



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA**

GILMAR FIGUEIREDO GUEDES JÚNIOR

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DA
REGIÃO NORTE DE MACAÚBAS-BAHIA**

Salvador
2014

GILMAR FIGUEIREDO GUEDES JÚNIOR

**MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO DA REGIÃO DE
MACAÚBAS-BAHIA**

Monografia apresentada ao Curso de Geologia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal da
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Cristovaldo Bispo dos Santos
IGEO/UFBA e CPRM
Co-orientador: MSc. José Castro Mello
CERB

Salvador
2014

TERMO DE APROVAÇÃO

GILMAR FIGUEIREDO GUEDES JÚNIOR

MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO DA REGIÃO DE
MACAÚBAS-BAHIA

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Cristovaldo Bispo dos Santos - Orientador
Instituto de Geociências/UFBA e CPRM

Prof. MSc. Hailton Mello da Silva
Instituto de Geociências, UFBA

MSc. João Batista Matos de Andrade
CERB

Salvador, 27 de janeiro de 2014

AGRADECIMENTOS

Dedico essa monografia em memória ao meu pai, Zica, e ao meu tio, Van, que são as duas pessoas que eu mais me inspiro e sinto falta.

Agradeço ao prof. Cristovaldo por ter assumido a responsabilidade em me orientar, e todo o apoio dado durante o trabalho. Ao Geólogo Castro, pelo acompanhamento do trabalho e toda sua orientação.

Agradeço a toda minha família por sempre me apoiar: meus tios (Genivaldo, Bio, Beto, Tó e Tõe), tias (Dí, Dai, Dite, Lia, Lene e Rosa), primos (Neto, Já, Zé, Bruno, Lê, Breno, Junior e Enzo), primas (Pó, Lu, Ná, Mila, Lau, Val e Ví), Vô Bastos, Vó Dila, em especial minha mãe Helena, meu irmão Gilton, avó Nena, tia Cau e namorada Taty. A minha segunda família, a galerinha do Alternativo (Pépé, Tuia, Bel, Bá, Lú, Tação, Heron, Renan, Saulão, Peu, Ton, SSA Jr, Dael, Daniel, Maicão, Diôgo, Fêu, Cabeça, Manim, Genésio e o mestre Dimas) que são meus verdadeiros amigos.

Aos meus amigos da faculdade e companheiros de equipe: André, Marcelo, Vanderlúcia e Rivaldo; ao meu parceiro de colégio/cursinho/faculdade Diego; aos amigos da época da Geologia em Barreiras: Carlos, Maurício, Demilton, Willi, Leandro.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado na região Norte de município de Macaúbas, no centro-sul da Bahia, onde o clima seco e a distribuição irregular das chuvas gera uma escassez das águas superficiais. A alternativa de abastecimento através de águas subterrâneas se esbarra em condições hidrogeológicas gerais extremamente difíceis, onde afloram rochas de idade Arqueana (Complexo Paramirim) a Paleoproterozóica (Supergrupo Espinhaço), além de coberturas detríticas recentes. Os Aquíferos presentes são heterogêneos, descontínuos e de pequena extensão, condicionados a presença de fraturas e fendas. Foi feito então um trabalho de mapeamento hidrogeológico, onde se avaliou a distribuição hídrica subterrânea entre os diferentes litotipos e a relação com as feições estruturais. Por fim, foi caracterizado domínios com características hidrogeológicas semelhantes.

Para a realização desse trabalho, foi feito a delimitação dos diferentes litotipos, um levantamento da disponibilidade hídrica subterrânea através de dados dos poços tubulares, o mapeamento das feições estruturais, cadastramento dos pontos de água e, por fim, a individualização dos domínios hidrogeológicos.

Através dessas análises foi possível construir o mapa litológico e hidrogeológico com as unidades presentes. Foram elaboradas também 3 seções geológicas-hidrogeológicas Oeste-Leste para as porções Norte, Central e Sul.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas; Aquíferos; Domínios Hidrogeológicos.

ABSTRACT

This study was conducted in north Macaúbas municipality in central - southern Bahia , where the dry climate and the uneven distribution of rainfall generates a shortage of surface water . The alternative supply through groundwater is extremely difficult bumps into general hydrogeological conditions where outcrop rocks of Archean age (Complex Paramirim) the Paleoproterozoic (Espinhaço Supergroup) , and covers recent detrital . The aquifers present are heterogeneous, discontinuous and of small extent , conditioned to the presence of fractures and cracks . It was then worked to hydrogeological mapping , which evaluated the underground water distribution between the different rock types and the relationship with structural features. Finally, we characterized domains with similar hydrogeological characteristics .

To perform this work has been done to delineate different rock types , a survey of underground water availability through data of wells , mapping of structural features , registration of water points , and finally , the individualization of the hydrogeological domains .

Through these analyzes it was possible to build the lithological map and individualizing hydrogeological units . 3 sections were also prepared geological - hydrogeological East-West to North , Central and South portions

Keywords: Groundwater; Aquifers; Hydrogeological Unit.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Fluxograma representativo da metodologia de trabalho..... | 14 |
| Figura 2 - Desenho esquemático do Ciclo Hidrológico..... | 17 |
| Figura 3 - Vias de acesso a Macaúbas - Bahia..... | 21 |
| Figura 4 - Gráfico com a precipitação média, temperatura máxima e mínima para Macaúbas-Bahia..... | 22 |
| Figura 5 - Mapa de evaporação potencial mm/ano..... | 23 |
| Figura 6 - Mapa Geomorfológico da área de estudo..... | 24 |
| Figura 7 - Mapa de Solos da área de estudo..... | 25 |
| Figura 8 - Mapa geológico do Aulacogéno de Paramirim..... | 29 |
| Figura 9 - Coluna estratigráfica esquemática da Região de Macaúbas-Bahia..... | 33 |
| Figura 10 - Mapa litológico da área de trabalho com as unidades geológicas presentes..... | 36 |
| Figura 11 - Unidades Hidrogeológicas Regional..... | 50 |
| Figura 12 - Mapa indicando as Unidades Hidrogeológicas presentes na área de estudo..... | 54 |
| Figura 13 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Estrelinha. Coordenadas: 12°59'54" 42°39'21". (Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano)..... | 61 |
| Figura 14 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Exu. Coordenadas: 13°04'04" 42°38'16".(Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano)..... | 62 |
| Figura 15- Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Fazenda São Roque. Coordenadas: 13°01'26" 42°40'52".(Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano)..... | 63 |
| Figura 16 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Olaria/Leite. Coordenadas: 13°02'28" 42°40'48".(Contato entre a Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano e a do Supergrupo Espinhaço)..... | 64 |
| Figura 17 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Sede I. Coordenadas: 13°00'48" 42°41'52".(Unidade Hidrogeológica do Supergrupo Espinhaço)..... | 65 |
| Figura 18 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Boqueirão do Adolfo. Coordenadas: 13°01'24" 42°42'22".(Unidade Hidrogeológica do Supergrupo Espinhaço)..... | 66 |
| Figura 19 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Aguada. Coordenadas: 13°00'27" 42°44'08".(Unidade Hidrogeológica do Supergrupo Espinhaço)..... | 67 |
| Figura 20 - Seção Geológica-Hidrogeológica da porção norte da área de trabalho..... | 68 |
| Figura 21 - Seção Geológica-Hidrogeológica da porção central da área de trabalho..... | 69 |
| Figura 22 - Seção Geológica-Hidrogeológica da porção sul da área de trabalho..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Figura 23 - Mapa de distribuição de Cloreto na área..... | 71 |
| Figura 24 - Mapa de distribuição de Nitrato na área..... | 72 |
| Figura 25 - Mapa de distribuição de Sólidos Dissolvidos Totais na área..... | 72 |
| Figura 26 - Mapa dos Domínios Hidrogeológicos da Área..... | 73 |

