



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Charles da Silva Barata**

**MAPEAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ )  
EM POÇOS RASOS NA ÁREA DA SEDE DO  
MUNICÍPIO DE NOVA MAMORÉ - RONDÔNIA**

**Porto Velho-RO  
2016**

**Charles da Silva Barata**

**MAPEAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO (NO<sub>3</sub>)  
EM POÇOS RASOS NA ÁREA DA SEDE DO  
MUNICÍPIO DE NOVA MAMORÉ - RONDÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
Mestrado 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 – PNS

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

**Porto Velho-RO  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

---

B226m Barata, Charles da Silva.

Mapeamento da contaminação por nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em poços rasos na área da sede do Município de Nova Mamoré - Rondônia / Charles da Silva Barata. -- Porto Velho, RO, 2016.

78 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1. Mapeamento - Poços rasos. 2. Contaminação - Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). 3. Krigagem indicativa. 4. Nova Mamoré - Rondônia. I. Silva Filho, Eliomar Pereira da . II. Título.

CDU 628.112.1(811.1)

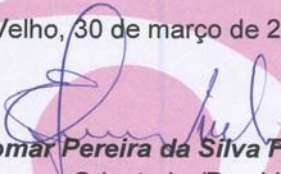
---

## ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

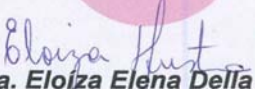
### CHARLLES DA SILVA BARATA

A Banca de defesa de Mestrado presidida pelo orientador **Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho** e constituída pelos examinadores **Profa. Dra. Eloíza Elena Della Justina** e **Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos**, reuniram-se no dia 30 de março de 2016, às 9 horas no Auditório Milton Santos, Bloco 1T, CEGEA, sito no Campus Universitário José Ribeiro Filho, para avaliar a Dissertação de Mestrado intitulada **“Mapeamento da contaminação por nitrato (NO3) em poços rasos na área da sede do Município de Nova Mamoré – Rondônia”** do mestrando **Charlles da Silva Barata**, matrícula 201310031. Após a explanação do mestrando 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 APROVADO. Conforme determinação do Colegiado do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, o candidato 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.

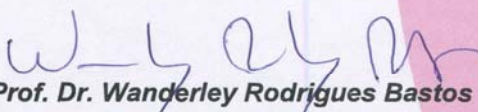
Porto Velho, 30 de março de 2016.



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



**Profa. Dra. Eloíza Elena Della Justina**  
Examinadora Interna/PPGG/UNIR



**Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos**  
Examinador Externo/DEP. BIOLOGIA/UNIR

Este documento tem validade de 90 (noventa) dias.

*Dedico este trabalho a minha mãe, dona Sabá, mulher guerreira de Bom Intento no Amazonas que, com muita dificuldade, aos trancos e barrancos superou a difícil tarefa de criar cinco filhos sozinha.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho, pela confiança em abraçar esta orientação, pela amizade, compreensão das dificuldades encontradas no decorrer do trabalho e pelas conversas de incentivo e encorajamento a vencer mais esta batalha.

A minha esposa, Sussileide Moraes da Silva, pela força e incentivo nas horas de se aventurar na BR-364, rumo à Nova Mamoré para coletar as amostras e aos meus filhos, Suriel Barata e Chariel Barata, pela compreensão nos momentos de ausência no decorrer da execução deste trabalho.

A ajuda inquestionável de Dona Arlene Silva dos Santos, funcionária da Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia – Caerd e de fundamental importância na coleta das amostras em campo.

Aos habitantes de Nova Mamoré, que se propuseram a ceder as amostras para esta pesquisa.

A amiga, Maria Lucilene Alves de Lima, pela amizade e auxílio nas horas necessárias.

Ao amigo e irmão, Luiz Cleyton Holanda Lobato e sua esposa Maria Madalena, pela torcida no fechamento deste ciclo.

Agradeço aos professores do Departamento de Geografia, que sempre enxergaram além do homem dos mapas. Em especial a Professora Dr<sup>a</sup>. Eloisa Elena Della Justina e Professora Dr<sup>a</sup> Maria Madalena Ferreira pelos incentivos na vida e na profissão, a Professora Dr<sup>a</sup>. Cátia Eliza Zuffo pela ajuda na chegada do meu herdeiro mor.

Agradeço ao Professor Dr. Carlos Alberto Paraguassu Chaves, que confiou na elaboração deste projeto.

Ao professor Dr. Dorisvalder Dias Nunes, por inúmeras frases de incentivo que moldaram o pensamento geográfico do desenhista cartográfico.

Ao professor Dr. Wanderley Bastos, pela confiança e amizade, bem como a eterna gratidão em ceder o Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer.

Agradeço, em especial, a Leidiane Caroline Lauthartte do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer, que cedeu horas do seu tempo para que as análises fossem feitas.

Agradeço à Universidade Federal de Rondônia – UNIR, através do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG, seu corpo docente, que oportunizaram mais este degrau alcançado.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação e acreditaram que isto seria possível, o meu muito obrigado.

## RESUMO

O presente trabalho mapeou e avaliou a concentração da contaminação de aquíferos livres, onde o nível da água é determinado pelo regime de chuvas. É o tipo de aquífero mais comum e mais explorado e, portanto, o mais suscetível à contaminação. A avaliação da superfície freática ocorreu através de poços cacimbas com profundidade média de 10 metros, na cidade de Nova Mamoré, situada no município homônimo no Estado de Rondônia, localizada na região sul da Amazônia Ocidental. Foram coletadas amostras de água no centro urbano da referida cidade, nos poços cacimbas, definidos e avaliados quanto à existência de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em proporção acima ou abaixo dos valores definidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 12/12/2011, que regem as normas de padronização e de potabilidade da água no Brasil. A partir dos dados obtidos foram confeccionados mapas com informação georreferenciadas, com intuito de localizar as áreas de maior e menor potencial de contaminação de forma a se ter um modelo da espacialidade do problema em questão.

O uso de geoestatística auxiliou na realização da espacialização das amostras e nas análises dos padrões espaciais permitindo uma maior qualidade dos dados gerados.

**Palavras-Chave:** Mapeamento. Poços rasos. Contaminação-Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Krigagem Indicativa.



## ABSTRACT

This study mapped and assessed the concentration of free from contamination aquifers where the water level is determined by rainfall. It is the most common and most exploited type of aquifer, and therefore more susceptible to contamination. The assessment of the water table occurred through ponds wells with an average depth of 10 meters, in Nova Mamore, located in the eponymous municipality in the State of Rondônia, located in the southern region of the western Amazon. Water samples were collected in the urban center of that city, in the wells ponds, defined and evaluated for the presence of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) in proportion above or below the values defined by the Ordinance of the Ministry of Health nº. 2.914 of 12/12/2011, governing the rules of standardization and water potability in Brazil. From the data obtained were made maps with geo-referenced information with intuited to locate areas of greater and lesser potential for contamination in order to have a model of the problem of spatiality in question.

Geostatistical assisted in carrying out the spatial distribution of the samples and analysis of spatial patterns enabling a higher quality of data generated.

**Key Words:** Mapping. shallow wells. Contamination. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Indicative kriging.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Nova Mamoré no Estado de Rondônia .....	25
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo no município de Nova Mamoré.....	27
Figura 3: Mapa da divisão administrativa da área urbana de Nova Mamoré.....	28
Figura 4: Distribuição das precipitações no município de Nova Mamoré-RO .....	29
Figura 5: Mapa geológico do município de Nova Mamoré-RO.....	32
Figura 6: Mapa geomorfológico do município de Nova Mamoré-RO.....	34
Figura 7: Mapa do modelo digital de elevação - MDE do município de Nova Mamoré-RO .	35
Figura 8 : Mapa pedológico do município de Nova Mamoré-RO.....	39
Figura 9: Mapa de sub-bacias hidrográfica do município de Nova Mamoré .....	41
Figura 10: Mapa fitoecológico do município de Nova Mamoré-RO .....	44
Figura 11: Mapa da distribuição espacial dos poços cadastrados .....	57
Figura 12: Mapa da concentração de poços na cota 120m a 140m. ....	62
Figura 13: Mapa de homogeneidade de profundidade dos poços .....	64
Figura 14: Histograma de concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na área de estudo.....	65
Figura 15: Concentração média de Nitrato $\text{NO}_3^-$ (mg/l) na área de estudo.....	65
Figura 16: Mapa de isotores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).....	67
Figura 17: Mapa da concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) com nível de corte $>10\text{mg/l}$ .....	69
Figura 18: Mapa da concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) com nível de corte $< 3\text{mg/l}$ de nitrato ...	71

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1: Formações vegetais no município de Nova Mamoré-RO .....	43
Gráfico 1: Cobertura em km <sup>2</sup> de cada classe de vegetação no município de Nova Mamoré-RO .....	43
Tabela 2: Número e percentual de domicílios permanentes, por formas de abastecimento de água, existentes na zona urbana de Nova Mamoré-RO .....	45
Tabela 3: Número de ligações e consumo de água, por tipo de uso, existentes na zona urbana de Nova Mamoré-RO, nos anos 2010 e 2011 .....	46
Tabela 4: Número e percentual de domicílios permanentes, por tipo de esgotamento sanitário, existentes na zona urbana de Nova Mamoré-RO.....	46
Tabela 5: Cadastro dos Poços coletados (tipo cacimba).....	52

## LISTA DE FOTOS

Foto 01: Vala negra com escoamento do esgoto a céu aberto.....	48
Foto 02: Banheiro Externo (fossa negra).....	48
Foto 03: Cromatógrafo de íons com detector de condutividade iônica, METROHM – 882 Compact IC plus .....	51
Foto 04: Poço a 5 metros da fossa negra .....	58
Foto 05: Contaminação de água superficial, escoando a céu aberto a montante do poço.....	59
Foto 06: Contaminação de água superficial associada a lavagem de louças e Roupas .....	59
Foto 07: Tampa de madeira, permitindo a entrada de água de chuva .....	60
Foto 08: Camada detrito-laterítica na topografia mais baixa .....	61
Foto 09: Poço cacimba desprotegido e profundidade inferior a 5 metros .....	63
Foto 10: Poço cacimba protegido e profundidade superior a 15 metros .....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ANA	Agência Nacional de água
CAERD	Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Índice de Dependência Espacial
Km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado
mm	Milímetro
mg/l	Miligrama por Litro
ml	Mililitro
MS	Ministério da Saúde
N	Nitrogênio
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrito
N <sub>2</sub>	Nitrogênio Molecular
NH <sub>3</sub>	Amônia
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amônio
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	18
2.2 NITROGÊNIO .....	18
2.3 MAPEAMENTO DA CONTAMINAÇÃO .....	20
2.3.1 O Método Geoestatístico da Krigagem .....	20
2.3.2 Krigagem Ordinária .....	21
2.3.3 Estimativa da Distribuição de Probabilidade através da Krigagem Indicativa .....	22
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	24
3.1 HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	24
3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE NOVA MAMORÉ .....	29
3.2.1 Clima .....	29
3.2.2 Geologia .....	30
3.2.2.1 Proterozóico .....	30
3.2.2.2 Era Mesoproterozóica .....	30
3.2.2.3 Fanerozóico .....	31
3.2.3 Geomorfologia .....	33
3.2.4 Pedologia .....	36
3.2.5 Recursos Hídricos .....	40
3.2.6 Cobertura Vegetal .....	42
3.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	45
3.3.1 Drenagem e Águas Pluviais .....	47
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	49
4.1 PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO .....	49
4.2 COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA .....	49
4.3 CONSTITUINTES IÔNICOS .....	50
4.4 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA .....	51
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
5.1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS AMOSTRAS COLETAS .....	56
5.2 QUALIDADE SANITÁRIA DOS POÇOS .....	58
5.3 RELAÇÃO TOPOGRAFIA E POÇOS CACIMBAS ANALISADOS .....	60
5.4 ANÁLISE DO HISTOGRAMA E BOX PLOT DOS DADOS DE TEORES DE NITRATO NA ÁREA DE ESTUDO .....	65
5.5 ISOTEORES DE NITRATO .....	66
5.6 ISOPROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE TEOR DE NITRATO >10MG/L .....	68
5.7 ISOPROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE TEOR DE NITRATO < 3 MG/L .....	70
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	72
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	73
<b>APÊNDICE</b> .....	78

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país onde os recursos hídricos são abundantes cerca de 12% da água doce do planeta concentra-se no território nacional, mais especificamente na região norte do País, onde reside cerca de 7% de sua população, trata-se da região com a menor densidade demográfica do país, 0,4 hab/Km<sup>2</sup>, dados estes que a tornaria em uma região com excelentes indicadores de qualidades de vida para seus habitantes no tocante a recursos hídricos, no entanto, fatores como a baixa oferta na prestação de serviços de saneamento básico, a coloca no ranking da pior região brasileira neste indicador.

Conforme mencionado por diversos autores nas áreas urbanas e em núcleos rurais, a qualidade da água é questionável (MINDRISZ, 2006; KLOCK, 2014; BRITO, 2013, LIBANIO,2010). O consumo da água na região norte do Brasil ocorre sem maiores preocupações e tal fato evidencia tanto a falta de eficácia no tratamento da água por parte dos poderes públicos quanto a desinformação da população que a consome sem maiores questionamentos.

A preocupação com a qualidade da água deve ser observada a partir do momento a que se destina, seja para o sistema produtivo, dessedentação de animais ou diretamente para o consumo humano. Os usos preponderantes são estabelecidos em normativas, onde instituiu-se padrões e parâmetros distintos de acordo com a atividade a desempenhar, mas, é no uso direto associado ao consumo humano que o presente trabalho avaliou as consequências da baixa qualidade, considerando para análise os pequenos núcleos urbanos da região norte do Brasil, especificamente, no Estado de Rondônia, onde a captação da água, na maioria das suas cidades é realizada através de poços cacimbas, ou seja, com o uso de água subterrânea.

O despertar no meio científico com a qualidade da água para consumo humano tornou-se um interesse crescente nos temas relacionados as possíveis consequências negativas sobre a vida do ser humano. Queiroz (2009), afirma que a água abundante e com qualidade é essencial à saúde pública, prevenindo doenças como diarreias e infecções intestinais. Paraguassu-Chaves et al (2015) salienta diversos problemas de saúde associados a teores de nitrato e nitrito fora do padrão, que podem promover doenças como a Cianose infantil e, possivelmente, diferentes tipos de câncer.

De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde e da Organização Mundial de Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, a concentração superior a 10mg/l, de Nitrogênio (N) na forma de Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), é imprópria para consumo humano.

Considerando a questão do risco à saúde populacional e a questão socioambiental envolvida, o presente trabalho mapeou e avaliou a concentração da contaminação no aquífero livre, da cidade de Nova Mamoré, situada no município de mesmo nome no Estado de Rondônia, localizada na região sul da Amazônia Ocidental.

De acordo com Tomaz (2003), a falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta.

O Brasil apresenta uma das maiores bacias hídricas do mundo. No entanto, a severa escassez de água potável em diversas regiões tem sido provocada pelo desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola em relação à disponibilidade de água.

O potencial hídrico subterrâneo na Amazônia possui importante contribuição no abastecimento humano segundo Campos (2003). Sua utilização é feita de forma não planejada e sem conhecimento adequado das suas potencialidades e qualidades.

Estudos sobre agentes causadores de contaminação nas águas subterrâneas vêm ocorrendo gradualmente na região Norte, (RODRIGUES, 2008; RIQUELME, 2015). A exemplo, a cidade de Nova Mamoré no Estado de Rondônia, localizado ao sul da Amazônia na fronteira com a Bolívia, caracteriza-se como um exemplo de área isolada com problemas de contaminação em suas águas subterrâneas.

Para Alaburda & Nishihara (1998), praticamente todas as atividades humanas oferecem algum risco de poluição ambiental e, muitas vezes, transformam-se em fontes de contaminação das águas subterrâneas. Dentre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana, incluem-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito e nitrato.

A utilização das águas subterrâneas no Brasil tem aumentado em decorrência da concentração demográfica e da expansão econômica, devido às suas vantagens qualitativas e quantitativas sobre as águas superficiais. A lógica desta demanda influenciou diretamente na sua qualidade e, conseqüentemente, na saúde das populações, uma vez que estes mananciais se encontram degradados, segundo estudos realizados por Hirata e colaboradores em 1997.

Segundo IBGE (2010) no Brasil, o aquífero subterrâneo abastece aproximadamente 20% do total de domicílios e, destes, 68,78% estão localizados na área rural, abrangendo 12 % de toda a população do país.

No Estado de Rondônia as águas subterrâneas representam um importante recurso no abastecimento humano. De acordo com a Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia –



CAERD, do total da água distribuída pela companhia, cerca de, 35% é originada do manancial subterrâneo (CAERD, 2014).

Conforme Campos (2003), a água subterrânea, por se tratar de uma alternativa de baixo custo, é acessível a todos, especialmente, à população de baixa renda, tanto na complementação diária como na substituição total da água fornecida pelo serviço público. Porém, Melo Junior *et al* (2006) apontam que, em Rondônia, outro aspecto que se pontua pela ineficiência de serviços de saneamento básico, é a falta de esgotamento sanitário na área urbana que perpetua até os dias de hoje.

A ineficácia desses serviços obriga a população local a construir fossas negras e sépticas para deposição de efluentes dentro das imediações de seus terrenos que, na prática, contaminam as águas subterrâneas. A proximidade entre os poços e as fossas propiciam consequências drásticas e influência negativa na qualidade de vida das pessoas.

De acordo com o IBGE (2010), 41% da população brasileira, aproximadamente 76 milhões de pessoas, utilizam fossas rudimentares ou não possuem qualquer sistema de saneamento e somente 32%, ou seja, 61 milhões estão conectadas corretamente à rede de esgotos. Este procedimento se manifesta na deposição inadequada dos efluentes, os quais, muitas vezes, são lançados diretamente no aquífero, como alternativa, tendo em vista a baixa oferta de rede coletora de esgoto sanitário em todos os municípios do Estado de Rondônia, cujo possui um percentual de 2% de atendimento.

Para Lima (2008), o abastecimento de água, seja ele público ou particular, pode ter a sua qualidade comprometida pela falta de esgoto sanitário nas áreas urbanas, onde estão presentes diferentes substâncias, sejam elas de origem natural ou antropogênica.

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, sejam elas de origem urbana, industrial ou agrícola.

O nitrato é encontrado naturalmente em águas subterrâneas, mas a sua presença em concentrações elevadas é resultante de atividades humanas, principalmente devido 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 (FREEZER & CHERRY, 1979) e conseqüentemente até as águas subterrâneas.

E, ainda os mesmos autores afirmam que o nitrato é extremamente solúvel na água e pode se mover facilmente, contaminando o aquífero a longa distância, devido a sua persistência e mobilidade. O nitrato presente no solo ou diretamente na água tem muita

facilidade de contaminar as águas subterrâneas. Segundo as normas regulamentadoras do Brasil para o sistema de abastecimento de água, público ou individual, a água contendo concentrações superiores a 10 mg/l de nitrogênio (N), na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), é classificada como imprópria para o consumo humano (MS, Portaria 2.914 de 12 de Dezembro de 2011).

No caso de Nova Mamoré, o saneamento básico, especificamente, abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, do município é administrado pela CAERD. A quantidade de domicílios com acesso à rede geral de água ainda é muito baixo, apenas 16,88% dos domicílios, enquanto que 83,67% são abastecidos por poços ou nascente na propriedade.

Tal fato, por si, demonstrou a necessidade de estudos em relação a dados físicos e químicos, no sentido de avaliar a qualidade da água em todo o perímetro urbano do município de Nova Mamoré, visando o diagnóstico dos parâmetros de contaminação da água.

Neste aspecto, o presente estudo teve como objetivo geral mapear a pluma de contaminação das águas subterrâneas (aquífero livre), potencialmente impactadas por nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), na sede municipal de Nova Mamoré - Rondônia, sob o prisma da geoestatística usando o método da Krigagem Indicativa.

E como objetivos específicos cadastrou-se poços cacimbas na área de estudo para realização da análise química do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ); Identificou as áreas de isoprobabilidade de contaminação por nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) com nível de corte  $< 3\text{mg/l}$ ; Identificou áreas de isoprobabilidade de contaminação por nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) com teor de corte  $> 10\text{mg/l}$ ; e mapeou as áreas de isoconcentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no Aquífero Livre da Área de Estudo.

