desta água como fonte primária para consumo da população.



\* valor máximo permitido (Portaria nº 2.914 de 12/12/2011).

Figura 19 - Raster da interpolação dos dados de Cor da água, A período chuvoso e B período seco.

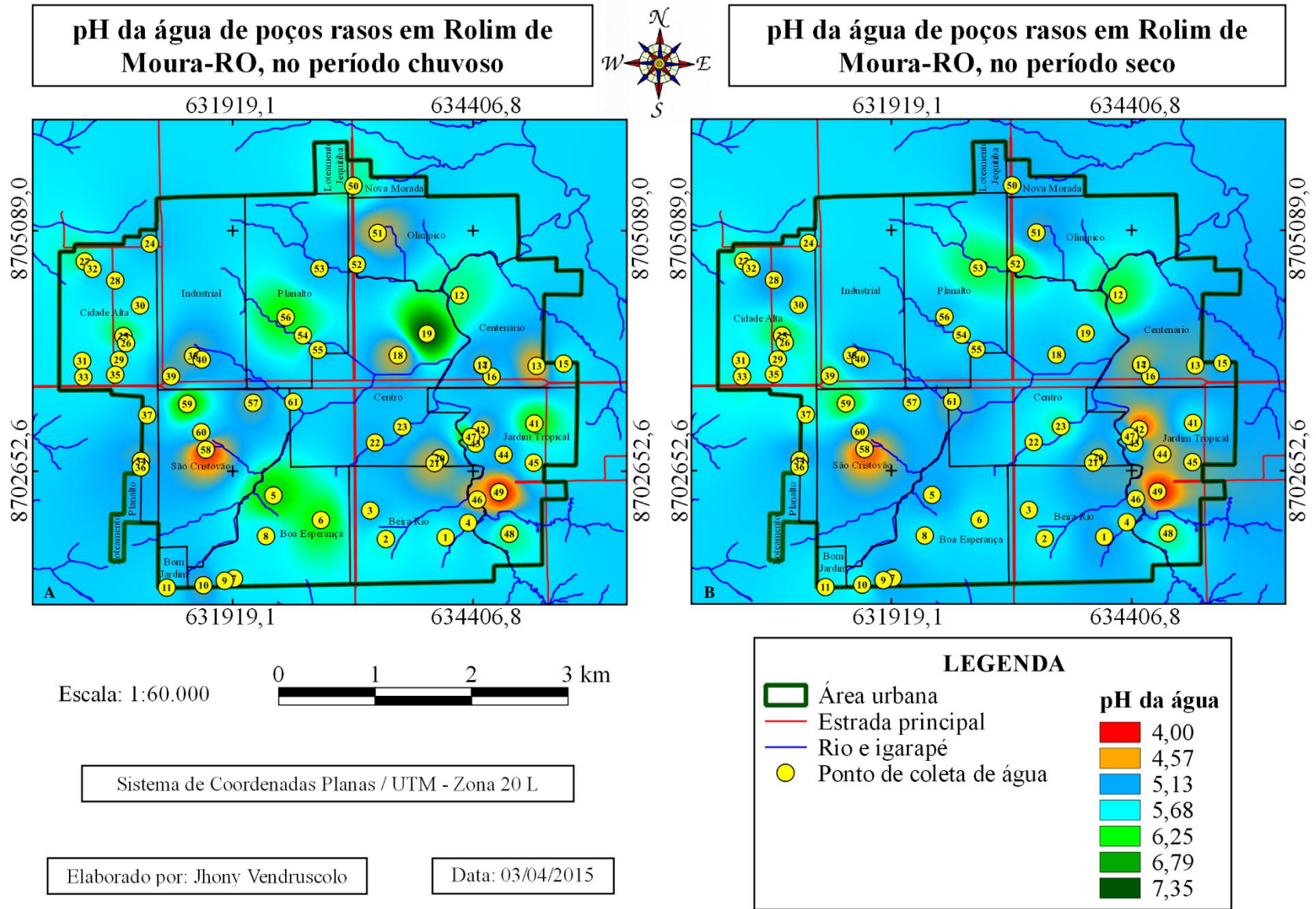
### 6.1.1.3. pH

O parâmetro pH apresentou valores que variaram de 4,02 a 7,35, com média de 5,4 demonstrando que 67,2% dos poços do município encontram-se no período chuvoso com valores de pH abaixo do padrão estipulado, indicando acidez na água. Já no período seco os valores variam de 3,93 a 6,25, apresentando uma média de 90,2% dos poços com valores altamente ácidos.

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/201, o pH da água deve estar dentro da faixa de 6,0 a 9,5, pois o pH interfere diretamente na concentração de vários íons no meio aquoso, tornando-se assim um importante parâmetro para avaliação da qualidade da água para consumo humano, este também interfere nas condições para crescimento microbiano podendo favorecer o crescimento deste e conseqüentemente a queda da qualidade da água.

Os bairros com mais poços com alteração deste parâmetro no período chuvoso foram Jardim Tropical e São Cristóvão onde o pH variou de 4,02 a 4,10, respectivamente. No período seco os bairros Jardim Tropical e São Cristóvão também apresentaram-se com o pH mais ácido variando 4,0 a 4,2 como pode ser observado na Figura 20, o que representa que o período climático não influenciou no pH da água.





\* 6,0 a 9,5 = valor máximo permitido (Portaria nº 2.914 de 12/12/2011).

Figura 20 - Raster da interpolação dos dados de pH da água, A período chuvoso e B período seco.

#### 6.1.1.4. Temperatura

A temperatura obtida no primeiro período de análise das águas dos poços rasos de Rolim de Moura, variaram de 23,7°C a 32,2°C com 18,1 % dos poços apresentando temperatura acima de 30° C, sendo a média de temperaturas encontrada 28,3°C.

No segundo período analisado a temperatura da água dos poços variou de 24,6°C a 31,7°C, neste período 18,1 % permaneceram com suas temperaturas acima de 31°C.

A temperatura influencia em vários processos químico-biológicos que ocorrem na água como o crescimento de microrganismos podendo assim interferir em sua qualidade para consumo humano e tornando assim necessário sua avaliação quanto parâmetro de qualidade (PORTO, 1991).

De modo geral as águas dos poços do perímetro urbano do município encontram-se acima de 30°C do bairros Centenário, Olímpico e Boa Esperança no período chuvoso. No período seco os bairros Industrial, Olímpico, Centro e Boa Esperança apresentaram temperaturas acima de 30°C, como apresentado na figura 21.

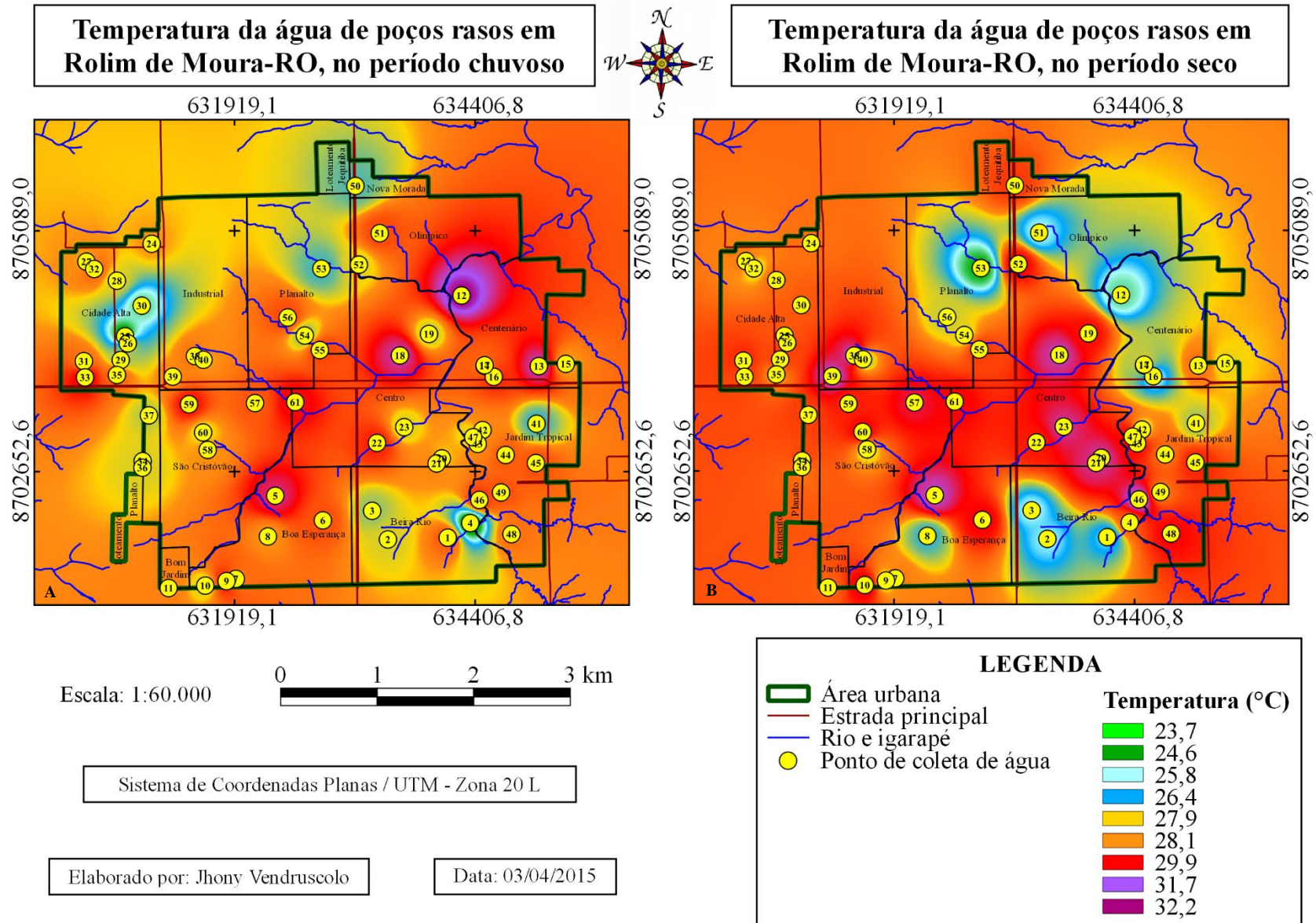


Figura 21 - Raster da interpolação dos dados de Temperatura da água, A período chuvoso e B período seco.