LISTA DE FOTOS

| | |
|--|----|
| Foto 1 - Afloramento de Gnaiss Granítico, foliado (N005p/64) e fraturado (N105p/78). Foto em planta, com bússola apontando para o norte. Coordenadas S 13°03'24"; W042° 39' 01,3"..... | 37 |
| Foto 2 - Afloramento de Gnaiss Granítico, com foliação insipiente (N013p/46) e fraturas em diversas direções no Riacho da Várzea Suja. Visada para norte, Coordenadas S 13°03'31,8"; W042° 39' 09,2"..... | 38 |
| Foto 3 - Afloramento de Veio de Quartzo, bastante fraturado. No Embasamento do Bloco Paramirim, próximo ao contato com o Supergrupo Espinhaço. Foto em planta, Coordenadas S 13°02'10,7"; W042° 41' 04,4"..... | 39 |
| Foto 4 - Afloramento de quartzitos intercalados por filito. Quartzito bastante fraturado. Visada para Sul, Coordenadas S 13°01'27,9"; W042° 41' 23"..... | 40 |
| Foto 5 - Afloramento mostrando quartzito com fraturas subverticais cortadas por uma falha com a componente reversa e sinistral. Visada para oeste, Coordenadas S 13°01'27,9"; W042° 41' 23"..... | 41 |
| Foto 6 - Afloramento de um metaconglomerado polimítico. Foto em perfil, Coordenadas S 13°00'56"; W042° 41' 32,7"..... | 41 |
| Foto 7 - Afloramento mostrando foliação (N343p/32) nos xisto. Foto em planta com a bússola apontando para o Norte, Coordenadas S 13°05'01,4"; W042° 41' 04,2"..... | 42 |
| Foto 8 - Afloramento mostrando a intercalação entre quartzito e xisto. Foliação N335p/64, foto em perfil, visada para sul, Coordenadas S 13°01'27,2"; W042° 41' 44,4"..... | 43 |
| Foto 9 - Afloramento mostrando a rocha metavulcanica. Foto em lajedo com bússola apontando para o Norte. Coordenadas S 13°01'42,7"; W042° 42' 28,1"..... | 44 |
| Foto 10 - Afloramento mostrando a textura amigdaloidal em rocha metavulcanica. Foto em lajedo com bússola apontando para o Norte. Coordenadas S 13°01'42,5"; W042° 42' 27,9"..... | 44 |
| Foto 11 - Afloramento da Serra do Espinhaço, mostrando foliação nos quartzitos, que mergulha para ENE. Quartzito com foliação métricas se destacando no topografia. Visada para Sul, Coordenadas S 13°06'48,3"; W042° 41' 45,4"..... | 45 |
| Foto 12 - Afloramento de quartzito mostrando a estratificação cruzada de grande porte. Foto em perfil com visada para Sul, Coordenadas S 13°05'38,6"; W042° 41' 55,3"..... | 46 |
| Foto 13 - Afloramento da de quartzito intercalado com xisto. Presença de fraturas no quartzito com direção N290. Foto em lajedo com bússola apontando para o Norte. Coordenadas S 13°06'05,0"; W042° 42' 58,6"..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Foto 14 - Afloramento do xisto com presença de porfiroblasto de biotita de cor preta. Foto em lajedo com bússola apontando para o Norte. Coordenadas S 13°05'55,6"; W042° 43' 09,3"..... | 48 |
| Foto 15 - Colúvio no sopé das Serras de quartzito, afloramento no início da estrada dos Tinguis. Visada para sudeste, coordenadas S 13°06'47,9"; W042°41' 45,2"..... | 49 |
| Foto 16 - Alúvio recobrimdo as rochas gnaissicas no Riacho da Várzea Suja. Visada para noroeste, coordenadas S 13°03'31,8"; W042°39'09,2"..... | 49 |
| Foto 17 - Afloramento de Gnaisse Granítico foliado (N010p/69) com veios de quartzo. Foto em planta com bússola apontando para o norte, Coordenadas S 13°03'23,8"; W042° 39' 01,2"..... | 55 |
| Foto 18 - Afloramento de Gnaisse Granítico, foliado (N011p/71) e fraturado em diversas direções. Foto em planta, com bússola apontando para o norte. Coordenadas S 13°03'24,3"; W042° 39' 00,9"..... | 56 |
| Foto 19 - Afloramento mostrando quartzito foliado e fraturado em duas direções principais (N210p/83; N083p/87). Foto em planta, Coordenadas S 13°01'26,0"; W042° 41' 53,1"..... | 57 |
| Foto 20 - Afloramento de um metaconglomerado polimítico. Foto em planta com a bússola apontando para o Norte, Coordenadas S 13°01'39,5"; W042° 41' 56,1"..... | 57 |
| Foto 21 - Afloramento mostrando a intercalação entre quartzito e xisto. Foto em perfil, visada para sul, Coordenadas S 13°01'59,4"; W042° 42' 12,6"..... | 58 |
| Foto 22 - Afloramento de quartzito na Serra do Espinhaço Setentrional. Padrão de fraturamento em vermelho. Visada para oeste, Coordenadas S 13°00'46,6"; W042°42'45,1"..... | 59 |
| Foto 23 - Contato entre dos Sedimentos Inconsolidados e o Domínio Metassedimentar. Visada para leste, Coordenadas S 13°06'44,8"; W042°41'02,4"..... | 60 |
| Foto 24 - Afloramento de Gnaisse Granítico, com diversas fraturas em várias direções no Riacho da Varzea Suja. Visada em perfil para norte, Coordenadas S 13°03'31,8"; W042° 39' 09,2"..... | 75 |
| Foto 25 - Afloramento de Gnaisse Granítico, em um corte de estrada próximo ao povoado de Ponta do Morro. Fraturas nas direções N120 e N178; foto em planta, bússola apontando para o Norte, Coordenadas S 13°05'00,2"; W042° 39' 17,6"..... | 76 |
| Foto 26 - Afloramento de Veio de Quartzo, com fraturas N087 e N354. Próximo ao contato entre o Supergrupo Espinhaço e o Embasamento do Bloco Paramirim. Visada para nordeste, Coordenadas S 13°02'33,7"; W042° 41' 01,2"..... | 77 |
| Foto 27- Afloramento mostrando 2 famílias de fraturamento (N088p/75 e N143p/22) em quartzito. Visada para oeste, Coordenadas S 13°01'27,9"; W042° 41' 23"..... | 78 |
| Foto 28 - Contato entre o Domínio Fissural Metassedimentar e o os Sedimentos Inconsolidados. Visada para oeste, Coordenadas S 13°05'36,6"; W042°41'30,1"..... | 79 |
| Foto 29 - Afloramento mostrando 3 famílias de fraturamento em quartzito (N350p/62, N273p/62 e N034p/56). Foto em planta, Coordenadas S 13°06'54,5"; W042°42'07"..... | 80 |
| Foto 30 - Afloramento de moscovita quartzito feldspático. Apresenta padrão de fraturas conjugadas em direções N090/74S e N145/23SW. Visada para oeste. Coordenadas S13°01'27,9"; W042°41'23"..... | 81 |

| | |
|--|----|
| Foto 31 - Afloramento de quartzito puro na Serra do Carrapato. Padrão de fraturamento em vermelho. Visada para oeste, Coordenadas S 12°57'58,5"; W042°36'20,4"..... | 82 |
| Foto 32 - Afloramento de Sericita Xisto mostrando o padrão de fraturamento em par conjugado N060/70SE e N170/20SW. Visada para oeste, coordenadas S13°01'27,2"; W042°41'44,4"..... | 83 |
| Foto 33 - Contato entre o Domínio dos Sedimentos Inconsolidados e o Domínio Cristalino. Visada para nordeste, Coordenadas S 13°07'27,4"; W042°39'43,1"..... | 85 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Sólido Dissolvido Total, Cloreto e Nitrato..... | 70 |
| Tabela 2 - Profundidade, Nível Estático, Nível Dinâmico e Vazão..... | 84 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 JUSTIFICATIVAS..... | 13 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 13 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 13 |
| 1.2.1 Objetivo Específico | 14 |
| 1.3 METODOLOGIA..... | 14 |
| 1.3.1 Etapa de Mobilização | 15 |
| 1.3.2 Etapa Preparatória | 15 |
| 1.3.3 Etapa Principal | 15 |
| 1.3.4 Etapa Final | 15 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1 ORIGEM E CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS..... | 16 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA..... | 17 |
| 2.3 ESTIMATIVAS MUNDIAIS DE VOLUMES E PERCENTAGENS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA..... | 18 |
| 2.4 POTENCIAIS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL..... | 19 |
| 2.5 MODELO DE OCORRÊNCIA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA EM TERRENOS CRISTALINOS..... | 20 |
| 2.5.1 Modelo Riacho-Fenda | 20 |
| 3 CARACTERÍSTICAS FISIOMORFOLÓGICAS DA ÁREA | 21 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO..... | 21 |
| 3.2 CLIMA..... | 22 |
| 3.3 GEOMORFOLOGIA..... | 23 |
| 3.4 SOLOS..... | 25 |
| 3.5 VEGETAÇÃO..... | 26 |
| 3.6 HIDROGRAFIA..... | 27 |
| 4 GEOLOGIA REGIONAL | 28 |
| 4.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS..... | 30 |
| 4.1.1 Complexo Paramirim Arqueano (Paleoarqueano- Mesoarqueano) | 30 |
| 4.1.2 Supergrupo Espinhaço (Paleoproterozoico- Mesoproterozoico) | 30 |
| 4.2 EVOLUÇÃO TECTÔNICA..... | 34 |
| 5 GEOLOGIA LOCAL | 36 |
| 5.1 COMPLEXO PARAMIRIM ARQUEANO..... | 37 |
| 5.2 SUPERGRUPO ESPINHAÇO..... | 39 |
| 5.2.1 Grupo Pajeú | 39 |
| 5.2.1.1 Formação Ipuçaba..... | 39 |
| 5.2.1.2 Formação Bomba..... | 43 |
| 5.2.2 Formação Bom Retiro | 45 |
| 5.2.3 Grupo São Marcos | 46 |
| 5.2.3.1 Formação Riacho do Bento..... | 46 |
| 5.2.3.2 Formação Mosquito..... | 47 |
| 5.3 COBERTURAS PALEÓGENAS..... | 48 |

| | |
|---|----|
| 6 HIDROGEOLOGIA REGIONAL | 50 |
| 6.1 AQUÍFERO DO EMBASAMENTO ARQUEANO..... | 51 |
| 6.2 AQUÍFERO DO SUPERGRUPO ESPINHAÇO..... | 52 |
| 6.3 FORMAÇÕES CENOZÓICAS..... | 52 |
| 7 HIDROGEOLOGIA LOCAL | 54 |
| 7.1 AQUÍFERO DO EMBASAMENTO ARQUEANO..... | 55 |
| 7.2 AQUÍFERO DO SUPERGRUPO ESPINHAÇO..... | 56 |
| 7.3 FORMAÇÕES CENOZÓICAS..... | 59 |
| 8 DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS | 73 |
| 8.1 DOMÍNIO DO EMBASAMENTO..... | 74 |
| 8.1.1 Subdomínio dos Gnaisses..... | 74 |
| 8.1.2 Subdomínio dos Gnaisses com Veios de Quartzo..... | 76 |
| 8.2 DOMÍNIO METASSEDIMENTAR..... | 78 |
| 8.2.1 Subdomínio dos Quartzitos..... | 79 |
| 8.2.2 Subdomínio dos Quartzitos intercalados com Xistos e Filitos..... | 82 |
| 8.3 SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS COMO ZONAS DE RECARGA DOS AQUÍFEROS..... | 85 |
| 9 CONCLUSÕES | 86 |
| 10 REFERÊNCIAS | 87 |

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste na apresentação dos resultados referente ao mapeamento hidrogeológico da região de Macaúbas – BA. Para isso, contou-se com a análise de imagens aéreas, levantamento bibliográfico, observações de campo e atividades pós-campo. A atividade de campo foi realizada entre os meses de outubro, novembro e dezembro de 2013.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Visa o conhecimento e compreensão da distribuição das águas subterrâneas em terrenos ígneos, metamórficos e sedimentares no semiárido baiano. O município de Macaúbas-Bahia, onde se localiza a área de estudo, apresenta baixa precipitação anual, em torno de 850 mm; pouca disponibilidade de águas superficiais, períodos de estiagem entre os meses de abril a outubro e secas prolongadas.

