



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

ZACARIAS CRUZ DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PROJETO
DE ASSENTAMENTO NOVA AMAZÔNIA OUTORGADAS PELO PODER PÚBLICO
ESTADUAL

BOA VISTA, RR
2021

ZACARIAS CRUZ DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PROJETO
DE ASSENTAMENTO NOVA AMAZÔNIA OUTORGADAS PELO PODER PÚBLICO
ESTADUAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-PROFÁGUA, na área de concentração: Instrumento da Política de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Souza
Coorientador: Prof. Dr. Stélio Tavares

BOA VISTA, RR

2021

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

O48c Oliveira, Zacarias Cruz de.
Caracterização da qualidade de águas subterrâneas no Projeto de Assentamento Nova Amazônia outorgadas pelo poder público estadual / Zacarias Cruz de Oliveira. – Boa Vista, 2021.
79 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Souza.

Coorientador: Prof. Dr. Stélio Tavares.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

1 – GOD. 2 – Poço Tubular. 3 – Poço Amazonas. 4 – Recursos Hídricos. 5 – Sonda Multiparamétrica. I – Título. II – Souza, Vladimir de (orientador). III – Tavares, Stélio (coorientador).

CDU – 556.32(811.4)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Shirdoill Batalha de Souza - CRB-11/573 - AM

ZACARIAS CRUZ DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PROJETO
DE ASSENTAMENTO NOVA AMAZÔNIA OUTORGADAS PELO PODER PÚBLICO
ESTADUAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-PROFÁGUA, na área de concentração: Instrumento da Política de Recursos Hídricos. Defendida em 11 de fevereiro de 2021 e avaliada pela seguinte banca:

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Souza;
Coorientador: Prof. Dr. Stélio Tavares



Prof. Dr. Vladimir de Souza – Orientador (UFRR)



Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho (UFRR)



Prof. Dr. Carlos Eduardo Lucas Vieira (UFRR)

Dedico este trabalho
À minha mãe Edith Cruz de Oliveira (*in memoriam*),
Ao meu pai Valdemiro Dedes Ferreira (*in memoriam*),
Às minhas filhas Ana Clara,
Gabriela Araújo e
Ana Luiza

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a DEUS, pela vida, o conhecimento e a saúde durante toda minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - BRASIL (CAPES) – Código de financiamento 001.

Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PRAFÁGUA, projeto de apoio CAPES/ANA AUXPE N° 2717/2015 pelo apoio técnico.

A Universidade Federal de Roraima - UFRR pelo apoio logístico, estrutural e recursos humanos dispensado a este trabalho.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH pelo incentivo e apoio financeiro a este projeto.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vladimir de Souza, pela paciência e acompanhamento durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Senhor Ionilson Sampaio de Souza, Presidente da FEMARH, pelo apoio e encorajamento neste trabalho.

A Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER pelas análises das amostras coletadas durante este trabalho.

A todos os Professores do Curso de Mestrado Profissional em Gestão e regulação de Recursos Hídricos, da UFRR pela paciência e devoção ao ensino prestado nesse período.

Aos Colegas de trabalho, Analistas Ambientais, Engenheira Agrônoma Onília Maria Costa de Pinho, Engenheiro Civil Vandenildo Artur Lima de Queiroz e Engenheiro Agrônomo Valdecir Pinheiro da Costa pela ajuda na fase de campo e nas interpretações dos dados.

A colega de trabalho, Anielle de Sousa da Conceição, Chefe da Divisão de Reflorestamento e Crédito Florestal da FEMARH, pela ajuda na edição deste trabalho.

A minha Chefe, Mariana Alves de Lima, pelo incentivo neste trabalho.

Ao Geólogo Igor Sthefan de Sousa pela ajuda prestada nos trabalhos de campo onde colaborou na medição dos níveis dos poços, bem como a suas vazões e dados hidrogeológicos dos mesmos.

A Geóloga Iana Gabriela Sampaio Silva pela ajuda na confecção dos mapas apresentados neste trabalho.

RESUMO

Tendo em vista a carência de distribuição de água pela rede pública de abastecimento, principalmente, na zona rural do município de Boa Vista, houve um aumento considerável de solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos para poços tubulares e amazonas nas pequenas propriedades rurais. Entretanto, a Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH atualmente emite tais outorgas, cartorialmente, sem qualquer análise ou monitoramento prévio dessas águas subterrâneas. O trabalho foi desenvolvido no PA Nova Amazônia, Polo I, município de Boa Vista, estado de Roraima, com o objetivo de caracterizar, por meio de Sonda multiparamétrica e análises das águas dos poços amostrados, a qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Boa Vista naquele local. Foi realizado os trabalhos de campo com a caracterização geológica e hidrogeológica do local. A caracterização de contaminação das águas foi feita por meio de amostras coletadas em poços tubulares, em recipiente de 20 (vinte) litros em que foram verificados os parâmetros de condutividade elétrica, pH, turbidez e coliformes termotolerantes, a fim de constatar o que se previa, a contaminação do Aquífero. Foi usado para essas medições a Sonda Multiparâmetro portátil, com leituras efetuadas diretamente na sonda por meio do computador em software dela. Foram selecionados 4 (quatro) poços tubulares que, representa geograficamente a área estudada. As amostras foram analisadas no laboratório da Companhia de Água e Esgoto do Roraima – CAER. Foi proposto a utilização de um Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas composto de parâmetros básicos, descritos na Resolução CONAMA n° 396/2008 e os resultados mostraram que a águas do aquífero no Polo I para consumo humano, está contaminada por coliformes, sendo dessa forma, inapropriada para ser consumida naquela localidade. O Poder Público, por meio da FEMARH deve intervir de forma rápida, dando soluções técnicas e ambientais, como as descritas no decreto – E n° 8.123/2007, capazes de rever e reverter tal situação. O Aquífero Boa Vista, no Polo I, foi considerado de extrema vulnerabilidade pelo método GOD, bem como teve suas águas classificadas como Classe 4, de acordo com a classificação da Resolução CONAMA n° 396/2008, em função da contaminação por coliformes. A utilização do Protocolo mostrou-se eficiente mesmo que, composto de parâmetros básicos e que deve ser utilizado em outros locais do estado para caracterizar e classificar, em classes, as águas subterrâneas. Cabe ressaltar que, essa metodologia não é definitiva, pois, à medida que o laboratório da CAER for adquirindo melhor estrutura, serão incluídos mais parâmetros. Deste modo, a presente pesquisa pretende mostrar uma visão pormenorizada da situação da água nos poços subterrâneos, localizados no PA Nova Amazônia, Polo I, e com isto, orientar o uso deste importante recurso natural e, igualmente, dar subsídios para novas outorgas.

Palavras – chave: GOD. Poço Tubular. Poço Amazonas. Recursos Hídricos. Sonda Multiparamétrica.

ABSTRACT

In view of the lack of water distribution through the public supply network, mainly in the rural area of the municipality of Boa Vista, there was a considerable increase in the request for the granting of the right to use water resources for tubular and Amazonian wells in small rural properties. However, the State Foundation for the Environment and Water Resources - FEMARH currently issues such grants, notarially, without any analysis or prior monitoring of these groundwater. The work was developed at PA Nova Amazônia, Polo I, municipality of Boa Vista, state of Roraima, with the objective of characterizing, through Multiparametric Probe and water analysis of the sampled wells, the quality of the groundwater of the Boa Vista Aquifer in that local. Field work was carried out with the geological and hydrogeological characterization of the site. The characterization of water contamination was made by means of samples collected in tubular wells, in a 20 (twenty) liter container in which the parameters of electrical conductivity, pH, turbidity and thermotolerant coliforms were verified, in order to verify what was expected, contamination of the Aquifer. For these measurements, the Portable Multiparameter Probe was used, with readings taken directly on the probe through the computer in her software. Four (4) tubular wells were selected which represent the studied area geographically. The samples were analyzed in the laboratory of the Water and Sewage Company in the State of Roraima - CAER. It was proposed to use a Groundwater Characterization Protocol composed of basics parameters, described in CONAMA Resolution n° 396/2008 and the results showed that the aquifer waters in Polo I for human consumption, is contaminated by coliforms, being, therefore, inappropriate to be consumed in that location. The Public Power, through FEMARH must intervene quickly, providing technical and environmental solutions, such as those described in Decree - E n° 8.123/2007, capable of reviewing and reversing this situation. The Boa Vista Aquifer, at Pole I, was considered extreme vulnerable by the GOD method, as well as having its waters classified as Class 4, according to the classification of CONAMA Resolution n° 396/2008, due to contamination by coliforms. The use of the Protocol proved to be efficient even though it is composed of basics parameters and should be used in other places in the state to characterize and classify, in classes, groundwater. It is worth mentioning that this methodology is not definitive, since, as the CAER laboratory acquires a better structure, more parameters will be included. In this way, the present research intends to show a detailed view of the water situation in underground wells, located in PA Nova Amazônia, Polo I, and with this, guide the use of this important natural resource and, equally, provide subsidies for new grants.

Keywords: GOD. Tubular Well. Amazon Well. Water resources. Multiparametric probe.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Mapa localização do PA Nova Amazônia.....	17
Figura 2-	Mapa de localização do Polo I, PA Nova Amazônia.....	20
Figura 3 –	Medidor de nível elétrico.....	29
Figura 4 –	Balde de 20 l.....	29
Figura 5 –	Sonda multiparamétrica.....	30
Figura 6 –	Recipiente para acondicionamento das amostras.....	30
Figura 7 –	Aplicativo <i>Handygps</i>	31
Figura 8 –	Mapa Geológico do Polo I, PA Nova Amazônia.....	36
Figura 9 –	Mapas de poços estudados e do SIAGAS.....	38
Figura 10 –	Poço na vicinal 10 cadastrados no SIAGAS/CPRM, ID: 1300008258.....	39
Figura 11 –	Poço na vicinal 2A cadastrado no SIAGAS/CPRM, ID: 1300008140.....	40
Figura 12 –	Mapa hidrogeológicos do Polo I, PA Nova Amazônia.....	42
Figura 13 –	Dados hidrogeológicos dos poços estudados.....	43
Figura 14 –	Mapa de poços estudados no Polo I, PA Nova Amazônia.....	45
Figura 15 –	Sangria do poço.....	47
Figura 16 –	Medidor de nível introduzido no poço.....	47
Figura 17 –	Frascos de vidro de 250 ml.....	48
Figura 18 –	Medição de parâmetros pela sonda multiparamétrica em balde de 20L.....	49
Figura 19 –	Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas.....	51
Figura 20 –	Tanque de piscicultura abandonado próximo ao poço.....	53

Figura 21 – Pocilga próximo ao poço amostrado.....	54
Figura 22 – Método GOD para avaliação de vulnerabilidade do aquífero a contaminação.....	62
Figura 23 – Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas.....	65

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Intervalos de K e T utilizados no mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo.....	26
Quadro 2 – Procedimentos de coletas de amostras de águas subterrâneas.....	46
Quadro 3 – Resultados de laboratório das análises de amostras de águas subterrâneas coletadas.....	60
Quadro 4 - Valores dos índices dos parâmetros da metodologia GOD.....	61
Quadro 5 – Classificação de aquífero através do método GOD.....	63
Quadro 6 – Classificação das águas subterrâneas para enquadramento.....	66

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA.....	21
1.2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2	OBJETIVOS.....	27
2.1	OBJETIVO GERAL.....	27
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3	MATERIAL E MÉTODO.....	28
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	31
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
4	TRABALHO DE CAMPO.....	34
4.1	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA.....	34
4.1.1	Formação Boa Vista.....	34
4.1.2	Formação Areia Brancas.....	35
4.2	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	36
4.2.1	Sistema Aquífero Boa Vista.....	36
4.3	DESCRIÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES DE RECURSOS HÍDRICOS NO POLO I.....	44
4.4	SELEÇÃO DOS POÇOS.....	44
4.5	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
5.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS.....	50
5.1.1	Condutividade Elétrica.....	52

5.1.2	Turbidez.....	52
5.1.3	Temperatura.....	54
5.1.4	pH.....	55
5.1.5	Coliformes Termotolerantes e Totais.....	56
5.1.6	Nitrato.....	58
5.1.7	Sólidos Totais Dissolvidos.....	58
5.2	VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO.....	60
5.3	RISCOS E FONTES DE CONTAMINAÇÃO.....	64
5.4	CLASSIFICAÇÃO PARA ENQUADRAMENTO.....	65
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	68
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE.....	76

1 APRESENTAÇÃO

Atualmente mais da metade da população mundial reside em áreas urbanas (54%) e esse número, segundo estudo, tende a aumentar. Estima-se que em 2050, 66% da população mundial habitará áreas urbanas. Um dos maiores desafios, associados com a magnitude e velocidade de mudança da paisagem urbana será a de fornecer água (MAZZUCO et al., 2015). Em razão do crescimento natural da população e da contaminação das águas por substâncias químicas, o suprimento de água potável e de boa qualidade nas áreas mais desenvolvidas torna-se cada vez difícil e de maior custo (FILIZOLA et al., 2002).

Apesar da relevância da água subterrânea para o desenvolvimento socioeconômico, o Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração e a qualidade de suas águas. Os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados. A maior parte dos estudos de qualidade da água subterrânea publicados mais recentemente têm caráter mais localizado (ZOBY, 2008).

Para avaliar a qualidade das águas subterrâneas é necessário a realização de análises físico-químicas, que produzam resultados de diversas variáveis, apresentando característica multivariada, deixando clara a necessidade do tratamento multivariado dos dados (FRANCA et al., 2017).

O presente projeto de pesquisa será desenvolvido no Projeto de Assentamento Nova Amazônia que está localizado na parte noroeste do município, porção central do estado de Roraima (Figura 1), a 30 km ao norte da cidade de Boa Vista, no município homônimo (LACERDA, 2013).

O Norte do país possui uma dinâmica própria no contexto da Reforma Agrária nacional. A baixa densidade demográfica da região fez com que o incentivo à sua ocupação se tornasse uma medida viável, com vistas a solucionar as pressões por terra que existem em outras áreas (LACERDA, 2013).