Através de um método simples a geoestatística e a krigagem foi possível determinar as áreas anômalas e a pluma de contaminação da superfície freática, na cidade de Nova Mamoré e demonstrados através de mapas com informação georreferenciadas, as áreas de maior e menor potencial de contaminação de forma a se ter um modelo da espacialidade do problema em questão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA

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 das rochas. A zona inferior é denominada zona de saturação porque todos os poros e interstícios da rocha se encontram saturados de água (AMARAL & LEINZ, 2003).

A água subterrânea é toda a água que se encontra, abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas e que, sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade), desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (BORGHETTI *et al.*, 2004).

De acordo com Borghetti *et al* (2004), ainda para melhor compreensão dos conceitos sobre a água subterrânea, o aquífero livre ou freático é constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão e limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. Os aquíferos livres têm a chamada recarga direta. O nível da água varia segundo a quantidade da chuva e são parcialmente saturados de água.

### 2.2 NITROGÊNIO

Segundo Libânio (2010) o nitrogênio, gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%), pode ser encontrado nos corpos d'Água em função do seu estado de oxidação (que varia de -3 a +5) sob as formas:

- i) Nitrogênio orgânico na forma dissolvida (compostos orgânicos nitrogenados como ureia e aminoácidos 1;
- ii) Nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>), sujeito a constantes perdas na atmosfera;
- iii) Nitrogênio amoniacal, gás amônia a (NH<sub>3</sub>) e íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), formas reduzidas presentes em condições anaeróbias 2;

- iv) Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), forma intermediária encontrada em concentrações insignificantes sob condições aeróbias em virtude da quase instantânea oxidação a nitrato;
- v) Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), forma oxidada e nutriente essencial para a maioria dos organismos do corpo hídrico.

O nitrogênio constitui, junto com o fósforo, nutriente essencial ao crescimento de algas, cianobactérias e plantas aquáticas, facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato. Em relação à forma molecular, fator relevante à floração de algumas espécies de algas e de cianobactérias em lagos e reservatórios de acumulação, refere-se à capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico e conversão a nitrato, permitindo o seu crescimento mesmo quando as outras formas de nitrogênio não estão disponíveis na massa líquida.

Segundo Odum (1988) o nitrogênio (N) é um elemento químico ametal de suma importância na composição de inúmeras moléculas orgânicas, como proteínas e ácidos nucleicos, que são essenciais aos seres vivos. Desta forma, o nitrogênio atua como um dos principais fatores limitantes à vida, participando de processos primários na dinâmica dos ecossistemas.

O ciclo do nitrogênio tem início com a sua fixação, constituindo moléculas orgânicas dos consumidores primários, secundários e, assim, sucessivamente, entrando na cadeia alimentar LIMA (2008). 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.

De acordo com Alaburda & Nishihara (1998) 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. Sua introdução nos corpos hídricos pode ocorrer de fontes naturais ou como consequência de atividades antropogênicas. E, conforme Foster et al (1993) o nitrato é o contaminante mais comum encontrado nas águas subterrâneas. Sua concentração raramente ultrapassa 5 mg/l em águas não poluídas e concentrações acima de 10 mg/l representam forte indicação de contaminação.

Muitos dos relatos da contaminação por nitrato em águas subterrâneas em áreas urbanas no Brasil descrevem ainda o problema como superficial, não atingindo os poços mais profundos (CAGNON, 2003). Um exemplo é o estudo realizado por HIRATA, (2000) Gutierrez 2003 e CAGNON & HIRATA 2004, Resultados que evidenciam o teor de Nitrato excedendo 10mg/l, foram detectados em poços tubulares pouco profundos e do tipo cacimba, no município de Ucrânia-SP.

Segundo Cortecci (2006), o nitrato é um bom parâmetro para se medir a contaminação da água subterrânea destinada ao consumo. Em altas concentrações pode trazer graves problemas de intoxicação, ou seja, acima de 10mg/l tanto para o homem como para os animais. 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.

No Brasil o parâmetro nitrogênio na forma de nitrato, tem o valor máximo permitido 10 mg/l ( $\text{NO}_3^-$ ) e 45 mg/l na forma oxidada nitrato (BRASIL, 2011). Porém, Lima (2008) faz o seguinte comentário: “ no entanto, o ideal é a ausência total de substâncias nocivas presentes nas águas de consumo”.

Este padrão estabelecido de 10 mg/l (BRASIL, 2011) é uma situação limite, um alerta de segurança para a saúde das pessoas que estão submetidas a tal situação. Bouchard *et al.* (1992), Foster & Hirata (1993), Campos (2003), Lima (2008), consideram que concentrações superiores a 3 mg/l de nitrogênio, na forma de nitrato, indicam contaminação por atividades antropogênicas.

## 2.3 MAPEAMENTO DA CONTAMINAÇÃO

Um dos métodos mais eficientes para caracterização da pluma de contaminação no aquífero livre da área Urbana de Nova Mamoré, adotados neste trabalho foi o método geoestatístico da krigagem, possibilitou a identificação de duas áreas anômalas de ocorrências de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

### 2.3.1 O Método Geoestatístico da Krigagem

Conforme ISAAK & SRIVASTAVA (1989) a Krigagem é denominada como estimador espacial de variáveis regionalizadas, a partir de valores adjacentes enquanto considerados independentes na análise variográfica. Por meio dela, pode-se obter:

a) 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.

b) O cálculo médio de uma variável regionalizada para um volume maior do que o suporte geométrico e a estimação da tendência principal (*drift*), de modo similar à superfície de tendência.

A Krigagem fornece, em geral, estimativas não tendenciosas e com variação mínima, reunindo diversos tipos de métodos de estimação, como: krigagem simples, ordinária, universal, indicativa, disjunta e cokrigagem (LANDIM e YAMAMOTO, 2013).

### 2.3.2 Krigagem Ordinária

A Krigagem Ordinária é uma técnica de estimação linear para uma variável regionalizada, que satisfaz a hipótese intrínseca, cujo objetivo é minimizar o erro de estimação sem viés, ou seja, em que o erro residual médio seja igual à zero (SRIVASTAVA apud SIMÃO, 2001).

Conforme Landim (2003, p. 187), as formas mais usuais de Krigagem lineares são: simples, ordinária, universal e intrínseca. As Krigagens não lineares utilizam alguma transformação não linear dos dados originais e são: lognormal, multigaussiana, indicativa, probabilística e disjuntiva.

A Krigagem Ordinária é a variação mais utilizada da krigagem simples, descrita por Trangmar *et al.* (1985) como o valor interpolado ( $(x_0) Z$ ) de uma variável regionalizada  $Z$ , num local  $x_0$  e pode ser determinada por:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum [\lambda_i \cdot Z(x_i)]$$

Onde:

$\hat{Z}(x_0)$  - valor estimado para local  $x_0$  não amostrado;

$Z(x_i)$  - valor obtido por amostragem no campo.

Assim sendo a krigagem ordinária considera a média flutuante ou móvel por toda a área.

Tornando-se importante ferramenta para mapear indicadores de contaminação nas águas subterrâneas.

### 2.3.3 Estimativa da Distribuição de Probabilidade através da Krigagem Indicativa.

Para elaborar estimativa de valores de variáveis regionalizadas utilizam-se vários métodos da geoestatística, para Landim (2003, p. 225):

[...] o mais usual é o método da Krigagem Ordinária em que seu valor estimado é um valor médio de um determinado local. [...]. Do mesmo modo é possível elaborar estimativas de proporções para determinados valores que estão abaixo ou acima de um certo nível de corte (percentis) de uma distribuição acumulada de um determinado local.

E após transformam-se os achados em campo em indicadores, estes indicadores são definidos pela seguinte expressão:

$$i_j(v_c) = \begin{cases} 1, se & v_j \leq v_c \\ 0, se & v_j > v_c \end{cases}$$

Os parâmetros da Krigagem Ordinária são utilizados para equacionar os parâmetros da Krigagem Indicativa que é dada pela expressão:

$$\phi(A, V_c) = \frac{1}{A} \int_{x \in A} i(x, v_c) dx$$

Então, calculam-se os variogramas experimentais indicativos para os diversos níveis de cortes desejados, que podem ser os percentis e estabelecidos os modelos variográficos para os mesmos.

Assim sendo, os variogramas indicativos são definidos por:

$$\gamma_i(h, v_c) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^n [I(x+h, v_c) - I(x, v_c)]^2$$

Deste modo, emprega-se a Krigagem Ordinária para calcular as proporções que estão abaixo dos níveis de corte, previamente estabelecidos, segundo os quais serão obtidos os mapas de probabilidade de ocorrência.

Com as proporções obtidas, elabora-se a função de distribuição acumulada para um determinado local da área, para analisar a variável de interesse.



### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A origem do município, antes denominado Vila Nova do Mamoré, deu-se em função da desativação da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré e a criação da BR- 425 em 1968, ligando a cidade de Guajará-Mirim à BR-364.

Os moradores de Vila Murinho, mudaram-se para fugir do isolamento e alojaram-se a margem da rodovia BR – 425 (Guajará Mirim-Abunã), denominando o local de Vila Nova.

O povoado expandiu-se rapidamente, tornando-se distrito do município de Guajará-Mirim para, em seguida, ser elevado à categoria de município no ano de 1988, pela lei nº 207 de 06 de julho, foi criado o município de Vila Nova do Mamoré. Um projeto de lei da câmara municipal alterou o nome do município para Nova Mamoré.

O município encontra-se entre os paralelos 09° 30' S e 11°00' S, e Meridianos 63°30'W e 65°30'W, situado cerca de 270 km a sudoeste da capital Porto Velho, Estado de Rondônia, demonstrado na figura 1.

Possui uma área da unidade territorial de 10.071,643 km<sup>2</sup>, a população do município de Nova Mamoré é de 22.546 habitantes, com uma densidade demográfica de 2,24 hab/km<sup>2</sup> (IBGE 2014).

O abastecimento de água esta a cargo da Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia, que tem 10.280 metros de rede de distribuição de água instalada atendendo a 3.457 habitantes (CAERD, 2015). O esgotamento sanitário é praticamente inexistente no município. O esgotamento é efetuado apenas por fossas negras ou sépticas ou irregularmente nos igarapés que cortam a área urbana, fato que compromete a qualidade dos recursos hídricos locais.

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos é responsável pela coleta de lixo, e o faz semanalmente. O lixo é recolhido e depositado em um lixão sem receber qualquer tipo de tratamento. O lixo hospitalar contaminado é incinerado e o restante é recolhido ao lixão (CAERD, 2007).

O município conta com telefonia fixo e móveis, emissora de rádios, serviços de rádios-amadores, emissora de televisão, e com a circulação de todos os jornais editados na capital do Estado. Dispõe de facilidade de transportes, contando com atendimento de ônibus intermunicipais e interestaduais para todas as partes do Estado e do País.

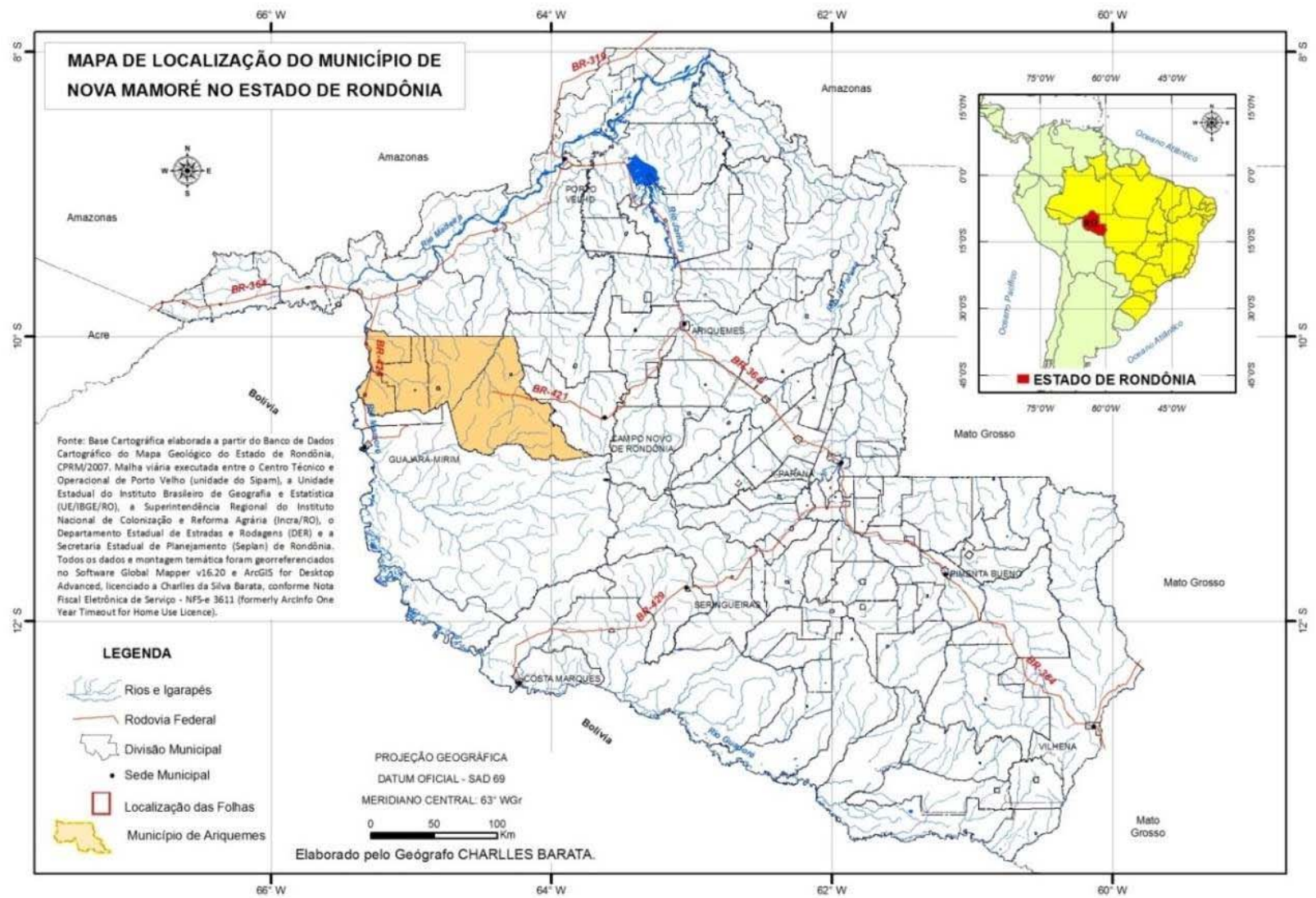


Figura 1: Mapa de localização do município de Nova Mamoré no Estado de Rondônia

O sistema de energia elétrica do município é composto pela linha de transmissão e pela subestação da ELETROBRAS, a energia do sistema é gerada pela Usina Hidroelétrica de Samuel (ELETRONORTE).

Segundo o mapa da segunda aproximação do Zoneamento Sócioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia o município de Nova Mamoré situa-se nas sub-zonas 1.2, 1.3, 3.1, 3.2 e 3.3, a sub zona 1.2, se destaca das demais por ser caracterizada pelo médio nível de ocupação humana, todavia em processo acelerado de ocupação agropecuária, com conversão da floresta, mas ainda predominando a cobertura florestal natural, onde a aptidão agrícola preponderante é regular, a vulnerabilidade natural à erosão é predominantemente baixa a média, foi recomendada a regularização fundiária, mas com controle da exploração florestal e do desmatamento.

Abriga três reservas indígenas Karipunas, Igarapé Ribeirão e Lage, consideradas sub-zonas 3.3, sendo que desta, apenas a Terra Indígena Igarapé Ribeirão encontra-se totalmente no município, as demais participam com parte de suas áreas. Outras sub-zonas institucionais de uso sustentado (sub-zona 3.1) e de Proteção Integral (sub-zona 3.2), também, se fazem presentes e serão utilizadas mediante diretrizes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Em Nova Mamoré são encontradas ainda regiões classificadas como a sub-zona 1.3 de baixa densidade populacional onde a manutenção dos recursos naturais é a melhor possibilidade.

A sub-zona 1.2, tida como regiões de acelerado processo de ocupação, se expande a partir de sua área urbana, exigindo cuidados especiais propostos pelo Zoneamento, são regiões com alta fragilidade natural e baixo potencial econômico (RONDÔNIA, 1998).

A área de estudo desta pesquisa localiza-se no perímetro urbano da sede municipal de Nova Mamoré, no município de mesmo nome conforme a figura 2.

O perímetro urbano da cidade possui um total de 821,72 ha, distribuindo em 13 bairros conforme a figura 3. Ao todo, chega-se ao número de 261 quadras cadastradas no perímetro urbano da cidade e mais 74 a serem cadastradas, totalizando 335 quadras. O município possui ainda 6.410 lotes urbanos e 33 quadras registradas, conforme levantamento realizado junto às Coordenações de Planejamento e Administração da Prefeitura, como observado na figura 3. Relativo ao Mapa de Bairros da área urbana do distrito de Nova Mamoré. Esta divisão administrativa foi elaborada de acordo com o Diagnóstico do Plano Diretor Participativo de Nova Mamoré (2012).