O aumento do consumo de água na região, devido ao crescimento urbano e atividades agropecuárias, juntamente com a escassez de água superficial, resulta na necessidade de elaborar uma forma alternativa de abastecimento através da água subterrânea. O mapeamento hidrogeológico fomentará a utilização das águas subterrâneas como alternativa para abastecimento do município.

O estudo realizado auxiliará tanto a iniciativa pública como a privada, em projetos de captação de água e irrigação, visto que este trabalho em uma escala maior de detalhe é pioneiro na área.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a distribuição hídrica subterrânea entre as diferentes litologias e correlacionar com as feições estruturais. Por fim, estabelecer domínios com características hidrogeológicas semelhantes.

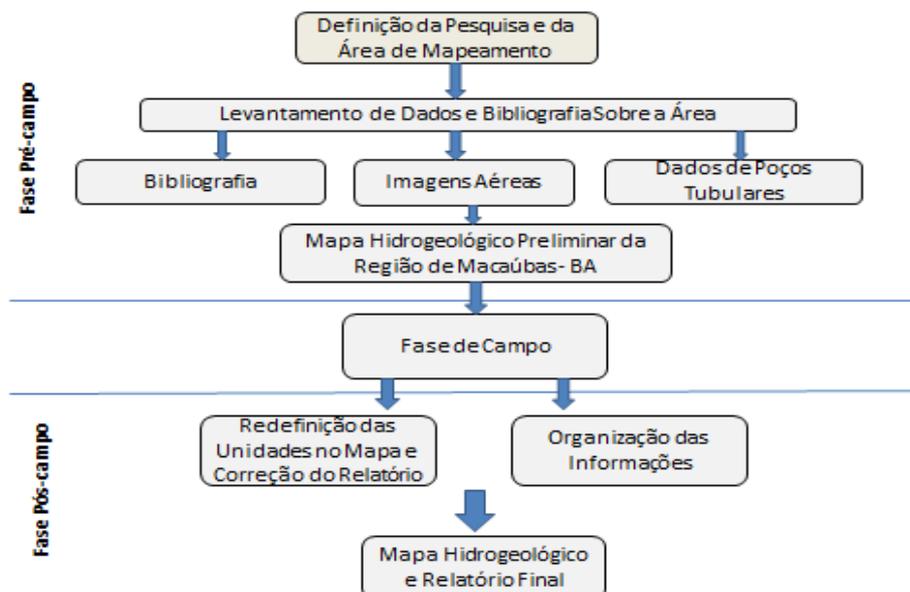
1.2.2 Objetivo Específico

- Cadastramento de pontos de água, nascentes e poços.
- Fazer um levantamento da disponibilidade hídrica subterrânea através de dados de poços tubulares existentes na área de estudo.
- Delimitar os diferentes litotipos presentes na área.
- Realizar um mapeamento das feições estruturais, como falhas e fraturas, correlacionando com a disponibilidade hídrica subterrânea.
- Individualizar domínios hidrogeológicos propensos à extração de água através de poços tubulares.

1.3 METODOLOGIA

Técnicas de mapeamento geológico e hidrogeológico vêm se aprimorando ao decorrer dos anos, visto que a escassez da água leva, cada vez mais, a exploração das águas subterrâneas. Com os domínios hidrogeológicos bem definidos, através do mapeamento, a escolha do local para perfuração de um poço tubular pode ser realizada com maior sucesso.

Figura 1 - Fluxograma representativo da metodologia de trabalho.



Fonte: Autor

Os procedimentos metodológicos utilizados, representado no fluxograma (Figura 1), foram divididos nas seguintes etapas:

1.3.1 Etapa de Mobilização

Consistiu na definição da área de mapeamento e realização do levantamento de dados para o início do trabalho. Para isso buscou-se a consulta de livros, artigos, teses e informações na internet. A pesquisa buscou obter informações sobre a geologia e hidrogeologia dos aquíferos fissurais, conceitos de análise estrutural aplicada a meios heterogêneos, fatores que influenciam no armazenamento e distribuição das águas.

Nesta etapa, foi elaborado o mapa temático preliminar na escala 1:50.000, baseado nas características das drenagens, relevo e feições estruturais. Foi levantado também informações sobre a geologia, geomorfologia, solos, clima e poços tubulares presentes na área.

1.3.2 Etapa Preparatória

A partir da análise do acervo disponível foram elaboradas seções Leste-Oeste, o mapa geológico-hidrogeológico preliminar da região Norte de Macaúbas-Bahia e a fundamentação teórica do trabalho.

1.3.3 Etapa Principal

Essa etapa foi realizada entre os meses de outubro, novembro e dezembro, consistindo na execução das atividades de campo, com visita e cadastramento dos poços tubulares, individualização das unidades geológicas e hidrogeológicas da área, análise das feições estruturais rúpteis presente, elaboração do mapa hidrogeológico final e respectivo relatório.

1.3.4 Etapa final

Por fim, foi feito o mapa hidrogeológico da área de estudo e os mapas que constam nos diversos capítulos desta monografia, através do software ArcGis 9.3. Finalizando com a revisão final do relatório e confecção da monografia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água subterrânea é descrita como aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou nível freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas, e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas. O estudo da água subterrânea inclui tanto o fluxo em formações saturadas como o movimento da água em meios não saturados, nos quais a distribuição de umidade desempenha papel importante no ciclo hidrológico e em muitos processos geológicos (MANOEL FILHO, 1996).

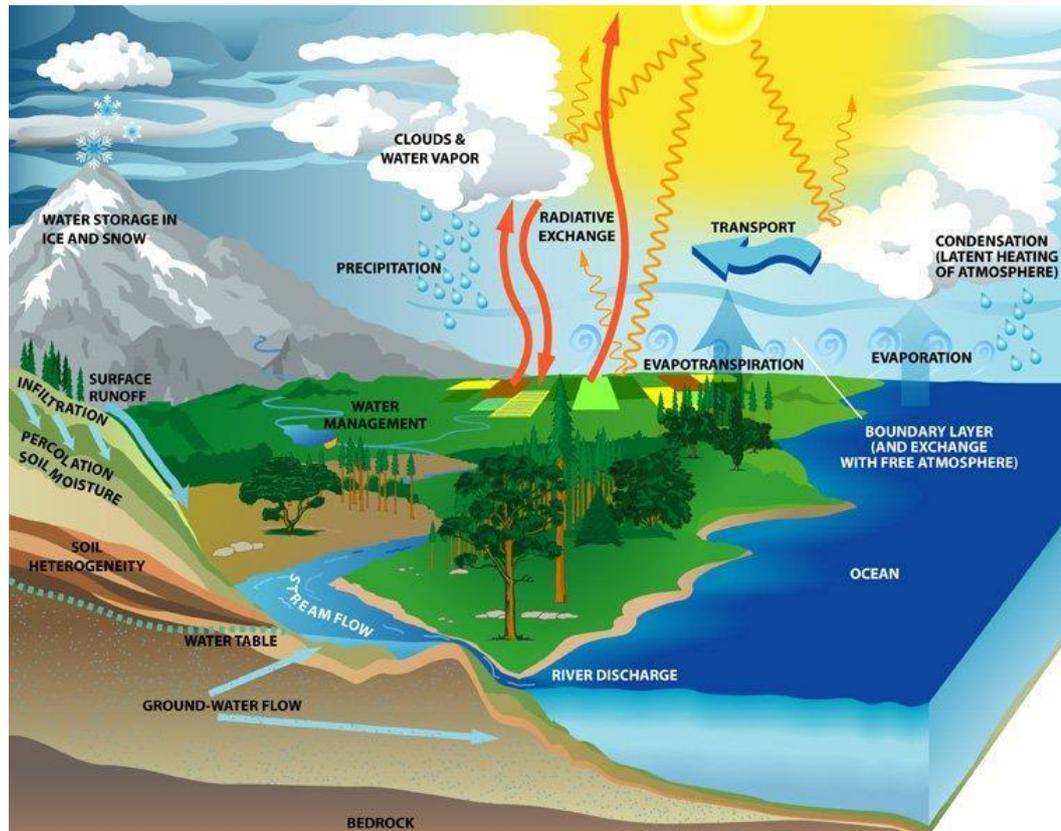
Ela é um recurso natural que possui características essenciais ao meio ambiente, faz parte do ciclo hidrológico e, por esse motivo, a compreensão do seu papel nos estudos integrados com águas superficiais em bacias hidrográficas é fundamental. Nos processos geológicos, a água subterrânea exerce notável influência, dentre outros, nos problemas geotécnicos como estabilidade de taludes e subsidência de terras, na geração de terremotos, na migração e acumulação de petróleo (MANOEL FILHO, 1996).