#### 6.1.1.5. Turbidez

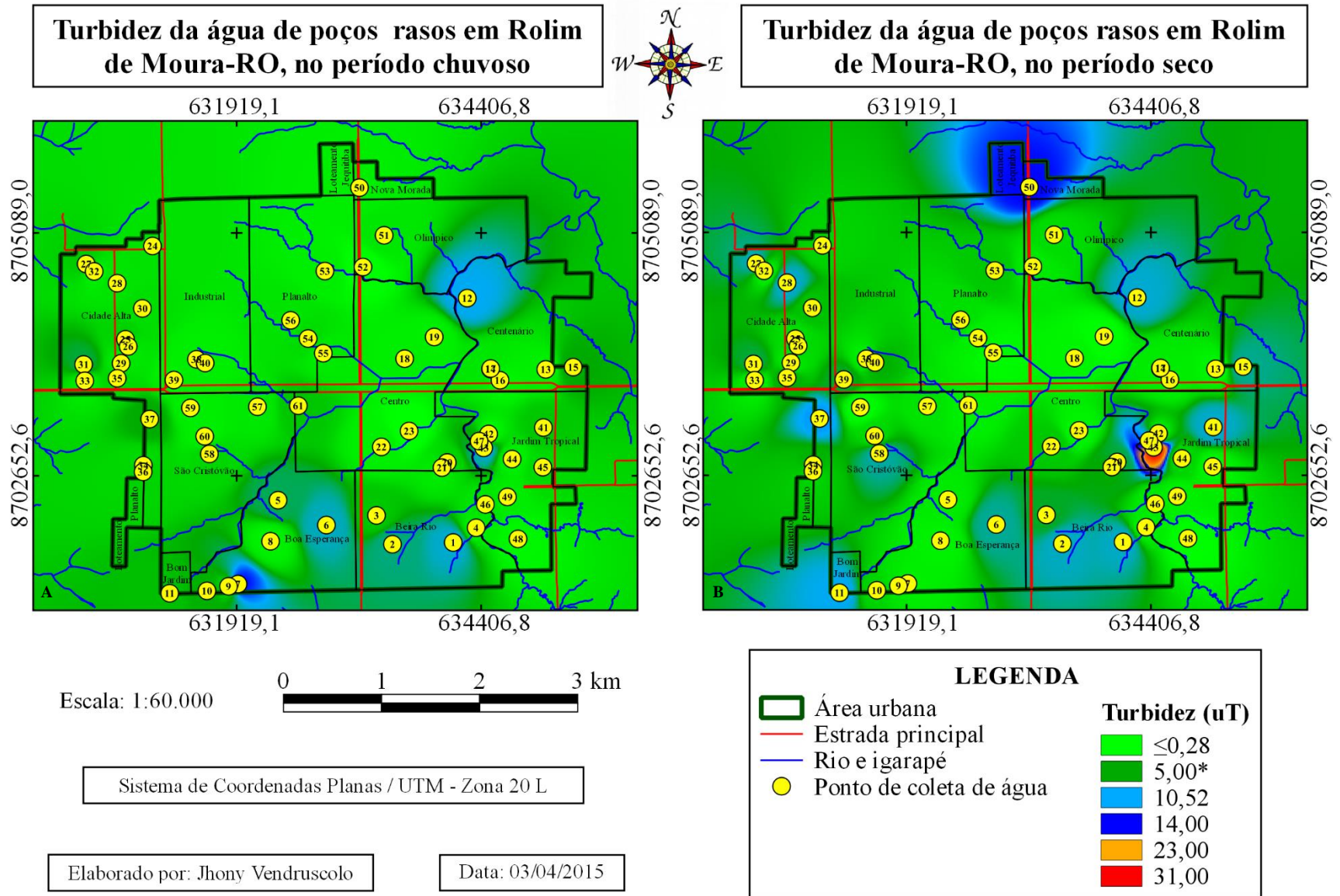
O parâmetro turbidez no período chuvoso apresentou valores variaram de 0,13 a 14 NTU, representando que 14,8 % dos poços do município estão com valores acima dos especificados, no período seco os valores variaram de 0,28 a 31 NTU, onde 36,1 % dos poços apresentaram valores acima de 5,0 NTU, padrão preconizado na Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/2011.

Em média houve maior índice de turbidez nos poços analisados também no período seco, porém sendo esta média dentro do valor preconizado pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/2011.

A turbidez interfere diretamente no aspecto estético da água, tornando esta mais turva quanto mais alto for o seu valor, o que prejudica sua aceitação por parte de quem a consome. Também interfere diretamente na capacidade desta água ser tratada, pois as partículas suspensas agem como protetores dos microrganismos contra os agentes saneantes como o cloro funcionando como uma barreira física (MEYER, 1994).

Na figura 22 tem-se a representação gráfica da interpolação dos dados da turbidez, onde Pode-se observar que poucas áreas do município se encontram com valores de turbidez acima do preconizado pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/2011 que é de 5,0 uT.

Durante o período seco encontrou-se mais áreas com níveis elevados de turbidez, assim como os maiores picos deste parâmetro.



\*valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914 de 12/12/2011.

Figura 22 - Raster da interpolação dos dados da Turbidez, A período chuvoso e B período seco.

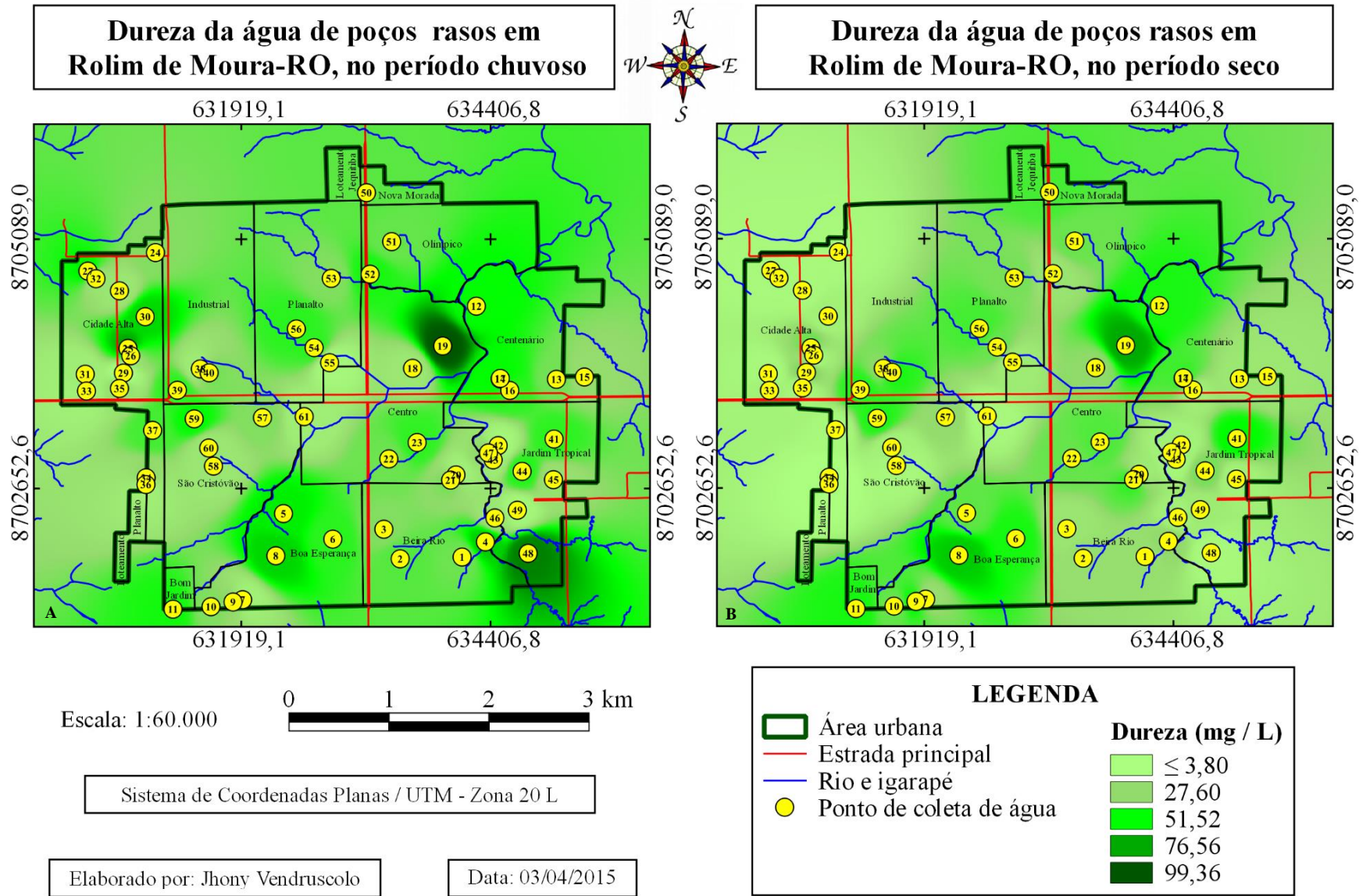
## 6.1.2. Parâmetros químicos

### 6.1.2.1. Dureza

Ao analisar o período chuvoso foi encontrando valores que variaram de 3,68 a 99,36 mg/L de CaCO<sub>3</sub> com média de 34,72 mg/L de CaCO<sub>3</sub> ficando assim, de modo geral dentro do valor recomendado, ao analisar o período seco foram encontrados valores de 3,8 a 76,56 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, onde apresentaram-se dentro do valor de referência de 500 mg/L, indicado pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/2011.

Na figura 23 temos a representação gráfica da interpolação de dados do parâmetro dureza, nenhum poço analisado registrou valor superior a 500 mg/L que é o valor máximo estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/2011. Apenas uma área no mapa onde se localiza o poço 19 verificou-se a permanência de valores mais elevados de dureza em ambos os períodos analisados, porém sendo estes valores bem abaixo do preconizado pelo Ministério da Saúde.

O fato da dureza ter se encontrado com valores bem abaixo do preconizado, pode elucidar o motivo da boa aceitação desta para o consumo desta pela população estudada, já que de acordo com Rocha *et al.* (2006), apenas valores elevados de dureza na água podem causar gosto desagradável e má aceitação desta pelo consumidor.



Obs.: 500 mg/L = valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914 de 12/12/2011.

Figura 23 - Raster da interpolação dos dados de Dureza, A período chuvoso e B período seco.

### 6.1.2.2. Nitrito

O nitrito assim como o nitrato é um dos compostos nitrogenados que podem ser encontrados em águas subterrâneas, porém o nitrito tem sua ação mais rápida no organismo e pode provocar metemoglobinemia no indivíduo consumidor independentemente da idade, além deste problema existe a preocupação quanto a ingestão contínua destes compostos nitrogenados, que no organismo encontram condições favoráveis para a formação de nitrosaminas e nitrosamidas, sendo estas portadoras de potencial carcinogênico.

As concentrações de nitrito nas águas analisadas no perímetro urbano de Rolim de Moura no primeiro período, não demonstraram grandes concentrações deste íon, com todos os poços analisados mantendo suas concentrações abaixo de 1mg/L que é o que recomenda pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011.