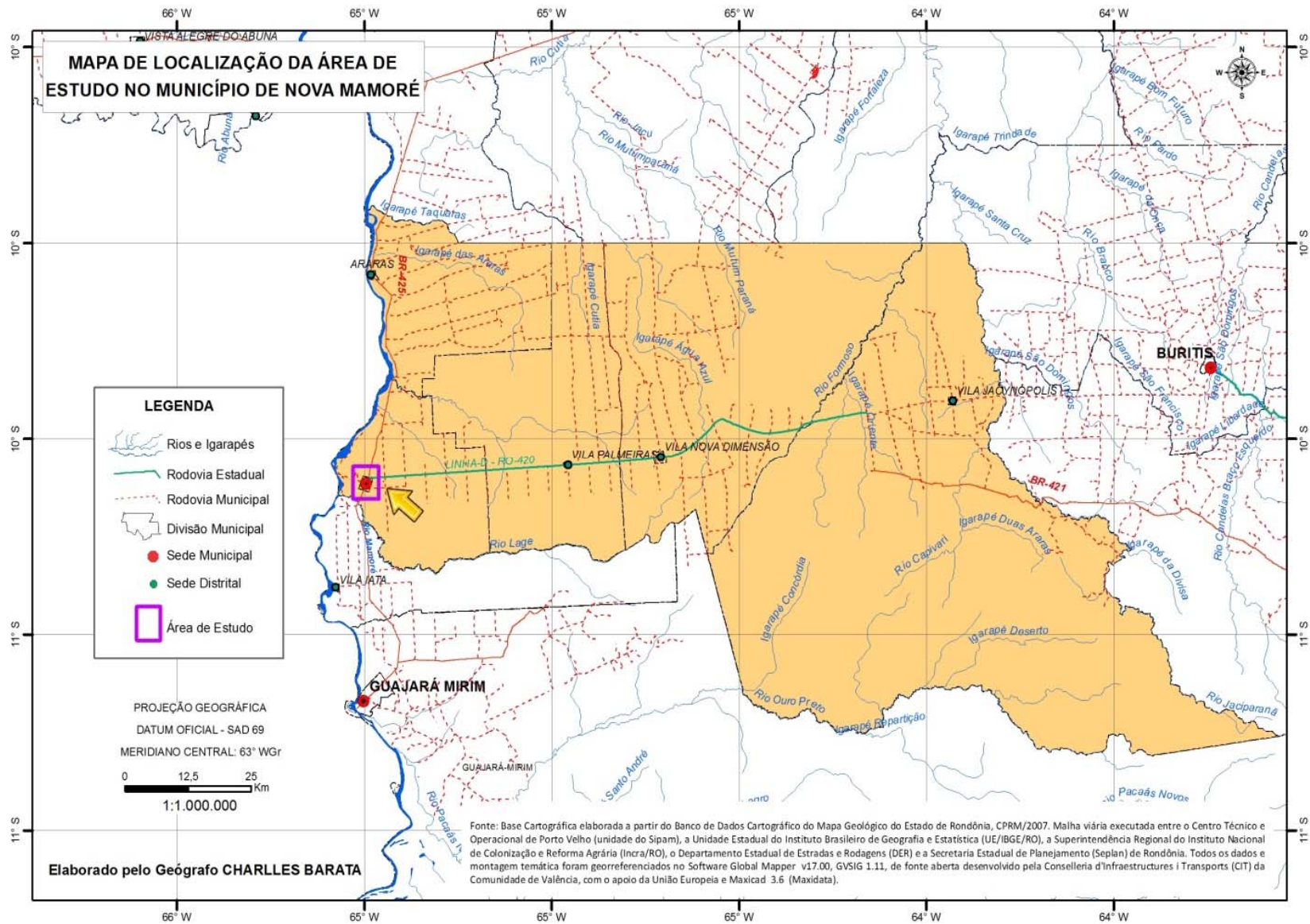
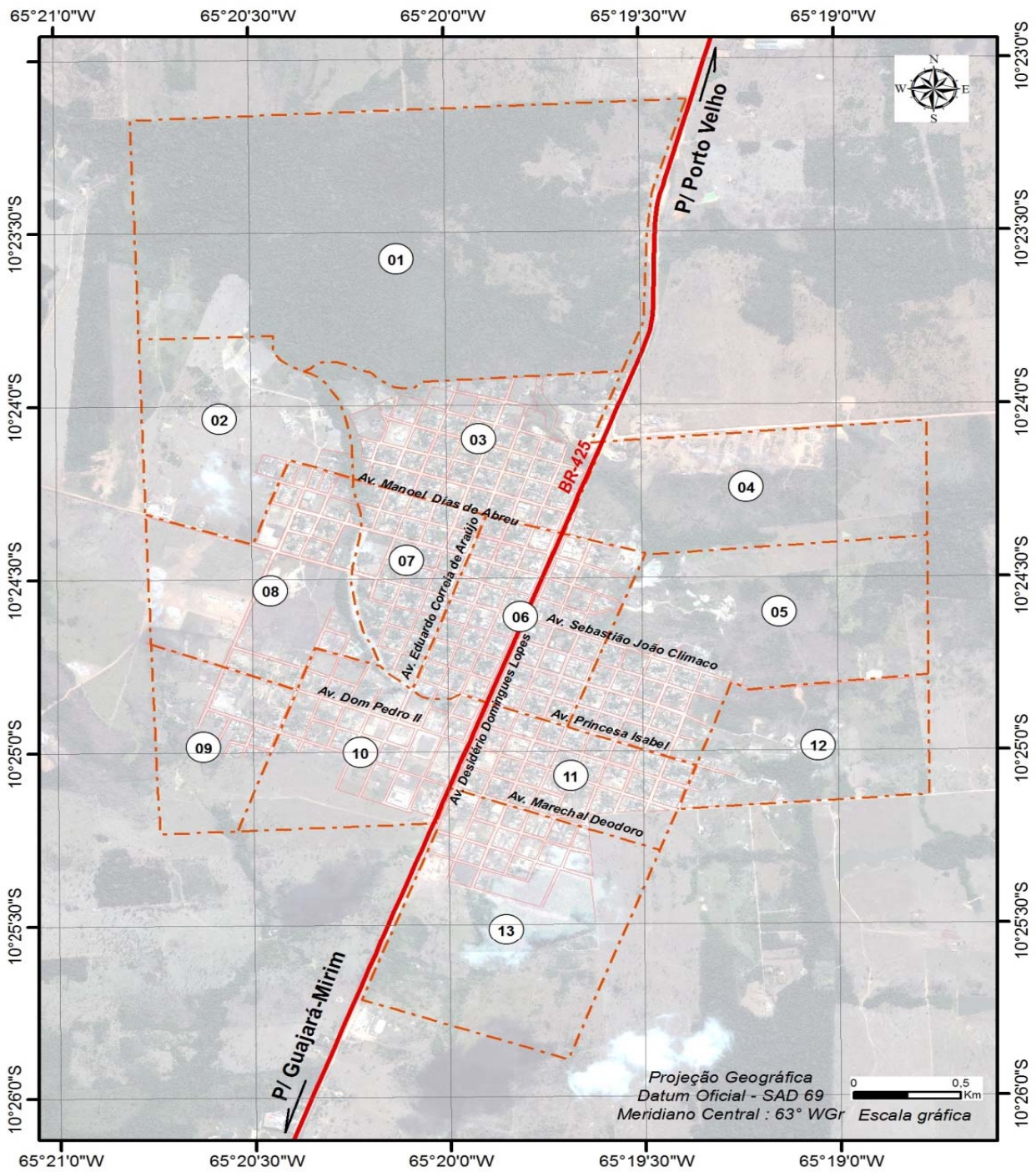


Figura 2: Mapa de localização da área de estudo no município de Nova Mamoré.





Fonte: DIAGNÓSTICO TÉCNICO DO PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE NOVA MAMORÉ / 2012

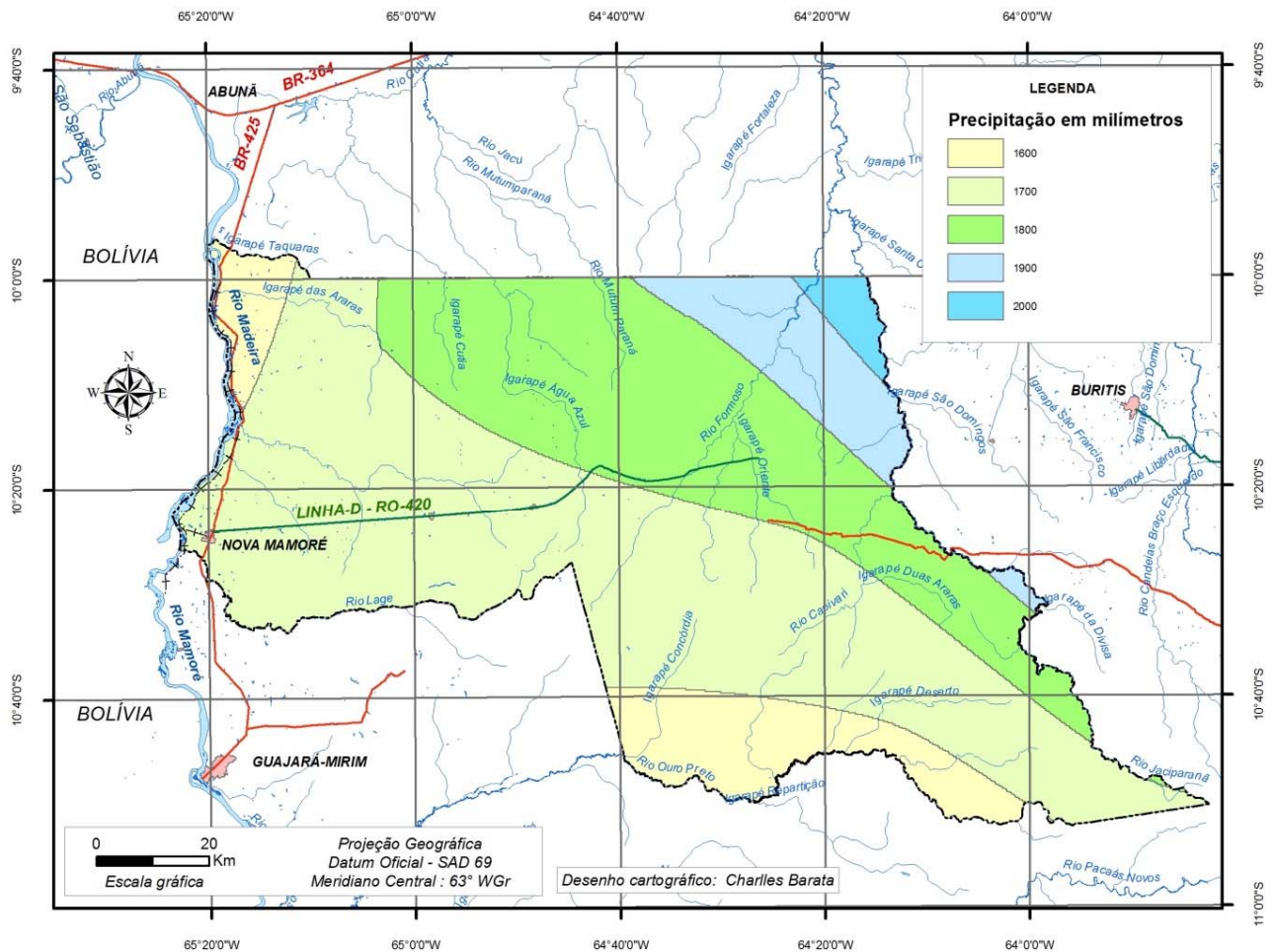
- |    |                                    |    |                       |    |                                  |    |                      |
|----|------------------------------------|----|-----------------------|----|----------------------------------|----|----------------------|
| 01 | ÁREA VERDE                         | 05 | BAIRRO SANTA LUZIA    | 09 | BAIRRO CHACAREIRO                | 13 | BAIRRO NOVA REDENÇÃO |
| 02 | BAIRRO AMBRÓSIO (SETOR INDUSTRIAL) | 06 | BAIRRO CENTRO         | 10 | BAIRRO CIDADE NOVA               |    |                      |
| 03 | BAIRRO PLANALTO                    | 07 | BAIRRO SÃO JOSÉ       | 11 | BAIRRO JOÃO F. CLIMACO           |    |                      |
| 04 | BAIRRO NOSSA SENHORA DE FÁTIMA     | 08 | BAIRRO NOVO HORIZONTE | 12 | BAIRRO SETOR HORTIFRUTIGRANJEIRO |    |                      |

Figura 3: Mapa da divisão administrativa da área urbana de Nova Mamoré.

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE NOVA MAMORÉ

### 3.2.1 Clima

O clima de Nova Mamoré é o Clima Equatorial, quente e úmido o ano todo, e com dois períodos bem definidos: seco, de maio a setembro, e o chuvoso de outubro a abril. Assemelha-se às condições médias estaduais, embora a precipitação anual seja algo inferior a 1.640 mm para a região e 1.865 mm para o Estado. O déficit hídrico (430 mm) é mais elevado quando comparado com o estadual (380 mm), sendo o excesso de umidade durante a estação das chuvas bastante inferior ao registrado para o Estado, observado na figura 4.



Fonte: Malha viária executada entre o Centro Técnico e Operacional de Porto Velho (unidade do Sipam), a Unidade Estadual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (UE/IBGE/RO), a Superintendência Regional do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incrá/RO), o Departamento Estadual de Estradas e Rodagens (DER) e a Secretaria Estadual de Planejamento (Seplan) de Rondônia. Dados Temáticos extraídos do Banco de Dados do PLANAFLORO/2000. Todos os dados e montagem temática foram georreferenciados no Software Global Mapper v16.20 e ArcGIS for Desktop Advanced, licenciado a Charlles da Silva Barata, conforme Nota Fiscal Eletrônica de Serviço - NFS-e 3611 (formerly ArcInfo One Year Timeout for Home Use Licence).

Figura 4: Distribuição das precipitações no município de Nova Mamoré-RO

### 3.2.2 Geologia

Segundo Quadros (2010), Rondônia abrange a porção Sul-Occidental do Cráton-Amazônico, cuja origem se compõem de fragmentos pré-cambrianos.

Para Quadros (2010), o Estado possui registros de uma evolução geológica policíclica tendo como resultado a formação de um substrato rochoso que foi submetido a sucessivos episódios de magmatismo, metamorfismo, sedimentação e deformação, com geração a partir de 1,78 Ga, culminando na formação de diversos materiais rochosos e de depósitos minerais que foram trabalhados em parte, por eventos orogênicos mais jovens do sudoeste.

A geologia local é um importante fator para a formação e manutenção dos aquíferos. Sendo esse o objetivo desse estudo, associado à política pública de saneamento básico no local, neste aspecto, as formações rochosas no município de Nova Mamoré, apresentam as seguintes unidades litoestratigráficas apresentadas na figura 5 no mapa geológico de Nova Mamoré.

#### 3.2.2.1 Proterozóico

A Formação Suíte intrusiva Rondônia (NP1Yro) é formada pelo sieno-granito equigranular, manzogranito porfirítico, ortoclásio granito, ortoclásio pienito, microssienito, topásio-albita granito e topázio riolito.

Dentro da categoria de Coberturas Sedimentares e Rochas Máficas Associadas, que são arenitos e conglomerados indiferenciados, destacam-se: a Formação Nova Floresta (MP3βnf) que são gabro, troctolito, norito, basalto e diabásio e a Formação Palmeiral (NP1p), arenitos e conglomerados indiferenciados.

#### 3.2.2.2 Era Mesoproterozóica

Como representante desta fase, encontra-se a Faixa Iata-rio Madeira que apresenta os Granitóides Tardios a Pós-Orogênicos, os quais são formados pelas:

- 1) Suíte Intrusiva Alto Candeias (MP2Yac), englobando o granito porfirítico com feições repakivíticas, apito, sienito, chamockito e, subordinadamente, augen-gnaisse granitóide do tipo “s”;

- 2) Suíte Laje (i), formada pelo leucogranito foliado com granada e

3) Complexo Nova Mamoré (MP2NM), o qual é constituído pela biotita paragnaisse, quartzo-feldspático, granada-biotita paragnaisse, gnaisse calciossilicático, “granofels” e silimanita-granada-biotita-quartzo xisto.

### 3.2.2.3 *Fanerozóico*

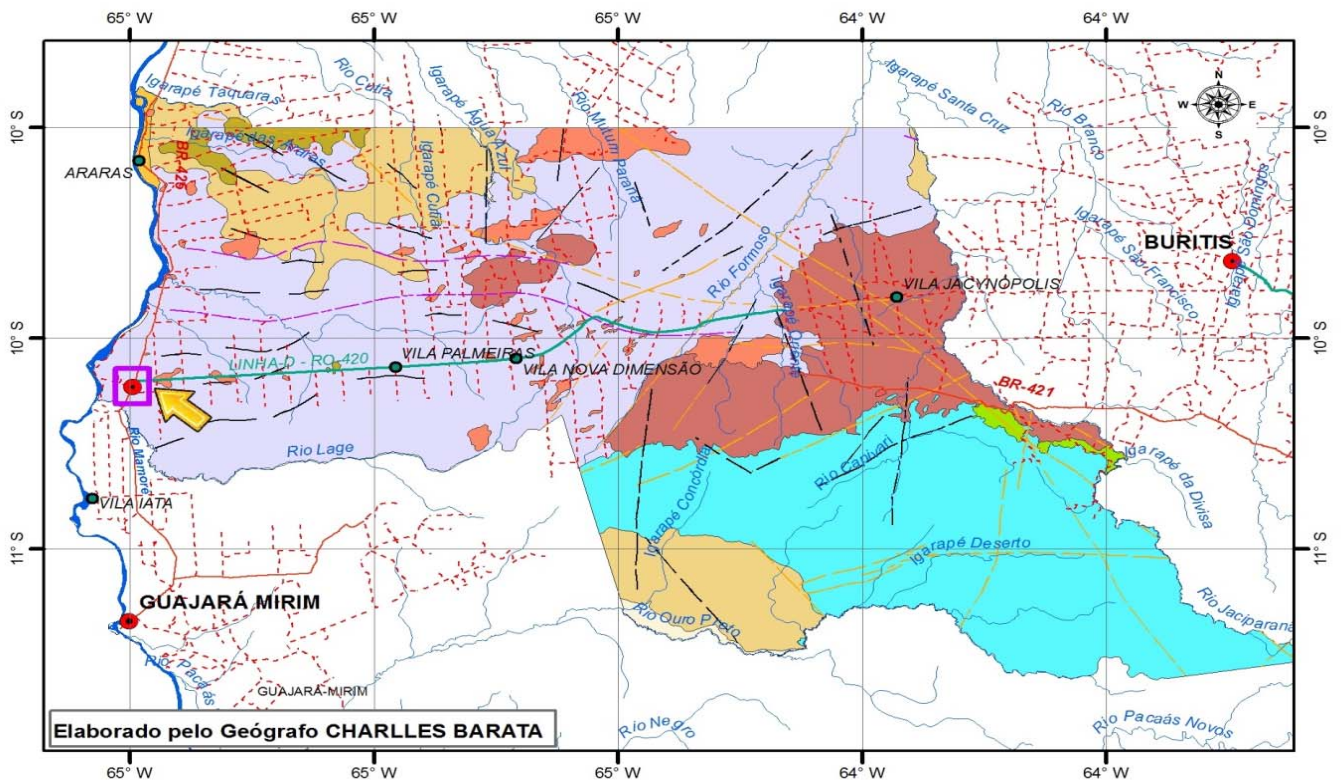
Na formação que remete ao Holoceno, destacam-se os depósitos aluvionares (Q2a). Este tipo caracteriza-se pelos depósitos arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalhos, presentes nos ambientes fluviais.

No período Pleistoceno verifica-se, em Nova Mamoré, a Formação Rio Madeira (rm), Coberturas Sedimentares Indiferenciadas (i) e Coberturas Detrito-Laterítica (dl).

A Formação Rio Madeira (Q1rm), caracteriza-se pelos sedimentos conglomeráticos e arenosos de granulometria grossa, mal selecionados, estratificados, intensamente ferruginizados, além de argilas maciças a laminadas com restos de vegetais e fósseis vertebrados. São dominantes no sistema fluvial meandrante, fácies de canal, barra de canais, diques marginais e de planícies de inundação.

Em relação às coberturas sedimentares indiferenciadas (NQi), são formadas por depósitos de areia, silte, argila ou resto de material laterítico. Já a Cobertura Detrito-Lateríticas (NQdl), é composta por depósitos argilo-arenosos, ricos em concreções ferruginosas; horizonte argiloso/ mosqueado, crosta laterítica ferruginosa, concrecionária ou colunar, além de materiais coluvionares e eluvionares ricos em detritos lateríticos e fragmento de quartzo.





Elaborado pelo Geógrafo CHARLES BARATA

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM OFICIAL - SAD 69  
 MERIDIANO CENTRAL: 63° WGR  
 0 15 30 Km

**UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

**FANEROZÓICO**

**CENOZÓICO**

**QUATERNÁRIO**

**HOLOCENO**

**Depósitos Aluvionares (a):** depósitos arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalho. Ambiente Fluvial

**PLEISTOCENO**

**Formação Rio Madeira (rm):** sedimentos conglomeráticos e arenosos de granulometria grossa, mal selecionados, estratificados, intensamente ferruginizados, além de argilas maciças a laminadas com restos de vegetais e fósseis vertebrados (p.ex. "Eremotherium" e de "mastodonte"). Sistema fluvial meandrante, fácies de canal, barras de canais, diques marginais e de planície de inundação

**NQi**

**Coberturas sedimentares indiferenciadas (i):** depósitos de areia, silte, argila ou cascalho; restos de materiais lateríticos (horizontes mosqueado e argiloso. Além de restos de crosta laterítica ferruginosa); sedimentos Aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, recobertos por cobertura de solos indiscriminados

**NQdl**

**Coberturas detrito-lateríticas (dl):** depósitos argilo-arenosos, ricos em concreções ferruginosas: horizonte argiloso / mosqueado, crosta lateríticas ferruginosa, concrecionária ou colunar, além de materiais coluvionares e eluvionares ricos em detritos lateríticos e fragmentos de quartzo

- Falha indiscriminada
- Falha ou zona de cisalhamento indiscriminada
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente dextral
- Lineamentos estruturais: traços de superfície S

**LEGENDA**

- Rios e Igarapés
- Rodovia Federal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Divisão Municipal
- Sede Municipal
- Sede Distrital
- Área de Estudo

**PROTEROZÓICO**

**NEOPROTEROZÓICO**

**TONIANO**

**INTRUSIVAS PÓS-OROGÊNICAS / ANOROGÊNICAS**

**NP1/ro**

**Suíte Intrusiva Rondônia (ro):** sienogranito equigranular, monzogranito porfirítico, ortoclásio granito, ortoclásio sienito, microssienito, topázio-albita granito e topázio rioilto 995 Ma U-Pb

**COBERTURAS SEDIMENTARES E ROCHAS MÁFICAS ASSOCIADAS**

**NP1p**

**Formação Palmeiral (p):** arenito e conglomerado Indiferenciados < 1030 Ma U-Pb

**MP3β nf**

**Formação Nova Floresta (nf):** gabro, troctólito, norito, basalto e diabásio 1198 – 1062 Ma Ar-Ar

**MESOPROTEROZÓICO**

**ESTENIANO**

**MP2/ ac**

**Suíte intrusiva Alto Candeias:** granito porfirítico com feições rapakivíticas, apito, sienito, charnockito e subordinadamente augen-gnaisse 1340 Ma U – Pb

**GRANITÓIDES DO TIPO "S"**

**Suíte Laje (l):** leucogranito foliado com granada 1340 Ma U – Pb

**MP2nm**

**Complexo Nova Mamoré (nm):** biotita paragnaisse quartz-feldspático, granada-biotita paragnaisse, gnaisse calciossilicático, "granofels", sillimanita-granada-biotita-quartz-xisto

Fonte: Base Cartografia IBGE/SIPAM/CPRM/2007)

Figura 5: Mapa geológico do município de Nova Mamoré-RO

### 3.2.3 Geomorfologia

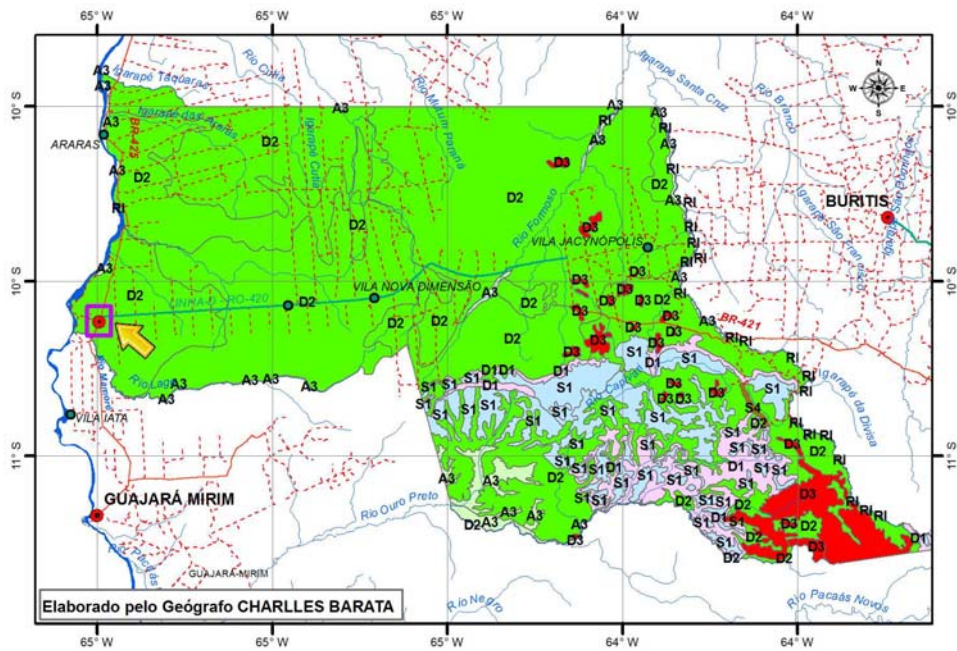
Na região do município de Nova Mamoré, do ponto de vista geomorfológico, encontram-se áreas bastante acidentadas com depressões e elevações.