A natureza e a distribuição dos aquíferos, no ambiente geológico, são controladas pela litologia, estratigrafia e estruturas das formações geológicas (MANOEL FILHO, 1996).

2.1 ORIGEM E CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A quase totalidade da água subterrânea existente na Terra participa do ciclo hidrológico (Figura 2), isto é, no sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde retorna, superficial e subterraneamente, ao oceano. Este ciclo é governado, no solo e subsolo, pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e densidade da cobertura vegetal e, na atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), pelos elementos e fatores climáticos, como por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar (função do déficit de pressão de vapor), insolação (função da radiação solar), que são os responsáveis pelos processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera, em uma dada latitude terrestre.

Figura 2 - Desenho esquemático do Ciclo Hidrológico.



Fonte: GEOCACHING, 2009.

2.2 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea movimenta-se muito lentamente quando comparada com a água superficial. Enquanto a velocidade da água subterrânea esta na faixa de milímetros a metros/dia, um rio pode mover-se a uma velocidade na faixa de metros/segundo. Ao passo que o fluxo de água subterrânea é evidentemente um processo laminar, o fluxo de água superficial é turbulento. Em geral, o tempo médio de residência da água subterrânea no subsolo é estimado em 280 anos, com alguma água residindo em aquíferos profundos por um tempo tão longo quanto 30.000 anos ou mais (LEVOVITCH, 1970). Os rios usualmente possuem tempos de residência de menos do que algumas semanas. Esses altos tempos de residência para a água subterrânea significam que as taxas de recarga anual são muito pequenas. Esse fato, juntamente com o enorme volume dos poros nos aquíferos, torna a água subterrânea uma reserva confiável a longo prazo. Significa também que um aquífero, uma vez

poluído, pode levar séculos ou mais tempo, até que consiga promover uma autodescontaminação, através de mecanismos de fluxo natural (CLEARY, 2007).

2.3 ESTIMATIVAS MUNDIAIS DE VOLUMES E PERCENTAGENS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Existem muitas estimativas de reservas mundiais de água subterrânea. Infelizmente, aquelas nem sempre são concordantes. Bouwer (1978) estimou a quantidade total de água subterrânea em $8,4 \times 10^6$ km³, metade da qual se encontra a mais de 800 metros de profundidade. Freeze e Cherry (1979) estimaram as reservas em 60×10^6 km³.

Talvez a percentagem de água subterrânea em relação a toda a água doce disponível cause maior interesse do que o volume total de água subterrânea armazenada. Se excluirmos as calotas polares e as geleiras, as quais se estimam conterem 30×10^6 km³ de água congelada, a água subterrânea contribui com mais de 95% para toda a água disponível no planeta (CLEARY, 2007).

Diversas cidades brasileiras abastecem-se de água subterrânea de forma exclusiva ou complementar, constituindo o recurso mais importante de água doce. Indústrias, propriedades rurais, escolas, hospitais e outros estabelecimentos utilizam, com freqüência, água de poços profundos. O maior volume de água ainda é, todavia, destinado ao abastecimento público. Importantes cidades do país dependem integral ou parcialmente da água subterrânea para abastecimento, como, por exemplo: Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana de Recife (PE), Camaçari e Barreiras (BA). No Maranhão, mais de 70% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas, e em São Paulo e no Piauí esse percentual alcança 80%. As águas subterrâneas termais estimulam o turismo em cidades como Caldas Novas em Goiás, Araxá e Poços de Caldas em Minas Gerais. Além disso, atualmente, a água mineral é amplamente usada pelas populações dos centros urbanos, por sua qualidade. Mesmo em caso de elevado teor salino, como nas áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos fissurados do semi-árido nordestino, as águas subterrâneas constituem, não raro, a única fonte de suprimento permanente (LEAL, 1999).

Segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2003), aproximadamente 61 % da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos. Portanto, o número de poços tubulares em operação no Brasil está estimado em cerca de

300.000, com um número anual de perfurações de aproximadamente 10.000, o que pode ser considerado irrisório diante das necessidades de água potável das populações e se comparado com outros países. Os estados com maior número de poços perfurados são: São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí (LEAL, 1999).

2.4 POTENCIAIS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL

No complexo quadro geológico do Brasil (climático, litológico, tectônico e estrutural), pode-se identificar diferentes domínios onde as condições de armazenamento, fluxo e de recarga natural são relativamente similares. No caso dos domínios aquíferos de porosidade/permeabilidade intersticial primária, tem-se dois tipos principais: sedimentos aluviais e dunas e as rochas sedimentares (REBOUÇAS, 1998).

Nos depósitos aluviais, os aquíferos são, fundamentalmente, do tipo livre, freáticos ou rasos e muito vulneráveis. As condições de uso e ocupação do meio físico afetam, fundamentalmente, a qualidade de suas águas, extraídas por meio de poços tubulares rasos, cravados ou perfurados, e poços amazonas ou cacimbões (REBOUÇAS, 1998).

Nos 600.000Km² de terrenos ígneos e metamórficos de elevado grau do Nordeste semiárido brasileiro, onde as características de porosidade/permeabilidade dominantes são do tipo fissural, as possibilidades mais promissoras de zonas fraturadas são as manchas aluviais que se formam ao longo dos rios que drenam as áreas. As chuvas médias normais variam entre 400 e 800 mm/ano, mas são muito irregulares, caindo numa semana o que deveria chover num mês e num mês, o que normalmente ocorre no período chuvoso de 4 a 5 meses. Por outro lado, as taxas de evaporação média normal variam entre mais de 1.000 e 3.000 mm/ano. Desta forma, o correto, em termos médios hidrológicos, não é dizer que chove pouco no Nordeste semiárido do Brasil, mas que evapora muito. Estas condições climáticas impedem o desenvolvimento de mantos intempéricos significativos, em geral, não passam de alguns metros e os poços captam diretamente a água acumulada nas descontinuidades existentes nas rochas metamórficas e ígneas, tendo, portanto, baixas produtividades (REBOUÇAS, 2002).

Outra situação se estabelece sob condições de clima tropical úmido, com média pluviométrica anual entre 800 a 3.000 mm e temperaturas relativamente elevadas todo o ano. Nestas circunstâncias, os processos químicos de alteração das rochas são predominantes e intensos. Assim, tem-se um manto de rochas alteradas com espessuras de até 150 metros (média de 50 m) que cobre perto de quatro milhões de Km² do território brasileiro. Neste

quadro, os valores de porosidade e permeabilidade do tipo intersticial do manto de rochas alteradas aumentam, gradativamente, com a profundidade. As taxas de recarga anual das águas subterrâneas acumuladas no manto de alteração, são suficientemente importantes para alimentar o escoamento básico dos seus rios durante os períodos sem chuvas (REBOUÇAS, 2002).

No contexto de rochas ígneas e metamórficas com espesso manto de alteração, as capacidades específicas variam entre 1 e 5 m³/h.m⁻¹, ou seja, as vazões explotáveis com até 50 metros de rebaixamento do nível estático do respectivo poço, durante 16 horas/dia de bombeamento, seriam suficientes para abastecer contingentes médios de até 10 mil habitantes (REBOUÇAS, 1998).

Apenas no domínio de rochas ígneas e metamórficas do Nordeste semiárido, as capacidades específicas são inferiores a 1m³/h.m⁻¹. Todavia, a produção de 0,5m³/h, com rebaixamento do nível estático no poço de 20 metros e operando 16 horas por dia, daria para abastecer contingentes de até 1.500 pessoas com uma taxa per capita de 100L/dia (REBOUÇAS, 1998).

2.5 MODELO DE OCORRÊNCIA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM TERRENOS FISSURAIS

2.5.1 Modelo Riacho-Fenda

A literatura tornou clássico o modelo Riacho-Fenda (SIQUEIRA, 1967), no qual trechos retilíneos de riachos coincidem com zonas fortemente fraturadas; isto permite que as fraturas sejam periodicamente recarregadas pela drenagem. “Cotovelos” e trechos retilíneos de riachos constituem sítios favoráveis, identificáveis em fotografias aéreas e imagens de satélite, sendo diagnósticos do modelo quando subsidiados por intenso fraturamento nos afloramentos, compatível com a orientação da drenagem. Requisitos adicionais para o sucesso deste modelo incluem a presença de coberturas/aluviões, topografia e regime de chuvas favoráveis, ensejando a criação de zonas de recarga. A água subterrânea está acumulada predominantemente nas zonas mais intensamente fraturadas, em subsuperfície e, a depender da posição do nível estático, também pode haver contribuição significativa da água acumulada em aluviões (SÁ, 2008).