De modo geral as concentrações encontradas variaram de 0,01 a 0,55 mg/L com média de 0,05 mg/L, no período chuvoso e concentrações que variaram de 0 a 0,32 mg/L no período seco, apresentando uma média de 0,1 mg/L neste período. Sendo que os bairro Industrial apresentou maior concentração no período chuvoso, no período seco os bairros com maiores concentrações de nitrito foram encontrados nos bairros Cidade Alta, Industrial e no Centro da cidade.

A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011 preconiza valores inferiores a 1 mg/L de nitrito nas águas para consumo humano como apresentado na figura 24, portanto nenhuma área do município como pode-se ver, foi detectada com valores acima disto.



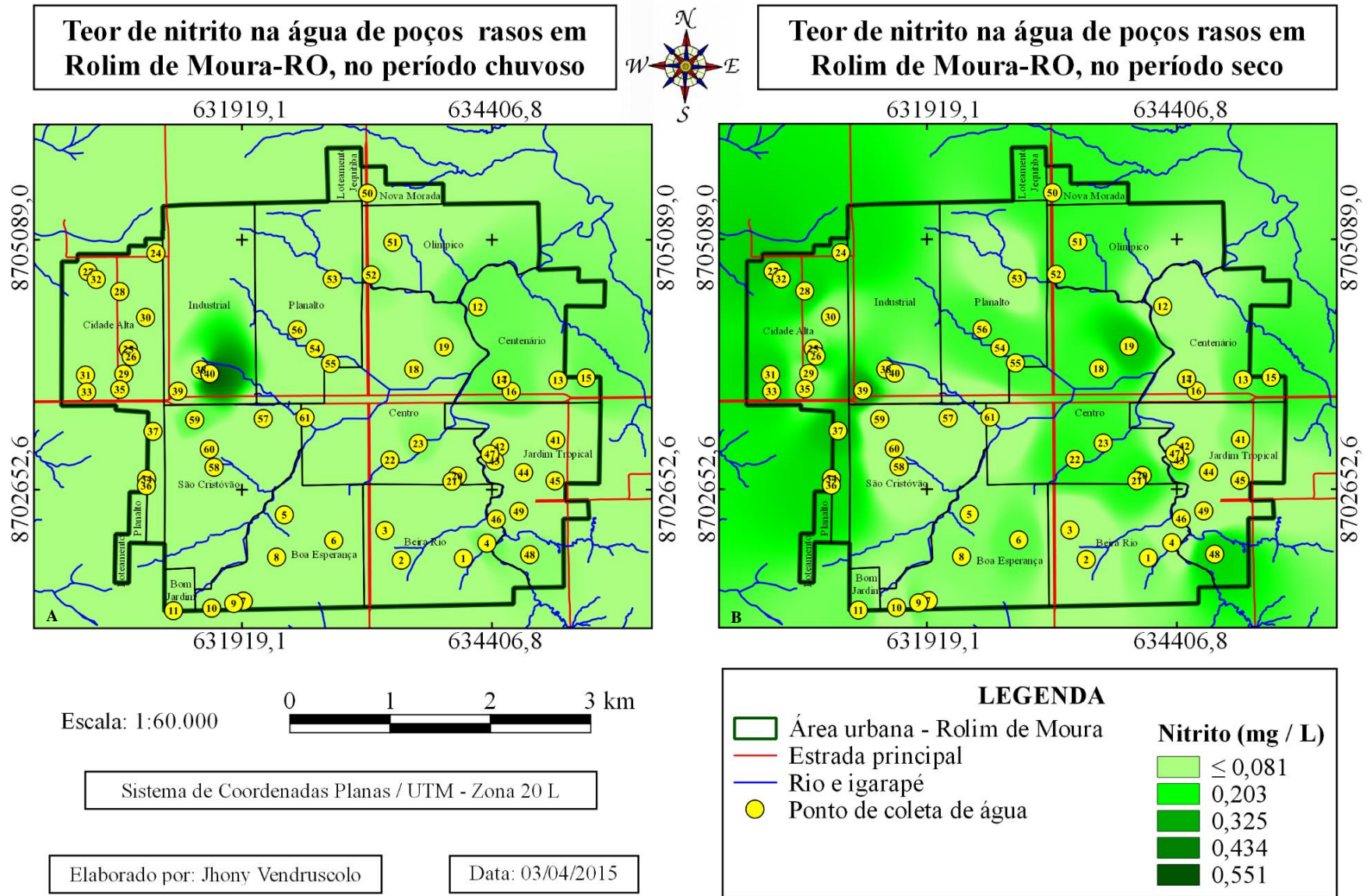


Figura 24 - Raster da interpolação dos dados de Nitrito, A período chuvoso e B período seco.

### 6.1.2.3. Nitrato

O nitrato assim como o nitrito pode ocasionar problemas como metemoglobinemia, porém esse processo é diretamente dependente do processo de digestão que pode ocorrer devido a saliva ou no trato gastrointestinal segundo Alaburda e Linda (1998), portanto estas complicações dependem diretamente da concentração deste íon e faixa etária dos indivíduos consumidores.

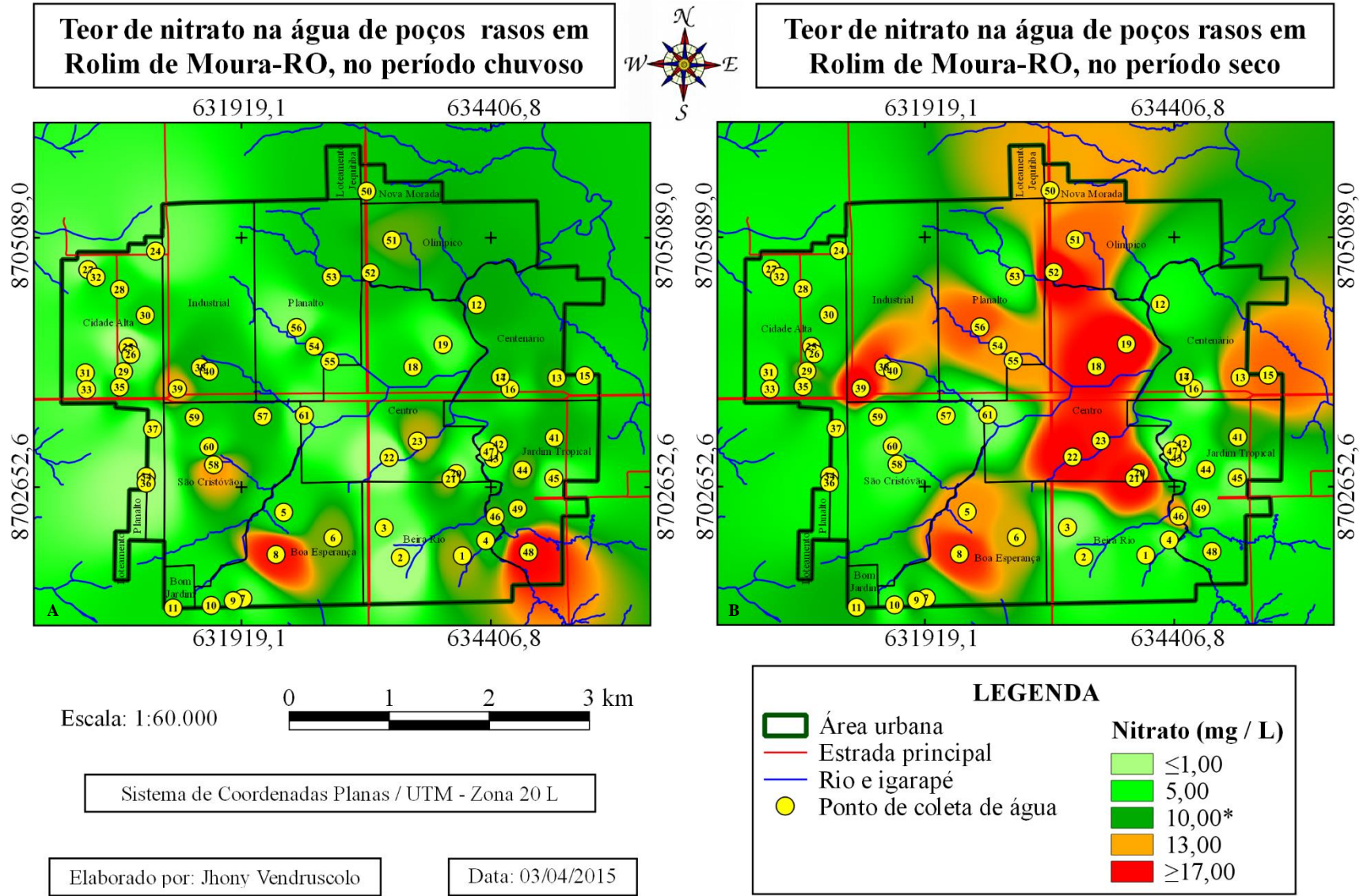
Os valores de nitrato encontrados nas análises de água da cidade demonstram extensa contaminação por este íon nos poços rasos do município, pois de acordo com Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011, os valores máximos permitidos para uso da água para consumo humano é de 10 mg/L deste íons, porém tantos 21,3% dos poços do município encontram-se com valores superiores ao limite estabelecido. Os valores encontrados variaram de: 0,10 a 17,11 mg/L no período chuvoso, já no período seco os valores variaram de 0,41 a 18,17 mg/L, neste período 40 % dos poços encontram-se acima do valor recomendado para consumo humano.

Em média os poços de Rolim de Moura estão de acordo com as indicações da Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011, pois tem uma média de 6,68 mg/L de nitrato. Porém 72,3 % dos poços do município durante a primeira etapa e 90,2% na segunda etapa apresentaram concentrações acima de 3,0 mg/L, o que indica que estas áreas encontram-se altamente impactadas por influência antropogênica como abordado por Alaburda (1998).

Na Figura 25 temos a representação gráfica da interpolação dos dados e temos a extensa área de contaminação por nitrato no município principalmente no período seco, onde foram encontrados valores acima de 17,00 mg/L de nitrato, demonstrando assim a grande exposição desta população a este íon, que como descrito acima pode ocasionar diversos problemas de saúde.

Alguns poços permaneceram nos dois períodos com valores elevados acima de 17 mg/L de nitrato estando especialmente os consumidores destes expostos ao contaminante, sendo que os bairros Boa Esperança e Jardim tropical, apresentaram os maiores níveis de contaminação durante o período chuvoso.

No período seco apenas os bairros Beira Rio, Bom Jardim e São Cristóvão apresentaram poços com valores abaixo de 10 mg/L, nos demais bairros do município, foi encontrado pelo menos 1 poço com valores acima de 10 mg/L.



Sistema de Coordenadas Planas / UTM - Zona 20 L

Elaborado por: Jhony Vendruscolo

Data: 03/04/2015

\*valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914 de 12/12/2011.

Figura 25 - Raster da interpolação dos dados de Nitrato, A período chuvoso e B período seco.