Deste modo, a criação de assentamentos na região foi estimulada por parte do poder público, o que atraiu um considerável contingente de imigrantes. No entanto, os projetos de assentamento, apesar de serem

naturais, como Pau Brasil, ouro e ferro; a descoberta de solos férteis que propiciou a produção de gêneros agrícolas voltados para a exportação, como: cana-de-açúcar, café, algodão e pimenta do reino e cujo destino final seria o mercado europeu; no final do século XIX a mão de obra escrava começou a ser substituída pela assalariada, tendo em vista que a abolição da escravidão se fazia inevitável. Assim, a Coroa criou mecanismos que dificultaram o acesso à terra por parte dos futuros alforriados. Foi então criada a primeira lei de terras do país (Lei nº 601/1850), responsável por implantar no Brasil a propriedade privada das terras.

A água e seus usos assim como a regularização fundiária constituem-se em questões emblemáticas em Roraima, embora estejamos na segunda década do novo milênio. Os elementos dessas questões são representados pelos conflitos e disputas entre trabalhadores, indígenas, empresários e o Estado (LACERDA, 2013).

Foi no início desse segundo milênio que a cidade de Boa Vista viu recrudescer o processo de ocupação dos seus espaços agrários. A Rodovia Federal BR 174, sentido Venezuela foi o local da ação organizada de trabalhadores que fecharam a BR e acamparam como estratégia de pressão junto no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA para criação do primeiro projeto de assentamento humano em Boa Vista, no sistema ambiental do Lavrado. Os assentamentos Nova Amazônia e Nova Amazônia I constituem-se, portanto, na materialização desta conquista (PEREIRA, 2017).

O Projeto de Assentamento Nova Amazônia - PANA está circunscrito no Lavrado de Roraima. O proprietário do complexo agropecuário Bamerindus tornou-se devedor do governo central, por conta de um empréstimo feito junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (PEREIRA, 2017).

A inadimplência do Banco Bamerindus junto ao BNDES, ensejou a incorporação do complexo Bamerindus – Fazenda Bamerindus – às garantias materiais da operação financeira. Movimento que permitiu incorporar o complexo agropecuário, pelas vias judiciais, ao patrimônio da União, incluindo, sobretudo, todas as benfeitorias existentes na fazenda, destacadas pelo expressivo número de gado, imóveis, móveis, mobiliários, máquinas e utensílios. O patrimônio levantado à época por uma comissão do INCRA era robusto, de qualidade e de alta monta. Os trabalhadores egressos da fazenda Bamerindus tiveram prioridade na entrega dos lotes,

eles já residiam no local, particularmente na sede da Fazenda, nas unidades habitacionais edificadas para esse fim. Pelos relatos colhidos junto aos agricultores familiares, esses trabalhadores tiveram a opção da escolha dos seus lotes; a maioria reside no polo 4. Eles dispunham, além da carteira assinada, a pecuária como principal atividade laboral (PEREIRA, 2017).

O assentamento em questão possui uma posição geográfica (na BR174 próximo à cidade de Boa Vista) e um sítio (área de savana em bacia sedimentar) que influenciam de sobremaneira no seu processo de uso e ocupação. Sua criação é resultado de uma iniciativa pioneira, pois foi o primeiro assentamento da Reforma Agrária criado em área de Lavrado (savana) do estado, na tentativa de se reduzir a pressão existente sobre as áreas de floresta (LACERDA, 2013).

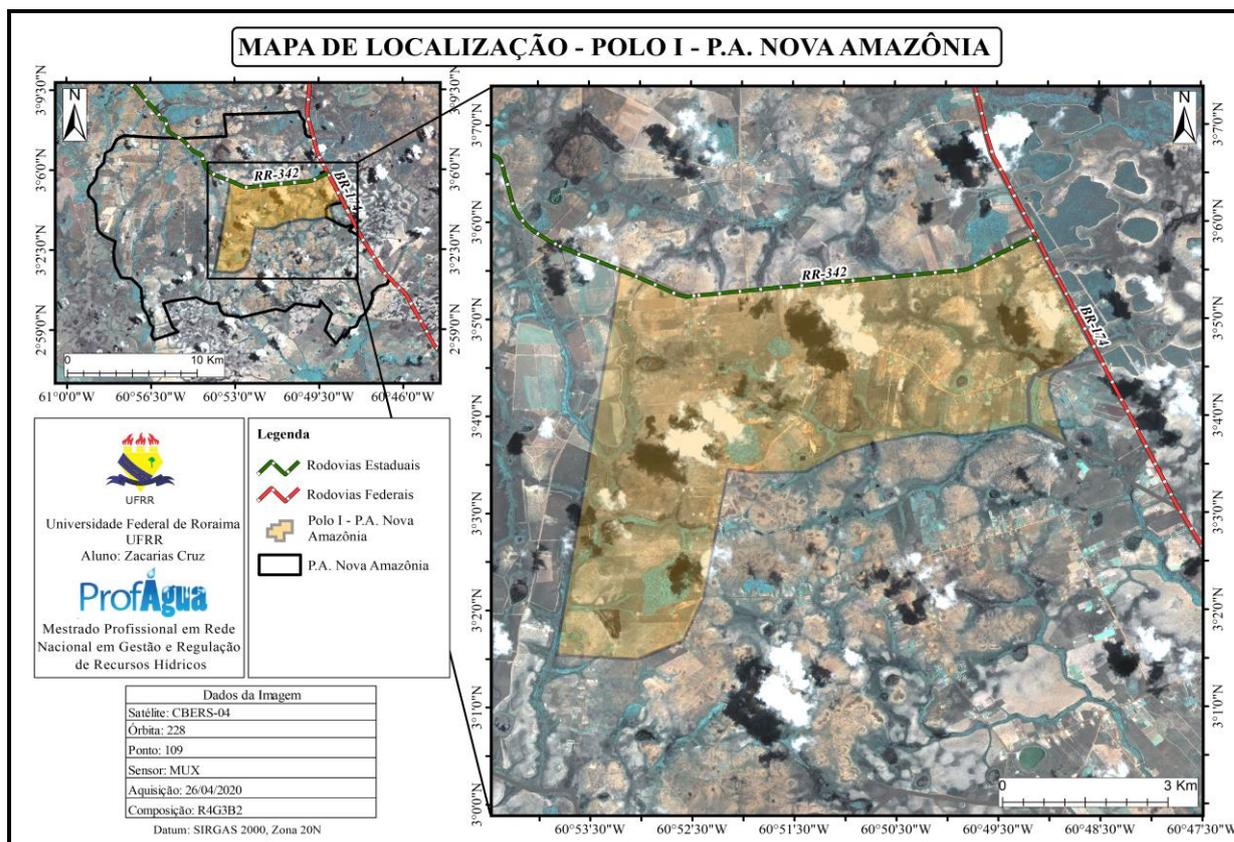
A pesquisa irá mostrar através da caracterização da qualidade de águas subterrâneas de poços tubulares se há ou não contaminação, caso haja, será estudado se os poços estão contaminados por ação antrópica ou geológica (pela composição química das rochas subjacentes) onde estão construídos os mesmos por meio das alterações dos parâmetros pré-estabelecidos pelas normas como a Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

Nos poços em que os parâmetros estiverem alterados e contaminados, não será recomendada a sua outorga enquanto não houver, por parte do órgão gestor de recursos hídricos, uma solução viável para o pequeno produtor rural, tais como: o manilhamento e tratamento da água ou o tamponamento do poço, em caso crítico. Em caso de solos e aquíferos contaminados, o empreendedor deve realizar a descontaminação de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009.

Deste modo, a presente pesquisa pretende mostrar uma visão pormenorizada da situação da água nos poços subterrâneos localizados no PA Nova Amazônia, Polo I (Figura 2), e com isto, orientar o uso preponderante deste importante recurso natural e, igualmente, dar subsídios para novas outorgas e com isso, criar um modelo de utilização de parâmetros básicos para caracterização de águas subterrâneas que permita o futuro enquadramento dessas águas no local da pesquisa e em outras localidades no Estado de Roraima.

O Polo 1 (Figura 2), por exemplo, apresenta 144 parcelas/lotes e uma área denominada área coletiva, administrada pela Associação de agricultores com cerca de 200 hectares. Uma pequena parte dos lotes margeia a BR 174. Os lotes variam de dimensão, o menor possui oito hectares e o maior 74 hectares. As famílias ocupantes do Polo 1 não participaram do acampamento na BR 174, embora tenham sido assentadas na mesma época dos trabalhadores que acamparam. A maioria dos integrantes são famílias advindas do Bairro Operário, cuja principal característica consiste no cultivo de hortaliças. Um relato de uma beneficiária do lote descreveu o momento da sua chegada ao PANA (PEREIRA, 2017).

Figura 2 – Mapa de localização do Polo I, PA Nova Amazônia



Fonte: Autor

1.1 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a carência de distribuição de água pela rede pública de abastecimento, principalmente, na zona rural do município de Boa Vista (LACERDA, 2013), houve um aumento considerado de solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos para poços tubulares e amazonas nas pequenas propriedades rurais no Projeto de Assentamento Nova Amazônia. Entretanto, a Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH, atualmente, emite tais outorgas, cartorialmente, sem qualquer análise ou monitoramento prévio dessas águas subterrâneas.

Em vista disso, também não há nenhuma proteção adequada desses poços, o que pode está contaminando os aquíferos (MAZZUCO et al., 2015). A partir dessa constatação, pretende-se com o desenvolvimento desta pesquisa mostrar que há poços tubulares e amazonas construídos, pelos pequenos produtores, sem qualquer padrão técnico e, com isso, podem estar colocando em risco de poluição as águas subterrâneas no local. Tais poços são geralmente perfurados para usos de irrigação, piscicultura e consumo humano e muitas vezes não são outorgados pelo Poder Público Estadual, por descaso e, por falta de conhecimento dos assentados.

Diante disso, pretende-se ainda, estabelecer os parâmetros básicos para caracterizar a qualidade das águas subterrâneas, bem como realizar a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica do aquífero, no Polo I do PA Nova Amazônia e com isso, criar um modelo (protocolo) que sirva para o futuro enquadramento de águas subterrâneas para essa e outras localidade no Estado de Roraima obedecendo ao disposto na Resolução CONAMA nº 396/2008. Dessa forma, entregar a FEMARH este modelo, utilizando os parâmetros básicos, para subsidiar as futuras outorgas de recursos hídricos, bem como utilizar tal modelo para classificar e enquadrar as águas subterrâneas e seus usos preponderantes, nessa e em outras localidades, no estado.

Para a elaboração do Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas no Polo I do Projeto de Assentamento Nova Amazônia, proposto neste trabalho, foram considerados os parâmetros básicos descritos na Resolução do CONAMA nº

396/2008 e os aspectos de vulnerabilidade, ambientais e fontes de poluição que possam contribuir para a contaminação do aquífero.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde não estabelece parâmetros básicos para este tipo de proposta aqui desenvolvida, a saber, caracterização e enquadramento em classes de água subterrânea, os quais são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, pois, a norma trata apenas de potabilidade de água para consumo humano, entretanto, os Valores Máximos Permitidos - VPM são iguais nas duas normas para água subterrânea para consumo humano.

À medida que, o laboratório da CAER for melhorando a sua estrutura física e dispor de mais equipamentos serão, também, inseridos mais parâmetros de caracterização de água, no protocolo, entretanto, em locais onde estiver posto de combustíveis deverão ser analisados os hidrocarbonetos (Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno e Xileno - BTEX), bem como em áreas de plantação de mandioca onde será analisado o cianeto advindo dessas plantações. Dessa forma, irá propiciar melhor avaliação das águas subterrâneas no estado e, conseqüentemente, a outorga de recursos hídricos será bem mais criteriosa que a atual feita pela FEMARH, outorgando-se água de qualidade, principalmente, para consumo humano e evitando com isso, problemas de saúde pública.

A importância e aplicabilidade deste tipo de instrumento pode ser comprovada em campo buscando sempre realizar diagnósticos rápidos e com possibilidade de aplicação pelos gestores de recursos hídricos do estado, servindo como uma ferramenta de apoio ao processo de gestão e regulação dos recursos hídricos estaduais (Lopes e Oliveira, 2017).

Neste contexto, de forma a possibilitar o levantamento dos principais aspectos para a caracterização de águas subterrâneas através de poços tubulares foi proposto um protocolo contendo os parâmetros básicos dispostos no artigo 12 da Resolução CONAMA nº 396/2008 que, servirá para caracterizar águas subterrâneas em outras localidades do Estado de Roraima.

Considerando que é dever do órgão gestor de recursos hídricos estadual (FEMARH), conforme preconiza o artigo 15 da Resolução CONAMA nº 396/2008,

caracteriza e viabilizar o seu enquadramento em classes, as águas subterrâneas em sua jurisdição e que essa caracterização é essencial para estabelecer referência de qualidade, foi firmado o convênio entre a FEMARH e a CAER para analisar as amostras de águas subterrâneas no laboratório desta última.

Optou-se por elaborar o protocolo com os parâmetros básicos porque o laboratório da CAER, ainda, não dispõe de estrutura para analisar todos os parâmetros, ou ao menos o máximo deles, estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008, mas à medida que o laboratório for se estruturando mais parâmetros serão inseridos no protocolo e analisados.

É bom ressaltar que, os parâmetros básicos descritos na Resolução CONAMA nº 396/2008, apesar de em pouco números, são eficientes para caracterizar e enquadrar em classes as águas subterrâneas, bem como revelar sua qualidade, principalmente, para consumo humano (potabilidade).

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essencial à vida, a água é um recurso necessário para praticamente todas as atividades humanas. Entretanto, a escassez de água potável é uma realidade em diversas regiões do mundo e em muitos casos, fruto da utilização predatória dos recursos hídricos e da intensificação das atividades de caráter poluidor (MARION et al., 2007).

A definição teórica da água como combinação química de oxigênio e hidrogênio não pode ser aplicada sem se analisar o ambiente onde a mesma se encontra. Em se tratando de água subterrânea e, sendo a água o solvente universal ou mais abundante, substâncias são incorporadas a ela ao entrar em contato com superfícies minerais. A isto se denomina a interface geoquímica água mineral, conforme Narciso e Gomes, 2004.

Em razão do crescimento natural da população e da contaminação das águas por substâncias químicas, o suprimento de água potável e de boa qualidade nas áreas mais desenvolvidas torna-se cada vez mais difícil e de maior custo (FILIZOLA et al., 2002). A abundância ou escassez de água é o primeiro fator que

condiciona sua utilização, de modo que uma água de qualidade ruim, mas abundante, pode tornar-se mais importante do que uma água boa com quantidades insuficientes (CAMPOS, 2013).