3 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA ÁREA

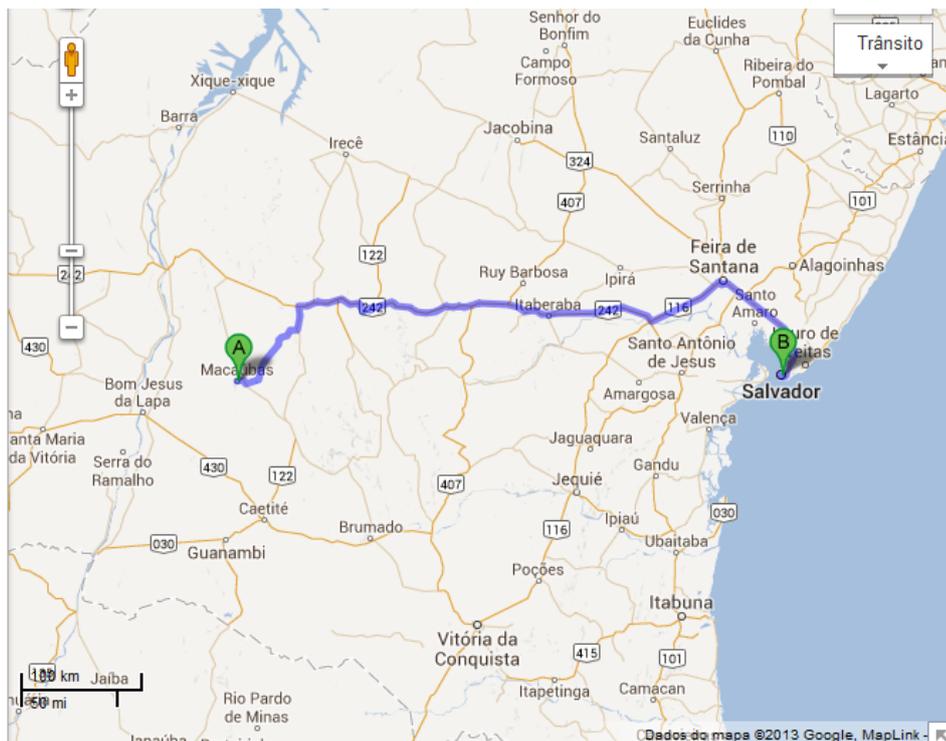
A partir de consultas bibliográficas e atividade de campo, foram descritas nessa seção as principais características acerca da geomorfologia, clima, solos, vegetação e hidrografia da área de estudo.

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo está situada no município de Macaúbas, região central do estado da Bahia, na bacia hidrográfica do Rio Paramirim, onde está em contato com a borda leste da Serra do Espinhaço Setentrional. Corresponde a uma área de 225 Km², entre os meridianos 42° 44' 09'' e 42° 35' 50''W, e os paralelos 12° 57' 59'' e 13° 06' 10'' S, e coordenadas UTM com longitude 745.638 e 760.506 m E e latitude 8.565.491 e 8.550.242mS.

Encontra-se na porção Norte do município de Macaúbas, incluindo a sede e povoados como Queimadas, Olaria, Pajeú e Várzea Suja. Está totalmente localizado no Polígono da Seca. Partindo da cidade de Salvador, percorrendo 613Km pela BR-242, passando por Itaberaba e Seabra, chega-se a Macaúbas (Figura 3).

Figura 3 - Vias de acesso a Macaúbas - Bahia.

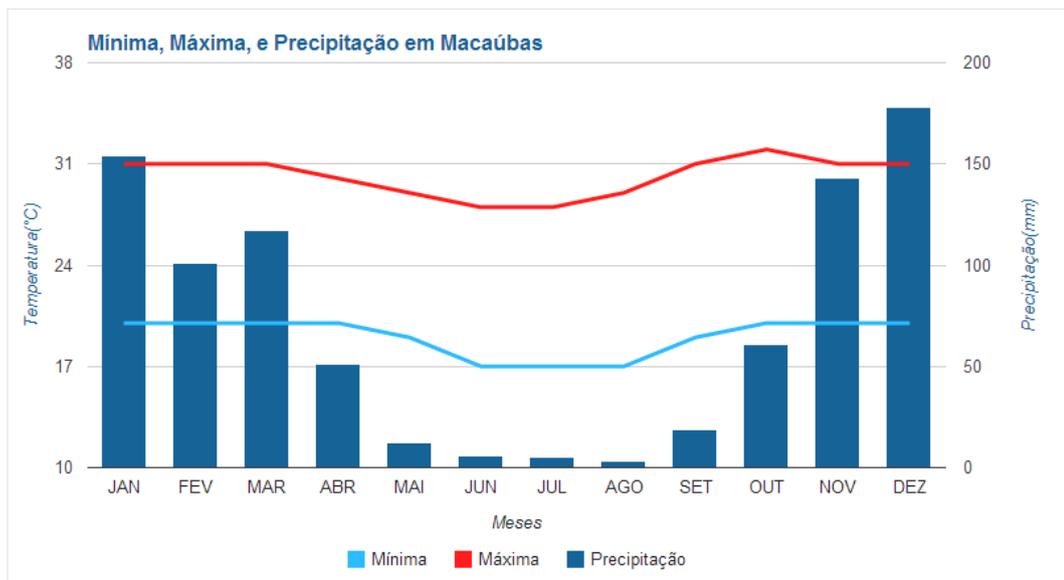


Fonte – Google Maps.

3.2 CLIMA

A tipologia climática que está presente no vale do Paramirim é o clima sub-úmido com tendência a semi-aridez, quente e seco (RADAMBRASIL, 1982). A média da temperatura mínima anual permanece próximo dos 19°C e temperatura máxima próximo aos 30°C. A precipitação média anual encontra-se em torno de 850 mm (Figura 4), com período seco, que ocorre no inverno, apresenta a precipitação significativamente menor que a do verão (CLIMATEMPO, 2013).

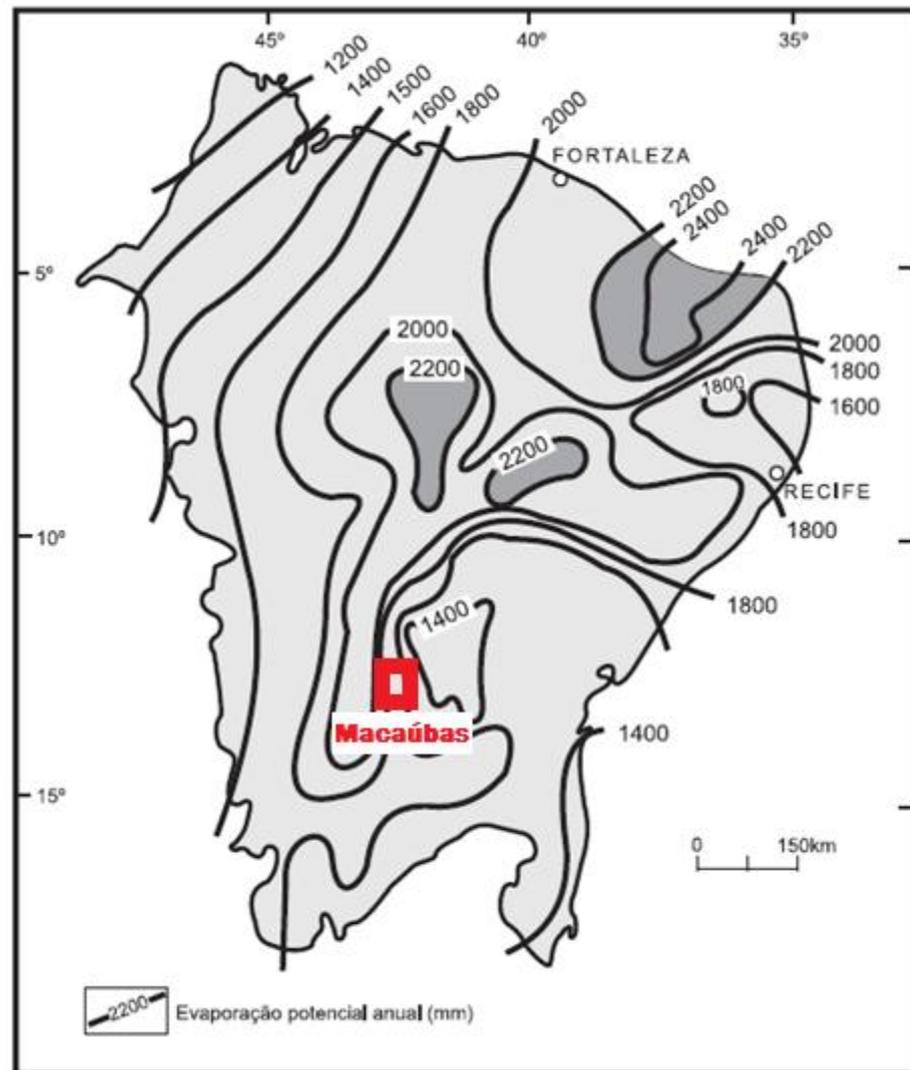
Figura 4 - Gráfico com a precipitação média, temperatura máxima e mínima para Macaúbas-Bahia.



Fonte: (INMET, 2013).

O clima é influenciado pela localização geográfica, encontrada na depressão sanfranciscana entre a Serra do Espinhaço e a vertente ocidental da Chapada Diamantina. A região fica sob domínio, em grande parte do ano, dos ventos secos e quentes de NE, com uma alta evaporação potencial (Figura 5) (RADAMBRASIL, 1982).

Figura 5 - Mapa de evaporação potencial mm/ano.