O relevo caracteriza-se por duas unidades geomorfológicas distintas: no trecho da mancha urbana, predominam terrenos com suaves colinas, de altitude média variando até 150 metros acima do nível do mar, e no sentido leste do município, onde se encontra um relevo com altitude acima de 800 metros, correspondendo ao trecho da Serra dos Pacaás Novos.

A geomorfologia do município, apresentada na figura 6, compreende as seguintes classes:

- Planícies Inundáveis e Vales (A3);
- Unidades Denudacionais–Footslopes (D1);
- Unidades Denudacionais–Superfície de aplanamento (D2);
- Unidades Denudacionais–Agrupamento de Morros e Colinas (D3);
- Rios e Igarapés (R1);
- Unidades Estruturais/Denudacionais–Superfícies Tabulares (S1); e
- Unidades Estruturais/Denudacionais–Custas e Hogback (S2).

A figura 7 retrata a dinâmica geomorfológica do município de Nova Mamoré, foi elaborada para que fosse possível verificar as anomalias nas cotas altimétricas da região variando entre 58m de altitude a 750m, sendo este último o ponto culminante do relevo encontrado na região, ou seja, o ponto mais alto.



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM OFICIAL - SAD 69  
 MERIDIANO CENTRAL: 63° WGr  
 0 15 30 Km

**LEGENDA**

- Rios e Igarapés
- Rodovia Federal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Divisão Municipal
- Sede Municipal
- Sede Distrital
- Área de Estudo

**Convenções Temáticas**

- A3 Planícies Inundáveis e Vales
- D1 Unidades Denudacionais - Foothlopes
- D2 Unidades Denudacionais - Superfície de Aplanamento
- D3 Unidades Denudacionais - Agrupamentos de Morros e Colinas
- S1 Unidades Estruturais/Denudacionais - Superfícies Tabulares
- S4 Unidades Estruturais/Denudacionais - Cuestas e Hogback

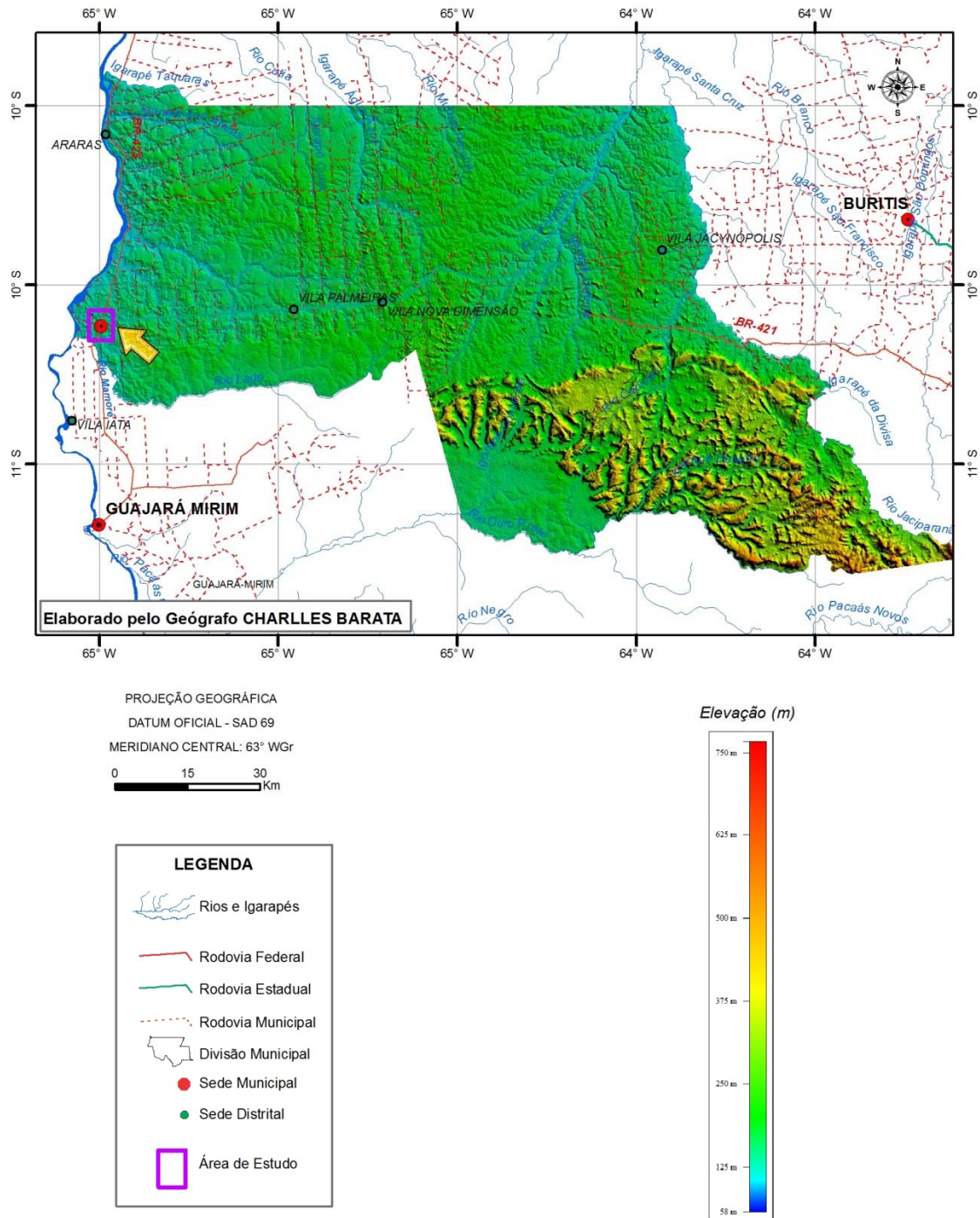
Fonte: Base Cartografia IBGE/SIPAM/PANAFLORO (2000)

Organizado: por Charlles Barata

Figura 6: Mapa geomorfológico do município de Nova Mamoré-RO



Tais aspectos geológicos e geomorfológicos, sob influência de fatores ligados ao intemperismo, dão origem à formação dos solos da região. É, portanto, através dessa relação que é possível perceber que, em geral, os solos de Nova Mamoré são considerados de baixa qualidade, conforme será mais bem discutido a seguir.



Fonte: Base Cartografia IBGE/SIPAM/Base Planimetrica do Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (2000)

Figura 7: Mapa do modelo digital de elevação - MDE do município de Nova Mamoré-RO

### 3.2.4 Pedologia

De acordo com o mapa de solos, representado na figura 8 o município de Nova Mamoré apresenta as seguintes tipologias de solos: Solos Aluviais Distróficos - AD, Cambissolos Distróficos - CD, Solos Glei Distróficos – GD, Latossolos Amarelo Distróficos – LAD, Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos – LLD, Latossolos Vermelho-Escuros Distróficos- LVD, Podzólicos Amarelos Distróficos – PAD, Podzólicos Vermelho-amarelos Distróficos – PD, Podzólicos Vermelho-Escuros Eutróficos – RD, Solos Litólicos Distróficos – RD.

Em sua maioria, destacam-se os seguintes tipos de solos: Solos Aluviais Distróficos (AD); Cambissolos Distróficos (CD) e Glei Distróficos (GD). A característica distrófica nestes tipos de solos diz respeito à saturação de bases que alcançam valores abaixo de 50% na maior parte dos 100 cm do horizonte B.

Solos Litólicos são constituídos por solos pouco desenvolvidos, muito rasos, com o horizonte A assentado diretamente sobre a rocha e situam-se nas áreas montanhosas. Os locais onde ocorre este tipo de solo são, normalmente, destinados às áreas de preservação permanente. Juntamente com os solos aluviais formam a classe NEOSSOLO. São, portanto, solos jovens.

Os solos aluviais, por sua vez, apresentam-se pouco desenvolvidos, provenientes de sedimentos, geralmente de origem fluvial, apresentando grande heterogeneidade entre si, como também ao longo do seu perfil. Estão presentes em relevo plano, várzeas e em áreas próximas aos rios. Suas maiores limitações de uso referem-se aos riscos de inundações periódicas e elevação do lençol freático. Uma vez que esses solos apresentam horizonte A, diretamente assentado sobre o horizonte C, todos os cuidados devem ser tomados nos trabalhos de sistematização para uso. Excessivos cortes podem expor o horizonte C, reduzindo a capacidade produtiva.

Os solos do município de Nova Mamoré com essas características são bastantes vulneráveis a contaminação do aquífero raso e do confinado, ou seja, o aquífero profundo.

Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos em relação aos Latossolos e Podzólicos. Apresentam horizonte B em formação, são rasos e de elevada erodibilidade podendo, em curto espaço de tempo, ocorrer exposição de subsolo. A fertilidade do horizonte A está condicionada ao tipo de rocha formadora inicial. Por serem muito susceptíveis à erosão, normalmente não permitem um uso intensivo, podendo, em condições

naturais, ser observada a ocorrência de erosão laminar moderada, ou severa, bem como em sulcos e voçorocas.

Os solos Gleis encontram-se, permanente ou periodicamente, saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. Assim, esse tipo de solo caracteriza-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica. Com isso, o processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda precipitação de compostos ferrosos. São, portanto, solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais.

O segundo grupo de classe de solos, existente em Nova Mamoré, é classificado como a dos LATOSSOLOS. Esta classe de solos é predominante em todo o Brasil e, em geral, apresenta-se sobre relevo suave e suave ondulado, sendo um solo profundo de alta permeabilidade e de baixa capacidade de troca catiônica. Ocorre a predominância de óxidos de ferro, de alumínio e caulinita, uma argila de baixa atividade, predominante na fração argila dos latossolos. Esta combinação química, juntamente com matéria orgânica e alta permeabilidade e aeração, conferem ao latossolo uma estrutura fina, muito estável, não sendo favorável a erosão. Contudo, do ponto de vista químico, são classificados como solos pobres, com baixa fertilidade devido ao lixiviamento dos nutrientes em função da infiltração de água e lavagem de seu material. Em caso de compactação subsuperficial, a erodibilidade destes solos aumenta, exigindo cuidados redobrados no seu manejo. Dentro da classificação de latossolos, existe uma subdivisão entre eles que pode ser classificada de acordo com sua coloração, a qual reflete maior ou menor riqueza em óxidos de ferro. Assim, em todo o território nacional temos as seguintes classificações de latossolos: Latossolo Roxo, Latossolo Bruno, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo, sendo que o teor de óxidos de ferro decresce do Latossolo Roxo para o Latossolo Amarelo. O Latossolo Roxo apresenta-se, em relação aos demais, com maior fertilidade, ocorrendo, porém, em menor frequência.

No município de Nova Mamoré foram identificados os seguintes Latossolos: Latossolos Amarelo Distróficos (LAD), Latossolos Vermelho-Amarelos eutróficos (LLD) e

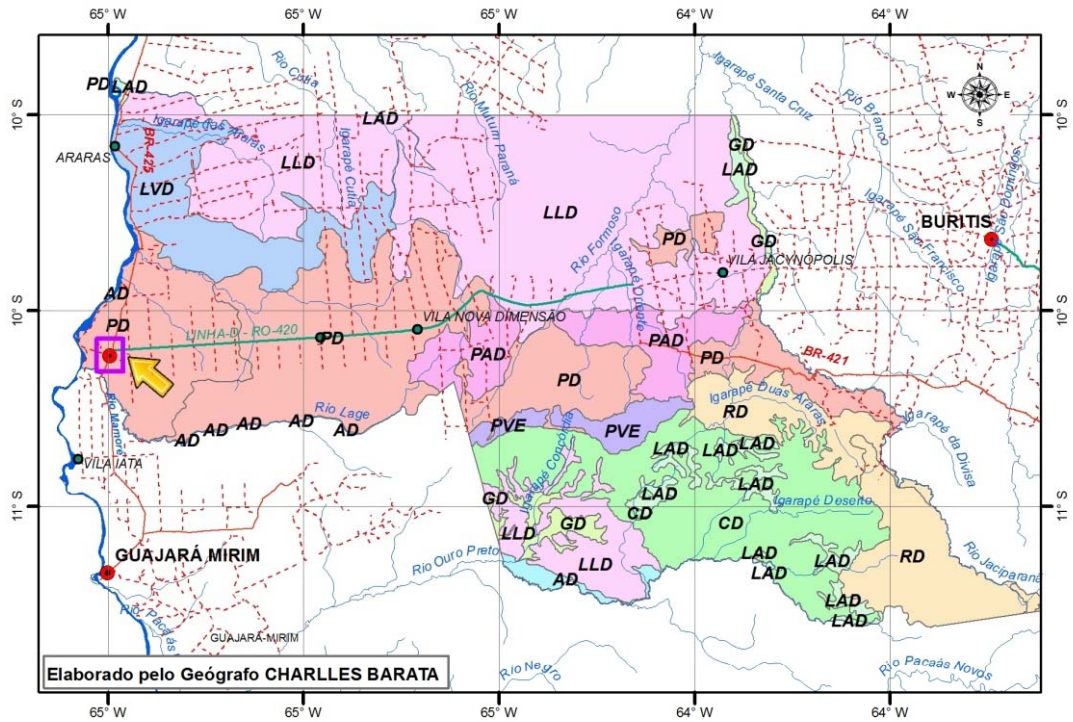
Latossolos Vermelhos-escuro distróficos (LVD). Vale salientar que as cores desses solos ocorrem da seguinte forma, conforme EMBRAPA (2009):

**LATOSSOLOS AMARELOS:** Solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

**LATOSSOLOS VERMELHOS:** Solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

**LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS:** Outros solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas que não se enquadram nas classes anteriores.

No que diz respeito à classe dos Podzólicos, hoje argissolos (EMBRAPA 2009), caracterizam-se por serem solos profundos e menos intemperizados do que os Latossolos, podendo apresentar maior fertilidade natural e potencial. Esses solos são desenvolvidos basicamente a partir de produtos da intemperização de arenitos, com sequência de horizontes A, B e C bem diferenciados e com suas transições geralmente bem definidas. A principal característica deste solo é a diferença textural entre os horizontes A e B, visto que no horizonte B concentra-se teor mais elevado de argila do que no horizonte A. O acúmulo de argila no horizonte B torna os Argissolos menos permeáveis e mais propensos à erosão hídrica. A figura 8 ilustra os tipos de solos em Nova Mamoré.



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM OFICIAL - SAD 69  
 MERIDIANO CENTRAL: 63° WGR  
 0 15 30 Km

**Convenções Temáticas**

AD	Solos Aluviais Distróficos
CD	Cambissolos Distróficos
GD	Solos Gleii Distróficos
LAD	Latossolos Amarelos Distróficos
LLD	Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos
LVD	Latossolos Vermelho-Escuros Distróficos
PAD	Podzólicos Amarelos Distróficos
PD	Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos
PVE	Podzólicos Vermelho-Escuros Eutróficos
RD	Solos Litólicos Distróficos

**LEGENDA**

	Rios e Igarapés
	Rodovia Federal
	Rodovia Estadual
	Rodovia Municipal
	Divisão Municipal
	Sede Municipal
	Sede Distrital
	Área de Estudo

Fonte: Base Cartografia IBGE/SIPAM/PANAFLORO (2000).

Figura 8 : Mapa pedológico do município de Nova Mamoré-RO



### 3.2.5 Recursos Hídricos

No município de Nova Mamoré está situado parte da Bacia do Rio Madeira-Mamoré. O Rio Madeira é formado pela junção das águas dos Rios Beni, da Bolívia, e Mamoré, também originado dos planaltos Andinos.

O encontro desses rios acontece na Vila Murтинho, antigo vilarejo que deu origem a Nova Mamoré. Assim, o rio Madeira surge exatamente neste ponto e atravessa o Estado de Rondônia pela parte Oeste, configurando-se como um dos principais tributários do rio Amazonas.

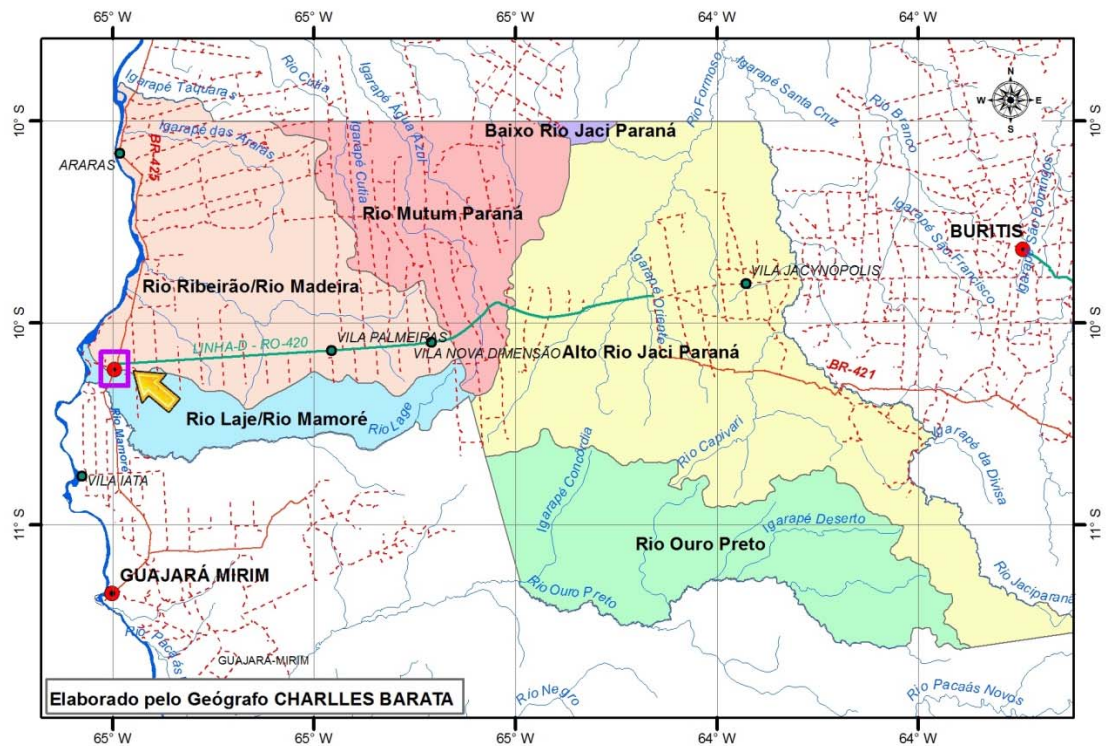
Nova Mamoré é, portanto, banhada por importantes rios e igarapés. Além dos rios Beni, Mamoré e o rio Madeira, formado pela junção desses dois rios, outros cortam o município, como o rio Formoso e Capivari. Em relação aos igarapés, merecem destaque o Lage e Mangueira, que são os maiores igarapés do município cortando a cidade em suas extremidades. O rio Laje é o manancial utilizado na captação de água pela CAERD para abastecer a população do distrito de Nova Mamoré.