Os instrumentos de monitoramento, de outorga de direito de uso da água e a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos são fundamentais para a proteção e uso sustentável da água (ZOBY, 2008).

A água subterrânea, uma das fontes mais utilizada no mundo para o consumo humano, com parâmetros descritos nas normas (CONAMA n° 396/2008 e Portaria de Consolidação n° 5/2017 do MS), tem potencial capacidade de transmissão de doenças causadas por microrganismos patogênicos provenientes de fezes de humanos e animais, ou por meio de substâncias químicas em concentrações fora dos padrões permitidos pela Portaria de Consolidação n° 05/2017/MS, bem como da Resolução CONAMA n° 396/2008, por isso tornando-se indispensável a verificação e o acompanhamento de sua potabilidade (COSTA et al., 2012), ainda que, primeiramente, seja analisados os parâmetros básicos desta última norma, os quais serão descritos mais abaixo.

Esta exposição ao risco, sobretudo dos aquíferos considerados livres é um problema social, uma vez que a contaminação das águas subterrâneas rasas pode gerar riscos à saúde pública através de doenças de veiculação hídrica. A construção disseminada de fossas e o uso de agrotóxicos e fertilizantes na área rural contribuem para o crescente risco de contaminação das águas subterrâneas (FREDDO FILHO, 2018), como é o caso do Polo I do PA Nova Amazônia.

A gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos requer o uso de técnicas que reconheçam a variabilidade e a incerteza associada aos elementos hidrológicos (MANZIONE, 2015).

Em função do crescimento descontrolado da perfuração de poços tubulares e das atividades antrópicas, principalmente a agricultura e piscicultura que, acabam contaminando os aquíferos, a questão da qualidade da água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante para o gerenciamento do recurso hídrico no país (ZOBY, 2008 p. 2).

Até alguns anos atrás, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação pelas camadas dos solos e das rochas (SILVA et al., 2014).

Entretanto, a partir de então, passaram a ser detectados traços da presença de contaminantes em águas subterrâneas e, diversos estudos têm sido conduzidos no sentido de avaliar a sua qualidade (SILVA et al., 2014). Pesquisas realizadas por Franca et al. (2017), Lordelo et al. (2018), Matos et al. (2017), Demétrio et al. (2017), mostram a preocupação com a contaminação das águas subterrâneas, principalmente, com aquíferos estabelecidos em formações sedimentares, como no caso do aquífero Boa Vista que serve a região do PA Nova Amazônia.

A construção de forma arcaica e sem nenhum acompanhamento técnico de poços amazonas e tubulares somado a falta de gestão por parte do Poder Público, pode estar contaminando o aquífero. O monitoramento das águas subterrâneas é instrumento fundamental para a avaliação das condições que este meio natural se encontra e, posteriormente poder tomar medidas preventivas e/ou proativas para o predomínio da qualidade e quantidade buscando desenvolver o uso sustentável, junto a uma ação integrada de gerenciamento (MANZIONE, 2018).

As acumulações de água em lençóis freáticos no Aquífero Boa Vista, principalmente, nos acamamentos sedimentares das formações Areia Branca e Boa Vista, as quais possuem alta transmissividade (Quadro 1) e no manto de intemperismo de rocha cristalinas estão susceptíveis a contaminação, pois, esses mantos são rasos e pouco espessos, o que facilita a contaminação dos lençóis mais superficiais por ações antrópicas e/ou por elementos químicos da própria rocha (MAZZUCO et al., 2015).

Quadro 1 – Intervalos de K e T utilizadas no mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo

Produtividade	K (m/s)	T (m ² /s)	Exemplo de aquíferos
Muito Alta	$>10^{-4}$	$>10^{-2}$	Urucuia, Alter do Chão, Parecis, São Sebastião, Cabeças confinado, Serra Grande confinado, Guarani confinado, Beberibe confinado
Alta	10^{-4} a 10^{-5}	10^{-2} a 10^{-3}	Boa Vista (localmente), Missão Velha (localmente), Barreiras (localmente), Parecis confinado, Serra Geral confinado
Moderada	10^{-5} a 10^{-6}	10^{-3} a 10^{-4}	Poti-Piauí, Cabeças, Içá, Sergi
Baixa	10^{-6} a 10^{-7}	10^{-4} a 10^{-5}	Ronuro, Beberibe Livre, Ilhas confinado
Muito Baixa	10^{-7} a 10^{-8}	10^{-5} a 10^{-6}	Serra Grande, Solimões, Fraturado Semiárido
Pouco Produtiva ou não aquífera	$<10^{-8}$	$<10^{-6}$	Aquitarde Longá, Aquitarde Ponta Grossa, Aquitarde Passa Dois, Aquitarde Pimenteiras

Fonte: (CPRM, 2016)

Com base nas informações contidas no quadro acima, a faixa de transmissividade (T) para o Aquífero Boa Vista, no Polo I, pode ser calculada da seguinte maneira: $T=K.b$, em que K é a carga hidráulica e b a espessura das camadas que compõem o aquífero. No Polo I a espessura (b) é 40m, portanto, $T=0,0001\text{m/s} \cdot 40\text{m}=0,004\text{m}^2/\text{s}$ e $T=0,00001\text{m/s} \cdot 40\text{m}=0,0004\text{m}^2/\text{s}$, então a faixa de transmissividade (T) no Polo I do PA Nova Amazônia é de: $0,004\text{m}^2/\text{s}$ a $0,0004\text{m}^2/\text{s}$.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo serão expostos os objetivos gerais e específicos da pesquisa que irão nortear todos os trabalhos desenvolvidos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a qualidade de águas subterrâneas utilizadas pelos assentados em poços tubulares no PA Nova Amazônia a fim de estabelecer referência para enquadramento em classes e, para fins de outorga de recursos hídricos e seus usos preponderantes propondo um protocolo para utilizar os parâmetros básicos descritos na Resolução CONAMA 396/2008.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica de parte do Sistema Aquífero Boa Vista no Polo I do PA Nova Amazônia;

Caracterizar os usos preponderantes de recursos hídricos pelos assentados no Polo I do PA Nova Amazônia;

Caracterizar a vulnerabilidade, riscos de contaminação e fonte de poluição do aquífero no local da pesquisa;

Propor diretrizes ambientais para prevenção, controle da poluição dos poços, bem como e estabelecer um modelo de protocolo, contendo os parâmetros básicos que, no futuro possa servir para subsidiar novas outorgas e o enquadramento em classes das águas subterrâneas no Polo I do PA Nova Amazônia e outras localidades do Estado de Roraima.

3 MATERIAL E MÉTODO

A metodologia do projeto foi dividida em duas partes: trabalho de escritório, onde se buscou trabalhos desenvolvidos anteriormente sobre o assunto e o trabalho de campo, onde se buscou a com a descrição da área no tocante a geologia, a hidrogeologia e aos usos preponderantes dos recursos hídricos pelos assentados, coletas e análises de amostras de água em poços tubulares a fim de caracterizar a qualidade de água subterrânea no Polo I do PA Nova Amazônia e seu enquadramento em classes, o que irá subsidiar a outorga de direito de usos de recursos hídricos com qualidade e por último, o trabalho de laboratório onde foram analisadas as amostras de águas subterrâneas coletadas dos poços amostrados.

Para atender ao conjunto de critérios básicos, descritos no artigo 12, da Resolução CONAMA nº 396/2008 foi criado e empregado, como produto deste trabalho, o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas e, para tanto foram realizados trabalhos de campo que, em função da pandemia do Corona Vírus, foi feito no final do mês de setembro de 2020.

Foram selecionados 4 (quatro) poços e no local de cada poço estudado foi obtido as coordenadas geográficas com auxílio de GPS. Para a medição dos níveis dinâmico e estático dos poços foi usado o Medidor de Nível (Figura 3) e baldes plásticos (Figura 4) de 20 (vinte) litros para medição de vazão e parâmetros tais como a temperatura, turbidez e condutividade elétrica, através da sonda multiparamétrica (Figura 5), bem como frasco de 250ml para a coleta de água nos poços e recipiente com gelo para acondicionar as amostras até o laboratório (Figura 6).

Figura 3 – Medidor de Nível Elétrico e Poço Construído fora das Normas Técnicas (NBR-12.244).



Fonte: Autor

Figura 4 – Balde de 20L



Fonte: Autor

Figura 5 – Sonda Multiparamétrica



Fonte: Autor

No local, também, foram observados e descritos os riscos de contaminação do aquífero e dos usos preponderantes de recursos hídricos pelos assentados, bem como o registro fotográfico do entorno do poço com uso de câmera do aplicativo “Handygps.” (Figura 7) e as condições ambientais da propriedade.

Figura 6 – Recipiente para acondicionamento das amostras



Fonte: Autor

Figura 7 – Aplicativo *Handygps*

Fonte: Autor

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O levantamento bibliográfico abrangeu os trabalhos de pesquisas realizados na região e sobre o tema desenvolvido deste estudo, com o intuito de dar embasamento ao assunto desenvolvido nesta pesquisa, tais como: geologia, hidrogeologia, usos preponderantes de recursos hídricos no Polo I, do PA Nova Amazônia, potabilidade de águas subterrâneas, contaminação de águas subterrâneas, bem como as normas que regulam os recursos hídricos e sua potabilidade.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Projeto de Assentamento Nova Amazônia está localizado na parte noroeste do município de Boa Vista na porção central do estado de Roraima a 30 km da capital Boa Vista.

O relevo do município é predominantemente plano com morros testemunhos que chegam a aproximadamente 450m de altura cujos pontos mais altos são as Serras Nova Olinda e Murupu (LACERDA, 2013).

A vegetação é do tipo cerrado (lavrado como é mais conhecido no estado) que se desenvolveu em latossolos amarelos, provavelmente, oriundos de processos de lateritização.

O município de Boa Vista está inserido no contexto geológico do Domínio Guiana Central (CPRM, 2014) que, cujas unidades geológicas ali presentes da mais antiga para a mais recente são: Grupo Caurane que é constituído de xistos básicos, metacherts, paragnaisses, anfibolitos e gnaisses kinzigíticos; Complexo Vulcânico Apoteri que é constituído de basaltos, andesitos e diques básicos; Formação Boa Vista cuja constituição é de areias e argilas semi consolidadas e ultrapassa as bordas da Bacia Sedimentar do Tacutu (Hemigraben) que mostra uma reativação mesozoica através da abertura e sedimentação do gráben Tacutu e de Coberturas Recentes que são constituídas de sedimentação moderna (CPRM, 2014).

Vale salientar que, o pacote sedimentar é arenoso e é um excelente armazenador de água por ter as propriedades permo-porosas excelentes que, cujo pacote sedimentar chega a ter, no Polo I, no PA Nova Amazônia, 43 (quarenta e três) metros de profundidade, se transformando em bom acumulador de águas, se constituindo no Aquífero Boa Vista, onde estão construídos a maioria dos poços tubulares e amazonas, em pequenas propriedades rurais do PA Nova Amazônia (CPRM, 2014).

A caracterização da área de estudo, no tocante a geologia, hidrogeologia e descrição das atividades ali exercidas pelos assentados subsidiou a elaboração do protocolo proposto.

A proposta para elaboração do protocolo para caracterização das águas subterrâneas no Polo I do PA Nova Amazônia busca abranger aspectos que influenciam direta ou indiretamente na qualidade da água nessa localidade, considerando riscos de natureza física química e biológica (Lopes e Oliveira, 2017), bem como riscos de contaminação por fatores antrópicos. Dessa forma, avaliou-se

parâmetros mínimos que não são apresentados e nem cobrados na outorga de direito de usos de recursos hídricos na FEMARH, os quais são instituídos por norma.

Neste contexto, a utilização do Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas proposto possibilita a avaliação da água utilizada pelos assentados, no Polo I do PA Nona Amazônia, bem como o seu enquadramento e sua classificação em classes, o que irá influenciar, diretamente, na qualidade da outorga delas e contribuir para propor soluções de tratamentos dessa água, pelo órgão estadual gestor de recursos hídricos, aos assentados, além de subsidiar informações e assim, melhorar a gestão desse importante recurso. Conforme descrito anteriormente, o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas será utilizado para todo o estado, sempre, observando as características e particularidade de cada localidade estudada.

A caracterização geológica e hidrogeológica da região de estudo teve como base os estudos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos realizados pela CPRM e trabalhos desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Roraima, no tocante ao Sistema Aquífero Boa Vista.

4 TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado no final do mês de setembro, em função da pandemia da COVID – 19 que, além de atrasar os trabalhos, também, encurtou o tempo e, isto, teve como consequência a diminuição dos poços amostrados. O trabalho de campo foi realizado seguindo a metodologia descrita acima.

4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A caracterização geológica foi baseada em trabalhos feitos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM e trabalhos realizados pela Universidade Federal de Roraima - UFRR que, deram subsídios para caracterizar a geologia do Polo I do PA Nova Amazônia.

4.1.1 Formação Boa Vista

Na área estudada, o seja o Polo I do PA Nova Amazônia, ocorre 02 (duas) unidades geológicas, do topo para a base, a Formação Areias Brancas e a Formação Boa Vista.

A Formação Boa Vista, na área em destaque é a unidade mais expressiva, compondo aproximadamente 85% da geologia da área. A unidade foi descrita pioneiramente como uma delgada sedimentação arenosa de cores claras, cimento argiloso, intercalando camadas seixosas com ocorrência de concreções lateríticas (PINTO et al., 2012).

MELO et al. (1978) apud WANKLER et al. (2012) atribuíram 03 (três) tipos distintos de sedimentação cenozóica, cabendo a Formação Boa Vista apenas os depósitos mais antigos (Terciário Inferior), distintos daqueles representados por camadas lateríticas e eólicas mais jovens. Depósitos sub-recentes e recentes foram atribuídos ao Holoceno.

[...] a Formação Boa Vista pode ser caracterizada por 02 (duas) sucessões sedimentares separadas por uma discordância angular e seu prolongamento em

território guianense permite supor uma área total de sedimentação de aproximadamente 20 mil km², Reis (2003) apud WANKLER et al. (2012).

Na região de Boa Vista ocorre a sucessão sedimentar inferior onde são reconhecidos arenitos arcoseanos a levemente conglomeráticos, róseos a esbranquiçados. Cabe destacar a ocorrência de coberturas dentrito-lateríticas, especialmente, no baixo curso do Rio Cauamé até a foz do Igarapé Murupu intercaladas com rochas basálticas da Formação Apoteri, considerada por CPRM (1999) como anterior a deposição da Formação Boa Vista (provável idade Miocênica).