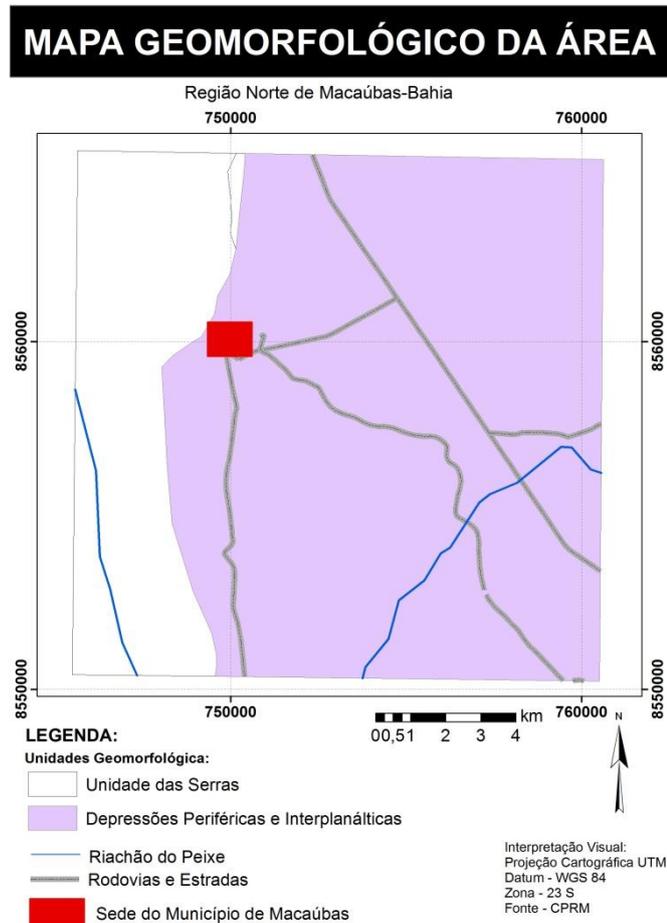


Fonte: MINTER/SUDENE.

3.3 GEOMORFOLOGIA

Na área de estudo são identificados, basicamente, dois grandes domínios geomorfológicos, o do Vale do Paramirim e das Serras Setentrionais do Espinhaço (Figura 6). O primeiro inclui-se na região da Depressão do Rio São Francisco, onde estão instaladas as cidades de Macaúbas, Paramirim, entre outros municípios. O segundo domínio corresponde a Região do Planalto do Espinhaço, a oeste do primeiro (RADAMBRASIL, 1982).

Figura 6 - Mapa Geomorfológico da área de estudo.



Fonte: CPRM, 2008.

A depressão onde ocorre o rio Paramirim, afluente importante da margem direita do rio São Francisco, foi esculpida em rochas do Complexo Paramirim. O rio Paramirim corre no sentido NNW, totalmente confinado pelas escarpas das Serras da Borda Ocidental da Chapada Diamantina a leste e as Serras Setentrionais do Espinhaço a oeste, desaguando a norte (RADAMBRASIL, 1982).

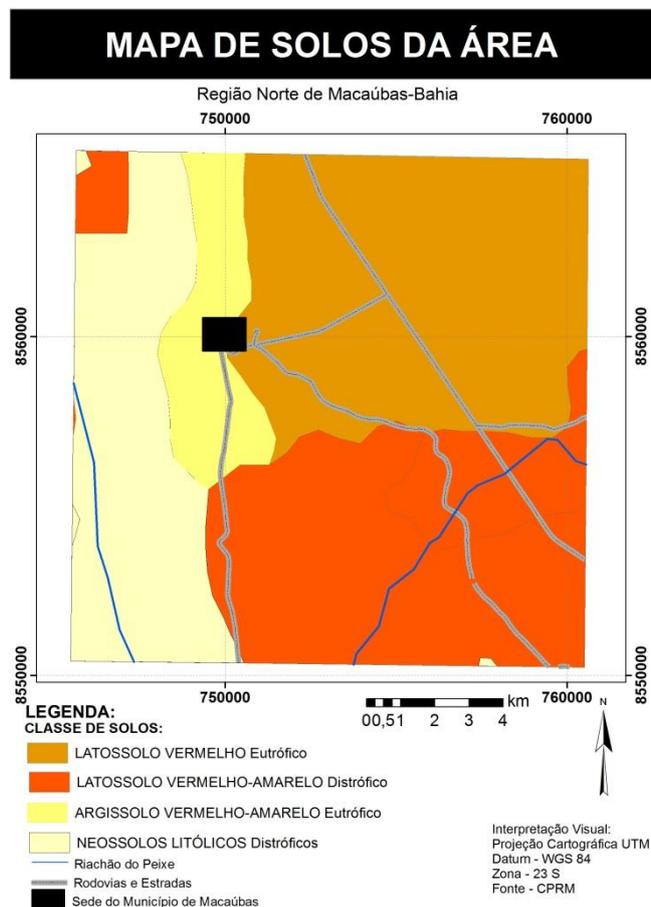
No limite com as Serras Setentrionais do Espinhaço, são mantidos vestígios de um plano regular, cuja degradação depende da eficiência do escoamento intermitente atual. Constitui uma grande planície com morros estreitos, por vezes isolados, ou sob a forma de cristas alongadas com orientação predominante N-S na área de trabalho. Alcançam altitudes que variam entre 500 e 600 m, sendo os pontos mais elevados em torno de 900 m. Caracteriza-se por apresentar planos inclinados recobertos por material coluvionar. Nestas rampas, com inclinação de aproximadamente 5°, as alterações apresentam cobertura vegetal de caatinga e áreas onde se desenvolvem atividades agrícolas (RADAMBRASIL, 1982).

O domínio das Serras Setentrionais do Espinhaço apresentam altitudes entre 900 e 1100 m, possui em média 15 km de largura na região, com orientação entre NW-SE, por vezes, infletindo para NNW-SSE. Caracteriza-se pela dissecação diferencial, onde os aprofundamentos dos vales dependem da predominância de formas resultantes de dobras fortemente perturbadas pela tectônica de falhas. São dobras alongadas no sentido SSE-NNW, cujas diferenças litológicas são expostas em camadas de resistências contrastantes que são salientadas como cristas e barras ou escavadas por vales longitudinais estreitos (RADAMBRASIL, 1982).

3.4 SOLOS

De acordo com o RADAMBRASIL, 1982 e trabalho de campo foi possível individualizar quatro classes de solos na área de estudo: (i) Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico; (ii) Latossolo Vermelho Eutrófico; (iii) Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; (iv) Neossolo Litólico Distrófico (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de Solos da área de estudo.



Fonte: CPRM

Os Argissolos vermelho-amarelos eutróficos estão relacionados a rochas polimetamórficas arqueanas, possuem a sequência de horizontes A, Bt e C, com B textural, não são hidromórficos, normalmente são moderadamente ácidos a praticamente neutros, apresentando argilas de atividade baixa.

Os Latossolos Vermelhos Eutróficos estão associados à metacomatiito, rochas vulcanossedimentares básicas e ultrabásicas. São moderadamente ácidos, possuem baixo gradiente textural, com textura argilosa a muito argilosa, são muito porosos, fortemente a bem drenados e morfologicamente ocupam os relevos com declives pouco acentuados.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos ocupam extensas áreas de relevo plano à suave ondulado, associados aos depósitos detríticos neogênicos, de natureza argilo-arenosa e areno-argilosa. São solos profundos, semelhantes os latossolos vermelhos escuros, diferindo apenas pela coloração mais clara, os menores teores de Fe e maior acidez (são fortemente ácidos).

Os Neossolos Litólicos Eutróficos estão presentes no domínio da Serra do Espinhaço. Associados a terrenos de quartzitos, filitos e metarenitos. Apresenta coloração esbranquiçada, textura arenosa, predominantemente composto por quartzo. Esta unidade difere dos solos litólicos observados no vale do Paramirim por sua menor saturação em bases e maior quantidade de alumínio trocável.

3.5 VEGETAÇÃO

Na porção do vale do Paramirim, a vegetação predominante é do tipo Caatinga com espécies xerófitas, que perdem sua folhagem em períodos de seca e recuperam em estações chuvosas, e cactáceas. Ocorre também, em menor quantidade, áreas de transição da Caatinga com o Cerrado, e áreas somente de Cerrado. Mesmo com boa parte da Caatinga devastada e substituída por áreas de pastagem, ainda é possível distinguir a ocorrência de porções de Caatinga Arbórea Densa e Arbórea Aberta, ambas sem palmeiras (RADAMBRASIL, 1982).

A Serra do Espinhaço abriga a Região da Savana (Cerrado) como principal representante da cobertura vegetal. São características espécies arbustivas baixas com folhagem verde amarelada, e arbóreas com porte pequeno a médio, folhas pequenas verde-amareladas e galhos retorcidos, como característica marcante. Ocorre ainda a chamada área de tensão ecológica, caracterizada pela transição entre as unidades do Cerrado e Caatinga e áreas somente de Caatinga em menor quantidade (RADAMBRASIL, 1982).

3.6 HIDROGRAFIA

O regime pluviométrico torrencial inclui uma longa estação seca, entre os meses de abril a outubro e concentração de chuvas em poucos meses do ano, de novembro a março. Na serra do Espinhaço os rios são, em grande parte, temporários, apresentando alta capacidade erosiva no período chuvoso. Nas cabeceiras, estes rios são geralmente controlados pela estrutura dobrada ou pela tectônica de falhas. A exemplo, o rio Santo Onofre que evidencia um controle estrutural no seu percurso, adaptado ao alinhamento da grande falha transcorrente de direção sul-norte. Os vales, em geral, tem forma em “V” abertos e vertentes convexas (RADAMBRASIL, 1982).

A área de estudo encontra-se inserida na Bacia do Rio São Francisco, que ocupa toda a porção oeste do Estado da Bahia, onde um dos principais alúvios que se destacam é o Rio Paramirim, na margem direita, que nasce na serra do Espinhaço e segue com a direção SE-NW, para NW. São observados riachos afluentes intermitentes, com meandros encaixados, acumulação de areia nos bordos côncavos e eventualmente os vales destes riachos são ravinados e preenchidos por areias lavadas (RADAMBRASIL, 1982).