Conforme o monitoramento na qualidade de água, realizado no ano de 2014 pela CAERD, suas águas apresentam características químicas de acordo com a legislação vigente para águas destinadas a abastecimento público (CAERD, 2014). Dentre suas principais características se destacam o baixo teor de cor e de sólidos totais dissolvidos, bem como baixo teor de turbidez.

Outros igarapés podem ser listados como: o igarapé do Limão, da Misericórdia, do Ribeira, do Oriente, do Deserto, do Taquara, do Araras, da Água Azul, do Cachoeirinha e do Vertente. Além disso, há no município a formação de importantes cachoeiras como as de São Domingos, Paredão, Araras, Periquitos, Chocolatal, Ribeirão e Cachoeira Madeira.

Do ponto de vista dos recursos hídricos, o município é banhado por rios das seguintes sub-bacias hidrográficas, conforme figura 9.

- Alto Rio Jaci Paraná;
- Baixo Rio Jaci Paraná;
- Rio Laje/Mamoré;
- Rio Mutum Paraná;
- Rio Ouro Preto;
- Rio Pacaas Novos/Rio Mamoré;
- Rio Ribeirão/Rio Madeira.



Elaborado pelo Geógrafo CHARLES BARATA

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM OFICIAL - SAD 69  
 MERIDIANO CENTRAL: 63° WGr  
 0 15 30 Km

**LEGENDA**

- Rios e Igarapés
- Rodovia Federal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Divisão Municipal
- Sede Municipal
- Sede Distrital
- Área de Estudo

**Convenções Temáticas**

**Sub-bacias**

- Alto Rio Jaci Paraná
- Baixo Rio Jaci Paraná
- Rio Laje/Rio Mamoré
- Rio Mutum Paraná
- Rio Ouro Preto
- Rio Pacaás Novas/Rio Mamoré
- Rio Ribeirão/Rio Madeira

Fonte: Base Cartografia IBGE/SIPAM/PANAFLORO (1999)

Figura 9: Mapa de sub-bacias hidrográfica do município de Nova Mamoré

### 3.2.6 Cobertura Vegetal

A vegetação do município é constituída, conforme Planaflores (1998), dos seguintes tipos de florestas, conforme apresenta a tabela 1, gráfico 1 e figura 10:

- Floresta ombrófila aberta (Aa e As). A floresta ombrófila aberta aluvial (Aa) cresce em áreas de solos hidromórficos, rasos, mal drenados, em terrenos planos de até 100 m de altitude e nas planícies de inundação de rios com forte sazonalidade. A floresta aberta submontana (As), cresce sobre solos antigos, rasos, fortemente intemperizados, com afloramento de rochas e seixo superficial, rolado do cristalino.

- Savanas ou Cerrados (Ca; Cd; Cp). A Savana Arborizada (Cerrado Arbóreo-Arbustivo), Ca, corresponde a áreas densamente povoadas por elementos arbóreos, formando ilhas ou aglomerados, somando-se então ao estrato arbustivo. A Savana Florestada (Cerradão) Cd, é uma forma de savana transitória para floresta, crescendo sobre solos ácidos e pobres, mas com certo grau de retenção hídrica, o que permite o aumento de biomassa. Já a Savana Parque (Campo Cerrado) Cp, desenvolve-se em solos pobres e fortemente lixiviados, alguns muito rasos com drenagem deficiente. Restringe-se o estrato arbóreo-arbustivo aos tensos e montículos mais altos, produzindo falhas na cobertura gramínea, com exposição de areias quartzosas.

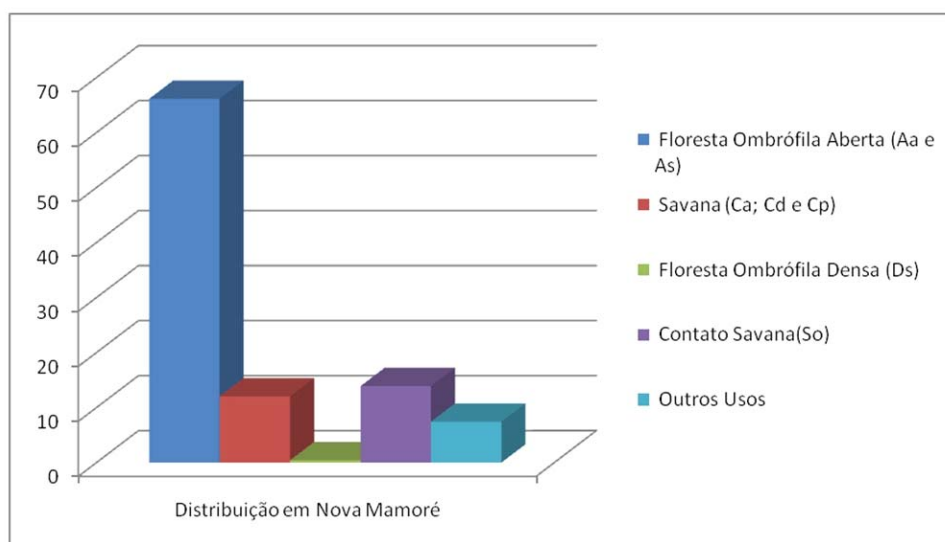
- Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) é um tipo florestal de porte elevado que cresce principalmente sobre os planaltos e nos interflúvios tabulares dos períodos Paleozóico e Mesozóico da serra dos Pacaás Novos. Cresce sobre solos rasos, antigos e arenosos como podzólicos vermelhos e areias quartzosas. Associadas a essa categoria podem aparecer encaves de matas de cipós e de bambu, provavelmente produzidas por modificações abruptas no solo.

- Contato Savana/Floresta Ombrófila (So, Ds) tem feição discriminada para terrenos antigos do paleozóico, ocorrendo também em terrenos de relevo dissecado de mesozóico e pleistoceno. Os solos são geralmente pobres e as transições mais significativas são entre as savanas abertas (parque) e florestas ombrófilas abertas com palmeiras e cipós.

Tabela 1: Formações vegetais no município de Nova Mamoré-RO

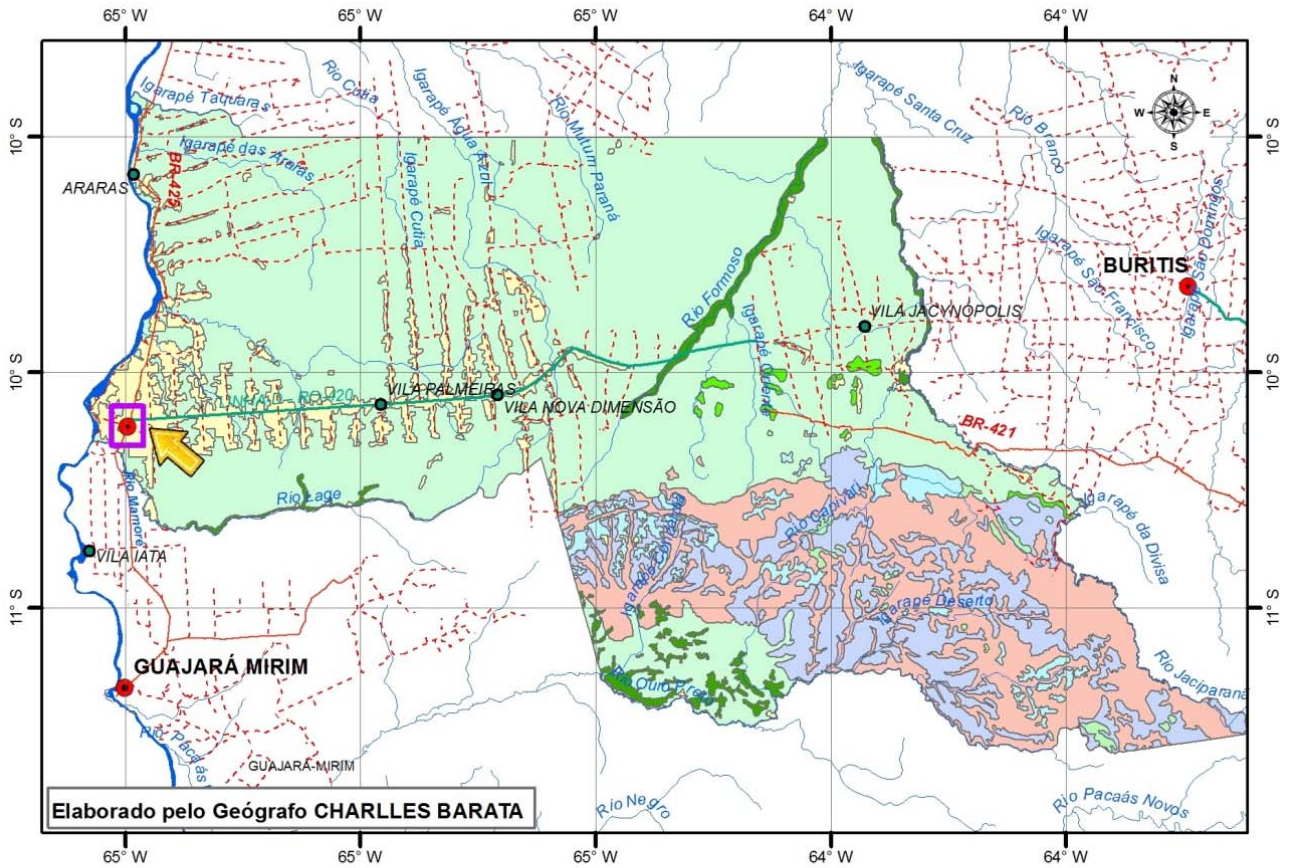
<b>Formações Vegetais</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Floresta Ombrófila Aberta (Aa e As)	6.702,99	66,16
Savana (Ca; Cd e Cp)	1.222,18	12,06
Floresta Ombrófila Densa (Ds)	43,47	0,43
Contato Savana (So)	1.409,01	13,91
Outros Usos	753,98	7,44
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>10.131,65</b>	<b>100,00</b>

Fonte: SEDAM (2002)



Fonte: Diagnóstico Técnico do Plano Diretor Participativo de Nova Mamoré-2012

Gráfico 1: Cobertura em km<sup>2</sup> de cada classe de vegetação no município de Nova Mamoré-RO



Elaborado pelo Geógrafo CHARLES BARATA

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA  
 DATUM OFICIAL - SAD 69  
 MERIDIANO CENTRAL: 63° WGr  
 0 15 30 Km

**Convenções Temáticas**

**LEGENDA**

- Rios e Igarapés
- Rodovia Federal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Divisão Municipal
- Sede Municipal
- Sede Distrital
- Área de Estudo

- Área antropizada (Área de Pastagem)
- Floresta Ombrófila Aberta Aluvial / Floresta de Áreas Inundáveis
- Floresta Ombrófila Aberta Submontana
- Savana Arborizada (Cerrado Arbóreo Arbustivo)
- Savana Florestada (Cerradão)
- Savana Parque ( Campo Cerrado)
- Floresta Ombrófila Densa Submontana
- Contato Savana/Floresta Ombrófila

Fonte: IBGE/INCRA/DER/PLANAFLORO (2000)

Figura 10: Mapa fitoecológico do município de Nova Mamoré-RO

### 3.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O saneamento básico, especificamente, abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário do município é coordenado pela Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia (CAERD). A quantidade de domicílios com acesso a rede geral de água tratada ainda é muito baixa: apenas 16,88% dos domicílios. Enquanto que 83,91% são abastecidos por poços ou nascente na propriedade, apenas 4,84 poços ou nascente localizam-se fora da propriedade, conforme dados contidos na Tabela 2.

Tabela 2: Número e percentual de domicílios permanentes, por formas de abastecimento de água, existentes na área urbana de Nova Mamoré-RO

<b>Formas de abastecimento de água</b>	<b>Número de domicílios permanentes</b>	<b>%</b>
Rede geral de distribuição	411	10,88
Poço ou nascente na propriedade	3.171	83,91
Poço ou nascente fora da propriedade	183	4,84
Outras	14	0,37
<b>TOTAL</b>	<b>3779</b>	<b>100</b>

Fonte: IBGE - Censo demográfico (2010)

Segundo os dados obtidos junto à CAERD, em 2010, 532 imóveis apresentavam ligação ativa junto ao sistema de abastecimento da rede geral de distribuição de água, sendo que: 86,65% residencial; 7,89% comercial; e 4,7% público.

No ano de 2011, o número de ligações subiu para 541, sendo que 86,87% residencial, 7,39% comercial e 4,62% público. O consumo total de água, em 2010, foi de 87.986 m<sup>3</sup> e, em 2011, foi 97.582 m<sup>3</sup>, apresentando um aumento de 10,90%. As residências são as que absorvem o maior volume de água distribuída pela CAERD que, em 2010, correspondeu a 80,44% do total consumido e, em 2011, a 78,44% conforme Tabela 3.

Tabela 3: Número de ligações e consumo de água, por tipo de uso, existentes na área urbana de Nova Mamoré-RO, nos anos 2010 e 2011.

Tipo de uso	2010				2011			
	Lig. Ativas	Lig. Inativas	TOTAL	Consumo (m³)	Lig. Ativas	Lig. Inativas	TOTAL	Consumo (m³)
Residencial	461	466	927	70.779	470	520	990	76.550
Comercial	42	44	86	5610	40	49	89	9.520
Industrial	1	3	4	1150	2	3	5	650
Publico	25	14	39	10447	25	16	41	10.862
Misto	3	6	9	0	4	4	8	0
<b>TOTAL</b>	<b>532</b>	<b>533</b>	<b>1.065</b>	<b>87.986</b>	<b>541</b>	<b>592</b>	<b>1.133</b>	<b>97.582</b>

Fonte: CAERD (2012)

No que se refere a esgotamento sanitário e o tipo, predominante é a fossa rudimentar, com um percentual de 80,73%, seguida da fossa séptica com 9,02%, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Número e percentual de domicílios permanentes, por tipo de esgotamento sanitário, existentes na zona urbana de Nova Mamoré-RO.

Tipo de esgotamento sanitário	Número de domicílios	%
Fossa séptica	345	9,12
Fossa rudimentar	3.051	80,73
Vala	173	4,60
Rio, lago ou mar	2	0,05
Outro tipo	176	4,65
Não tinham	32	0,85
<b>TOTAL</b>	<b>3779</b>	<b>100</b>

Fonte: IBGE – Censo Demográfico (2010).

Adaptado por Charlls Barata pelos resultados de campo

A proporção de domicílios com saneamento adequado era apenas de 1,13%, bem inferior à proporção do Estado (11,62%), enquanto que 49,08% era semi-adequado e 49,79% inadequado. Indicando, assim, que o saneamento básico do município ainda é muito precário.

No município de Nova Mamoré, não existe rede coletora de esgotamento sanitário conforme os dados do EBITDA de janeiro a dezembro do ano de 2014 (CAERD, 2014).

A deficiência no saneamento básico pode acarretar problemas de saúde pública, pois, a poluição das águas pode gerar doenças como: disenteria basilar, dengue, febre amarela, leptospirose, hepatite A, e outras. A falta de saneamento básico no município torna-se ainda mais agravante devido ao fato da grande maioria dos domicílios do município ser abastecidos por poços ou nascente sem a devida preocupação ambiental. Portanto, a cultura local de usar, basicamente, os poços abertos em seus imóveis para consumo humano é algo extremamente perigoso que requer estudos mais aprofundados como avaliação dos impactos socioambientais decorrentes dessa prática, sobre a saúde humana.

Outra implicação decorrente da falta de saneamento refere-se aos danos ambientais, como enchentes, assoreamento dos cursos de água (devido ao desmatamento e ocupação das margens), desaparecimento de áreas verdes, desmoronamento de encostas, comprometimento dos cursos de água que viram depósitos de lixo e canais de esgoto.

Decorrido mais de três anos da instituição da Lei nº 808-GP/2011 de 31 de maio de 2011, que dispõe sobre a prestação do Serviço Público de Saneamento Básico no Município de Nova Mamoré/RO, revela em seu Art. 3º que o serviço público delegado deverá ser prestado conforme critérios que possibilitem a obtenção de um serviço adequado, de pleno atendimento aos usuários, consoante o determinado em contrato, no qual serão resguardados os direitos e deveres definidos nas Leis Federais nº 8.078/90, 8.987/95 Lei nº 11.079/04 e 11.445/2007.

### **3.3.1 Drenagem e Águas Pluviais**

A drenagem urbana, associada ao escoamento das águas das chuvas, pode ocorrer em sistemas denominados de micro e macrodrenagem. O primeiro é o mais comum e é composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas-de-lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões. O segundo, macrodrenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões. No entanto, conforme informações coletadas junto a Coordenadoria de obras e serviços públicos, em Nova Mamoré, não existem sistemas de drenagem pluvial na cidade.





Foto 01: Vala negra com escoamento do esgoto a céu aberto

Fonte: Diagnóstico Técnico do Plano Diretor Participativo de Nova Mamoré / 2012



Foto 02: Banheiro Externo (fossa negra)

Fonte: Diagnóstico Técnico do Plano Diretor Participativo de Nova Mamoré / 2012

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Algumas hipóteses foram formuladas para explicar a origem do nitrato nas águas subterrâneas na cidade de Nova Mamoré. Foram cadastrados 80 poços rasos, delimitou-se o aquífero freático para o estudo e foram coletadas amostras de água na área urbana da referida cidade, nos poços cacimbas, definidos e avaliados quanto à existência de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em proporção acima ou abaixo dos valores definidos pela Portaria do Ministério da Saúde, nº 2.914 de 12/12/2011, que regem as normas de padronização e de potabilidade da água no Brasil.

Os resultados foram espacializados em forma de Mapas com o uso de Geoestatística, através do software “ArcGIS for Desktop Advanced 10.2”, de forma que, posteriormente, possam servir de base para o desenvolvimento de políticas públicas na prevenção da contaminação de águas subterrâneas da cidade de Nova Mamoré-RO.

### 4.1 PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO

Foram utilizados dois métodos para o cadastramento dos poços. O primeiro de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB e Agência Nacional de Águas - ANA, 2011. O segundo método foi Aleatório Estratificado, de acordo com Yamamoto e Landim (2015), para que um determinado número de observações, isto é, de amostras, possa estimar o comportamento do conjunto de todas as observações em potencial da população, é necessário que esses subconjuntos sejam coletados de tal modo que cada observação tenha a mesma chance de ser escolhida.

### 4.2 COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Para coleta de campo das amostras, foi disponibilizado pela Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia-CAERD, um técnico de seu quadro de funcionários. Os proprietários ou responsáveis pelos imóveis, nos locais dos poços selecionados, foram cadastrados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

Para coletas de dados e amostras de água, foram efetivadas de acordo com a metodologia proposta no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água,

sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Agência Nacional de Águas (ANA), adotada pelo Laboratório de Água da CAERD da seguinte forma:

a) As águas foram coletadas na saída do poço, utilizando as bombas elétricas do local. A água extraída nos três minutos iniciais é desprezada para eliminar a água estagnada. Em seguida, as amostras de água foram acondicionadas em garrafas plásticas de 500 ml, esterilizadas e adequadamente identificadas por Poço Amostral (PA), numeradas conforme a sequência de coletas, em ordem crescente, e conservadas, aproximadamente, 4°C em uma caixa de isopor com gelo para que sejam mantidas as características originais das águas.

b) Pelas Fichas Individuais de Amostragem de Água, elaboradas e disponibilizadas conforme as instruções contidas no Guia da CETESB, foram coletados os dados dos poços, bem como local da coleta, data e hora, profundidade, chuvas nas últimas 24 horas, condições higiênicas do poço, fossas, animais e esgotos nas proximidades. Em cada ponto de coleta de água foram georreferenciadas as coordenadas UTM, utilizando o *Global Positioning System* (GPS).

c) as garrafas com amostras de água foram transportadas para o Laboratório da UNIR WOLFGANG C. PFEIFFER, onde foram determinados os teores de Nitrito.