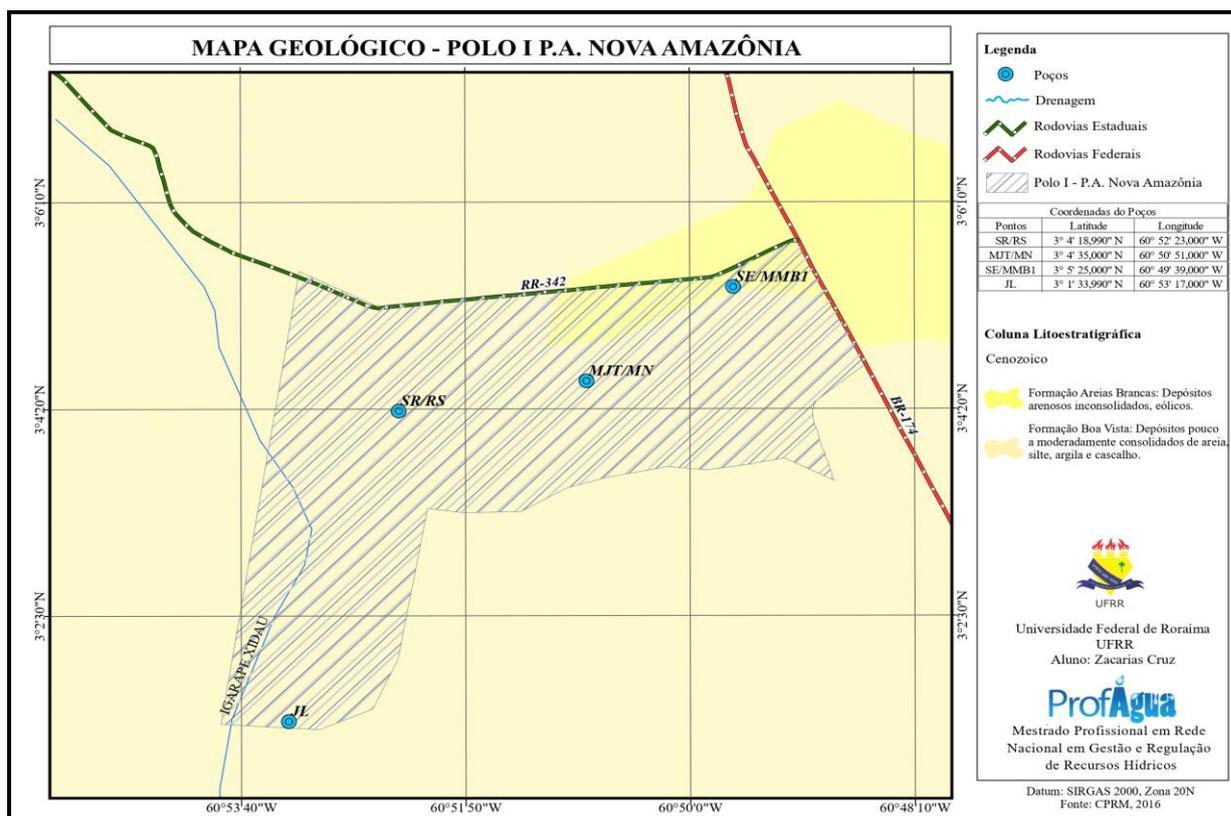
4.1.2 Formação Areias Brancas

Em Roraima são reconhecidas várias áreas de sedimentação com características ambiência eólicas constituindo depósitos arenosos estáveis ou com diferentes níveis de preservação, em quase sua totalidade, em resposta à influência de períodos muito secos que ocorreram durante o máximo da última glaciação de idade Pleistocênica (MELO et al., 1978; REIS et al., 2001) apud (PINTO et al., 2012).

Na região de Boa Vista ocorrem amplos campo de dunas parabólicas nos rios Cauamé e Branco. Entre o baixo curso do Rio Cauamé e Serra do Murupu e nos igarapés Murupu, Aruanã, Carrapato e Água Boa de Cima configuram um padrão anelar e circundante aos citados bancos de dunas, sugestivo de pretérito alto topográfico (PINTO et al., 2012).

Vale salientar que, em toda Amazônia e parte do globo, localizado nas zonas equatorial e tropical ocorreram intensos processos de lateritização no período Plio-Pleistoceno, como citado acima, principalmente, o que resultou em perfis lateríticos diversos e a formação de latossolos espessos em toda região. Portanto, vale apenas questionar se, a Formação Areias Brancas é de fato uma deposição mais jovem do que a Formação Boa Vista ou se é apenas a formação de areias residuais, formados a partir da lixiviação de minerais mais solúveis dos latossolos ficando apenas quartzo. A Formação Areia Brancas ocorre no nordeste da área de estudo (Figura 8) em uma pequena porção.

Figura 8 – Mapa Geológico do Polo I, PA Nova Amazônia



Fonte: Modificado de CPRM (2014).

4.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A caracterização Hidrogeológica teve como base o trabalho realizado por pesquisadores da UFRR, bem como dados do SIAGAS, de campo e da CPRM.

4.2.1 Sistema Aquífero Boa Vista

O Sistema Aquífero Boa Vista (SABV) é predominantemente intergranular e sua área de ocorrência abrange a maior parte do município de Boa Vista. O SABV é composto pelas Formação Serra do Tucano (Cretáceo), Formação Boa Vista (Terciário), Formação Areias Brancas (Quaternário), além de depósitos coluvionares e aluvionares do Quaternário (WANKLER, et al., 2012).

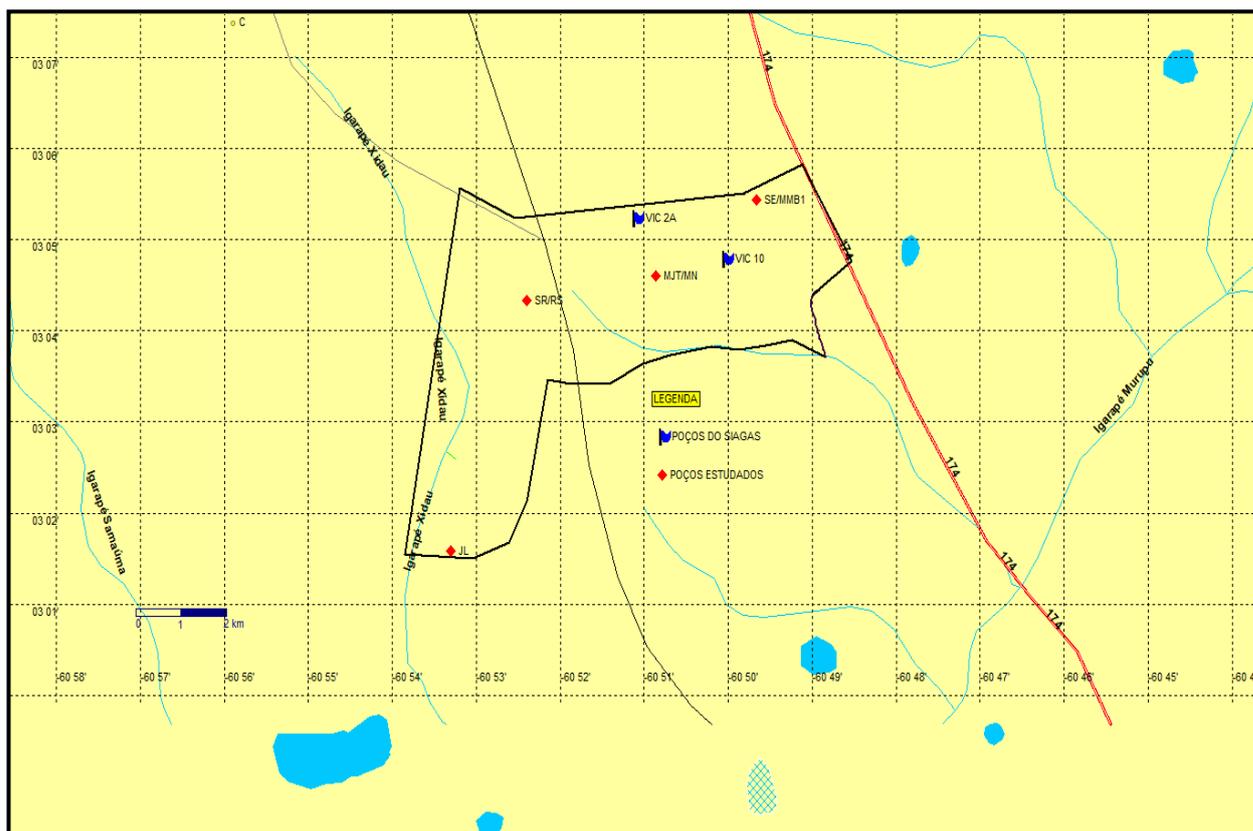
Vale salientar que, a Formação Serra do Tucano não ocorre no Polo I do PA Nova Amazônia, nem em subsuperfície (profundidade) e nem em afloramento e, portanto, sua descrição não se faz necessária para este trabalho, apenas as duas últimas serão consideradas para caracterização geológica quanto para hidrogeologia.

Com base em análise de perfis litológicos de 27 poços da CAER foram identificados alguns poços na área de Boa Vista foram perfurados até 100 a 120 metros, profundidades maiores que a média regional (40 metros). Nestes poços foi observado a presença de sedimentos areno/argilosos em toda a sua extensão. Isto sugere que o SABV pode apresentar uma variação de espessura vertical bastante significativa, o que propiciou a formação de aquíferos confinados com tempo de residência elevado (WANKLER et al., 2012).

Formação Boa Vista ocorre praticamente em toda a extensão do sistema. Considerada de idade terciária e de origem fluvio-aluvionar, é constituída por intercalações de sedimentos de argilosos, siltosos e arenosos de granulação fina a grossa. Sua espessura varia de 15 metros até a 120 metros. Em função de sua continuidade lateral e vertical, é o principal reservatório do SABV na área do município de Boa Vista (WANKLER et. al., 2017).

Quanto a Formação Areias Brancas e Depósitos Coluvionares, sua distribuição esparsa e pequena área e espessura destes reservatórios os tornam pouco relevantes como reservas hídricas (WANKLER et al., 2012), entretanto, no Polo I, do PA Nova Amazônia, os poços (Figura 9) na Vicinal 2A, coordenadas geográficas N:03°05'13"/W:-60°51'04" e na Vicinal 10, coordenadas geográficas N:03°04'46,03"/W:-60°49'59,95", cadastrados no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS/CPRM, indicam que, a espessura naquele local pode chegar a 35 metros (Figuras 10 e 11) e apresenta vazão variando de 10m³/h a 25m³/h, enquanto a Formação Boa Vista apresenta vazão variando de 0,5m³/h a 7,7m³/h, logo a Formação Areias Brancas torna-se mais importante, na zona leste do Polo I, do que a Formação Boa Vista.

Figura 9 – Mapa com os poços estudados e do SIAGAS



Fonte: Autor

Figura 10 – Poço na Vicinal 10, PANA, cadastrado no SIAGAS/CPRM
ID:1300008258

	Dados Gerais:				
	Nome:				
	Data da Instalação:		20/05/2006		
	Proprietário:				
	Natureza do Ponto:		Poço tubular		
	Uso da Água:		Sem uso		
	Cota do Terreno (m):				
	Localização:				
	Localidade:		VICINAL 10		
	UTM (Norte/Sul):		10340820		
	UTM (Leste/Oeste):		740809		
	Latitude (GGMMSS):		030446		
	Longitude (GGMMSS):		806000		
	Bacia Hidrográfica:		Rio Amazonas		
	Subbacia Hidrográfica:		Rios Solimões, Negro, Branco e outros		
	Situação:				
	Data:		10/08/2014		
	Situação:		Parado		
	Perfuração:				
	Data:	Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Perfurador:	Método:
20/05/2006	0,00	43,00	DESCONHECIDA		
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Polegadas:	Milímetros:		
0,00	43,00	8 1/2	215,9000		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material:	Diâmetro (pol):	Diâmetro (mm):	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material:	Diâmetro (pol):	Diâmetro (mm):	Ranhura
Espaço Anular:					
De (m):	Até (m):	Material:			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol):	Diâmetro (mm):		
20/05/2006	0,30	4	101,6000		
Entrada d'água:					
Profundidade(m):					
Profundidade Útil:					
Data:	Profundidade Útil:				
	43,00				
Feição Geomorfológica:					
Descrição:					
Formação Geológica:					
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:			
0,00	43,00	Formação Boa Vista			
Dados Litológicos:					
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:		
Aquífero no Ponto					
		Topo (m):	0,00		
		Base (m):	43,00		
Aquífero: Poroso		Captação:	Única		
		Condição:	Livre		
		Penetração:	Parcial		
Nível da Água:					
Data:					