### 6.1.3. Parâmetros microbiológicos

#### 6.1.3.1. Coliformes totais

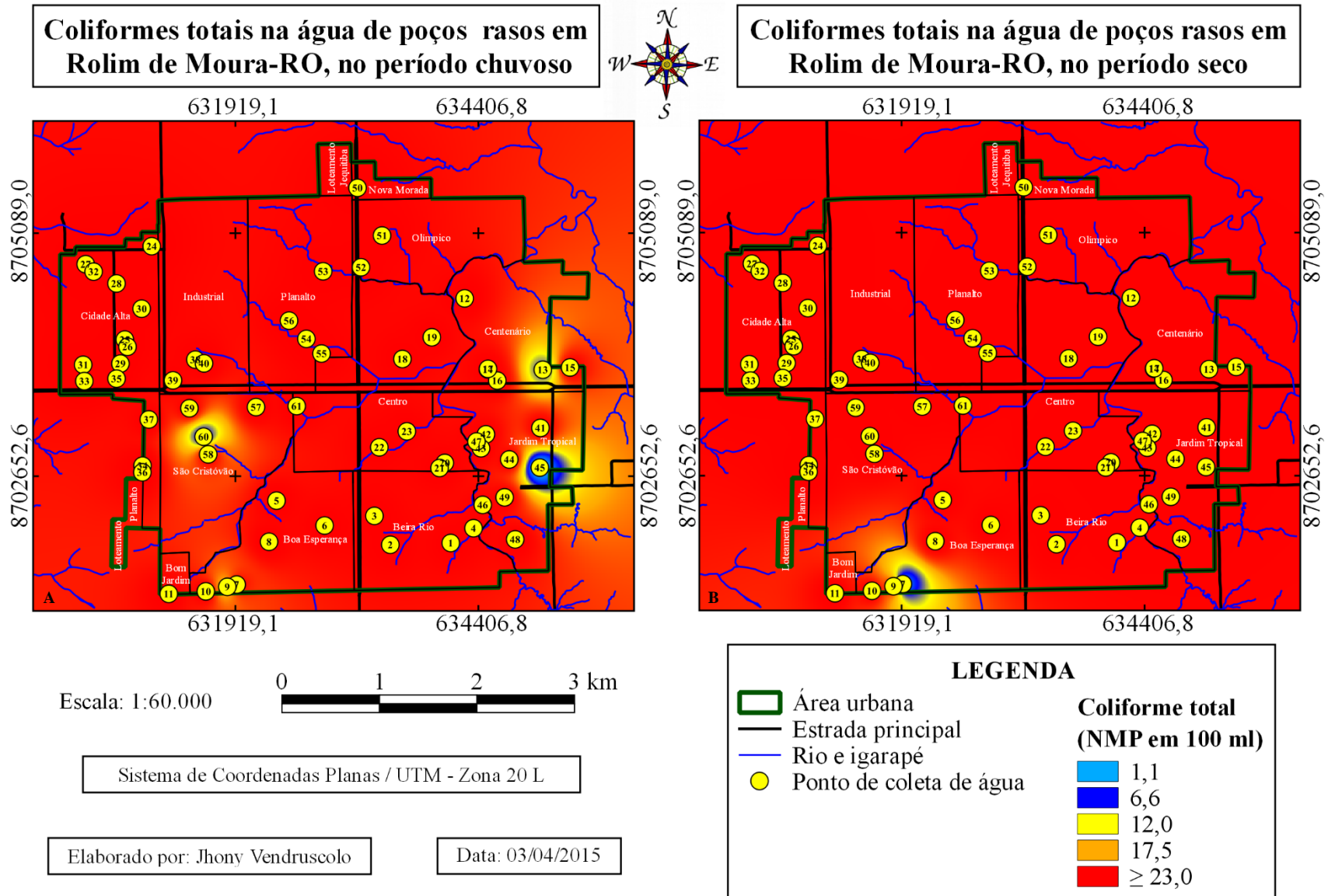
De modo geral a presença de microrganismos patogênicos na água decorre da contaminação através de fezes humanas ou de animais de sangue quente, ou seja, por microrganismos termo lábeis, porém estes microrganismos patogênicos aparecem intermitentemente e em pouca quantidade na água o que dificulta sua detecção, com isso surge a necessidade de se pesquisar outros microrganismos que coexistem com estes nas fezes a fim de indicar contaminação das águas por microrganismos de origem fecal. (AMARAL *et al* 1994).

O grupo de bactérias coliformes totais incluem todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, podendo ser aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 e 48 horas a 35°C (ALVES *et al* 2002).

Os valores encontrados de coliformes totais variaram de <1,1 a >23.0 NMP/mL no período chuvoso, ficando assim fora do recomendado pela com Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011, que preconiza ausência em 100 mL, neste mesmo período 88,5 % dos poços apresentaram valores >23,0 NMP/mL, ou seja, infinito. Apenas um poço neste período não apresentou contaminação.

No período seco os valores de contaminação por coliformes totais variaram de 1,1 a >23.0 NMP/mL, ou seja todos os poços encontram-se contaminados, sendo que 91 % destes encontram-se com valores >23,0 NMP/mL.

Ao realizar o raster de interpolação dos dados de coliformes termo tolerantes totais figura 26, foi observado que 98,4 % dos poços analisados no período chuvoso apresentaram contaminação por este grupo de bactérias e no segundo período de análise 100 % dos poços apresentaram contaminação neste parâmetro.



Obs.: ausência em 100 ml = valor máximo permitido (Portaria nº 2.914 de 12/12/2011).

Figura 26 - Raster da interpolação dos dados de contaminação por Coliformes Totais, A período chuvoso e B do período seco.

### 6.1.3.2. *E. coli*

A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011 define que sejam determinados na água os coliformes totais e termo tolerantes de preferência *Escherichia coli*. Sendo esta mesma portaria define que a *E. coli*, deve apresentar ausência em 100 mL.

O valor da *E. coli* variou no período chuvoso de < 1,1 a > 23,0 NMP/mL, onde foram encontrados 41 poços contaminados, representando 67,2 % dos total analisados. Deste total, 19,7% encontram-se com valores >23.00 NMP/mL, o que representa o infinito.

No período seco o valor da contaminação por *E. coli*, variou também de < 1,1 a > 23,0 NMP/mL, neste período 53 poços encontra-se contaminados, o que representa 86,9 % do total de poços analisados, destes 59,01% apresentaram contaminação >23,0 NMP/mL, ou seja, infinito.

Abaixo tem-se uma representação gráfica, figura 27 de interpolação dos dados para o parâmetro *E. coli* nos dois períodos analisados, onde pode-se observar a grande distribuição de contaminação por este parâmetro na área urbana do município observando-se poucos pontos de ausência de contaminação por coliforme fecal que se representa por índices inferiores a 1,1 NMP/mL.

Poucas áreas do município analisadas permaneceram livres de contaminação em ambos os períodos analisados, sendo a área de maior extensão livre de contaminação a região central da cidade. As demais áreas permaneceram afetadas ao longo do ano por contaminação por coliformes de origem fecal, demonstrando assim grande exposição dessas famílias a este tipo de patógeno.

Apenas os poços: 9, 13, 19, 32, 42, 45, 55, 60 e 61, ficaram fora de áreas de contaminação.

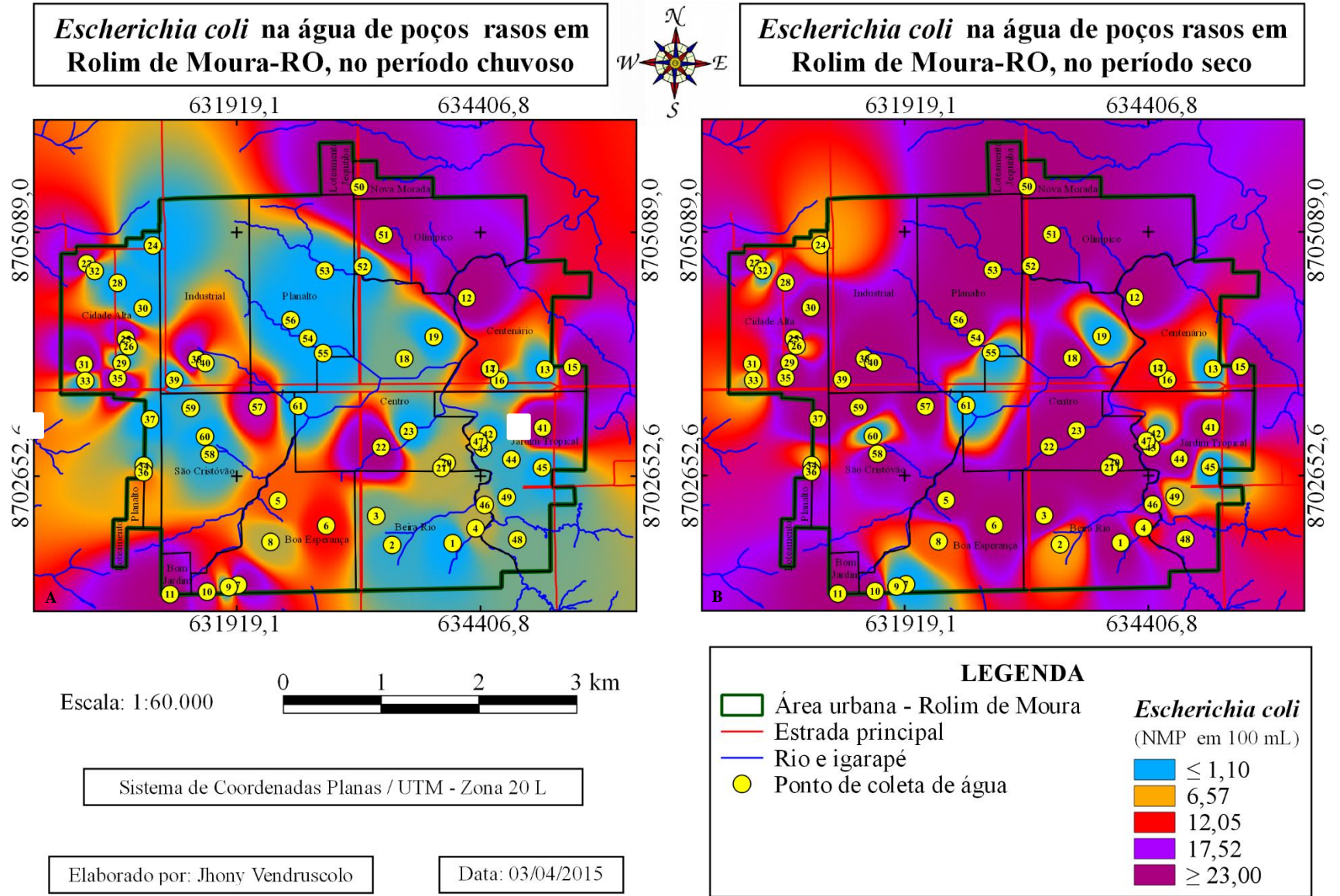


Figura 27 - Raster da interpolação dos dados de contaminação por *E. Coli*, A período chuvoso e B do período seco.