#### 4.3 CONSTITUINTES IÔNICOS

As amostras de água foram previamente filtradas em filtros de acetato celulose de 0,22, µm de porosidade e 13 mm de diâmetro (Sartorius Biolab Products) e analisadas por cromatografia iônica com detector de condutividade (Cromatógrafo de íons com detector de condutividade iônica, METROHM – 882 Compact IC plus). A calibração do equipamento foi realizada por uma curva de calibração com padrões específicos, sendo as concentrações dos íons presentes calculadas por comparação com padrões externos.

As colunas analíticas empregadas foram: Metrosep A Supp. 5 – 150/4.0 e Metrosep C 4 –150/4.0 (METROHM), tendo o volume fixo de injeção de 100 µL e vazão sempre mantida em 0,7 mL min<sup>-1</sup>. Os padrões de ânions e de cátions foram introduzidos, separadamente, com uma seringa hipodérmica descartável de 5 ml, no sistema de injeção do cromatógrafo de íons.

Determinação do teor de Nitrato com o uso de equipamento disponibilizado pelo Laboratório WOLFGANG C. PFEIFFER, da UNIR, através da técnica de Cromatografia de Íons com Detector de Condutividade, Foto 3.



Foto 3: Cromatógrafo de íons com detector de condutividade iônica, METROHM – 882 Compact IC plus.  
Autor da foto: Charlles da Silva Barata

#### 4.4 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

As análises do teor de Nitrato nas águas subterrâneas da cidade de Nova Mamoré, foram baseadas na aplicação da Krigagem como estimador espacial de variáveis

regionalizadas, a partir de valores adjacentes enquanto considerados independentes na análise variográfica. Formulou-se a tabela n. 5, contendo os teores de nitratos achados em campo.

Tabela 5 – Cadastro dos poços coletados (tipo caçimba)

BAIRRO	UTM LESTE	UTM NORTE	POÇO	TEOR NITRATO (NO <sub>3</sub> -)	PROFUNDIDADE (m)
CENTRO	244893,205	8848763,191	21	23,072	7
CENTRO	244781,464	8848640,577	41	34,125	8
CENTRO	244700,527	8848621,249	42	42,084	13
CENTRO	244538,652	8848324,077	51	12,772	10
CENTRO	244718,647	8848319,848	52	16,332	10
CENTRO	244584,557	8848027,206	53	13,353	12
CENTRO	244527,78	8848134,72	54	31,249	8
CENTRO	244456,574	8847911,841	65	13,375	10
CENTRO	244832,419	8847905,172	13	23,415	10
CENTRO	245220,796	8848533,642	9	40,295	6
CENTRO	245273,949	8848645,686	10	13,873	11
CHACAREIRO	243782,501	8847849,628	72	11,815	14
CHACAREIRO	243448,484	8847767,181	78	9,292	12
CHACAREIRO	243636,935	8847687,452	77	9,429	12
CHACAREIRO	243563,246	8847592,018	79	9,819	14
CIDADE NOVA	244409,462	8847764,463	64	13,459	7
CIDADE NOVA	244254,836	8847822,448	66	3,164	16
CIDADE NOVA	244182,959	8847878,016	67	3,234	15
CIDADE NOVA	244079,069	8847908,217	68	3,281	16
CIDADE NOVA	243875,518	8847981,302	69	3,141	13
CIDADE NOVA	243796,997	8847768,087	73	11,543	13
CIDADE NOVA	243825,386	8847606,515	80	9,369	12
CIDADE NOVA	243919,661	8847563,781	76	0,684	15
CIDADE NOVA	244365,319	8847686,244	74	11,484	7
CIDADE NOVA	244230,424	8847585,576	75	9,413	8
CIDADE NOVA	244546,521	8847628,46	62	12,917	10
CIDADE NOVA	244490,147	8847391,89	61	12,44	13
CIDADE NOVA	244585,677	8847738,623	63	11,792	8
JOÃO F. CLIMACO	244612,56	8847390,481	18	1,032	12
JOÃO F. CLIMACO	244740,609	8847345,784	19	1,512	18
JOÃO F. CLIMACO	244986,642	8847257,599	17	8,297	13
JOÃO F. CLIMACO	245198,246	8847360,457	1	2,062	11

JOÃO F. CLIMACO	245409,246	8847310,928	6	15,136	14
JOÃO F. CLIMACO	245459,581	8847483,674	5	2,311	10
JOÃO F. CLIMACO	245200,864	8847621,288	7	14,236	14
JOÃO F. CLIMACO	245052,882	8847678,366	15	16,945	9
JOÃO F. CLIMACO	244859,599	8847729,707	14	19,761	8
JOÃO F. CLIMACO	245067,437	8847476,37	16	11,621	12
NOSSA SENHORA DE FÁTIMA	245951,161	8849279,089	20	8,939	17
NOSSA SENHORA DE FÁTIMA	245147,107	8848730,851	11	35,786	6
NOVO HORIZONTE	243958,804	8848637,255	48	4,432	6
NOVO HORIZONTE	243892,968	8848791,277	45	0	9
NOVO HORIZONTE	243833,775	8848965,835	44	14,625	7
NOVO HORIZONTE	243997,461	8848298,406	59	0,399	12
NOVO HORIZONTE	244087,458	8848082,775	58	4,986	3
NOVO HORIZONTE	243781,897	8847933,585	70	3,236	14
NOVO HORIZONTE	243555,998	8848016,032	71	2,043	20
PLANALTO	245011,591	8849566,522	12	2,866	6
PLANALTO	244783,88	8849468,672	31	0,815	10
PLANALTO	244475,232	8849423,372	29	10,601	3
PLANALTO	244696,299	8849361,763	30	13,138	7
PLANALTO	244608,113	8849320,69	27	8,662	7
PLANALTO	244332,082	8849344,851	28	2,798	3
PLANALTO	244943,338	8849222,841	26	9,742	7
PLANALTO	244406,979	8849279,618	32	15,325	10
PLANALTO	244680,594	8849176,332	34	23,091	13
PLANALTO	244779,652	8849100,227	35	12,273	9
PLANALTO	244890,185	8849054,323	25	0,006	12
PLANALTO	244994,075	8849027,142	24	23,605	13
PLANALTO	245044,811	8849013,854	23	20,932	10
PLANALTO	245018,235	8848933,219	22	5,474	15
PLANALTO	244821,932	8848951,339	36	12,012	13
PLANALTO	244714,419	8848910,871	37	28,486	10
PLANALTO	244486,708	8848972,479	38	22,169	8
PLANALTO	244277,117	8849183,58	33	15	8
PLANALTO	244249,332	8849080,899	39	19,924	3
SANTA LUZIA	245520,384	8847770,78	4	28,038	12
SANTA LUZIA	245312,605	8847784,672	8	27,175	16
SANTA LUZIA	245365,758	8848067,952	2	35,65	10

SANTA LUZIA	245678,634	8847993,961	3	45,776	5
SÃO JOSÉ	244222,152	8848949,829	40	25,366	7
SÃO JOSÉ	244186,516	8848848,658	43	19,108	10
SÃO JOSÉ	244385,838	8848609,772	47	16,78	5
SÃO JOSÉ	244284,969	8848649,637	46	19,937	10
SÃO JOSÉ	244223,36	8848644,503	49	19,577	8
SÃO JOSÉ	244222,756	8848255,824	57	18,345	10
SÃO JOSÉ	244345,37	8848348,841	50	25,707	10
SÃO JOSÉ	244364,698	8848176,396	55	12,571	16
SÃO JOSÉ	244310,337	8848151,028	56	16,548	12
SÃO JOSÉ	244273,493	8848061,635	60	8,695	12

Por meio da Krigagem, foi possível obter a previsão do valor pontual do teor de nitrato no lençol freático, o que admitiu-se realizar a interpolação que levou em consideração todos os valores observados.

Assim sendo a Krigagem Ordinária considerou a média flutuante, ou móvel, por toda a área, tornando-se importante ferramenta para mapear indicadores de contaminação nas águas subterrâneas.

Para elaboração da estimativa dos valores de nitratos, utilizou-se o método da Krigagem Indicativa do mesmo modo foi possível elaborar estimativas de proporções para os valores que estão abaixo ou acima do nível de corte (percentis) da distribuição acumulada do aquífero livre de Nova Mamoré, onde os valores foram transformados nos indicadores 0 a 1, na legenda encontra-se distribuídos na escala de 0 até 1, onde o valor quando se aproximar de 1, estimou-se maior teor.

Os parâmetros da Krigagem Ordinária foram utilizados para equacionar os parâmetros da Krigagem Indicativa que é dada pela expressão:

$$\phi(A, V_c) = \frac{1}{A} \int_{x \in A} i(x, v_c) dx$$

Então, calculou-se os variogramas experimentais, indicativos para dois níveis de cortes: 0 e 1, que podem ser os percentis e estabelecidos os modelos variográficos para os mesmos.

As análises preliminares mostram que 62,5% das amostras encontram-se com valores superiores aos especificados na referida Portaria do Ministério da Saúde, tendo o valor de 10

mg/l como teor máximo indicando desta forma a contaminação por Nitrato em vários pontos do centro urbano da cidade de Nova Mamoré.

Assim sendo, os variogramas indicativos foram definidos por:

$$\gamma_i(h, v_c) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^n [I(x+h, v_c) - I(x, v_c)]^2$$

Deste modo, empregou-se a Krigagem Ordinária para calcular as proporções que estão abaixo dos níveis de corte, de < 3mg/l de nitrato. Segundo os quais foram obtidos os mapas de probabilidade de ocorrência.

Com as proporções obtidas, elaborou-se a função de distribuição acumulada para o lençol freático de nova Mamoré. Neste estudo utilizou-se, para determinação de teores anômalos de Nitrato e determinação de níveis de poluição acima de um teor crítico. Esta técnica permitiu a elaboração de estimativa de alguns pontos da função distribuição acumulada.

Adotaram-se dois níveis de teor de corte neste estudo: de >10mg/l de Nitrato, valor máximo aceitável pela legislação brasileira e teor de < 3mg/l, por ser considerado por diversos autores como indicativo de alteração antropogênica.



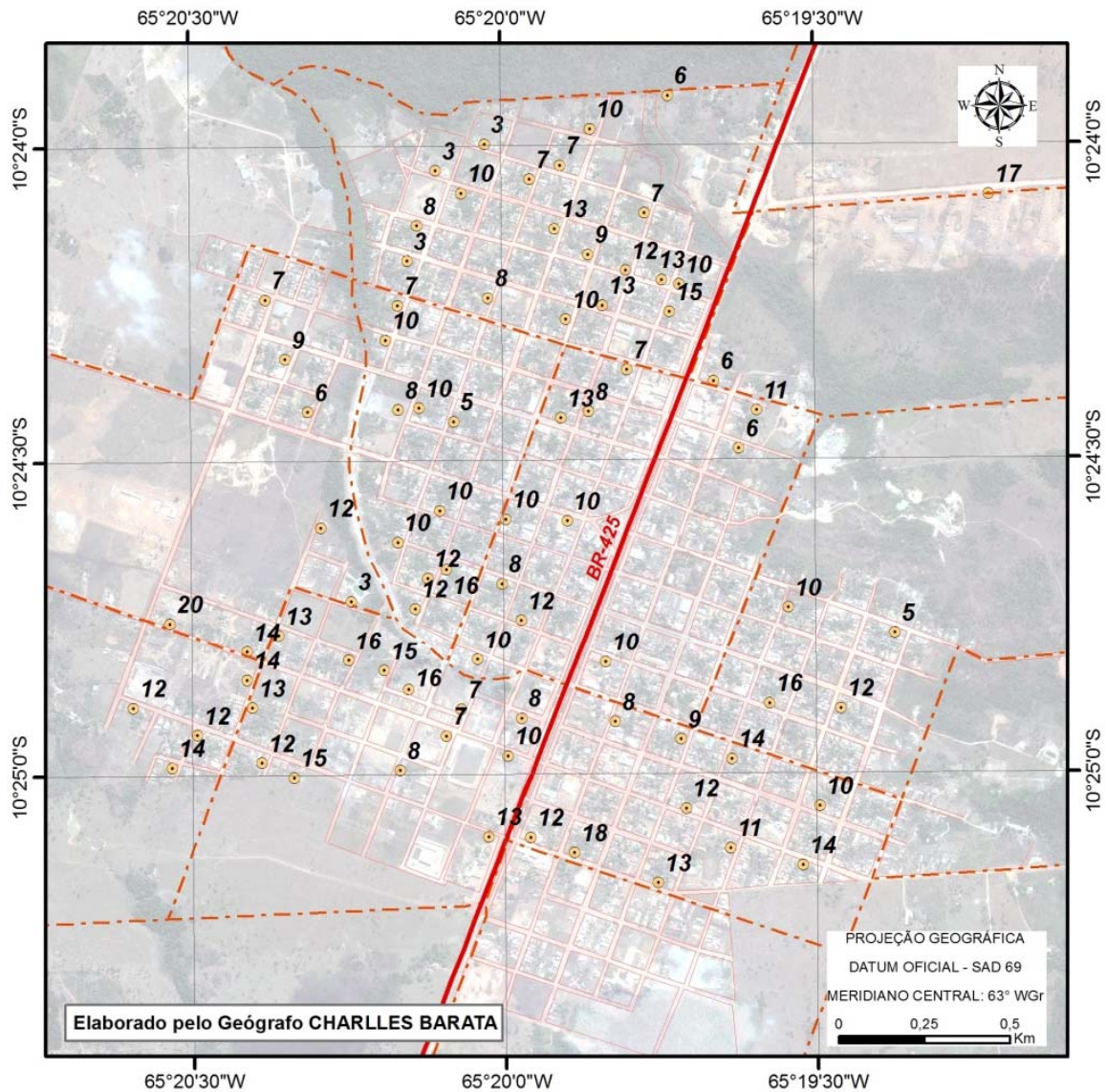
## 5 RESULTADOS E DISCUSÃO

### 5.1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS AMOSTRAS COLETAS

Através da amostragem aleatória, estratificada na área urbana de Nova Mamoré, selecionou-se 80 poços cacimba que são utilizados continuamente no abastecimento local.

Dos treze bairros existentes no distrito sede de Nova Mamoré, quatro bairros foram excluídos da pesquisa: o bairro denominado Área Verde, que ainda não possui ocupação. No bairro Nova Redenção, seriam selecionados cinco poços conforme a metodologia adotada, mas, devido à ausência de poços caçimba, por estes serem condicionados à presença de rocha maciça a poucos metros de profundidade (Complexo Nova Mamoré) foi um dos excluídos, o bairro Ambrósio, situado no setor industrial, não foi permitido o cadastramento dos poços e bairro hortifrutigranjeiro não possuía poços.

Ficando a distribuição espacial das amostras em nove bairros: Centro, Chacareiro, Cidade Nova, João F. Climaco, Nossa Senhora de Fátima, Novo Horizonte, Planalto, Santa Luzia e São José, conforme figura 11.



Legenda




-  14 Amostra Coletada
-  Limite de Bairros
-  Estrada Federal (BR-425)

Figura 11: Mapa da distribuição espacial dos poços cadastrados

## 5.2 QUALIDADE SANITÁRIA DOS POÇOS

Toda a água para o consumo requer um vasto processo de produção que envolve a sua captação, tratamento, armazenamento e sua distribuição. Quando a exploração da água é feita de poços de diferentes tipos, neste estudo adotou-se o poço tipo caçimba, onde a captação, armazenamento e distribuição concentram-se em um ponto único “o poço”, reduzindo o custo da água para o proprietário que após a abertura do mesmo só terá despesas com a manutenção da qualidade da água.

A realidade de campo mostrou que dos 80 pontos amostrais da área de estudo correspondentes ao número de poços cacimba avaliados, 70% do total não tiveram nenhuma atenção para com a qualidade sanitária do ambiente de entorno e proximidade dos poços com as fossas. Observou-se a presença de fossas negras, criação de animais, a não realização da cimentação no entorno do poço para fins de impermeabilização, bem como a falta de tampa nos mesmos.

As fotos 4, 5, 6 e 7, a seguir, evidenciam as observações de campo registradas no município de Nova Mamoré.



Foto 4 – Poço a 5 metros da Fossa Negra  
Autor da foto: Charles da Silva Barata



A negligência com a proteção é evidente, bem como em alguns casos a presença de animais bem próximos às bocas dos poços, onde raramente se encontravam tampadas e cimentada como o recomendado.



Foto 5 – Contaminação de água superficial, escoando a céu aberto a montante do poço.  
Autor da foto: Charlles da Silva Barata

Percebeu-se que a população não está bem informada sobre a questão da contaminação da água pela superfície e também pela subsuperfície. As fotos, a seguir, evidenciam várias situações de contaminação encontradas em campo.



Foto 6 – Contaminação de água superficial associada a lavagem de louças e roupas.  
Autor da foto: Charlles da Silva Barata



Foto 7 – Tampa de madeira, permitindo a entrada de água de chuva.  
Autor da foto: Charlles da Silva Barata

O poço aberto, ou com tampas inadequadas, tornam-se um veículo de agentes contaminantes da superfície até o lençol freático. Prática completamente inapropriada, que não oferece o mínimo de segurança quanto a qualidade da água para os que a utilizam no local, como também para as áreas adjacentes, considerando que os agentes contaminantes, neste caso o Nitrato, se move a longas distâncias do ponto de sua origem.

Neste cenário verifica-se diversas formas de poluição das águas subterrâneas quando poluentes são lançados diretamente no aquífero, por meio de Poços mal construídos ou operados que tornam-se caminhos preferenciais para que os poluentes atinjam diretamente as águas subterrâneas. Outra forma é o acúmulo de lixo urbano que muitas vezes são nocivos quando em contato com a água como as baterias e pilhas.

### 5.3 RELAÇÃO TOPOGRAFIA E POÇOS CACIMBAS ANALISADOS

O sítio urbano da cidade de Nova Mamoré, está sobre um platô oriundo, geologicamente, do complexo Nova Mamoré. Apresenta-se associado às coberturas sedimentares e detrito-lateríticas com uma altitude média de 135 a 155m, o sítio inserido em



áreas com morros residuais, de origem erosiva diferenciada em função das camadas lateríticas ferruginosas presentes em forma colunar ou em blocos, atuando como ponto de sustentação para a paisagem observada na área. Conforme a Foto 8.

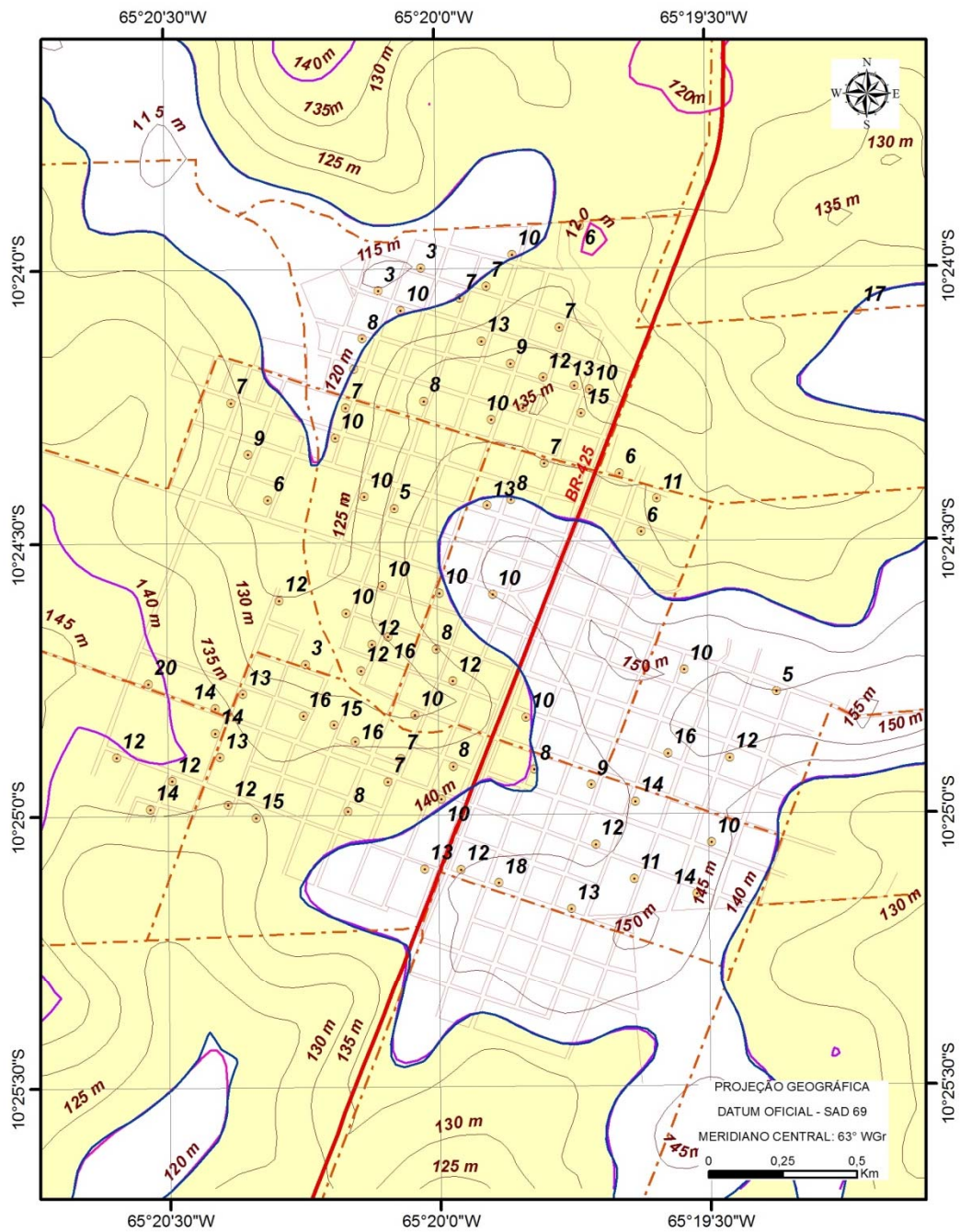


Foto 8: Camada detrito-laterítica na topografia mais baixa  
Autor da foto: Charles da Silva Barata

Observa-se, in loco, que esses platôs sofrem processos de fragmentação constante em áreas de vertentes sob condição atual de clima tropical como salientado em COSTA, (1991).