Fonte: SIAGAS

Figura 11 - Poço na Vicinal 2A, PANA, cadastrado no SIAGAS/CPRM
ID: 1300008140

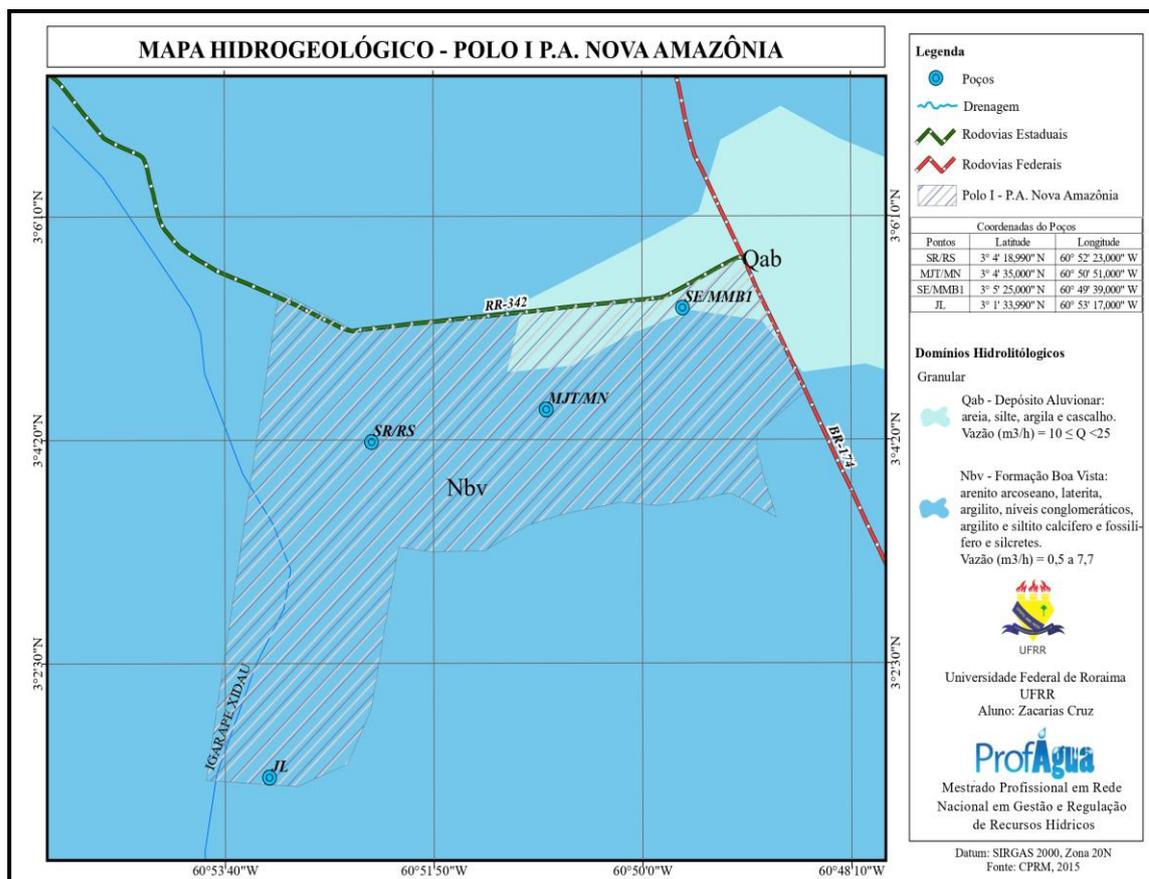
	Dados Gerais:				
	Nome:				
	Data da Instalação:		09/03/2014		
	Proprietário:				
	Natureza do Ponto:		Poço tubular		
	Uso da Água:		Abastecimento doméstico/irrig.		
	Cota do Terreno (m):				
	Localização:				
	Localidade:		VICINAL 2A		
	UTM (Norte/Sul):		10341448		
	UTM (Leste/Oeste):		738830		
	Latitude (GGMMSS):		030513		
	Longitude (GGMMSS):		805104		
	Bacia Hidrográfica:		Rio Amazonas		
	Subbacia Hidrográfica:		Rios Solimões, Negro, Branco e outros		
	Situação:				
	Data:		09/06/2014		
	Situação:		Bombeando		
	Perfuração:				
	Data:	Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Perfurador:	Método:
09/03/2014	0,00	35,00	DESCONHECIDA		
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Folegadas:	Milímetros:		
0,00	35,00	8 1/2	215,9000		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material:	Diâmetro (pol):	Diâmetro (mm):	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material:	Diâmetro (pol):	Diâmetro (mm):	Ranhura
Espaço Anular:					
De (m):	Até (m):	Material:			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol):	Diâmetro (mm):		
09/06/2014	0,60	4	101,6000		
Entrada d'água:					
Profundidade(m):					
Profundidade Útil:					
Data:	Profundidade Útil:				
	35,00				
Feição Geomorfológica:					
Descrição:					
Formação Geológica:					
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:			
0,00	35,00	Formacao Areias Brancas			
Dados Litológicos:					
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:		
Aquífero no Ponto					
		Topo (m):			
		Base (m):			
Aquífero:		Captação:			
		Condição:			
		Penetração:			
Nível da Água:					
Data:					
Nível da Água (m):					
Nível Medido Bombeando (S/N)?					
Vazão (m ³ /h):					

Fonte: SIAGAS

Com base nos 04 (quatro) poços estudados, para a localidade do Polo I, no PA Nova Amazônia, SABV (Figura 12) se torna um aquífero importante e de grande valia, em termos hidrogeológicos, levando em consideração que os poços chegam a 43 (quarenta e três) metros de profundidade e atravessam totalmente a Formação Areias Brancas e atingindo parcialmente a Formação Boa Vista, não atingindo o embasamento cristalino (Figuras 10 e 11).

De acordo com observações em campo e dados colhidos nos poços, o lençol freático da região é raso, chega a 03 (três) metros de profundidade, cuja vazão varia entre 0,56m³/h (Formação Areias Brancas) a 7,76m³/h (Formação Boa Vista), conforme dados hidrológicos dos poços estudados (Figuras 13).

Figura 12 – Mapa hidrogeológicos do Polo I, PA Nova Amazônia



Fonte: Modificado de CPRM (2016)

Figura 13 – Dados Hidrogeológicos dos Poços Estudados

Poço Bombeado:	Tubular	Raio (m):	
Local:	Poço MMB	Tipo de aquífero:	Poroso
Município/UF:	Boa Vista -RR	Aquífero:	SABV
Executor:	Geólogo Ygor Sousa	Duração (min):	1440
Data de Início:	11/09/2020	Data de Término:	11/09/2020
Prof. Do poço (m):	30	Potência da bomba (CV):	0,5
Crivo Bomba (m):	29	Mét. Med. Vazão:	Volumétrico
Nível Estático ND(m):	5,0	Tipo de Recipiente:	20 L
Nível Dinâmico ND(m):	16,5	Transmissividade (T) m²/s:	0,004m ² /s a 0,0004m ² /s
Rebaixamento Total SW(m):	11,5	Boca do Poço (m):	0,7
Vazão específica q(m³/h/m):	0,049m ³ /h	Vazão (m³/h):	0,56 m ³ /h
Poço Bombeado:	Tubular	Raio (m):	
Local:	Poço JL	Tipo de aquífero:	Poroso
Município/UF:	Boa Vista -RR	Aquífero:	SABV
Executor:	Geólogo Ygor Sousa	Duração (min):	1440
Data de Início:	23/09/2020	Data de Término:	23/09/2020
Prof. Do poço (m):	32	Potência da bomba (CV):	0,5
Crivo Bomba (m):	30	Mét. Med. Vazão:	Volumétrico
Nível Estático ND(m):	5,5	Tipo de Recipiente:	15 L
Nível Dinâmico ND(m):	13	Transmissividade (T) m²/s:	0,043m ² /s a 0,0043m ² /s
Rebaixamento Total SW(m):	7,5	Boca do Poço (m):	0,7
Vazão específica q(m³/h/m):	0,2m ³ /h	Vazão (m³/h):	1,5 m ³ /h
Poço Bombeado:	Tubular	Raio (m):	
Local:	Poço SSR	Tipo de aquífero:	Poroso
Município/UF:	Boa Vista -RR	Aquífero:	SABV
Executor:	Geólogo Ygor Sousa	Duração (min):	1440
Data de Início:	23/09/2020	Data de Término:	23/09/2020
Prof. Do poço (m):	18	Potência da bomba (CV):	0,5
Crivo Bomba (m):	16	Mét. Med. Vazão:	Volumétrico
Nível Estático ND(m):	3,0	Tipo de Recipiente:	15 L
Nível Dinâmico ND(m):	4,1	Transmissividade (T) m²/s:	0,043m ² /s a 0,0043m ² /s
Rebaixamento Total SW(m):	1,1	Boca do Poço (m):	0,7
Vazão específica q(m³/h/m):	7,01m ³ /h	Vazão (m³/h):	7,71 m ³ /h
Poço Bombeado:	Tubular	Raio (m):	
Local:	Poço MJT	Tipo de aquífero:	Poroso
Município/UF:	Boa Vista -RR	Aquífero:	SABV
Executor:	Geólogo Zacarias Cruz	Duração (min):	1440
Data de Início:	24/09/2020	Data de Término:	24/09/2020
Prof. Do poço (m):	30	Potência da bomba (CV):	0,5
Crivo Bomba (m):	27	Mét. Med. Vazão:	Volumétrico
Nível Estático ND(m)	1,0	Tipo de Recipiente:	20 L
Nível Dinâmico ND(m):	10,0	Transmissividade (T) m²/s:	0,043m ² /s a 0,0043m ² /s
Rebaixamento Total SW(m):	9,0	Boca do Poço (m):	0,7
Vazão específica q(m³/h/m):	0,4m ³ /h	Vazão (m³/h):	3,6 m ³ /h

Fonte: Autor

4.3 DESCRIÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES DE RECURSOS HÍDRICOS NO POLO I

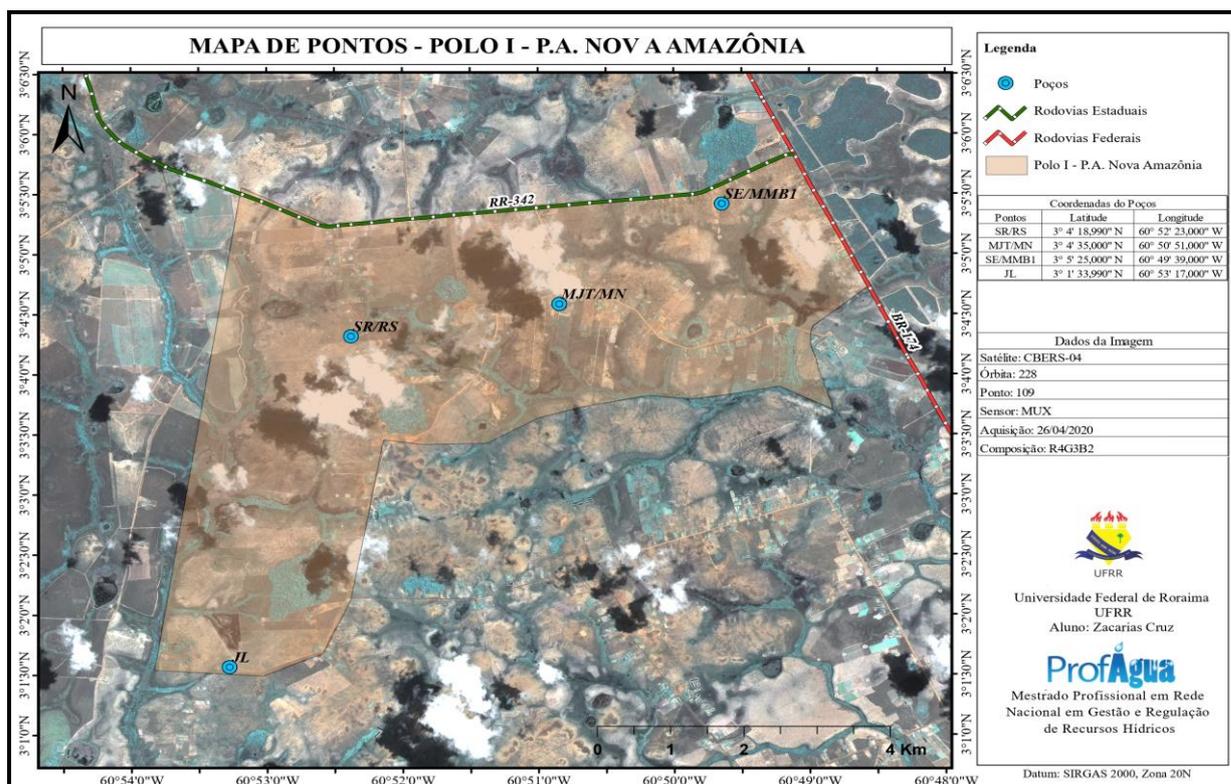
Em toda área do PA Nova Amazônia não há distribuição de água pela rede pública, portanto, o principal uso da água captada em poço tubular e amazonas, no Polo I, é prioritariamente, para consumo humano e em seguida para dessedentação animal, irrigação e piscicultura.

Vale ressaltar que, os assentados empregam a agricultura de subsistência e criam pequenos animais em pequenas quantidades. Poucos são aqueles que desenvolvem piscicultura e grandes plantios, estando as médias e grandes plantações localizadas em outros Polos.

4.4 SELEÇÃO DOS POÇOS

Primeiramente foram selecionados 15 (quinze) poços tubulares e 10 poços amazonas, entretanto, em função da falta de recursos financeiros, da Pandemia da COVID -19 e falta de tempo para realização do trabalho de campo, foram, apenas, selecionados 04 (quatro) poços tubulares, cujas distribuições geográficas são representativas da área de estudo (Figura 14). Vale ressaltar que, em função dos motivos já descritos, o número de poços selecionados é irrisório, mas dão uma boa ideia de aplicação do protocolo proposto.

Figura 14 – Mapa dos Poços Estudados no Polo I, PA Nova Amazônia



Fonte: Autor

Os poços estudados possuem profundidade variando de 18 a 38 metros e foram estabelecidos nas formações Boa Vista e Areias Brancas, ou seja, no Aquífero Boa Vista, de característica intergranular. Nenhum deles atingiu o embasamento cristalino e foram construídos sem o menor critério técnico, bem como não seguiram as normas vigentes para suas outorgas, a saber, a área de proteção do poço que deve ter 10 (dez) metros de raio, laje e em local adequado, bem como a área de proteção sanitária conforme preconiza o Decreto Estadual nº 8.123-E de 12 de julho de 2007 em seus artigos números 27, 28, 29, 30 e 31 (RORAIMA, 2007).

4.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As amostras de águas subterrâneas coletadas nos poços estudados foram analisadas no laboratório da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER. Os procedimentos de coletas de amostras de águas subterrâneas são aqueles adotados pelo laboratório da CAER (Quadro 2) que segue as instruções do Guia de Orientações Técnicas para Coleta, Acondicionamento e Transporte de Amostra de Água para Consumo Humano do Ministério da Saúde – MS (BRASIL, 2013).

Quadro 2 – Procedimentos de coletas de amostras de águas subterrâneas

Parâmetros Básicos da Resolução CONAMA 396/2008	
Data da coleta	Dia em formato DD/MM/AAAA
Condutividade elétrica	Anotar o valor seguido da unidade em que foi medida (mS ou μ S)
Temperatura da Amostra	Amostragem: medir a temperatura da amostra na ocasião da determinação do pH e condutividade.
Turbidez	Medir com auxílio de turbidímetro em campo. Caso não haja, será determinada em laboratório
pH	Anotar com precisão de uma casa decimal
STD	Sólidos totais dissolvidos.
Nitrato/Nitrito	Amostragem: Coletar 250 ml em frasco de polietileno ou vidro - refrigerar a $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por até 48H.
Coliformes fecais	Amostragem: Coletar 250 ml em frasco de polipropileno ou vidro (esterilizado) - refrigerar a $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por até 8H (CETESB, 1988). Encaminhar para o laboratório da rede RGSG mais próximo.