## 6.2. VARIAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS PERÍODOS ANALISADOS

Ao aplicar o Teste t de Student para verificar a diferença estatística entre os períodos chuvoso e seco, verificou-se que os parâmetros *E. coli*, Dureza, Nitrito, Nitrato e Turbidez demonstraram diferença significativa entre os períodos ( $p < 0,05$ ), os demais parâmetros analisados não apresentaram diferença significativa entre os períodos analisados ( $p > 0,05$ ).

Para demonstrar a dimensão da contaminação dos poços analisados nos dois períodos do ano, a tabela 4 traz uma representação da média dos parâmetros químicos e físico-químicos nos períodos chuvoso e seco.

Tabela 4. Média de contaminação dos poços nos períodos chuvoso e seco.

	Dureza (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Temperatura (°C)	Cor (u.C)	Condutividade $\mu\text{Scm}^{-1}$	pH	Turbidez (NTU)
<b>Média chuvoso</b>	34,7	0,05	6,7	28,3	19,7	130,0	5,4	2,9
<b>Média Seco</b>	25,9	0,1	8,8	28,7	23,0	122,0	5,4	4,4

Obs.: Cálculo da média realizado através dos resultados laboratoriais obtidos nos dois períodos analisados.

Em média o parâmetro cor obteve valores acima que preconiza o Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011, no período chuvoso 80,3% do poços apresentaram valores acima de 15 u.C., já no período seco 72,2% apresentaram-se acima da legislação vigente.

O parâmetro condutividade elétrica da água apresentou em média valores acima do preconizado, com isso, tivemos indícios de impactação ambiental e contaminação da água por matéria orgânica externa, sendo que no período chuvoso tivemos 38% dos poços com valores de condutividade superiores a  $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ .

Já no período seco tivemos 44% dos poços analisados com valores acima de  $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ . Demonstrando assim no fim do período seco maior contaminação por matéria orgânica externa devido ao acúmulo da concentração da mesma.

A maioria dos parâmetros analisados em ambos os períodos encontram-se em média dentro das especificações da Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011 que regulamenta os parâmetros de qualidade da água subterrânea para consumo humano.

O parâmetro nitrato encontra-se em média dentro do preconizado pela legislação vigente, mas foi encontrado uma média de 6,7% no período chuvoso e de 8,8% no período seco, o que segundo Alaburda (1998), representa grande influência da atividade humana, pois



concentrações acima de 3 mg/L representam contaminação por atividade antropogênica.

A tabela 5 traz uma representação em % da média de contaminação por coliformes totais e fecais nos períodos chuvoso e seco.

Tabela 5. Índice de contaminação dos poços nos períodos chuvoso e seco.

	<b>Coliformes NMP/mL</b>	<b><i>E.Coli</i> NMP/mL</b>
<b>Média chuvoso</b>	98,4%	67,2%
<b>Média Seco</b>	100,0%	86,9%

Obs.: Cálculo realizado através dos resultados laboratoriais obtidos nos dois períodos analisados.

Em média houve contaminação por coliformes fecais, determinado pelo parâmetro *E. coli*, sendo que este parâmetro deve estar ausente em águas de consumo humano, devido ao risco do desenvolvimento de doenças diarreicas e de ser um fator indicativo de contaminação direta destas águas por detritos fecais humanos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

No parâmetro coliforme total, obteve-se média extremamente elevada representando assim alto número de poços analisados com presença de coliformes totais que são indicativos de contaminação por detritos de matéria orgânica e fezes de animais em geral (SANTOS E MOHR, 2013).

Observa-se, no entanto uma redução média do valor de contaminação pelo coliforme fecal *E.coli*, representando assim numericamente uma redução deste indicador de contaminação no período chuvoso.

Ao analisar os dados temos a dimensão do problema de saúde pública encontrado com as análises microbiológicas realizadas nos poços da cidade de Rolim de Moura– RO, visto que de acordo com a Portaria do MS Nº 2.914/2011, na água para consumo humano não devem ser encontrados coliformes fecais, no caso representado pela *E. coli*, com isso pode-se afirmar que no período chuvoso foram encontrados 67,2% dos poços com este parâmetro alterado.

Já o período seco e no máximo de cheia dos poços foram encontrados 86,9% dos poços com o parâmetro de coliformes fecais alterados, representando assim, um alto índice de contaminação destas fontes hídricas largamente utilizadas pela população local.

No período chuvoso foram identificados 98,4% dos poços com contaminação por coliforme termo tolerantes totais. Foi averiguado que 100%, ou seja, todos os poços no período seco estavam contaminados.

### 6.3. ANALISE ESTATÍSTICA E MULTIVARIADA DOS DADOS

Na figura 28 temos o gráfico de agrupamento dos componentes principais sendo estes componentes a condensação da máxima variância dos parâmetros avaliados, pode-se portanto observar que no estudo foi verificado que os períodos se comportaram de forma distinta.

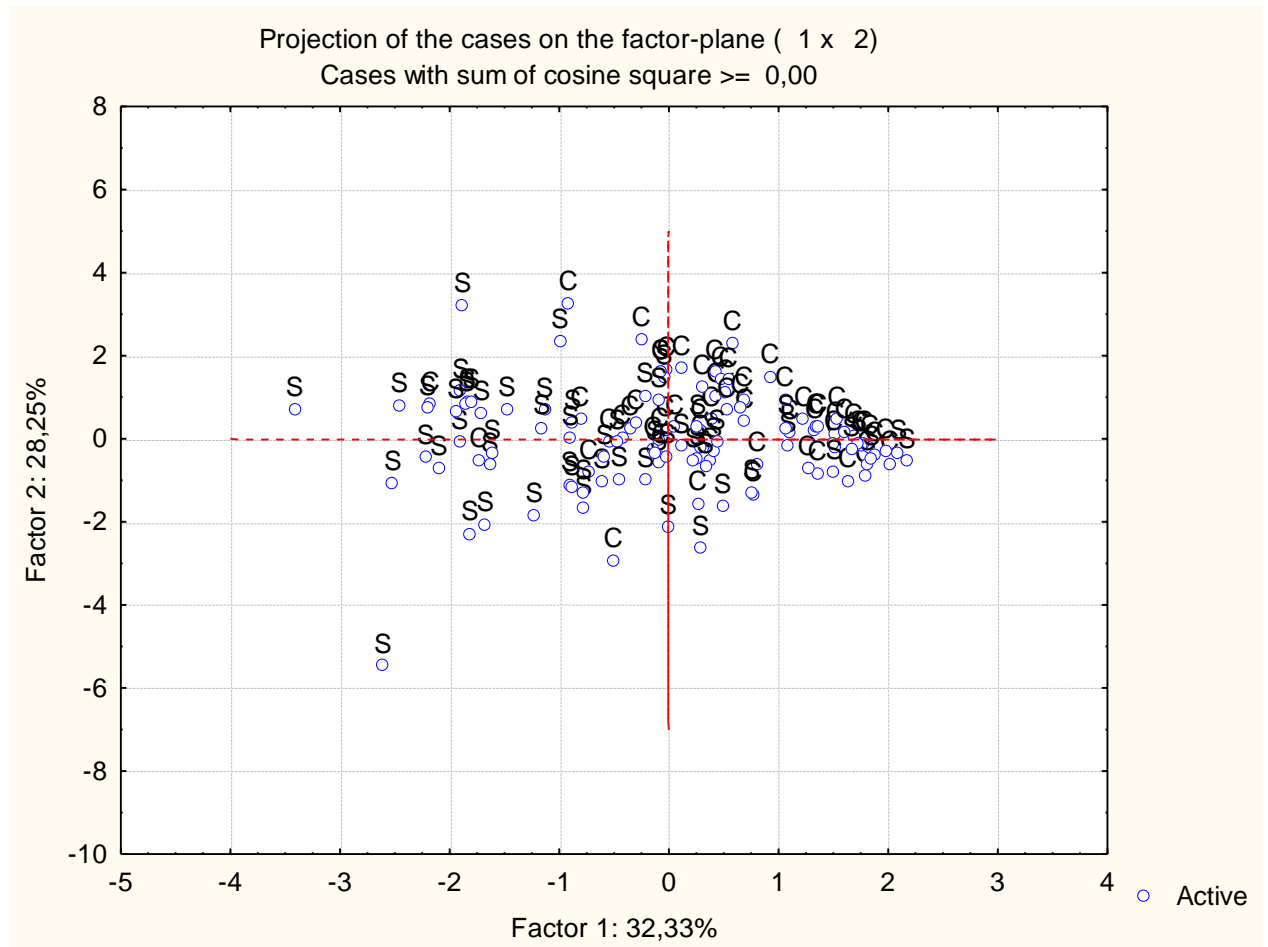


Figura 28 - Projeção de Casos no Plano do Componente Principal (1 X 2)

Ainda como pode-se observar na tabela 6 os parâmetros nitrito e nitrato foram os que apresentaram maior correlação com o componente principal 1 sendo esta negativa.

Tabela 6. Projeção de casos no plano do Componente Principal (1 X 2)

Parâmetros	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Dureza	-0.215918	0.657004	-0.620733	-0.312436	0.196977
Nitrito	-0.721529 *	0.014377	0.560943	-0.258731	0.312396
Nitrato	-0.676882 *	0.564399	0.117051	0.14644	-0.433749
Turbidez	-0.392863	-0.719199	-0.267883	-0.437706	-0.255075
Escherichia	-0.660861	-0.380893	-0.370271	0.494776	0.190469

\* Obs.: Os parâmetros Nitrito e Nitrato apresentaram maior correlação.

No gráfico de agrupamento de dados e projeção das variáveis do cluster na figura 29 ocorreu a construção da análise multifatorial em componentes principais, que consiste em representar graficamente as coordenadas das amostras em um sistema de eixos. Essa representação gráfica ocorre por meio das combinações lineares das  $n$  variáveis onde se geram  $n$  componentes principais em ordem decrescente de máxima variância.