4 GEOLOGIA REGIONAL

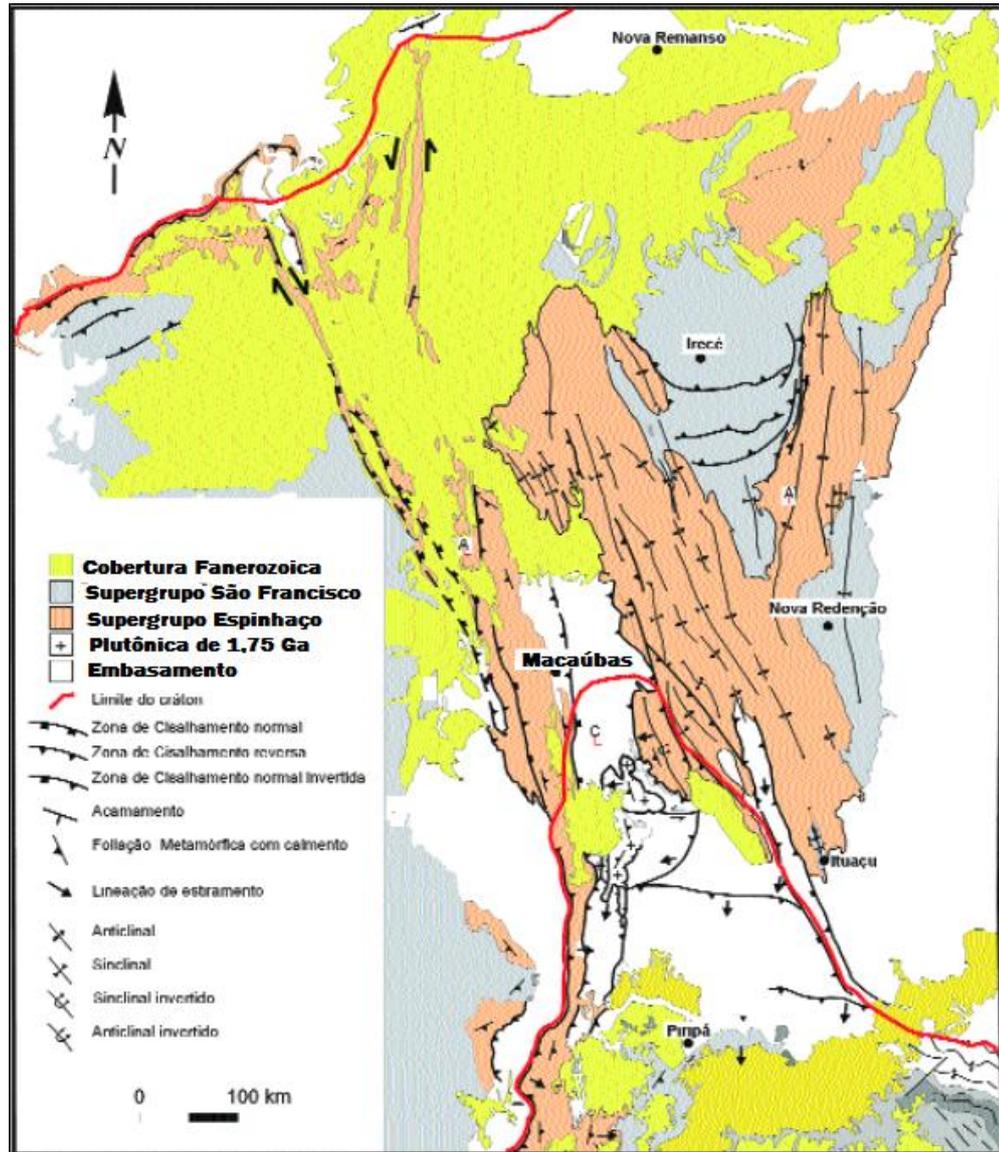
A área de estudo encontra-se inserida no Bloco Gavião, na unidade geotectônica do Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1977) que teve sua formação durante o Arqueano ao Paleoproterozóico e estabilização durante a Orogênese Brasileira no Neoproterozóico (ALKMIM & BRITO-NEVES, 1993).

O Cráton do São Francisco abrange grande parte do estado da Bahia e é a mais bem exposta e estudada unidade tectônica do embasamento da plataforma sul-americana. O Cráton é truncado por um rift abortado, orientado N-S, no qual se depositaram os protólitos dos Supergrupos Espinhaço (Mesoproterozóico) (ALKMIM & BRITO-NEVES, 1993).

É descrito, na literatura, um extenso corredor com direção aproximada NNW-SSE, onde a deformação afetou as unidades do embasamento e as coberturas. Localiza-se na porção central do Cráton do São Francisco. É conhecido como corredor de deformação do Paramirim, constituído pelo Espinhaço Setentrional, pelo bloco do Paramirim, parte do bloco Gavião e pela Chapada Diamantina Ocidental. O Cráton fica dividido em dois domínios de vergência centrípetas (a leste a oeste do corredor), que se juntam no referido corredor, que apresenta vergência e polaridade centrífugas (ALKMIM & BRITO-NEVES, 1993).

O corredor do Paramirim possui uma morfologia geral de megaflor positiva, e corresponde a um rifte ensiálico invertido (SÁ, 1981), definido como aulacógeno do Paramirim (Figura 8) (PEDROSA-SOARES, 2007). Caracteriza-se como o rifte continental que propiciou o registro do Supergrupo Espinhaço durante o Paleo ao Mesoproterozóico, e teve sua inversão dada como resultado de esforços reflexos da tectônica compressional do ciclo Brasileiro (ALKMIM & BRITO-NEVES, 1993).

Figura 8 - Mapa geológico do Aulacógeno de Paramirim.



Fonte - (modificado de CRUZ, 2004).

A bacia onde acumulou as rochas siliciclásticas do Supergrupo Espinhaço, originou-se por volta de 1,7 Ga. Neste rifte, seqüências deposicionais se acumularam, como as da Borda Leste, Espinhaço e Gentio (Província do Espinhaço Setentrional). O Bloco do Paramirim, situado entre duas províncias, provavelmente atuou como alto no interior da bacia (DOMINGUEZ, 1993).

No Espinhaço Setentrional, a evolução da bacia aparentemente não ultrapassou a fase rifte Paleo-Mesoproterozóica, pois só foi sucedida por uma sedimentação Neoproterozóica (900 Ma), continental e marinha, relacionada ao aulacógeno Santo Onofre (ARCANJO, 2000).

A atuação dos processos erosivos durante o Fanerozoico, sobre o corredor do Paramirim, foi responsável pela exposição de uma extensa faixa de rochas do embasamento Pré-Espinhaço, de idades Arqueanas e com história de deformação complexa (ARCANJO, 2000).

4.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICA

4.1.1 Complexo Paramirim Arqueano (Paleoarqueano-Mesoarqueano)

O embasamento Pré-Espinhaço é composto por rochas arqueanas, aflorantes na parte leste da área mapeada. Essa unidade engloba as rochas granito-gnáissicas do Complexo do Paramirim, datadas através do método Rb/Sr em 2,6 Ga por Sá, (1976). O contato entre o embasamento e as rochas do Supergrupo Espinhaço na área é de natureza tectônica (CAXITO, 2008).

Essa unidade está localizada na parte central do Bloco Gavião, no vale do rio Paramirim que, de acordo com Arcanjo, (2000) é constituída predominantemente por ortognaisses, por vezes, augen-miloníticos e migmatíticos. Apresenta graus variados de anatexia e composição tonalítico-granodiorítico-monzogranítico, com termos sienograníticos e sieníticos subordinados. A biotita e a hornblenda são os máficos predominantes. Em geral são polideformados e apresentam associações mineralógicas progressiva compatível com a fácies anfíbolito alto, com retrometamorfismo para a fácies xisto verde (BARBOSA, 1997).

4.2.2 Supergrupo Espinhaço (Paleoproterozoico-Mesoproterozoico)

O Supergrupo Espinhaço é representado, próximo e na área de estudo, pelo Grupo Pajeú, Formação Bom Retiro, Grupos São Marcos, Grupo Sítio Novo, Grupo Santo Onofre, Rochas Intrusivas Básicas e Coberturas Paleógenas (Figura 9). Este pacote de associação vulcano-sedimentar é o registro do preenchimento do Aulacógeno do Paramirim, instalado no Estateriano (cerca de 1,75 Ga) com episódios de reativação no Calimiano (1,6-1,5 Ga) e no Ecstasiano ao Esteniano (1,4 a 1,0 Ga) (LOUREIRO, 2009).

Compreende um pacote estratigráfico de rochas metassedimentares e metavulcânicas continentais e marinhas, com espessura máxima preservada, devido aos efeitos da deformação impressa, da ordem de 9000 metros, acumuladas entre 1,75 e 1,0 G.a, em três bacias intracratônicas superpostas (CAXITO, 2008). Aflora na parte leste da Serra do Espinhaço, na região de Macaúbas.

I. Grupo Pajeú

É a base do Supergrupo Espinhaço na área de estudo, aflorante em sua porção leste, composto pelas formações Ipuçaba e Bomba. Na Formação Ipuçaba, com 1.125 m de espessura estimada, dominam metarritmitos areno-pelíticos com gretas de contração, estratificação gradacional e laminações cruzadas. Localmente ocorrem quartzitos conglomeráticos a grânulo e com seixos esparsos. Essas litofácies são, em conjunto, sugestivas de um sistema deposicional predominantemente lacustre (CAXITO, 2008).