Fonte: Brasil (2013)

Na ocasião da amostragem de águas subterrâneas foi realizada a sangria (Figura 15) do poço pelo período de uma hora para obtenção de água da formação (água fresca) que fornecesse água com características mais próximas do ambiente natural. Apenas o trecho entre a boca do poço e a chegada no reservatório é

adequada para coleta. Essas recomendações foram feitas pelos técnicos do laboratório da CAER.

Então, primeiramente foi realizada a medição do nível estático com o Medidor de Nível (Figura 16), antes de qualquer bombeamento, posteriormente, foi realizada a sangria do poço por uma hora, nesse momento, o Medidor foi introduzido no poço para medição do nível dinâmico, bem como a vazão do poço, a qual foi através de recipiente plástico de 20L (balde plástico).

Figura 15 – Sangria do poço



Fonte: Autor

Figura 16 – Medidor de nível introduzido no poço



Fonte: Autor

Os parâmetros como Coliformes, Nitrato, Nitrito e Sólidos Totais Dissolvidos foram analisados em laboratório. Após realizar a sangria do poço por 01 (uma) hora, as amostras foram coletadas em frascos de vidro de 250ml (Figura 17) e, posteriormente, acondicionada em recipiente com gelo e levadas para análises em laboratório.

Figura 17 – Frasco de vidro de 250 ml



Fonte: Autor

Os parâmetros mínimos descritos na Resolução CONAMA n° 396/2008 foram coletados conforme tabela abaixo. Vale salientar que, os parâmetros físicos como Condutividade Elétrica, Turbidez, Temperatura e pH, foram determinados em campo, pela Sonda Multiparamétrica (Figura 18), no momento da coleta das amostras que, foi coletada em balde plástico de 20L. Não é aconselhado introduzir a sonda no poço, pois, o suporte dela pode quebrar e ela cair, portanto, é prudente que se colete água do poço por meio de balde plástico de 20L. É bom lembrar que, para cada poço um balde deve ser utilizado, assim, se evita alterações nos resultados das análises. Caso o balde seja de inox, este deve ser lavado com detergente neutro e posteriormente utilizado em outro poço.

Figura 18 – Medição de parâmetros pela sonda multiparamétrica em balde de 20L



Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Polo I, do PA Nova Amazônia não existe rede de distribuição de água e esgoto, portanto, o uso preponderante é para consumo humano, então a qualidade da água ali utilizada deve ser a melhor possível ou, ao menos, tenha tratamento adequado. Os resultados dos trabalhos de campo mostraram que há muita coisa a ser feita naquela localidade.

5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS

Para utilizar os parâmetros mínimos descritos na Resolução CONAMA nº 396/2008 foi criado, como produto deste trabalho, o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas (Figura 19), o qual dará suporte, essencial, para caracterizar e classificar as águas subterrâneas do Polo I do PA Nova Amazônia. É bom lembrar que, a metodologia utilizada neste protocolo não é definitiva, portanto, à medida que, o laboratório da CAER for se modernizando, outros parâmetros serão inseridos. A inserção de mais parâmetros, ao longo do tempo, irá dá mais subsídios para que se tenha resultados melhores.

Esse protocolo é apenas o primeiro passo para que o Estado possa ter ferramenta para caracterizar e enquadrar suas águas subterrâneas e dessa forma, classifica-las em classes, conforme descrito na Resolução CONAMA nº 396/2008. Assim, o órgão gestor de recursos hídricos, a FEMARH, terá dados para realizara uma outorga de direito de usos de recursos hídricos, adequada a cada uso solicitado, bem como com qualidade técnica para fazer quaisquer adequações que se fizerem necessárias.

Figura 19 – Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas

PROTOCOLO DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS									
Identificação do Poço:									
Nome do Proprietário:									
Coordenadas	LAT:	LONG:	Horário:						
Município:									
Aspectos	Critérios								
Condições do Entorno	Uso preponderante								
	Fonte de poluição								
	Proteção do poço								
	Obs:								
Parâmetros Básicos	pH								
	Turbidez								
	Temperatura								
	Condutividade elétrica								
	Coliformes termotolerantes								
	Sólidos totais dissolvidos								
	Nitrito								
	Íons Tóxicos e Carcinógenos								
	Al:	As:	Pb:	Cu:	Hg:	Ba:	Sb:	Cd:	Sc:
	Nitrato								
	Hidrocarbonetos (BTEX)								
Cianeto									
Características	Hidrogeológica								
	Hidrogeoquímica								
	Geológica								
Enquadramento em classes	Classe especial								
	Classe 1								
	Classe 2								
	Classe 3								
	Classe 4								
	Classe 5								
OBS:									

Fonte: Autor

5.1.1 Condutividade Elétrica

De acordo com BRASIL (2013) a condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Muito embora não se possa esperar uma relação direta entre condutividade e concentração de sólidos totais dissolvidos, já que as águas naturais não são soluções simples. Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A análise da condutividade elétrica representa o grau de mineralização iônica de águas que está relacionada ao grau de potabilidade para o consumo humano. Não há valores estipulados quanto à condutividade elétrica na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, porém, valores que ultrapassem 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ estão relacionados a ambientes impactados negativamente (CRISPIM, 2017).

Todos os poços estudados apresentam-se dentro da normalidade descrita na Resolução CONAMA nº 396/2008, entretanto o poço Sítio MJT, apresenta condutividade elétrica acima do normal, ou seja, 101 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este aumento pode estar relacionado a tanque escavado e abandonado que está localizado a 5 (cinco) metros do poço (Figura 20) que, provavelmente deve estar impactando a área com águas contaminadas e contribuindo para este aumento.

5.1.2 Turbidez

A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2014).

Figura 20 – Tanque de piscicultura abandonado próximo ao poço



Fonte: Autor

O padrão de turbidez da água resultante de filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) foi reduzido para 0,5 UNT e para água resultante de filtração lenta reduzido para 1,0 UNT, ou seja, a água para consumo humano está no intervalo de 0,5 a 1,0 UT. A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde estabelece ainda o Valor Máximo Permitido de 1,0 UNT para água subterrânea e em qualquer ponto da rede de distribuição 5,0 UNT como padrão organoléptico de potabilidade (BRASIL, 2013).

Dos 4 (quatro) poços estudados, apenas dois estão dentro dos padrões estabelecidos em normas, que são os poços JL (0,91 UNT) e SSR (0,43 UNT), os outros dois poços ficaram muito acima do recomendado, o poço MJT (29,26 UNT) e o poço MMB (57,04 UNT). Os dois poços fora dos padrões da Resolução CONAMA nº 396/2008 e da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, estão localizados próximos e/ou dentro de ambientes impactados por agentes antrópicos, por exemplo, o poço MMB que está localizado a 10m de uma pocilga (Figura 21), o que

pode estar relacionado aos seus valores altos de turbidez. Somado a isto, ainda existe o fato de que as propriedades onde estão localizados os poços não tem esgoto sanitário tratado.

BRASIL (2013), afirma que além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode, também, ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais, o que corrobora com o que foi observado em campo e com os resultados do laboratório.

Figura 21 – Pocilga próximo ao poço amostrado



Fonte: Autor

5.1.3 Temperatura

A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade

das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias e os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C (BRASIL, 2014).

Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de resfriamento, a fim de adequá-las ao abastecimento (BRASIL, 2014).

As temperaturas das amostras de água coletadas estão dentro dos padrões aceitáveis para consumo, não há nenhuma alteração desde parâmetro que comprometa a sua potabilidade.

5.1.4 pH

Segundo BRASIL (2014) o potencial hidrogênioônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H⁺) e é calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas).

Existem, no entanto, várias exceções a esta recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácido húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nesta situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica. A acidificação das águas pode ser também um fenômeno derivado da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações. Podem, também, existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos, em função da composição química de suas águas, como é o exemplo de alguns lagos africanos, nos quais o pH chega a ultrapassar o valor de 10 (BRASIL, 2014).

O pH ácido é típico das águas amazônicas e isto se dá pela cobertura vegetal densa que, a partir de sua decomposição nos solos, gera ácidos orgânicos

que apresentam grupos carboxílicos (-COOH), que dissociam, liberando H⁺, e reduzindo o pH das águas (CRESPIM, 2017).

O intervalo de pH para águas para consumo humano, bem como é estabelecido pela Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e fica entre 6,5 e 9,5. Portanto, apenas o poço MJT (pH 6,77) possui valor para potabilidade, os demais poços estudados exibiram valores de pH acima do recomendado por norma. Nos poços MMB (pH 5,53), JL (pH 4,79) e SSR (pH 5,63) estão localizados em propriedades sem esgoto tratado e, provavelmente, o lançamento dos efluentes domésticos podem estar influenciando no resultado do pH desses poços.

5.1.5 Coliformes Termotolerantes e Totais

Um dos grandes problemas que a Região Amazônica apresenta é o baixo índice de saneamento básico nas áreas urbanas, o que acarreta na disseminação de fossas sanitárias para a destinação dos esgotos domésticos e a perfuração de poços tubulares e cacimba para abastecimento de água e está conjuntura tem propiciado frequentemente à contaminação das águas subterrâneas consumidas pela população (SALES e LACERDA, 2017).

As bactérias *Escherichia coli* e coliformes totais são típicas da microbiota intestinal de animais de sangue quente, portanto são importantes indicadores de contaminação, e sua presença em águas subterrâneas indica a influência direta de fossas e/ou fezes. Porém, os coliformes totais também estão associados ao ambiente. A contaminação das águas por excretas de origem humana ou animal pode torná-las um veículo na transmissão de agentes de doenças infecciosas tais como as doenças diarréicas, muito comuns em países subdesenvolvidos (CRISPIM, 2017).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA nº 396/2008 estabelecem que águas destinadas para o consumo humano deva estar isenta de bactérias *Escherichia coli* (coliformes termotolerantes) e coliformes totais.

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, em virtude das precárias condições de saneamento e da má qualidade das águas, as doenças diarreicas de veiculação hídrica, como, por exemplo, febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil, relacionadas à água de consumo humano (SALES e LACERDA, 2017).

Os lençóis freáticos são muito suscetíveis aos processos antrópicos devido ao posicionamento espacial no meio físico e acesso facilitado aos vetores químicos e microbiológicos, proporcionado pelo carreamento e lixiviação de águas superficiais infiltrados e pluviais (SALES e LACERDA, 2017). Além desses fatores, poços mal construídos, sem a devida proteção recomendada e, ainda, próximo de fossas, de pocilgas ou qualquer outra estrutura que abrigue animais, podem contaminar a água do aquífero.

A contaminação ocorre principalmente pela disposição inadequada de resíduos sólidos e destinação final do esgoto doméstico em fossas e tanques sépticos próximos aos poços (SALES e LACERDA, 2017).

O nível do lençol freático no Polo I é muito raso, variando 1m a 5,5m (Figura 13) e já apresenta dados de contaminação por coliformes. As amostras de águas dos 4 (quatro) poços analisados, todas apresentam contaminação por coliformes (Quadro 3). Vale salientar que, para consumo humano, a Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, recomendam que, não haja nenhum tipo de coliformes, principalmente, termotolerantes (*Escherichia coli*). Portanto, a se avaliar pelas amostras analisadas dos poços, a qualidade da água para consumo humano no Polo I está comprometida e isso requer intervenção do Poder Público, com urgência, pois, trata-se de problema de saúde pública naquela localidade.

Santos et al. (2018) constataram que o uso das águas do Aquífero Boa Vista, no Polo I, do PA Nova Amazônia, para consumo humano era inapropriado, em função das mesmas estarem contaminadas por coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e recomendavam a intervenção do Poder Público, no caso, a

FEMARH, gestora dos recursos hídricos subterrâneos no estado, com preconiza a Resolução CONAMA n° 396/2008.

5.1.6 Nitrato

Em água subterrânea, teores acima de 5 mg/L, podem ser indicativos de contaminação por atividades antrópicas, tais como: esgotos domésticos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos de animais etc. (CHRISPIM, 2016).

As altas concentrações de nitrato, nas águas potáveis, podem ser consideradas risco à saúde humana, devido à “síndrome do bebê azul”, que é uma condição de falha respiratória em bebês com excesso de nitrato na dieta alimentar (CHRISPIM, 2017).

Esse elemento é considerado prejudicial à saúde, porém é um importante agente na agricultura. O nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD e CANN, 2011 APUD FREDDO FILHO, 2018).

O resultado da análise para nitrato na amostra do poço MMB (0,8) está de acordo com valores recomendados na Portaria de Consolidação n° 5/2017 do MS, bem como a Resolução CONAMA n° 396/2008. Esse parâmetro foi analisado somente neste poço em função da falta de reagentes no laboratório para concluir as análises das amostras dos outros poços.

5.1.7 Sólidos Totais Dissolvidos

Nas águas subterrâneas pode-se correlacionar o parâmetro de STD ao de condutividade elétrica (CE), multiplicando esse por um fator que varia entre 0.55 e 0.75, o resultado dará um valor estimado do SDT na água e o grau de salinização

das águas subterrâneas pode ser expresso pelo STD, sendo este parâmetro amplamente utilizado para classificar as águas subterrâneas (CHRISPIM, 2016).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde e a Resolução do CONAMA nº 396/2008 estabelecem os valores máximos permitidos de STD para consumo humano seja de 1.000 mg.L⁻¹.

No único poço (BBM) que foi possível analisar esse parâmetro, o resultado foi de 28,83, portanto dentro da normalidade.

Vale ressaltar que, os parâmetros de Nitrato, Nitrito e Sólidos Totais Dissolvidos não foram analisados nos outros poços porque faltou reagente. A FEMARH é a responsável de fornecer reagentes a CAER, entretanto, no Serviço Público existe os trâmites burocráticos legais e que, por esses fatores não foi possível realizar a compra dos reagentes a tempo de proceder com as análises. Porém, a aplicabilidade do Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas não ficou comprometido, aliás, forneceu resultados excelentes.