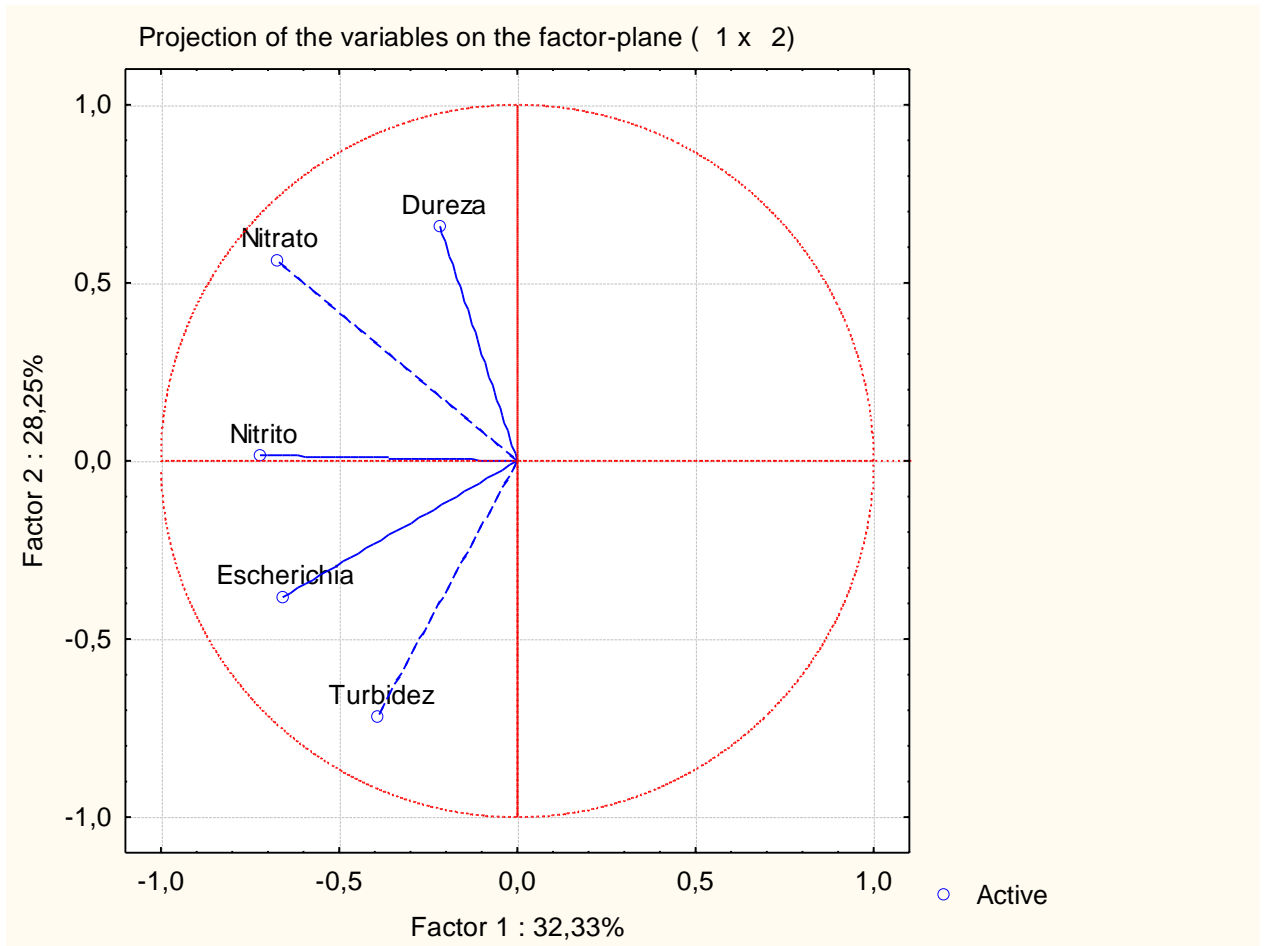


Figura 29 - Gráfico de agrupamento dos dados estatísticos do Cluster.

Através da análise fatorial é possível reduzir a dimensionalidade dos pontos amostrais e julgar a importância das variáveis originais (BODENMULLER FILHO *et al.* 2010). O gráfico da figura 29, representa o componente principal 1 *versus* o componente principal 2 fornecendo assim pontos em um espaço  $n$  dimensional. As variáveis consideradas foram dureza, nitrito, nitrato, turbidez e *E. coli*.

Observando a figura 29, pode-se perceber que a variável de maior correlação com o Componente Principal 1 é o nitrito, seguido do nitrato, assim como apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Componente Principal (CP)

Fator	Autovalores	% Total	Cumulativo	Cumulativo
1	1.616472 *	32.32945 *	1.616472 *	32.3294 *
2	1.412734 *	28.25469 *	3.029207 *	60.5841 *
3	0.922529	18.45059	3.951736	79.0347
4	0.622393	12.44786	4.574129	91.4826
5	0.425871	8.51742	5.000000	100.0000

\* Obs.: Maior correlação com o Componente Principal 1.

#### 6.4. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO E CLASSES SOCIOECONÔMICAS

A distribuição socioeconômica do perímetro urbano de Rolim de Moura apresenta uma distribuição entre as classes B, C e D. Onde ocorreu predominantemente a subdivisão da classes C2, seguidas das C1 e D, como apresentado da figura 30. Não foram encontradas as classes A e E, nas residências onde foram coletadas a água dos poços.

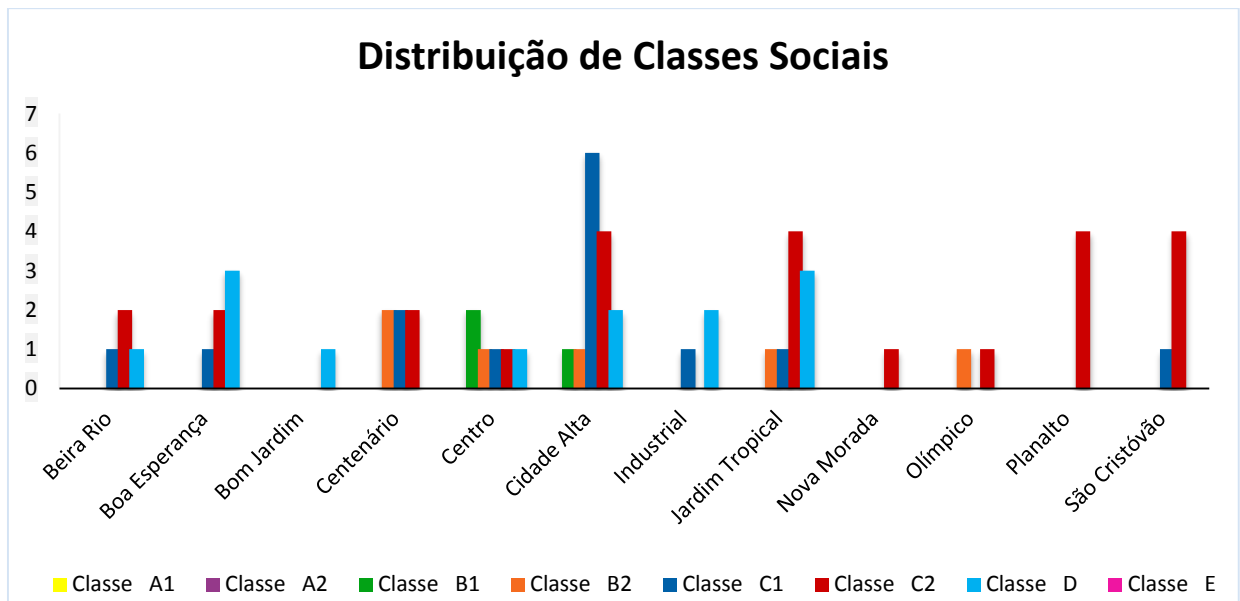


Figura 30 - Distribuição de classes sociais por bairro do município de Rolim de Moura-RO.

O Centro da cidade foi o bairro onde a classe B1 foi dominante, levando a compreensão que o padrão de desenvolvimento urbano influenciou na qualidade de vida da população.

Nos bairros Boa Esperança e Jardim Tropical houve uma predominância da classe D. nos bairros Nova Morada e Planalto foram encontradas apenas a classe C2, no bairro Cidade Alta a classe dominante foi a C1 seguida da classe C2. Já o bairro Bom Jardim apresentou

exclusivamente a Classe D, podendo ser considerado o bairro de Rolim de Moura com menor índice socioeconômico.

Ao analisar dados socioeconômicos e o nitrato pela correlação de Pearson, foi possível verificar uma correlação estatisticamente significativa entre o nitrato e o período chuvoso ( $p < 0,05$ ), no período seco não houve correlação ( $p > 0,05$ ), ou seja, não apresentou correlação estatisticamente significativa.

O que significa que no período chuvoso a contaminação da água foi influenciada pelo socioeconômico, pois quanto maior a contaminação por nitrato menor é o índice socioeconômico da população Rolimourense.

Já o nitrito quando analisado pela correlação de Pearson, não apresentou correlação estatisticamente significativa entre contaminação e o socioeconômico em nenhum dos períodos analisados ( $p > 0,05$ ).

Ao analisar os poços amostrados no período chuvoso observou-se que 8 dos 12 bairros do município de Rolim de Moura – RO, encontram-se com valores iguais ou superiores a 10 mg/L de nitrato livre na água dos poços superficiais, acima do que preconiza a Resolução do CONAMA Nº 357/2005 e Portaria MS Nº 2.914/2011, sendo que nos bairros Boa Esperança, Centenário Centro e Jardim Tropical, foram encontrados mais de 1 poço com esses valores de contaminação. Podendo estes níveis de contaminação por nitrato serem prejudiciais à saúde, levando ao desenvolvimento de metahemoglobinemia principalmente em crianças abaixo de 3 anos (Figura 31).

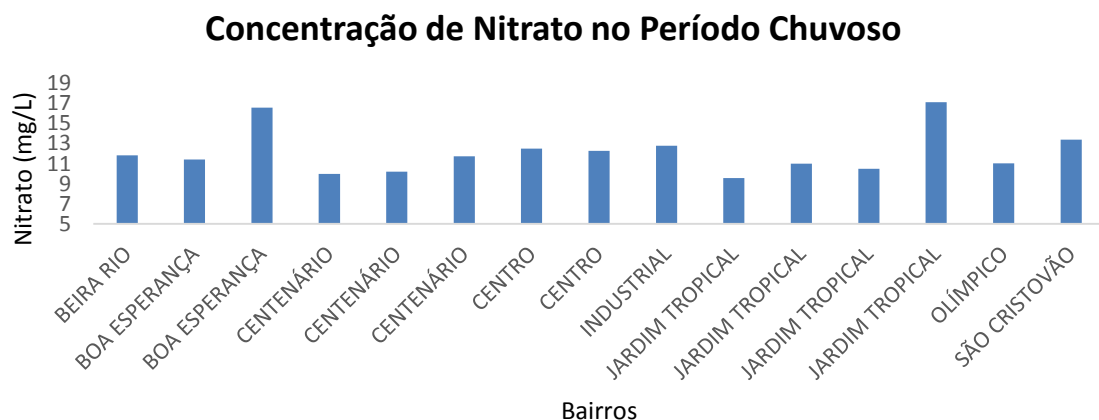


Figura 31 - Concentração de nitrato no período chuvoso distribuído por bairro do município de Rolim de Moura-RO.

Foram encontrados 15 poços com valores superiores ao aceitável para consumo humano pela Resolução Nº 357/2005 do CONAMA, o que representa 24,59% do total de poços analisados.