Verificou-se que a profundidade média dos poços analisados foi em torno de 10m e que, nas cotas entre 120 e 140 metros de altitude estão concentrados uma variedade de profundidades, caracterizando um cenário com variedade nas profundidades, considerando seus pontos extremos de profundidade entre 3,00m a 20,00m.

Com essas características há evidências de outros fatores que não somente a variação temporal do nível do lençol freático, como também a geologia do terreno alterando a profundidade do lençol freático de forma a se obter água para sua manutenção ao longo tempo de uso dos mesmos, figura 12.



**Legenda**

- 18 Amostra Coletada (Profundidade do Poço)
- Limite de Bairros
- Estrada Federal (BR-425)
- Cota Altimétrica 120m a 140m

Figura 12: Mapa da concentração de poços na cota 120m a 140m.



Apesar de especulativa, mas considerando as várias situações idênticas observadas em campo e sua importância para outras demandas, foi percebida uma possível associação entre a renda dos indivíduos e poços construídos, mais ou menos profundos, considerando seu custo total de construção. Observou-se que as residências onde havia maior infraestrutura visível, associaram-se a poços onde a profundidade era maior e o contrário nos outros casos. Sendo esta uma observação obtida em campo, mas em área ainda não devidamente estudada, em vários aspectos socioambientais, e por ela não ser motivo do presente trabalho, mantivemos a informação percebida e que poderá nortear novas pesquisas na área.

As fotos 9 e 10 são ilustrativas das possíveis diferenças de renda e tipos de poços.



Foto 9: Poço cacimba desprotegido e profundidade inferior a 5 metros  
Autor da foto: Charlles da Silva Barata



Foto 10: Poço cacimba protegido e profundidade superior a 15 metros  
Autor da foto: Charlles da Silva Barata



Considerando os setores ou diferentes bairros, existentes no núcleo urbano de Nova Mamoré, e o resultado do coeficiente de variação existente entre os poços e suas profundidades por bairro, encontramos uma distribuição espacial deles mais homogênea e levemente homogênea, como demonstrado na figura 13.

Os poços distribuídos pelo sítio urbano de Nova Mamoré, independente de bairro e localização geográfica, foram classificados predominantemente em poços do tipo cacimba, sendo encontrados alguns poucos, menos que 5%, denominados de semi-artesianos.

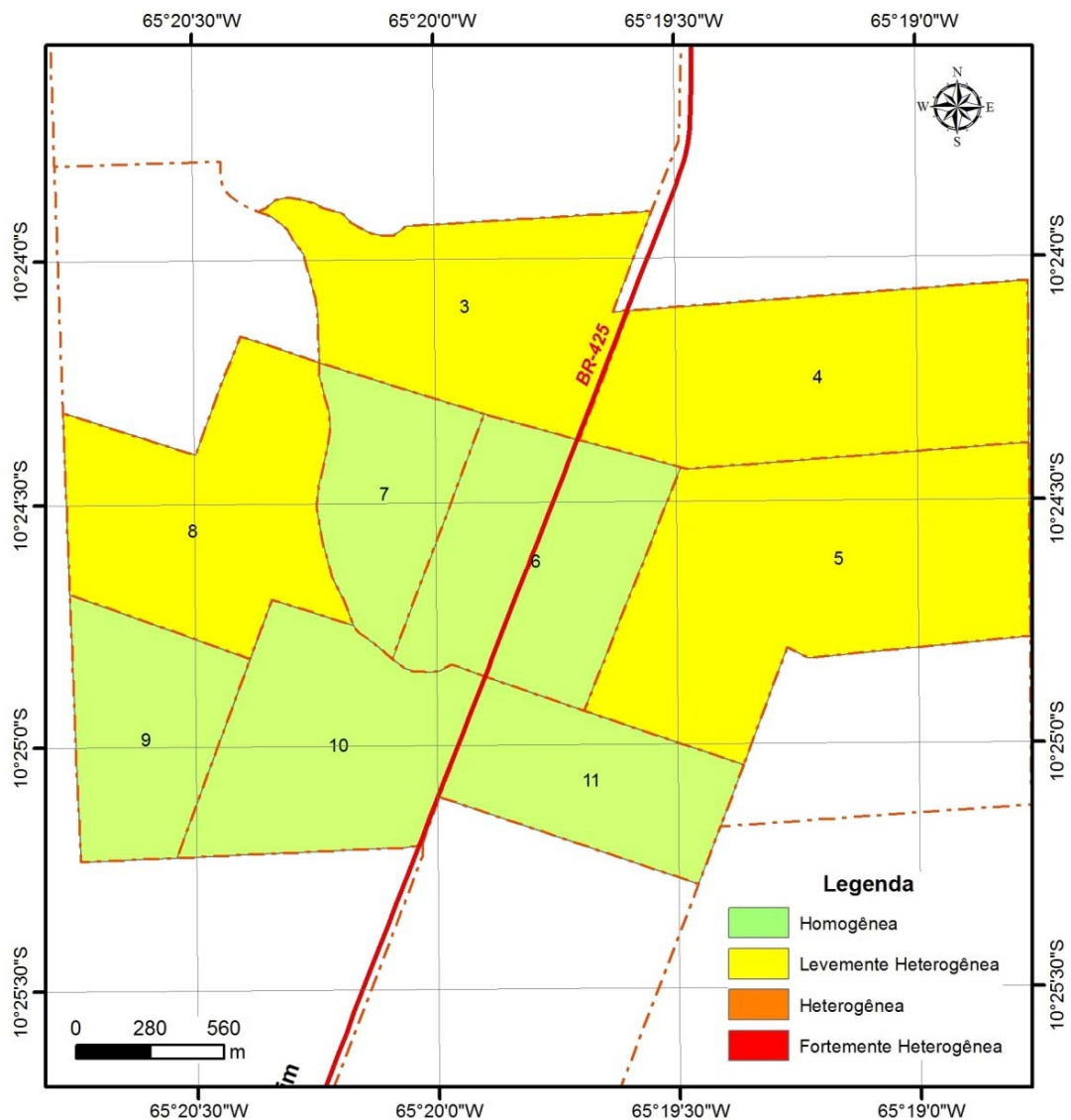


Figura 13: Mapa de homogeneidade de profundidade dos poços

#### 5.4 ANÁLISE DO HISTOGRAMA E BOX PLOT DOS DADOS DE TEORES DE NITRATO NA ÁREA DE ESTUDO

O histograma e o gráfico de média de concentração de teores de Nitrato foram elaborados utilizando o Programa R para Computação Estatística.

A figura 14, relativa ao histograma, apresenta distribuição heterogênea, variando no comportamento da pluma de contaminação em que 37,5% das amostras apresentam teores <10mg/l de Nitrato e 62,5% das amostras apresentam teores >10mg/l de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

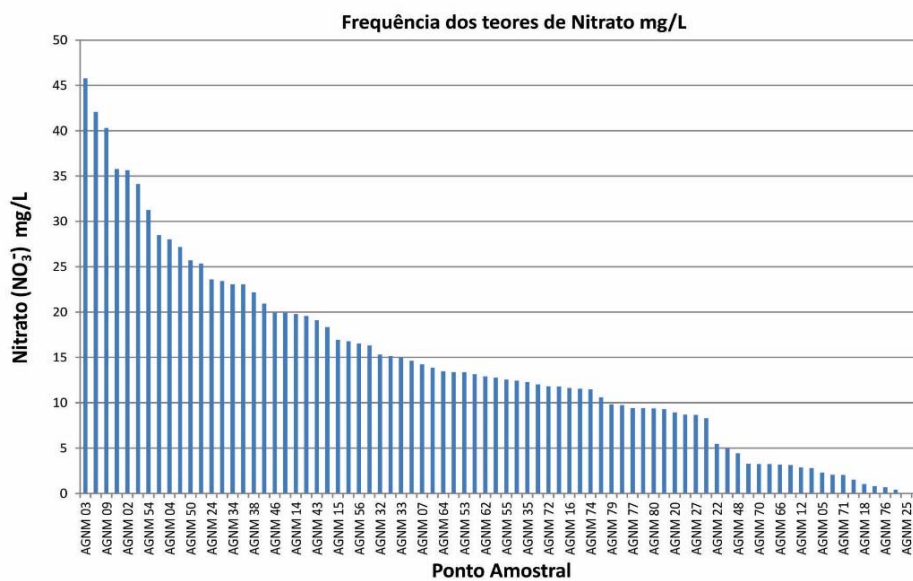


Figura 14: Histograma de concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na área de estudo.

Os resultados apresentados no histograma, demonstram uma distribuição heterogênea dos valores de Nitrato e, de acordo com o box – plot relativo a figura 15, os mesmos são positivamente assimétricos, considerando a aproximação do valor da mediana ao quartis Q1.

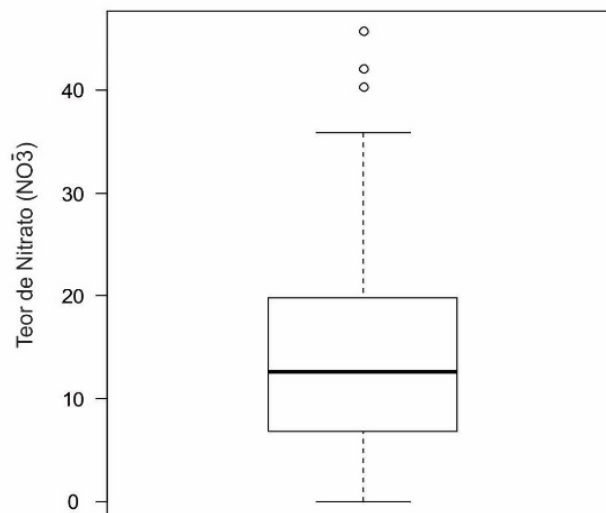


Figura 15: Concentração média de Nitrato  $\text{NO}_3^-$  (mg/L) na área de estudo.

## 5.5 ISOTEORES DE NITRATO

Ao se observar o Mapa de Isoteores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na figura 16, percebe-se que os maiores teores se apresentaram sobre o platô residual laterítico, que cobre grande parte da área urbana de Nova Mamoré. Esses valores estão associados aos períodos de ocupação do espaço urbano considerados mais antigos, uma vez que a área central do núcleo urbano, denominado de “centro”, foi a primeira a ser ocupada, como demonstrado na figura 3, p.26 sobre divisão de bairros.

O adensamento populacional mais antigo do município associa-se a teores de Nitrato da ordem de 21,51mg/l a 45,77 mg/l, havendo uma diminuição gradual nas áreas de ocupação mais recentes.

Valores extremos de 42,0 e 45,8 mg/l, são observados na área urbana de mais antiga ocupação humana, contrapondo-se com valores mínimos de 0 e 2 mg/l, localizados fora da área central da cidade e associados ao setor chacareiro, com baixa densidade demográfica.

Ainda com base nos bairros existentes em Nova Mamoré: Cidade nova; Chacareiro; Novo horizonte e Ambrósio, encontramos teores de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) abaixo de 9,70 mg/l e, portanto, inferiores ao limite máximo de 10 mg/l determinado pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 12/12/2011. Com isso os demais bairros, num total de oito, apresentaram teores superiores ao indicado pela referida portaria.

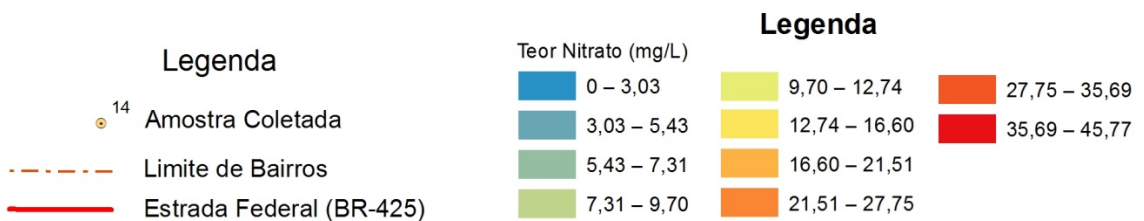
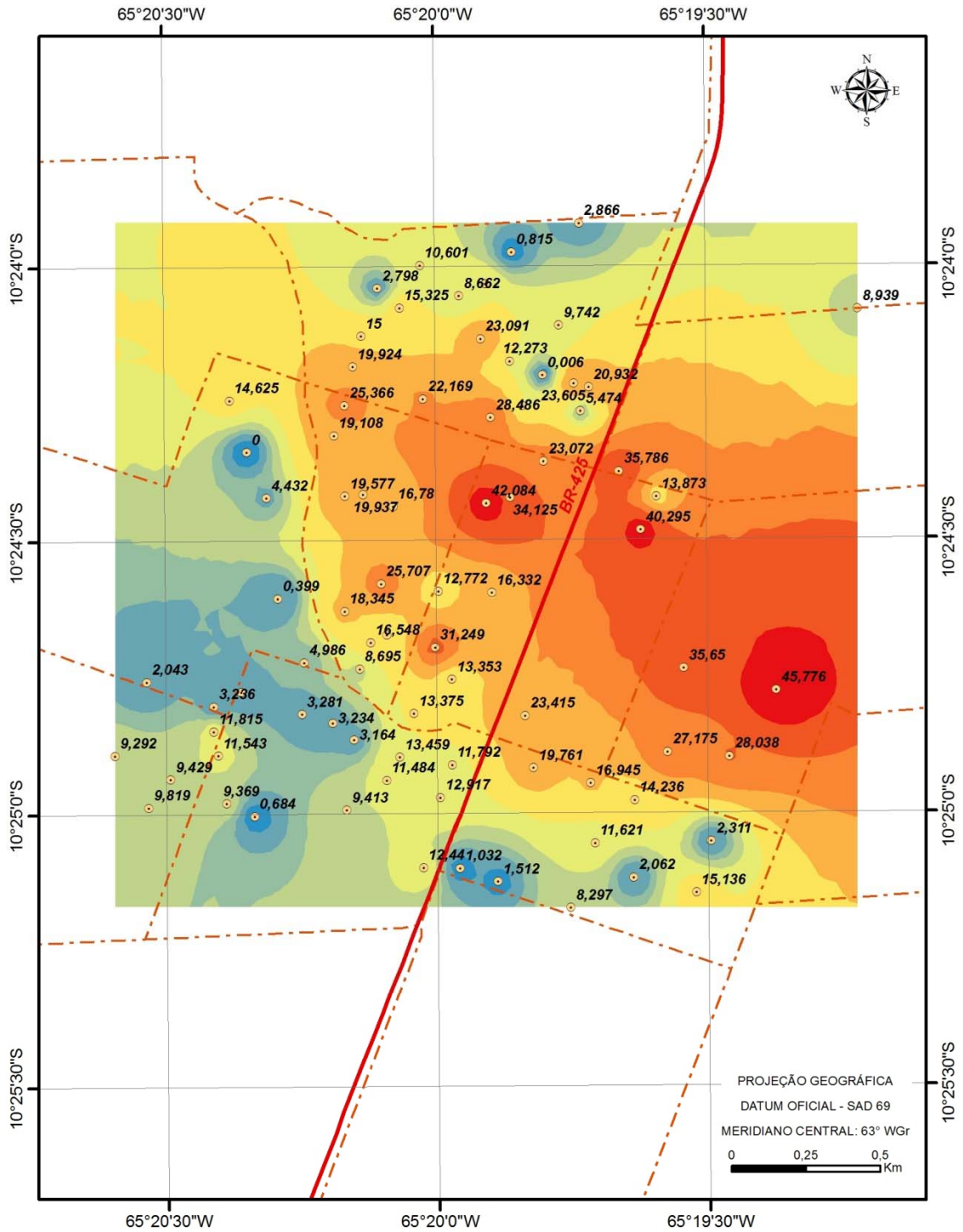


Figura 16: Mapa de isotores de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

## 5.6 ISOPROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE TEOR DE NITRATO >10MG/L

Os isovalores, determinados na área de estudo com índices acima de 10mg/l, são indicados na figura 17.

Ao se analisar a referida figura, referente à isoprobabilidade de ocorrência de valores acima de 10mg/l, constatou-se que a área de maior ocorrência de teores de nitrato e com probabilidade de ocorrência num percentual entre 70 a 100 % é a do núcleo urbano central de Nova Mamoré, cortada pela BR- 364, esta atua e atuou como agente facilitador da ocupação e transformação urbana da cidade, as consequências dessa concentração urbana motivada pela BR, resultou na contaminação das águas subterrâneas do local estudado. A pesquisa de Alaburda e Nishiara (1998) corrobora, com este estudo quando cita que a atuação antropogênica contribuiu para a degradação das águas associados a baixos indicadores de infra-estrutura em redes coletoras de esgotamentos sanitários.

Trabalhos realizados por Campos, (2003), no município de Mirante da Serra, Estado de Rondônia, evidenciaram elevados valores de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), acima de 10 mg/l nas áreas mais densamente povoadas.

Valores de baixa probabilidade de contaminação, no geral, variam entre 0 a 53% em áreas mais distantes do eixo central com influência urbana. Observa-se, ainda, o surgimento de uma faixa de transição com probabilidade de até 53% e superior a 72% de ocorrência, acima de 10 mg/l que, no caso, está associada à presença de drenagens do canal do Ambrósio e o igarapé Olaria.

Resultados que evidenciam o teor de Nitrato, em geral excedendo 10mg/l, o que limita a potabilidade para consumo humano, foram detectados em poços tubulares pouco profundos e do tipo cacimba, no município de Urânia-SP, (HIRATA, 2000) Gutierrez 2003 e CAGNON & HIRATA 2004, situação semelhante à encontrada no município de Nova Mamoré nos poços cacimba mapeados.