Os resultados das amostras analisadas no laboratório da CAER são dispostos na tabela abaixo e ressalta-se que, as discussões a respeito dos resultados foram baseadas nos trabalhos de Crespim (2017), Chrispim (2016) e no Manual da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2013) o que, de sobremaneira, auxiliou bastante as discussões a respeito dos resultados obtidos

Quadro 3 - Resultados de laboratório das análises de amostras de águas subterrâneas coletadas

RESULTADO DE LABORATÓRIO					CONAMA n° 396/2008
Parâmetro	Poço MMB	Poço JL	Poço SSR	Poço MJT	Valores Máximos Permitidos - VMP
Condutividade elétrica	57,04	12,6	24,9	101,9	10 - 100
Turbidez	7,76	0,91	0,43	29,16	0,5 - 5,0 uT
pH	5,53	4,79	5,63	6,77	6,5 - 9,0
Temperatura	32°	30,54°	29,62	30,7°	30° C
Nitrato	0,8	-	-	-	10
Sólidos Totais Dissolvidos	28,83	-	-	-	1.000mg/L
Coliformes Totais	187	>2.419	>2.419	141	Ausente
Coliformes Termotolerantes	9	<1	<1	<1	Ausente

Fonte: Autor

5.2 VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO

Baseado no trabalho de Chrispim (2016) utilizou-se o método GOD (Figura 22) verificar a vulnerabilidade do Aquífero Boa Vista no Polo I, do PA Nova Amazônia. É considerada uma metodologia simplificada, pois utiliza apenas três parâmetros e é largamente utilizado em estudos hidrogeológicos na América Latina, por apresentar praticidade e confiabilidade nos resultados (CHRISPIM, 2016), são:

G - Grau de confinamento hidráulico da água subterrânea (Groundwater occurrence). Este parâmetro é responsável pelo quanto o horizonte não saturado pode se traduzir em camada que impede os fluxos descendentes em chegar ao aquífero (aquífero livre, semiconfinado, confinado);

O - Litologia da zona não saturada (Lithology of the Overlying). Em termos da característica hidrogeológica e do grau de consolidação este parâmetro é que determina sua capacidade de atenuação do contaminante; e

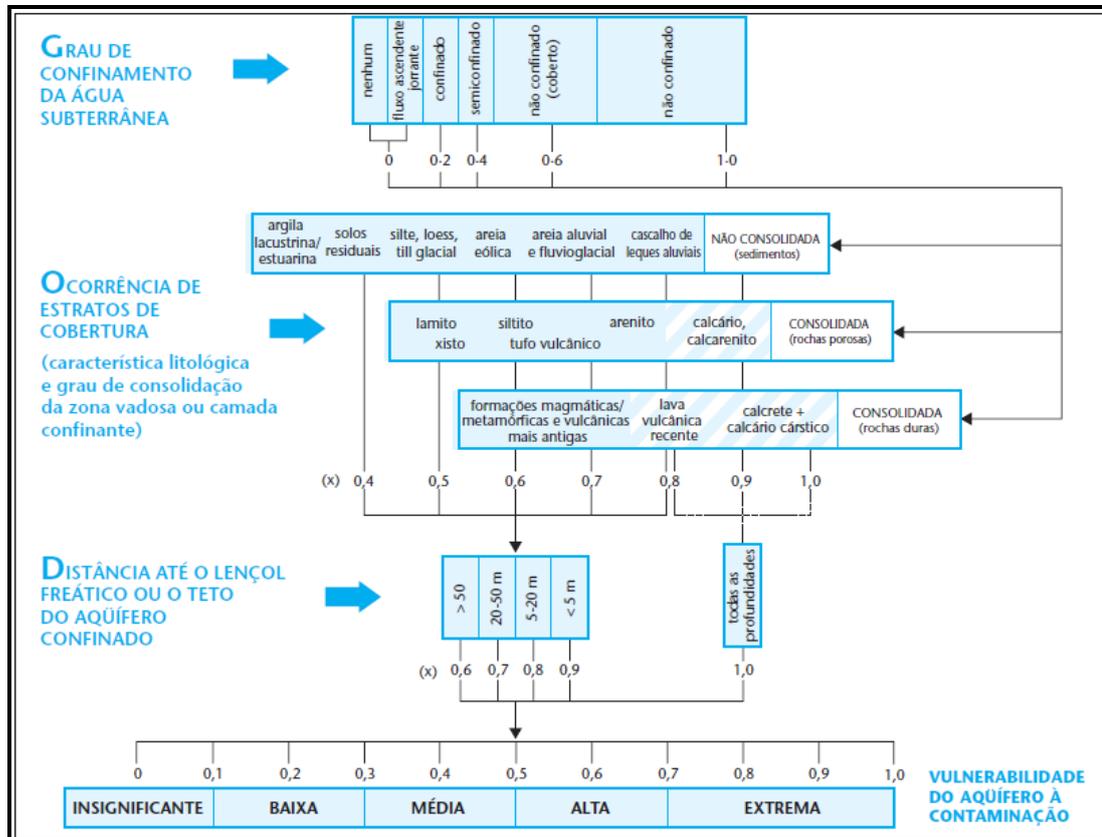
D - Profundidade da água subterrânea (Depth of Groundwater D). Considerando-se a distância entre a superfície do solo e o topo do aquífero livre. Este parâmetro é de fundamental importância, pois pequenas alterações no seu valor alteram significativamente o índice de vulnerabilidade. Os valores dos índices dos parâmetros GOD estão descritos no quadro 4.

Quadro 4 – Valores dos índices dos parâmetros da metodologia GOD

Parâmetros	Descrição	Índice
G,	Aquífero surgente, confinado, semi-confinado, ausência de aquífero.	0,0 a 1,0
O	Natureza geológica e grau de consolidação	0,4 a 1,0
D	Profundidade do nível freático	0,6 a 1,0

Fonte: Adaptado de Foster e Hirata, 1988 apud Chrispim, 2017

Figura - 22 Método GOD para avaliação de vulnerabilidade do aquífero a contaminação



Fonte: Chrispim, 2017 apud Foster, 2006

De acordo com a característica do aquífero em estudo, cada um dos fatores hidrogeológicos recebe um valor. O resultado da multiplicação dos três valores representa o índice numérico para a vulnerabilidade natural do aquífero (Quadro 5), que pode ser definido em diferentes classes de vulnerabilidade (CHRISPIM, 2016).

Levando em consideração os dados hidrológicos dos poços estudados, o nível freático do aquífero é muito raso, em torno de 3 (três) metros de profundidade, sendo um aquífero livre, intergranular, em sedimentos inconsolidados.

Aplicando o método GOD para o Aquífero Boa Vista, no Polo I, do PA Nova Amazônia, adquiriu-se os seguintes dados: $G=1,0$; $O=0,85$; $D=0,9$, portanto, o

resultado da multiplicação dos valores encontrados é **0,765**. Este resultado é o índice de vulnerabilidade do aquífero.

Quadro – 5- Classificação de aquífero através do método GOD

Intervalo	Classe	Características
0 – 0,1	Insignificante	Desconsidera as camadas confinantes com fluxo verticais descendentes não significativos.
0 – 0,3	Baixo	Vulnerável a alguns poluentes, mas somente quando continuamente lançados.
0,3 – 0,5	Médio	Vulnerável a muitos poluentes, mas somente quando lançados continuamente.
0,5 – 0,7	Alto	Vulnerável a muitos poluentes, exceto aqueles muito pouco móveis e pouco persistentes.
0,7 – 1,0	Extremo	Vulnerável a muitos poluentes com rápido impacto em muitos cenários de contaminação

Fonte: adaptada de Forster, 2006 apud Chrispim, 2017

De acordo com a tabela de classificação e com o índice de vulnerabilidade de 0,765, o aquífero apresenta vulnerabilidade extrema e em observações de campo e resultados de laboratório, a vulnerabilidade do aquífero é confirmada, em função da falta de saneamento básico no local em que os assentados lançam seus esgotos domésticos em fossas sépticas ou até mesmo no solo, o que facilita a contaminação do aquífero.

Portanto, nas áreas onde se encontram os níveis mais rasos permitem que o contaminante chegue mais rápido à zona saturada, devido à menor distância que o contaminante deve percorrer desde a superfície do terreno até o limite superior do aquífero (CHRISPIM, 2016).

5.3 RISCOS E FONTES DE CONTAMINAÇÃO

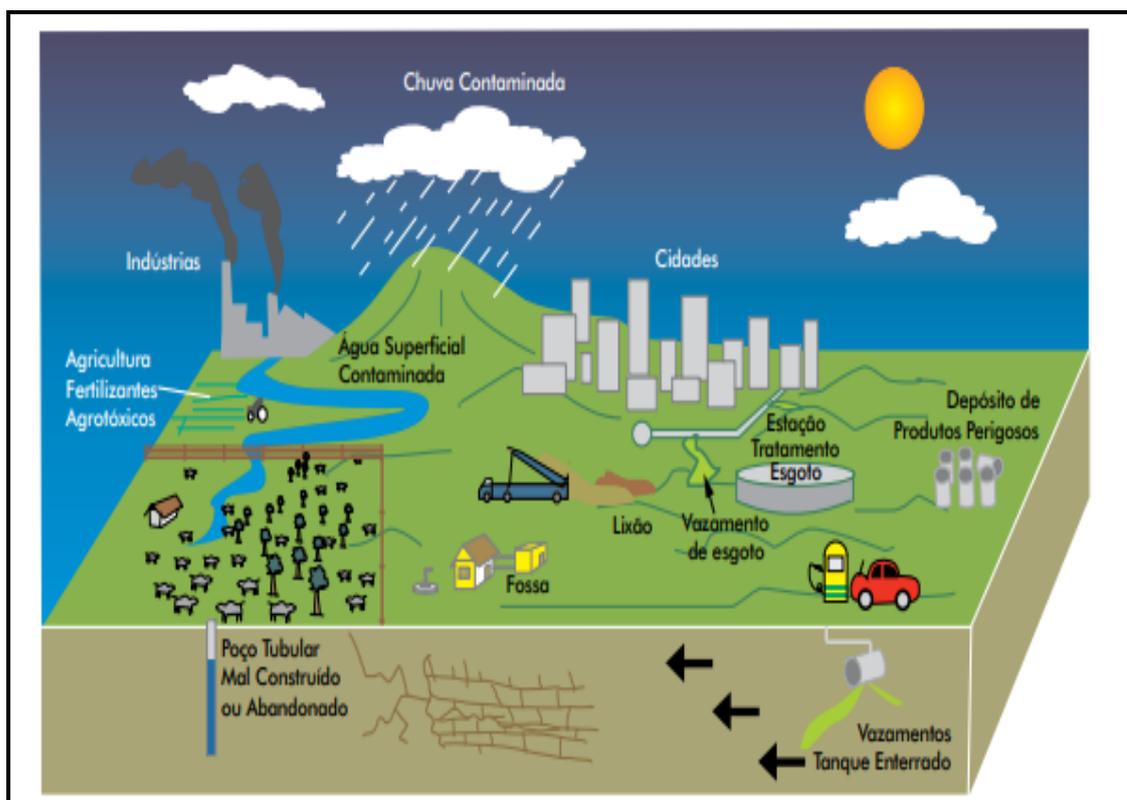
Os dados expostos nesta parte do trabalho provocam uma discussão necessária sobre a relação entre as condições sanitárias, a falta de acesso ao abastecimento público de água e a situação socioeconômica da área estudada, pois se percebe que, em sua maioria, as famílias que tiveram as águas de seus poços estudadas são de baixa renda, além de residirem em uma área carente de saneamento básico, fato que está interligado a inúmeros problemas de cunho ambiental (CRESPIM, 2017).

O risco potencial de um determinado aquífero ser contaminado está relacionado ao tipo de contaminante e suas características (Figura 23), como: litologia (tipo de rocha), hidrogeologia, gradientes hidráulicos (diferença de pressão entre dois pontos), entre outros. A maior ou menor susceptibilidade de um aquífero à contaminação e poluição é chamada de vulnerabilidade. A poluição/contaminação da água subterrânea pode ser direta ou indireta. Ambas podem estar relacionadas com as atividades humanas e/ou por processos naturais (BRASIL, 2013).

No Polo I, as principais fontes de contaminação são: deposição de resíduos sólidos no solo, esgotos e fossas, atividades agrícolas, criação de pequenos animais, tanques de piscicultura abandonados, os poços mal construídos, como é caso da maioria dos poços do Polo I.

Vale mais uma vez ressaltar que, não há saneamento básico no PA Nova Amazônia, portanto, cada assentado tem seu próprio sistema de esgoto sanitário, qual seja, fossa séptica (Figura 23) e as instalações como pocilgas mal construídas em locais inapropriados e próximos aos poços tubulares ou poços amazonas (cacimba). Todo esse cenário e a falta de recursos financeiros dos moradores daquele local, bem como a vulnerabilidade dos aquífero se somam, grandemente, para que haja uma situação de contaminação do aquífero no Polo I, de forma rápida se, caso o Poder Público não intervir com soluções capazes de melhorar a qualidade das águas subterrâneas no local.

Figura 23 – Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas



Fonte: (Brasil, 2013)

5.4 CLASSIFICAÇÃO PARA O ENQUADRAMENTO

A classificação em classes das águas do Aquífero Boa Vista no Polo I do PA Nova Amazônia se baseou em todas as informações obtidas em campo, laboratório e escritório. Considerando que, os resultados das análises das amostras de água subterrânea no Polo I mostram uma situação preocupante, principalmente se considerar o uso para consumo humano. Outra situação preocupante é a falta de saneamento básico naquela localidade, bem como a falta de recursos financeiros dos assentados para subsidiar as estruturas físicas de suas propriedades.

Considerando que, o Aquífero Boa Vista é raso no Polo I e que, as formações onde as águas do aquífero estão armazenadas, têm suas sedimentações inconsolidadas e friáveis e que, suas propriedades permo-porosa são altas, o torna o

aquífero vulnerável a contaminação, o que foi confirmado em campo, por diversos fatores já citados neste trabalho, principalmente, a grau de vulnerabilidade do aquífero e a contaminação por coliformes. Portanto, para classificar e enquadrar o Aquífero Boa Vista, no Polo I, PA Nova Amazônia, utilizou-se a classificação da Resolução CONAMA n° 396/2008 (Quadro 6).