No mesmo período 72,13% do total de poços analisados foi encontrado nitrato acima de 3,0 mg/L, o que significa que houve contaminação por atividade antropogênica, demonstrando assim, grande influência da atividade humana nas águas subterrâneas do município (BOUCHARD *et al.* 1992, FOSTER *et al.*, 1993 *apud* ALABURDA, 1998).

Já no período seco, dos 12 bairros analisados 9 se encontram acima dos padrões recomendados pela Resolução do CONAMA N° 357/2005 e Portaria MS N° 2.914/2011, figura 27.

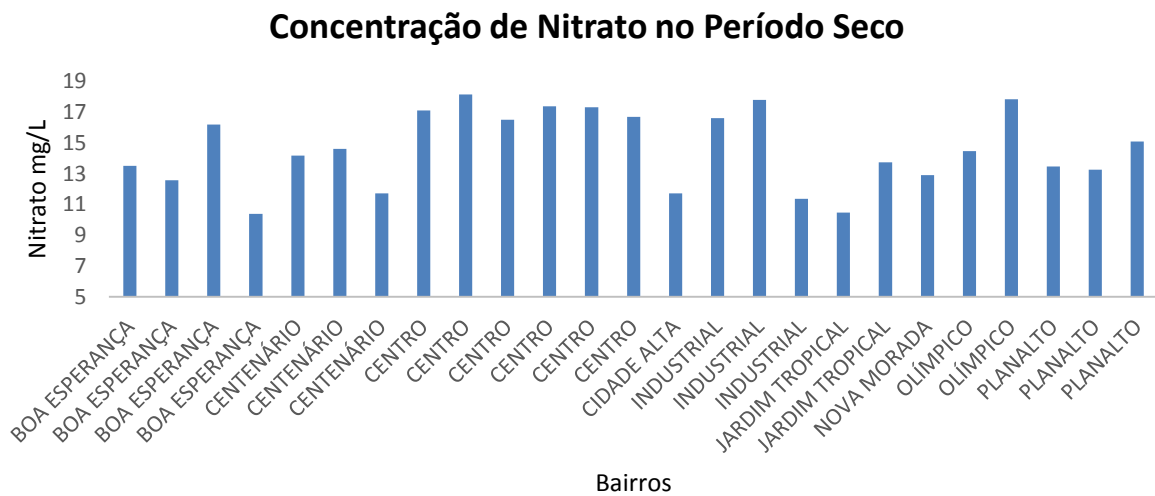


Figura 32 - Concentração de nitrato no período seco distribuído por bairro do município de Rolim de Moura-RO.

## 7. CONCLUSÕES

Ao analisar os dados obtidos, podemos entender a dimensão do problema de saúde pública instalado no município de Rolim de Moura – RO, onde pode-se constatar larga exposição a patógenos de veiculação hídrica a estas populações por meio do consumo de água contaminada por coliformes termo tolerantes.

A análise da interpolação dos dados nos trouxe a dimensão, a espacialidade e a possibilidade de verificar as áreas de persistência de má qualidade da água analisada. Como as áreas onde os valores de turbidez se encontram elevados ao longo do ano, demonstra assim maior risco quanto a má desinfecção destes poços por meio de agentes químicos como cloro. Foi constatado também áreas de persistência de valores elevados de condutividade elétrica, que representam vulnerabilidade à matéria orgânica e íons externos, assim como maior grau de impactação ambiental destas áreas.

Entre o período seco e chuvoso foi observado um fator climático atuando sobre os valores de contaminação por *E. coli*, dureza, nitrito nitrato e turbidez ( $p < 0,05$ ), sendo observado em média mais contaminação no período seco.

O período chuvoso demonstrou maiores valores de condutividade elétrica, o que representa o aumento na concentração de matéria orgânica e íons externos na água destes poços analisados.

Na análise do gráfico dos componentes principais podemos observar a importância das variáveis no agrupamento dos dados sendo o nitrito e o nitrato os mais relevantes.

Observou-se correlação estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), entre a contaminação por nitrato no período chuvoso e as classes socioeconômicas, demonstrando que os bairros que apresentaram menores classes sociais apresentaram maior contaminação. No período chuvoso esta correlação não foi observada ( $p > 0,05$ ).

Os poços de Rolim de Moura apresentam contaminação por nitrato livre, em alguns casos em índices acima do permitido por legislação vigente, sendo esta contaminação possivelmente proveniente do mal planejamento da construção de fossas sépticas, da atividade humana e até por falta de rede coletora de dejetos humanos nos bairros em questão, pois o município não possui rede de esgotamento sanitário.

Com isso torna-se de imediato necessário a elaboração de políticas públicas de acesso ao saneamento básico à população do município de Rolim de Moura – RO, tendo em vista a

exposição de patógenos de veiculação hídrica e o baixo índice de qualidade das águas analisadas.

Promovendo o acesso ao saneamento básico no município, a população poderá ter maior qualidade de vida e de saúde, diminuindo assim custos com saúde.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. *Poços para a captação de água*. Disponível em <http://www.abas.org.br>. Acesso em 15/11/2013.

ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – Critério de Classificação Econômica Brasil, 2013.

ADAMY, Amílcar. *Geodiversidade do estado de Rondônia*: Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Organização Porto Velho: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2010.

ALMEIDA, S.G.; Petersen, p. cordeiro, A. *Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola*. Rio de Janeiro:AS-PTA, 2001.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. *Presença de Compostos de Nitrogênio em Águas de Poço*. Revista de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, abr.1998.

ALVES N.C. *et al*; *Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento, Marília, SP*; Revista de saúde Pública; 2002.

AMARAL L.A. *et al*; *Avaliação da qualidade higiênico-sanitária da água de poços rasos localizados em uma área urbana: utilização de colifagos em comparação com indicadores bacterianos de poluição fecal*; Revista de saúde Pública, 1994.

AMARAL, S. E.; LEINZ, V. *Geologia Geral*. 14 ed. São Paulo: Nacional, 2003.

BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. *Controle da Qualidade da Água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB, 1993.

BAHIA R. B. C. *et al*. *Análise da evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis através de métodos potenciais*. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo. v. 37, 2007.

BASSOLI B.K.; *Ácido Fólico: Efeitos paradoxais na promoção da hepatocarcinogênese em ratos*; Bruna KempferBassoli, B322a - São Paulo, 2009.

BODENMULLER FILHO, Anselmo *et al*. *Tipologia de sistemas de produção baseada nas características do leite*. R. Bras. Zootec., Viçosa, v. 39, n. 8, Aug. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S151635982010000800028&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151635982010000800028&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 12 de setembro de 2014.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FIIHO, E. F. *Aquífero Guarani. A verdadeira integração dos países do Mercosul*. Fundação Roberto Marinho, Curitiba, 2004.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. *Manual Prático de Análise de Água: Manual de Bolso*, 1ª ed. Brasília - DF, 1985.

BRASIL, Ministério Da Saúde. *Portaria n° 518*, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União 2004.

BRASIL. Sistema de Proteção da Amazônia. *Diagnóstico climático para o município de Rolim de Moura*. Porto Velho: SIPAM - CTO, 2006.

BRASIL. Sistema de Proteção da Amazônia. *Geologia: Rolim de Moura - RO*. Porto Velho: SIPAM CTO-PV, 2006. Escala 1:250.000.

BRASIL. Sistema de Proteção da Amazônia. *Geomorfologia: Rolim de Moura - RO*. Porto Velho: SIPAM CTO-PV, 2006. Escala 1:250.000.

BRASIL. Sistema de Proteção da Amazônia. *Pedologia: Rolim de Moura - RO*. Porto Velho: SIPAM CTO-PV, 2006. Escala 1:250.000.

CAERD. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. *Diagnóstico técnico operacional sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário: Programa de Saneamento Básico do Estado de Rondônia*. Porto Velho: Gerência de Projetos e Obras, 2006.

CAVALLI, A. Classe. In: BOBBIO, N.; MATTEUCCI, N.; PASQUINO, G. *Dicionário de política*. v. 1. 4. ed. Brasília, DF: Ed. UNB, 1992. p. 169–175

CETESB. *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: Variáveis de qualidade das águas*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/34Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#topo>> acesso em 12 de setembro de 2014.

COCHRAN, W. G. *Sampling Techniques*. 3 ed. Third Edition, John Wiley & Sons. Inc. New York, p. 413, 1977.

CONAMA, RESOLUÇÃO N 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 alterada pelas resoluções 410/2009 e 430/2011. Conselho nacional do meio ambiente. 2005.

COMUSA; *Serviço de abastecimento de água de Novo Hamburgo: Tratamento da água*. Disponível em: <<http://www.comusa.com.br/index.php/saneamento/tratamentoagua>> acesso em 11 de setembro de 2014.

CORTECCI, G. *Geologia e Saúde*. Tradução de Wilson Scarpelli. São Paulo: <http://www.dst.unipi.it/fist/salustre/salute.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2006. 30 p.

COSTA, M. C. N.; TEIXEIRA, M. G. L. C. *A Concepção de Espaço na Investigação Epidemiológica*. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro. v.15, n. 2, abr-jun, 1999.

CPRM-Serviço geológico do Brasil. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: Relatório diagnóstico Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia, Bacia Sedimentar dos Parecis*. Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

CZERESNIA, D.; RIBEIRO, A. M. *O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica*. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, 2000.

D'AGUILA, P.S.; Roque, O.C.C.; Miranda, C.A.S.; Ferreira, A.P. *Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do município de Nova Iguaçu*. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.16, n.3, 2000.

DATASUS; Ministério da Saúde: *Indicadores de mortalidade 2011*; Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?idb2012/c06.def>> acesso em 05 de abril de 2014.

DERISIO, J. C.; SOUZA, H. B. *Guia Técnico de coleta de amostras de água*. São Paulo: CETESB, 1977.

DUARTE, E.C. et al. *Epidemiologia das desigualdades em saúde no Brasil: um estudo Exploratório*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. (org). *Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações*. 2. ed. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 2000.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. *Groundwater Contamination*. New Jersey: Prentice Hall, 1979.

FERNANDES, J. *Química analítica qualitativa: cursos técnicos e profissionalizantes do 2º grau, curso de química industrial e curso superior de química*, São Paulo: Hermes, 1982. 176 p.

FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C. P. *Atlas geoambiental de Rondônia*. Porto Velho: SEDAM, vol. 2, 2002.

FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L.; RAYA RODRIGUES, M. T. *Contaminações Subterrâneas com Combustíveis Derivados de Petróleo: Toxicidade e a legislação brasileira*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 2, p. 29-46. 2001.

FOSTER, S.S.D; HIRATA, R.C.A. *Determinação dos Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas: Um método Baseado em Dados Existentes*. São Paulo: Instituto Geológico, (Boletim, 10), 1993.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. de S. *Saúde, ambiente e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2006.