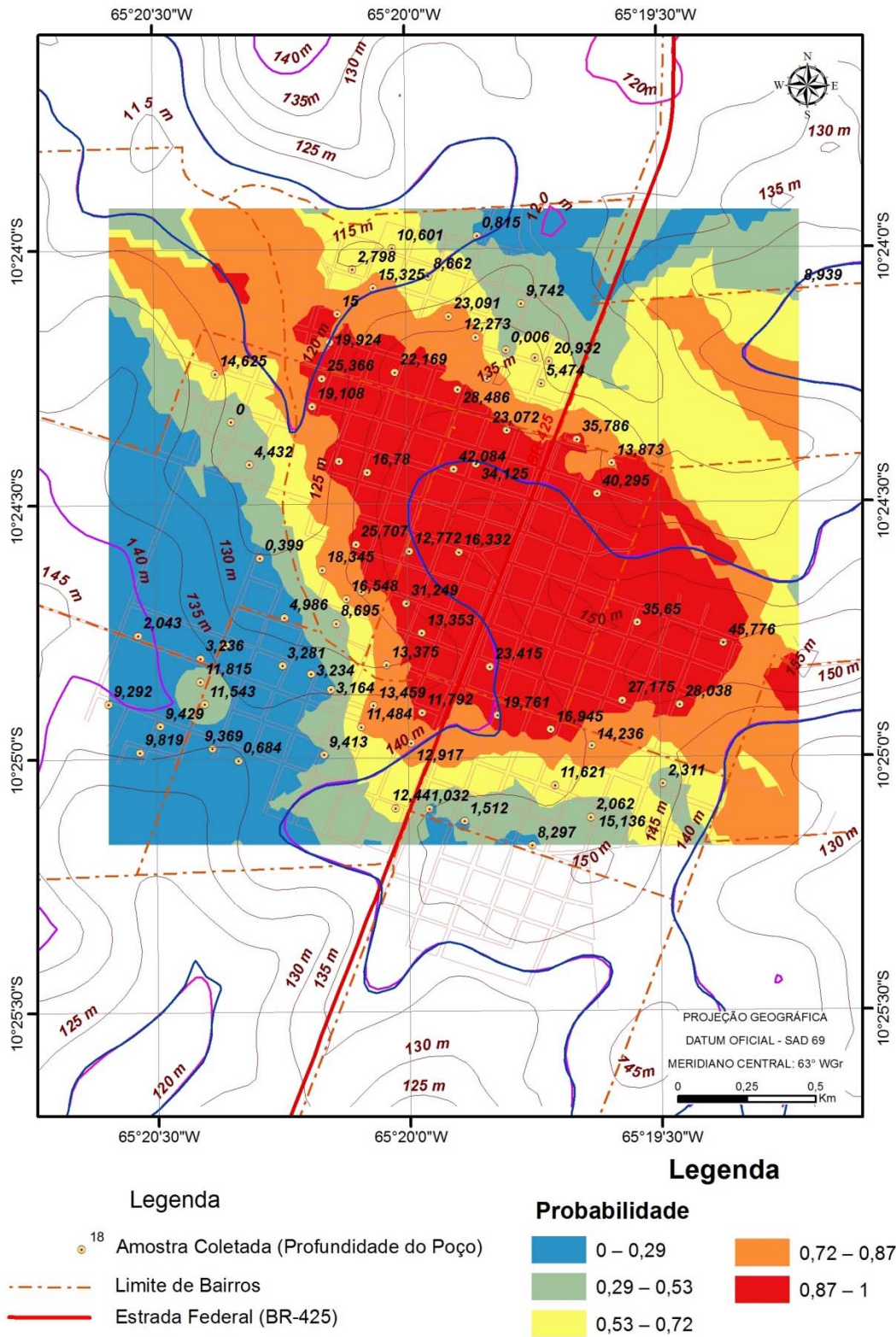


Figura 17: Mapa da concentração de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) com nível de corte >10mg/l



### 5.7 ISOPROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE TEOR DE NITRATO < 3 MG/L

A probabilidade entre 70 a 100% de haver na área de estudo teores e nitrato abaixo de 3 mg/l de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) são evidenciados na figura 18, correspondente à faixa vermelha da legenda.

Apesar de sua posição predominante de terço inferior de encosta a fundo de vale, os teores mais baixos de nitrato se encontram nessa faixa.

Em contraposição a área do platô laterítico, nessa figura n 18 indicada pela cor azul onde a probabilidade de encontrar teores abaixo de 3 mg/l é inferior a 12%, esse percentual baixo confirma as teorias dos autores Campos (2003) e Hirata (2000), onde a ação antrópica resultante das atividades urbanas exercem forte impactos na qualidade das águas subterrâneas, e nesse espaço o lençol freático já se encontra em alto grau de impactação.

As áreas com baixos teores de nitrato são pouco ocupadas pela urbanização da cidade de Nova Mamoré, onde a população se concentrou no eixo da rodovia BR-425 evidenciada na figura 18 os altos teores de contaminação.

Em vários pontos observa-se a presença da floresta Ombrófila aberta, que cobre aproximadamente 66% do município de Nova Mamoré, nessas áreas a contaminação foi menor que 3 mg/l de nitrato.

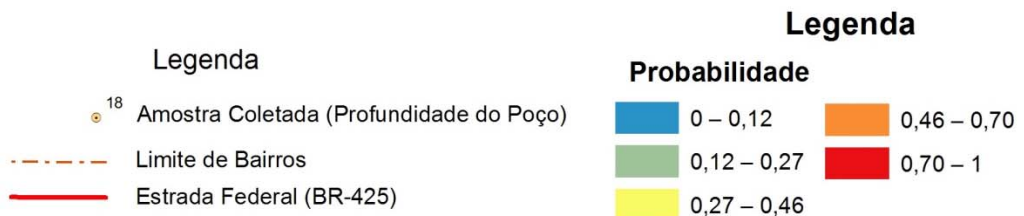
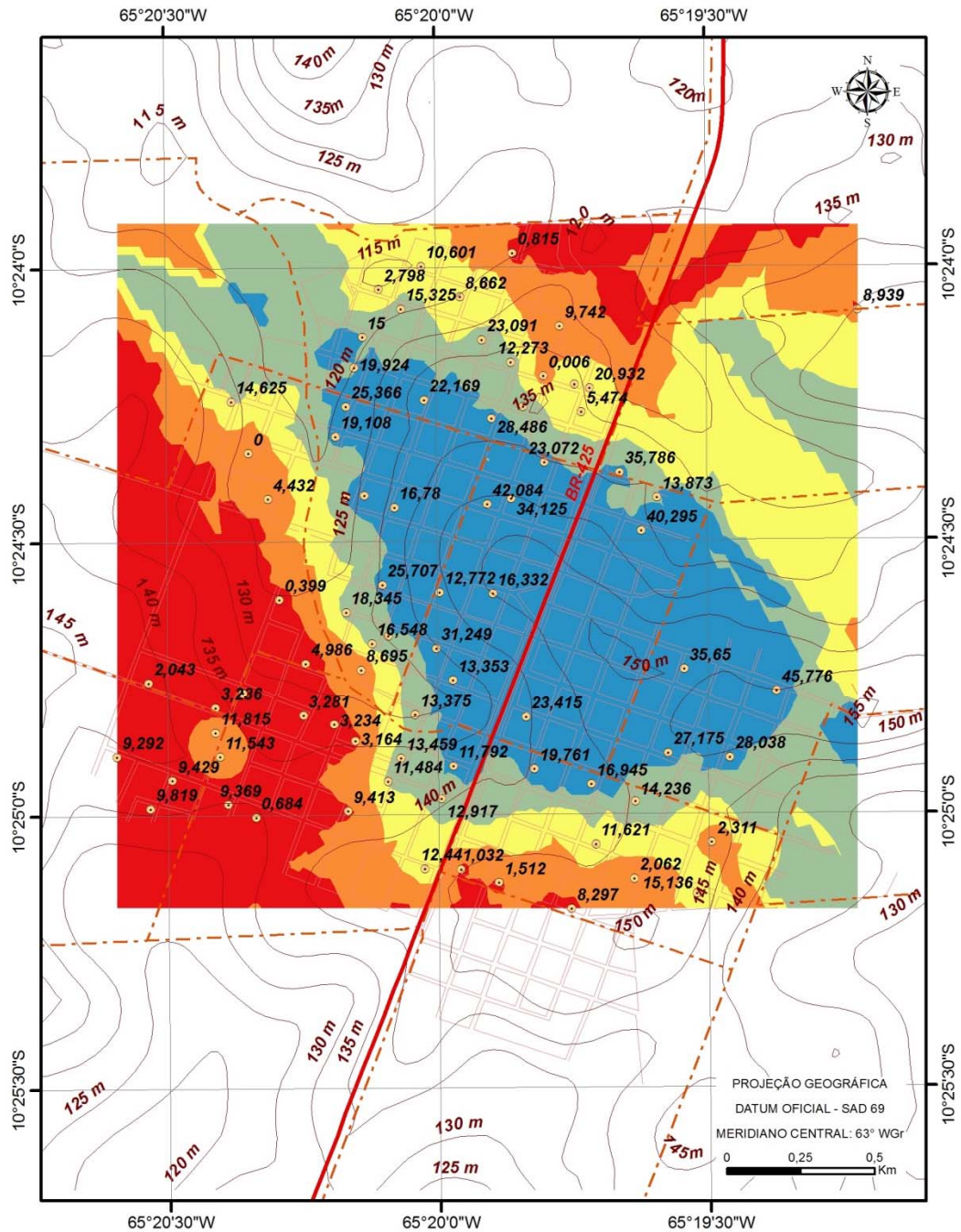


Figura 18: Mapa da concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) com nível de corte  $< 3 \text{ mg/l}$  de nitrato



## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foram cadastrados oitenta poços cacimba, na área urbana da sede do município de Nova Mamoré, Estado de Rondônia e estes foram espacializados através do método de amostragem aleatória estratificada, com realização de coleta de água e análise química do parâmetro Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), onde se detectou elevados índices de contaminação na área mais urbanizada. Cerca de 62,5% das amostras apresentaram teores de nitrato acima de 10mg/l, limite máximo permitido para consumo humano conforme Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 12/12/2011, que rege as normas de padronização e de potabilidade da água no Brasil.

Com a aplicação do método de geoestatística, através da Krigagem não-linear indicadora, por meio do estudo da sua distribuição e variabilidade espaciais, identificou-se duas áreas de teores anômalos de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ): uma até 3 mg/l e outra acima de 10mg/l.

As duas áreas identificadas demonstraram que a ocupação urbana evidenciada no eixo da rodovia BR-425, bem como ao alto número de poços escavados corroboram com as teorias dos autores citados nesse estudo onde a falta de saneamento básico, especificamente, rede coletoras de esgotamentos sanitários, aliados a alta concentração populacional nesse local contribuiu para concentração da contaminação no lençol freático, tornando a água subterrânea imprópria para alguns usos, em especial o consumo humano.

A outra área com menores teores de nitrato, menor que 3mg/l, ainda é pouco ocupada pela urbanização, caracterizado neste estudo pela cobertura da vegetação nativa e baixa quantidade de poços escavados.

Este estudo indicou que a fonte da contaminação é originada de resultado de atividades antropogênicas, evidenciado pela ineficiência do sistema de esgotamento sanitário, um dos eixos do saneamento básico em que, especificamente, aborda coleta, tratamento e destinação adequada dos esgotamentos sanitários e demais práticas de higiene sanitária.

Mesmo apresentando uma quantidade alta de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), no maior número de amostras analisadas, devemos considerar que ainda existem as áreas que apresentaram baixos teores de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e as que ainda não sofreram processos de antropização. Faz-se necessário, portanto, a inserção de políticas públicas no setor de saneamento básico do município.

## REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB e Agência Nacional de Águas-ANA**, 2011
- ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de Compostos de Nitrogênio em Águas de Poço**. Revista de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 160-5, abr.1998.
- AMARAL, S. E.; LEINZ, V. **Geologia Geral**. 14 ed. São Paulo: Nacional, 2003. 391 p.
- ARCGIS FOR DESKTOP ADVANCED. version 10.2.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 17 ed. Washington: 1998. p. 475 - 93.
- BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1999. **Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências**.
- BRASIL. Lei nº 8.987 de 13 de fevereiro de 1995. **Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências**.
- BRASIL. Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004. **Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública**.
- BRASIL. Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.7666, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.6666, de 21 de junho de 1993, 8.987 de 113 de fevereiro de 1995, revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências**.
- BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº. 2914 de 25 de dezembro de 2011. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Brasília, 2011.
- BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, N.357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63
- BRITO, P. N. F.; **Qualidade da Água de Abastecimento em Comunidades Rurais de Várzea do Baixo Rio Amazonas**. Trabalho de conclusão de curso. Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013. 49p.
- BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: 2004, 214 p.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. K.; SURAMPALLI, R. Y. **Nitrate Contamination of Ground Water: sources and potential health effects.** J. Am. Water Works Ass. p. 84-90. 1992.

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, 2014. 298 p.

CAERD. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. **Relatório de Monitoramento Ambiental de Nova Mamoré-RO.** Porto Velho: 2014, p.5

CAERD. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. **EBITDA de janeiro a dezembro de 2014.** Superintendência de Planejamento. Porto Velho, 2014

CAERD. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. **Plano de Controle Ambiental da cidade de Nova Mamoré.** Porto Velho, 2007.

CAMPOS, J. C. V. **A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil.** In: I SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2003, Rio de Janeiro: 2003. p. 133-41.

CAGNON, F., HIRATA, R. 2004. **Source of Nitrate in the Groundwater of Adamantina Aquifer in Urania, SP – Brazil.** In: XXXIII INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROGEOLOGISTS (IAH). CONGRESS, Zacatecas, 2004. Anais. Zacatecas, IAH. (CD-ROM).

CAGNON, F.A. (2003). **Origem e hidroquímica do nitrato nas águas subterrâneas do aquífero Adamantina em Urânia, SP.** 148 p. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

CETESB. Agudo, E.G. **Guia Nacional de Coleta, preservação de amostras de Água,** 1987.

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.

DERISIO, J. C.; SOUZA, H. B. **Guia Técnico de coleta de amostras de água.** São Paulo: CETESB, 1977. 257 p.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Groundwater Contamination.** New Jersey: Prentice Hall, 1979. 604 p.

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

FOSTER, S.; VENTURA, M.; HIRATA, R. C. A. **Poluição das Águas Subterrâneas.** São Paulo: Série Manuais. Instituto Geológico. Secretaria do Meio Ambiente. 1993. 53 p.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística Aplicada. Economia, Administração e Contabilidade.** 9. ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2000. 334 p.

FURASTÉ, P. A. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico: Elaboração e Formatação.** Explicação das Normas da ABNT. 14. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2006. 307 p.

GUTIERREZ, A.S. **Modelo Hidrogeoquímico do aquífero Adamantina em Ucrânia- SP.** São Paulo, 130 p. (Dissertação de Mestrado) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 2003.

HIRATA, R.; CAGNON, F. (2004). **Source of nitrate in the groundwater of Adamantina aquifer in Urânia, SP - Brasil.** In: XXXIII IAH Congress/VII ALHSUD, 2004, Zacatecas, City, 2004.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.  
<http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/home-cidades>. Pesquisado em agosto 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do Censo Demográfico.** Rio de Janeiro: 2010.

\_\_\_\_\_. **Atlas de saneamento - IBGE.** Rio de Janeiro: 2010. CD ROM

\_\_\_\_\_. **Contagem populacional - IBGE.** Rio de Janeiro, 2010.

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

KLOCK, A. L. S.; GUARDA, J. S.; CELLA, J.; SILVA, M. L.; FILHO, L. P. K. XVIII **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Qualidade das Águas de Poços Profundo do Município de Águas Frias-SC em Relação a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.** Belo Horizonte, 2014. p. 13.

LANDIM, P. M. B. **Análise Estatística de Dados Geológicos.** 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 254 p.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. **Krigagem Indicativa Aplicada à Elaboração de Mapas Probabilísticos de Riscos.** DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 2002. 19 p. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 10 nov. 2007. 71

LIMA, M. L. A. **Águas Subterrâneas Potencialmente Impactadas por Nitrato (NO<sub>3</sub>-) na Área Urbana da Cidade de Porto Velho: um Estudo da Geografia da Saúde, Porto Velho, RO.** (Dissertação de Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2008, 76 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas, SP. Editora Átomo, 2010. 3ª ed. 494 p.

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. p. 1-20.

MINDRISZ, A. C. **Avaliação da Contaminação da Água Subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fósseis, no município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à Gestão Ambiental.** Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. 2006.

NOVA MAMORÉ. Prefeitura Municipal de Nova Mamoré. Lei complementar nº 910-GP/2012. **Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo do Município de Nova Mamoré, cria o Sistema Municipal de Planejamento Urbano e Gestão Democrática, institui o Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano, cria o Fundo Municipal de Desenvolvimento Urbano e dá outras providências.** Nova Mamoré, 86 p.

\_\_\_\_\_. **Diagnostico do Plano Diretor Participativo de Nova Mamoré.** Nova Mamoré, 2012.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara KOOGAN S.A. 1988. 434 p.

PLANAFLORO. **Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia.** 1998. Porto Velho.

PARAGUASSU-CHAVES, C.A.; CAVALCANTE, F.R.C.; UCHOA, M. R.; BARATA, C. S.; SILVEIRA, E.G.; DANTAS, L. R. M. **Possível Concentração de Nitrato (NO<sub>3</sub>-) na Área Urbana da Fronteira de Rondônia.** Debate em ação: discussão científica, v. 1, p. 70-79, 2015.

QUEIROZ, J. T. M. de; HELLER, L.; SILVA, S. R. da. (2009). **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, p.479-489.

REIS, Gustavo Mello & RIBEIRO JÚNIOR, José Ivo. Ferramentas Estatísticas Básicas da Qualidade - guia prático do R. Disponível em: <http://www.estatisticador.xpg.com.br/3.html>. Acesso em: 17/12/2015.

RODRIGUES, E.R.D. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho-Rondônia – Brasil.** (Dissertação em Geografia). Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2008. 85 p.

RIQUELME, A.M. **Avaliação da Contaminação por Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em poços cacimba no perímetro urbano do município de Rolim de Moura.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2015. 90 p.

RONDÔNIA, GOVERNO DO ESTADO DE. **Diagnostico Sócio-Econômico Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para formulação da 2ª Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico.** Porto Velho: 1998.

\_\_\_\_\_, GOVERNO DO ESTADO DE. **Diagnostico Sócio-Econômico Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para formulação da 2ª Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico.** Diagnostico Detalhado por Regiões de Análises (RA's), Porto Velho: 1998.

RONDÔNIA (Estado). **Lei Complementar nº 312, de 06 de maio de 2005. Acrescenta e revoga dispositivos da Lei Complementar nº 233, de 06 de junho de 2000.** Assembléia Legislativa do Estado de Rondônia. Disponível em: <[http://sapl.al.ro.leg.br/consultas/norma\\_juridica/norma\\_juridica\\_mostrar\\_proc?cod\\_no\\_rma=445](http://sapl.al.ro.leg.br/consultas/norma_juridica/norma_juridica_mostrar_proc?cod_no_rma=445)>. Acesso em: 30 set. 2015.

SIMÃO, F. B. **Mapeamento de risco de malária na área urbana de Porto Velho - RO, pela krigagem indicativa.** (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2001. 78 p.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. **Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties.** Advances in Agronomy, Kent, v. 38. p. 45-94. 1985.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo, Navegar, 2003, 180p. ISBN: 85-87678-23-x.


VARNIER, C. L.; HIRATA, R. C. A. **Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê - São Paulo. Brasil.** Revista Águas Subterrâneas, n. 16, p. 97-104, maio, 2002.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações.** 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2015. 215p.

.

.

## APÊNDICE

 <p style="font-size: small; margin: 0;"><b>MESTRADO EM GEOGRAFIA - UNIR</b> A Amazônia e Políticas de Gestão Territorial</p>	<p style="margin: 0;"><b>Universidade Federal de Rondônia</b> Núcleo de Ciências Exatas e da Terra Departamento de Geografia Programa de Mestrado em Geografia</p>
--	--

### QUESTIONÁRIO CADASTRO DE POÇOS DE NOVA MAMORÉ

POÇO Nº \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_ HORÁRIO DA COLETA : \_\_\_\_\_

CHUVA (24 H ANTERIORES)? (  ) SIM (  ) NÃO

NOME DO PROPRIETÁRIO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

QUANTAS PESSOAS RESIDEM NO ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

O POÇO SECA? (  ) SIM NÃO (  ) NÃO OBS.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

VOCÊ USA ÁGUA DO POÇO:

(  ) SOMENTE PARA HIGIENE (HIGIENE PESSOAL, LAVAR LOUÇA, ROUPA, LIMPEZA E ETC.)

(  ) COM ALGUMAS RESTRIÇÕES (PRECIS FERVER, COMPRAR ÁGUA PARA BEBER

ASPECTO DA ÁGUA:

POSSUI FOSSA NEGRA? (  ) SIM NÃO (  ) PROFUNDIDADE (M) \_\_\_\_\_

VOCÊ JÁ ENFRETOU ALGUM PROBLEMA COM A FOSSA?

(  ) NÃO TEVE PROBLEMAS (  ) MAU CHEIRO (  ) ENTUPIMENTO

QUAL? \_\_\_\_\_

PROFUNDIDADE DO POÇO (m) \_\_\_\_\_

DIÂMETRO DO POÇO (cm) \_\_\_\_\_