Quadro 6 - Classificação das águas subterrâneas para enquadramento

Classe de Água Subterrânea	Condição para o enquadramento
Especial	As águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial.
Classe 1	As águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 2	As águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 3	As águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 4	As águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo.
Classe 5	As águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

Fonte: Resolução CONAMA n° 396/2008

A classificação da Aquífero Boa Vista no Polo I, do PA Nova Amazônia é a classe 4, o que é preocupante, pois, o Poder Público, através da Fundação Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH, gestora dos recursos hídricos estaduais, deve intervir com soluções técnicas e ambientais viáveis para que não haja um problema de saúde pública naquele local.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As águas do Aquífero Boa Vista no Polo I do PA Nova Amazônia estão armazenadas nas formações Boa Vista e Areias Brancas que, juntas representa um pacote sedimentar, inconsolidados, de aproximadamente 43 (quarenta e três) metros de espessura se constituindo em um excelente aquífero, em termos hidrogeológicos.

Os usos preponderantes das águas do Aquífero Boa Vista, no Polo I são: consumo humano, irrigação, dessedentação de pequenos animais e piscicultura, com enfoque maior no consumo humano por não possuir rede pública de distribuição de água, nem tampouco rede de esgoto naquele local. Os assentados construíram seus próprios sistema de esgoto doméstico, os quais são lançados em fossas sépticas ou mesmo a céu aberto. Por ter o nível freático raso, em torno de 3 a 5 metros de profundidade, o aquífero tem alta vulnerabilidade a contaminação que, foi constado pelo método GOD. Vale ressaltar que, as rochas das formações que compõem o Aquífero Boa Vista são inconsolidadas e com propriedades permo-porosas alta, o que facilita de sobremaneira, a infiltração e posterior contaminação, a qual foi comprovada nas amostras analisadas e nos trabalhos de campo.

A maioria dos poços amazonas e tubulares, no Polo I, do PA Nova Amazônia foram construídos sem quaisquer critérios técnicos e em locais inapropriados o que, contribuiu, grandemente, para contaminação do aquífero. É bom lembrar que, o parâmetro de coliformes totais e termotolerantes, em todos os poços amostrados se mostraram, em números, preocupantes, pois, há a necessidade de intervenção por parte do Poder Público Estadual, por meio do órgão gestor de recursos hídricos estadual, a saber a FEMARH, em apresentar soluções técnicas e ambientais para melhorar a qualidade das águas usadas pelos assentados, antes que se torne uma questão de saúde pública.

Os parâmetros básicos descritos na Resolução CONAMA nº 396/2008, ainda que, alguns não foram analisados, como no caso do nitrato e sólidos totais dissolvidos e os íons tóxico e carcinógenos, em função da falta de reagentes, se mostraram eficientes. Mesmo que, apenas 4 (quatro) poços tenham sido amostrados e analisados, o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas utilizando

apenas esses parâmetros, contribuiu para o enquadramento, em classes, das águas do Aquífero Boa Vista, no Polo I, do PA Nova Amazônia que, foi classificada como de classe 4, o que é motivo de preocupação. Agora, antes de emitir qualquer outorga de direito de usos de recursos hídricos, naquela localidade, a FEMARH deve instruir os assentados, a tomar providências em relação a laje de proteção do poço, bem como a área de proteção do mesmo e, ainda, construir suas fossas sépticas em locais afastado do poço. Dessa forma, a qualidade da outorga emitida será bem diferente da realizada hoje, o que dará mais segurança para o Analista Ambiental e ao usuário, bem como a água outorgada se cercará de todos os cuidados necessários, mesmo sabendo que se trata de uma necessidade premente.

Recomenda-se que o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas seja transformado em norma, por meio de uma Instrução Normativa da FEMARH porque com ele, ainda que usando os parâmetros básicos, o Poder Público terá conhecimento das águas subterrâneas do Estado. Dessa forma, a outorga de recursos hídricos será de qualidade e irá propor, no caso de águas com parâmetros alterados, soluções técnicas para que se tenha água de qualidade capaz de ser consumida sem gerar qualquer problema de saúde pública. É bom ressaltar que, o estudo não estabelece uma metodologia definitiva, pois, assim que outros parâmetros forem incluídos, na medida que o laboratório tiver sua estrutura melhorada, se terá dados mais abrangentes, assim, contribuirá para a melhoria da caracterização das águas subterrâneas no estado e, posteriormente, na qualidade da outorga de recursos hídricos e que, pode servir para subsidiar novos estudos.

Recomenda-se, também, soluções técnicas, por parte da FEMARH ou convênio entre a FEMARH e FUNASA, para descontaminar as águas do Polo I do PA Nova Amazônia, como a floração e cloração nas caixas de água dos assentados, bem como a proteção dos poços construídos com a laje de proteção e a área de proteção do poço, descritos no Decreto – E nº 8.123/2007 (RORAIMA, 2007). Assim, com essas soluções a qualidade da água usada pelos assentados, estará dentro dos padrões estabelecidos por normas. Vale lembrar que, o processo de recuperação de aquíferos e de solos será custeada pelo empreendedor, o qual deve apresentar, ao órgão ambiental, todas as metodologias empregadas na

descontaminação de água subterrâneas e solos, conforme descrito na Resolução CONAMA nº 420/2009 e CETESB (2001b). O órgão ambiental deve realizar as coletas de águas subterrâneas e solos para avaliação preliminar. No caso dos pequenos produtores do Polo I do PA Nova Amazônia, a FEMARH, também deve procurar parcerias com instituições públicas e privadas, com “*know how*” neste assunto a fim de realizar a descontaminação do solo e água subterrânea naquela localidade, visto que, os assentados não dispõem de condições financeiras para custear tal trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.244**: construção de poço tubular para captação de água subterrânea. NBR 12.244. Rio de Janeiro, 2006. 10 p

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº. 5 de 25 de março de 2017. **Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, seção I, supl. nº190, p. 360, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Orientações Técnicas para Coleta, Acondicionamento e Transporte de Amostras de Água para Consumo. Secretaria de Vigilância em Saúde. Ministério da Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador – DSAST. Brasília 2013.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 abril. 2008. Seção Resoluções, 71 p., 2008.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420, de 30 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executiva, Brasília, DF, 30 dezembro. 2009. Seções Resoluções, p.81-84.

CAMPOS, H. C. N. S. **Metodologia para estudos da qualidade das águas subterrâneas e suas aplicações para caracterização hidrogeoquímica do Aquífero Guarani**. Terra e Didática. v.9, n.2, p. 114-131, 2013.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2001. b. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acessado em 2 fev. 2012.

COSTA, C. L. et al. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil**. Semina: ciências biológicas e da saúde, Londrina. 2012. v. 33, p. 171-180.

CRESPIM, R da C. e S. **Qualidade das águas subterrâneas rasa: estudo de caso no Distrito de Icoraci – PA**. 2017. 104p. Dissertação de Mestrado em Hidrogeologia. Universidade Federal do Pará. 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. **Geodiversidade do Estado de Roraima**. CPRM. Manaus. 2014. p. 30.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. Projeto de Disponibilidade Hídrica do Brasil. Carta Hidrogeológica: Folhas **NA.20 Boa Vista**. Escala 1:1.000.000. 2016. Rio de Janeiro: 2016. CD-ROM.

DEMÉTRIO, J.G.A.; BATISTA, A.G.S.; MELO, J.G. **Contribuição ao conhecimento da hidráulica subterrânea do aquífero Jandaíra na região de Baraúna – RN**. Revista de Água Subterrânea, 2017.

FRANCA, R. M. **Análise multivariada dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas em Juazeiro do Norte – CE (Brasil)**. Revista de Água Subterrânea. 2017.

FREDDO FILHO, V. J. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero barreiras. Estudo de caso em Benevides – PA**. 2018. p.112. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos. Universidade Federal do Pará. 2018.

FILIZOLA, H.F. et al. **Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guair**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.5, p.659-667, 2002.

LACERDA, G. L. **Reforma Agrária no Lavrado de Roraima: o pioneirismo do Projeto de Assentamento Nova Amazônia - Boa Vista – RR**. 2013. p. 139. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

LOPES, F. A.; OLIVEIRA, C.K. R. de. **Protocolo para avaliação da qualidade sanitária e ambiental em balneários de água doce no Brasil**. 2017. Revista Brasileira de Geografia Médica e Sanitária. v.13, n.25. HYGEIA, ISSN 1980-1728.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. **Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento**. Revista de Água Subterrânea, 2018.

MANZIONE, R. L. **Águas Subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma Visão Multidisciplinar.** Jundiá: Paco Editorial, 2015.

MARION, F.A.; CAPONE, V.; SILVA, J.L.S. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria - RS.** Ciência e Natura, n. 29, v. 1, 2007, p. 97-109.

MATOS, A. B. de; REGINATO, P. A. R.; ATHAYDE, G. B. **Compartimentação hidrogeológica do Sistema Aquífero Guarani na escarpa da serra geral no nordeste do RS.** 2018.

MAZZUCO, G. G. et al. **Avaliação da efetividade das políticas públicas voltadas para a proteção das áreas de captação de água:** estudo de caso no município de São Carlos-SP. Revista de Água Subterrânea, 2015.

NARCISO, M. G.; GOMES, L. P. **Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia – GO.** Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v. 21, p. 4-18. 2008.

PEREIRA, M. J. A. **Agricultura Familiar no Projeto de Assentamento Nova Amazônia: vida no Lavrado em Boa Vista – RR – Brasil.** 2017. p. 212. Tese de Doutorado (Doutorado em Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Amazonas.

PINTO, V. M. et al. Contexto Geológico no município de Boa Vista – RR. 2012. **ACTA Geográfico.** Boa Vista –RR, v. 6, n.12. 2012.

RORAIMA. Decreto Estadual nº 8.123, de 12 de julho de 2007. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado de Roraima,** Poder Executivo, Boa Vista, RR, 12 de julho de 2008, 36 p., 2008.

SALES, M. E. S.; LACERDA, M.C. de. **Análise de Coliformes Totais e Termotolerantes em Águas de Poço de Residências no município de Presidente Medici, Rondônia.** 2017. Revista Saberes UNIJIPA, Ji-Paraná, v.6, n.1. 2017. ISSN 2359-3938.

SANTOS, R.; ALENCAR, A.; PEREIRA, M.; VITAL, M. 2018. Aspectos Sanitários e de Qualidade da Água em Assentamento Rural em Roraima. **Anais do Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia.** v.5. Manaus: EDUA. 2018, ISSN 2178-3500.

SILVA, D.D. et al. **Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático:** região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). 2014.

WAMKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A de O.; SANDER, C. 2012. ACTA geográfico. Boa Vista –RR, v. 6, n.12. 2012.

ZOBY, J. L. G. Panorama de Qualidade das Aguas Subterrâneas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGUAS SUBTERRÂNEAS, 20., 2008, Brasília. **Panorama de Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2008. v. 0, p. 12 - 65.

APÊNDICE

Apêndice A – Instrução Normativa nº xxx, que dispõe sobre a caracterização de águas subterrâneas do Estado de Roraima e seu enquadramento em classes, usando o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas.



GOVERNO DE RORAIMA
FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
"AMAZÔNIA: PATRIMÔNIO DOS BRASILEIROS"



Instrução Normativa nº xxxx

Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas no Estado de Roraima com uso de Protocolo com parâmetros mínimos.

Considerando a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, particularmente em seus arts. 9º e 10 que tratam do enquadramento dos corpos de água em classes, ratifica que cabe à legislação ambiental estabelecer as classes de corpos de água para proceder ao enquadramento dos recursos hídricos segundo os usos preponderantes;

Considerando que a Resolução no 15, de 11 de janeiro de 2001, do CNRH, estabelece que o enquadramento dos corpos de água em classes dar-se-á segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes, a serem especificamente definidos;

Considerando a Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências;

Considerando a Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas;

Considerando a necessidade de integração das Políticas Nacionais de Gestão Ambiental, de Gestão de Recursos Hídricos e de uso e ocupação do solo, a fim de garantir as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas;

Considerando ser a caracterização das águas subterrâneas essencial para estabelecer a referência de sua qualidade, a fim de viabilizar o seu enquadramento em classes;

Considerando a Lei nº 547 de 23 de junho de 2006 que, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências;

Considerando a necessidade de se promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que poluídas ou contaminadas, sua remediação é lenta e onerosa, resolve:



GOVERNO DE RORAIMA
FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
"AMAZÔNIA: PATRIMÔNIO DOS BRASILEIROS"



Art. 1º Esta Instrução Normativa dispõe sobre a caracterização das águas subterrâneas do Estado de Roraima, bem como sua classificação em classes.

Art. 2º Os parâmetros básicos usados para caracterização das águas subterrâneas no Estado de Roraima serão aqueles descritos no artigo 12 da Resolução CONAMA nº 396 de 7 de abril de 2008 e, para tanto, será usado o Protocolo de Caracterização de Águas Subterrâneas (anexo).

Art. 3º Em áreas onde estiver postos de gasolina serão analisados os hidrocarbonetos (BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno), bem como em áreas de plantio de mandioca será analisado o cianeto advindo destas plantações.

Art. 4º Com o decorrer do tempo, outros parâmetros devem ser adicionados ao Protocolo citado no artigo anterior, de acordo com o melhoramento das estruturas físicas e de qualidades do laboratório da CAER.

Art. 5º A Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH é a responsável pela execução dos trabalhos de campo, conforme a Resolução 396/2009 e sem custos adicionais aos pequenos e aos grandes empreendedores.

Art. 5º Esta Instrução Normativa entra em vigor a partir da data de sua publicação.

Ionilson de Souza Sampaio – Presidente da FEMARH.



GOVERNO DE RORAIMA
FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
"AMAZÔNIA: PATRIMÔNIO DOS BRASILEIROS"



Anexo

PROTOCOLO DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS									
Identificação do Poço:									
Nome do Proprietário:									
Coordenadas	LAT:	LONG:	Horário:						
Município:									
Aspectos	Critérios								
Condições do Entorno	Uso preponderante								
	Fonte de poluição								
	Proteção do poço								
	Obs:								
Parâmetros Básicos	pH								
	Turbidez								
	Temperatura								
	Condutividade elétrica								
	Coliformes termotolerantes								
	Sólidos totais dissolvidos								
	Nitrito								
	Íons Tóxicos e Carcinógenos								
	Al:	As:	Pb:	Cu:	Hg:	Ba:	Sb:	Cd:	Sc
	Nitrato								
Hidrocarbonetos (BTEX)									
Cianeto									
Características	Hidrogeológica								
	Hidrogeoquímica								
	Geológica								
Enquadramento em classes	Classe especial								
	Classe 1								
	Classe 2								
	Classe 3								
	Classe 4								
Classe 5									
OBS:									