FURASTÉ, P. A. *Normas Técnicas para o Trabalho Científico: Elaboração e Formatação*. Explicação das Normas da ABNT. 14. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2006.

GONÇALVES, C. S. *Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia - Agudo – RS*. 2003, 114f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GOOGLE EARTH. *Imagem de Rolim de Moura – RO*, 2010. Disponível em: <<http://www.google.earth.com.br/>>. Acesso em: 26 de abril de 2015.

GUIGUER, N. *Poluição das Águas Subterrâneas e do Solo Causada por Vazamentos em Postos de Abastecimento*. Santo André: Waterloo Brasil, 2000.

GUIMARÃES, M. J. B. et al. *Condição de vida e mortalidade infantil: diferenciais intra-urbanos no Recife, Pernambuco, Brasil*. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, 2003.

HIRATA, R. C. A.; BASTOS, C. R. A.; ROCHA, G. A. (Coord.) *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo: Páginas e Letras, 1997.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: 2000.

IBGE. *Manual Técnico de Pedologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: 2007.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: 2013.

ISAAK, E.; SRIVASTAVA, R. *An introduction to applied geoestatistic*. New York: Oxford University Press, 1989.

KÖPPEN, W. *Das geographischa System Klimate*. In: Handbuch der Klimatologie, edited by: Köppen, W. and Geiger, G. 1. C. Gebr, Bomtraeger, 1936.

KRIEGER, N. *A glossary for social epidemiology*. *Journal of Epidemiology and Community Health*. London, v. 55, n. 10, 2001.

LANDIM, P.M.B. *Análise estatística de dados geológicos*. 2 ed. Rio Claro: editora UNESP, 2003.

MEYER, S. T. *O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública*. Cad. Saúde Pública, v. 10, n. 1, 1994.

MELO JUNIOR, H. R. et.al. *Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas em uma Zona Urbana da Amazônia Brasileira: Estudo de caso do bairro Eletronorte, Porto Velho (RO)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, 2006, Curitiba: Anais. Curitiba: ABAS, 2006.

MELLO, J. M. *Geoestatística Aplicada ao Inventário Florestal*. (Doutorado em Geociências). Universidade de São Paulo: São Paulo, 2004.

MINAYO, M. C. S. et al. *Fiocruz saudável: uma experiência institucional*. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, 1998.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2011. Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011 (Federal), [http://www.suvisa.rn.gov.br/.../aplicacao/.../portaria\\_ms\\_2914\\_dez\\_2011.pdf](http://www.suvisa.rn.gov.br/.../aplicacao/.../portaria_ms_2914_dez_2011.pdf). Acesso em 09 de agosto de 2013.

NANNI AS, DESCOVI FILHO L, VIRTUOSO MA, MONTENEGRO D, WILLRICH G, MACHADO PH, SPERB R, DANTAS GS, CALAZANS Y. Quantum GIS - Guia do Usuário, Versão 1.7.4 'Wroclaw'. Disponível em: <http://qgisbrasil.org>. Acesso em: 28 julho de 2013.

NBR 12619/1992 - ABNT - ÁGUA – Determinação de nitrito – método da sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina - Método de ensaio.

NBR 12620/1992 – ABNT -ÁGUA - Determinação de nitrato -Métodos do ácido cromotrópico e do ácido fenoldissulfônico.

PARAGUASSU-CHAVES, C. A. *Geografia Médica ou da Saúde: Espaço e doença na Amazônia Ocidental*. Porto Velho: EDUFRO, 2001. 276 p.

PIGNATTI, M. G. *Saúde e ambiente: as doenças emergentes no Brasil*. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 7, n. 1, p. 133-147, jan./jun. 2003.

PINTO, M. C. F. *Manual medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido*, Belo Horizonte, 2007.

OMS, *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

QUADROS, Marcos Luiz do Espírito Santo. *Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG*. Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia. Porto Velho: CPRM, 2007.

QUEIROZ J.T.M. DE *et al. Análise da Correlação de Ocorrência da Doença Diarreica Aguda com a Qualidade da Água para Consumo Humano no Município de Vitória-ES*. Saúde Soc. São Paulo, v.18, n.3, 2009.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. *Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico*. (Relatório Técnico de Solos, v. 5). Porto Velho: PLANAFLORO, 1998.

SANTOS R. DE SOUZA E MOHR T.; *Saúde e Qualidade da água: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em águas subterrâneas*. Revista contexto & saúde Ijuí editora Unijuí v. 13 n. 24 jan./jun. 2013.

SILVA, C.R.; BAHIA, R.B.C.; SILVA, L.C. da. *Geologia da Região de Rolim de Moura – Sudeste de Rondônia*. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: SBG, 2v. V. 2, 1992.

SILVA, J. B.; BARROS, M. B. A. *Epidemiologia e desigualdade: notas sobre a teoria e a história*. Revista Panamericana de Salud Publica, Washington, v. 12, n. 6, 2002.

SIPAM. *Sistema de Proteção da Amazônia Centro Técnico e Operacional de Porto Velho coordenação de operações integradas divisão de meteorologia e climatologia*. Diagnóstico Climático para o Município de Rolim de Moura. Porto Velho, 2006.

STACHIW R, *et al.* *Diagnóstico Preliminar da Contaminação por Coliformes Fecais em Poços Rasos e Superficiais da Cidade de Rolim de Moura – RO*. In: MARÇAL, MDS ET AL (Orgs.), *Amazônia, Recursos Hídricos e Diálogo Sócio Ambiental*, Curitiba: Editora CRV, Curitiba-PR, Brasil, 2011.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. American Public Health Association, 21th ed. New York, APHA, AWWA, WPCP, 2005.

# APÊNDICES

APÊNDICE I. Termo Informativo e Autorizativo.



## TERMO INFORMATIVO E DE AUTORIZAÇÃO

Em cumprimento ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da UNIR/Porto Velho – RO, estou realizando uma pesquisa sobre águas subterrâneas no município de Rolim de Moura – RO, para produzir o trabalho final de conclusão de curso.

Para alcançar este objetivo, serão realizadas coletas de água nos poços (cacimba) em diferentes regiões deste município. Nesses, serão efetuadas análises para avaliar a qualidade da água.

Os resultados levantados serão utilizados para a Dissertação da Bióloga Alexandra Maciel Riquelme, em desenvolvimento na Universidade Federal de Rondônia - UNIR.

Desta forma,

O(a) Sr.(a) \_\_\_\_\_, residente conforme consta na ficha de cadastro de poço nº \_\_\_\_\_, autoriza a estudante Alexandra Maciel Riquelme a coletar as amostras de águas subterrâneas em sua propriedade para fins de pesquisa científica.

Eu, Alexandra Maciel Riquelme, comprometo-me a divulgar ao proprietário, os resultados das análises efetuadas em sua propriedade.

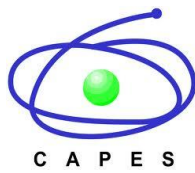
Rolim de Moura -RO, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Proprietário

\_\_\_\_\_  
Alexandra Maciel Riquelme



## APÊNDICE II. Laudo de Análise de Água



## LAUDO DE ANÁLISE DE ÁGUA

Morador:

Poço N°:

Endereço:

N°

Bairro:

Produto/Procedência: Água de poço

Data de entrada:

Local de Coleta: Rolim de Moura

Parâmetros Químicos			Parâmetros Físico-Químicos			
Dureza (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Temperatura (°C)	Cor (u.C)	pH	Turbidez (NTU)
* 500	* 1,0	* 10	* 25	* < 15	* 6,0 a 9,5	* 1,0

(\*) Limites estabelecidos pela Portaria MS N° 2.914 de 12/12/2011

Parâmetros Microbiológicos					
Coliformes Totais	Escherichia Coli	U.F.C. (24 horas)		U.F.C. (48 horas)	
		Coliformes	Escherichia coli	Coliformes	Escherichia coli
* Ausência	* Ausência	* > 500	* 0	* > 500	* 0

(\*) Limites estabelecidos pela Portaria MS N° 2.914 de 12/12/2011

Rolim de Moura -RO, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

Alexandra Maciel Riquelme  
Bióloga

## APÊNDICE III. Ficha de Coleta de Amostra de Água

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA - UNIR CAMPUS DE ROLIM DE MOURA LABORATÓRIO DE ÁGUAS		 <b>MESTRADO EM GEOGRAFIA - UNIR</b> A Amazônia e Políticas de Gestão Territorial	
<b>PLANILHA DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA</b>					
N° DA AMOSTRA:		DATA DA COLETA:		HORA DA COLETA:	
MORADOR:				FONE P/ CONTATO:	
LOCAL DA COLETA:					
<b>REFERÊNCIA DA AMOSTRA</b>					
<input type="checkbox"/>	Saída da caixa d'água	<input type="checkbox"/>	Antes do tratamento	<input type="checkbox"/>	Nascente
<input type="checkbox"/>	Torneira	<input type="checkbox"/>	Após tratamento	<input type="checkbox"/>	Fonte
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Saída do _____
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Outra _____
<b>PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA</b>					
<input type="checkbox"/>	Açude	<input type="checkbox"/>	Rio	<input type="checkbox"/>	Cacimba
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Fonte
<input type="checkbox"/>	POÇO profundidade até 20 metros (m)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	POÇO profundidade maior que 20 metros (m)
<input type="checkbox"/>	OUTROS (especificar)				
<b>NATUREZA DA AMOSTRA</b>					
<input type="checkbox"/>	BRUTA (sem tratamento/cloração)			<input type="checkbox"/>	TRATADA (especificar): _____
<b>TIPO DE MANANCIAL</b>					
<input type="checkbox"/>	SUBTERRÂNEO		<input type="checkbox"/>	SUPERFICIAL	
<input type="checkbox"/>	ÁGUA DE CHUVA				
<b>OBSERVAÇÕES DO LOCAL DA COLETA</b>					
Condições do tempo:					
<input type="checkbox"/>	nublado	<input type="checkbox"/>	com chuva		
<input type="checkbox"/>	sol	<input type="checkbox"/>	chuva nas últimas 48 horas		
Presença nas proximidades de:					
<input type="checkbox"/>	Vegetação _____	<input type="checkbox"/>	Plantações _____	<input type="checkbox"/>	Animais
<input type="checkbox"/>	Fossas sépticas _____	<input type="checkbox"/>	Currais _____	<input type="checkbox"/>	Nenhuma
<b>REGISTROS DE DADOS DE ANÁLISE DE CAMPO</b>					
OXIGÊNIO DISSOLVIDO:			TEMPERATURA:		
<b>COLETA NO LABORATÓRIO</b>					
DATA DE ENTRADA:			HORA DE ENTRADA:		

 RESPONSÁVEL PELO RECEBIMENTO DA AMOSTRA  
 \_\_\_\_\_

 RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA  
 \_\_\_\_\_