A Formação Bomba está sobreposta a essa sequência, ocorrendo rochas de vulcânica ácida a intermediária, principalmente quartzo-pórfiros, com evidências de episódios de erupção explosiva (rochas piroclásticas, metabrechas vulcânicas) e contribuição epiclástica associada, com 550 m de espessura estimada (CAXITO, 2008).

II. Formação Bom Retiro

É composta por uma sequência de ortoquartzitos texturalmente maduros, com estratificações cruzadas tabulares de porte métrico a decamétrico, mais a Oeste, que sustentam a Serra de Macaúbas. Essas litofácies são típicas de um sistema deposicional eólico (CAXITO, 2008).

A monotonia de seus litotipos, a persistente continuidade lateral e a resposta inconfundível em imagens de sensoriamento remoto, de textura rugosa e tonalidade esbranquiçada, fazem da Formação Bom Retiro uma excelente camada-guia, que na área de estudo atinge 425 m de espessura (CAXITO, 2008).

III. Grupo São Marcos

É composto por duas formações predominantemente psamíticas (Riacho do Bento e Fazendinha) separadas por uma formação pelítica (Mosquito), apresentando contatos gradacionais entre si (CAXITO, 2008).

A Formação Riacho do Bento é composta por quartzitos com estratificações cruzadas decimétricas e marcas de corrente, metarritmitos areno-pelíticos com estratificações dos tipos

wavy e linsen, gretas de contração e marcas de corrente, e quartzitos com estratificação cruzada de baixo ângulo a horizontal. É a unidade menos espessa de todo o pacote estratigráfico, com 400 m de espessura. A Formação Mosquito, por sua vez, é composta por biotita-xistos porfiroblásticos e metarritmitos pelito-arenosos, com 425 m de espessura. A Formação Fazendinha é composta por quartzitos com hummockies associados a mica-xistos, com 1.325 m de espessura (CAXITO, 2008).

IV. *Grupo Sítio Novo*

É constituído pelas formações Veredas e Viramundo. A Formação Veredas pode atingir cerca de 1900 m de espessura, englobando vários tipos de quartzitos de caráter puro a levemente micáceo, desde conglomerático até maciços e fortemente silicificados, com laminações e estratificações cruzadas, planas e onduladas. A Formação Viramundo engloba quartzitos arcoseanos e com fragmentos líticos, metarritmitos silto-argiloso e metapelitos (CAXITO, 2008).

V. *Grupo Santo Onofre*

Representado pela Formação Canatiba, com no mínimo 850m de espessura, constituída por filito grafitoso e metarritmitos pelito-arenosos com grande contribuição carbonosa (CAXITO, 2008).

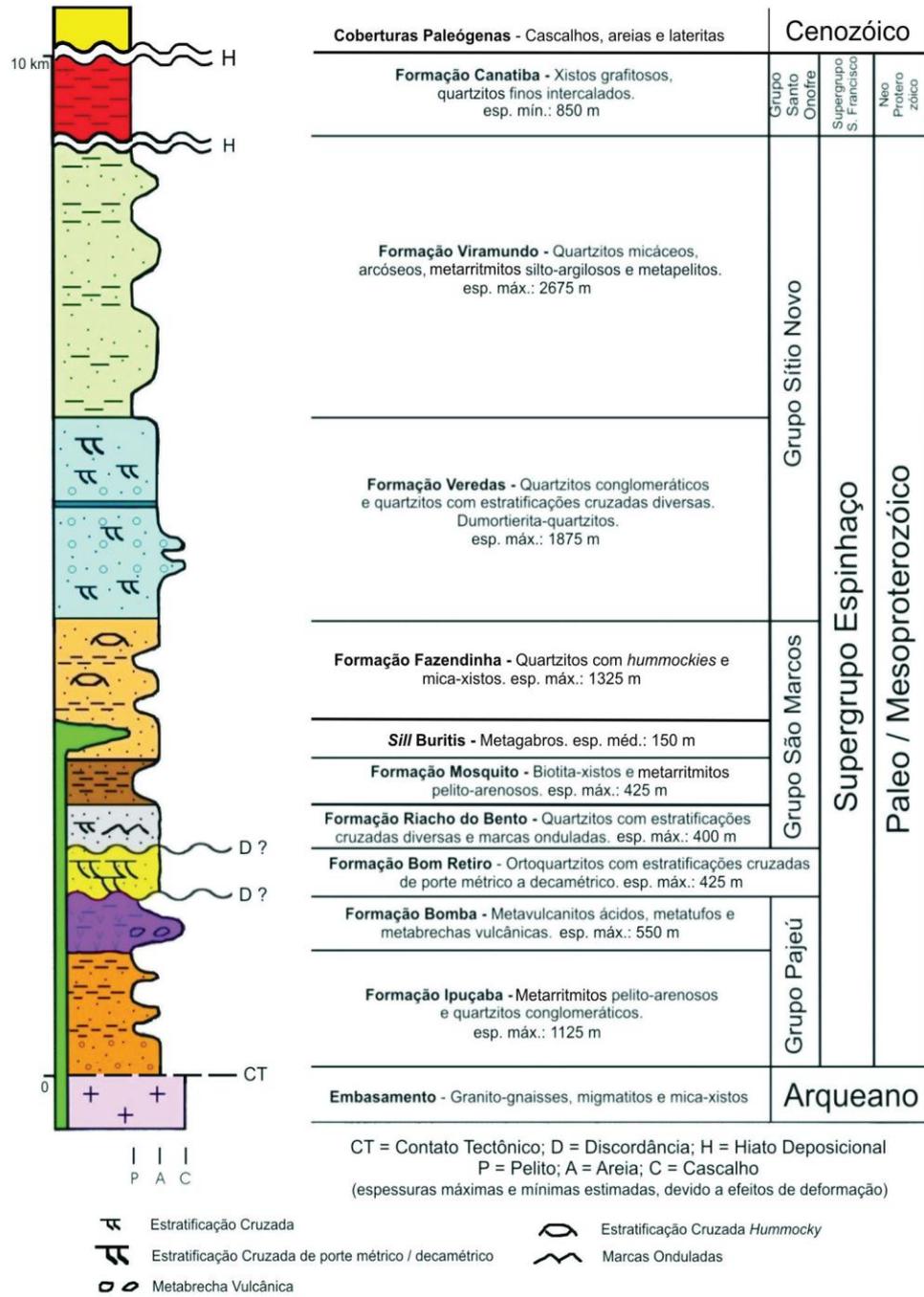
VI. *Rochas Intrusivas Básicas*

É representado pelo Sill Buritis, um metagabro de granulação fanerítica fina a grossa, que intrude concordantemente os quartzitos da Formação Fazendinha (CAXITO, 2008).

VII. *Coberturas Paleógenas*

Corresponde aos cascalhos e areias quartzosas e lateritas ferruginosas encontradas capeando a Superfície Sul-Americana a aproximadamente 1000 m de altitude (KING, 1956).

Figura 9 - Coluna estratigráfica esquemática da Região de Macaúbas-Bahia



Fonte - (CAXITO, 2008).

4.2 EVOLUÇÃO TECTÔNICA

A evolução tectônica do Cratón São Francisco teve início no Paleoarqueano com o rifteamento da crosta continental siálica e conseqüentemente, deposição de seqüências do tipo *greenstone belt*, e formação de suítes TTGs. Essas deformações Arqueanas formaram estruturas dômicas e semi-dômicas, que foram transpostas pela deformações Paleoproterozóicas, assim como as Neoproterozóicas. Essas estruturas possuem um *trend* N-S e mergulho preferencial do bandamento gnáissico para W (BARBOSA, 1997).

Segundo Barbosa e Sabaté (2003) no Paleoproterozóico ocorreu a colisão dos Blocos Arqueanos (Bloco Gavião, Itabuna-Salvador-Curaçá, Jequié e Serrinha). As estruturas relacionadas ao Paleoproterozóico, devido ao movimento dos Blocos Arqueanos no sentido NW-SE, são as falhas de empurrão e zonas transcorrentes tardias. As transcorrências possuem uma cinemática sinistral (BARBOSA & SABATÉ, 2003).

A consolidação do Cratón do São Francisco se deu apenas no final do neoproterozóico, com os registros mais antigos datados da transição entre o Paleo e o Mesoarqueano, cerca de 3,4 Ga, correspondendo a ortognaisses pertencentes ao Complexo Gavião (BARBOSA & SABATÉ, 2003).

Durante o Estateriano, há cerca de 1,75 Ga, iniciou-se a tafrogênese responsável pela instalação do aulacógeno do Paramirim, com a formação de um sistema de *riftes* intrasiálicos que compreende dois extensos grábens de orientação NNW-SSE, separados por um grande *horst*. O *gráben* ou ramo oriental do sistema corresponde à porção oeste da atual Chapada Diamantina; o *gráben* ocidental refere-se à atual parte Leste da Serra do Espinhaço Setentrional. O bloco do Paramirim representa o antigo *horst*, posicionado entre os dois ramos mencionados (GUIMARÃES, 2008; LOUREIRO, 2009).

As direções estruturais no Bloco do Paramirim diferem sensivelmente daquelas do Bloco Gavião, em razão não só da deformação das estruturas dobradas pretéritas, mas também pela tectônica tangencial posterior aos depósitos do Espinhaço, que é atribuída ao ciclo geotectônico Brasileiro (DOMINGUEZ, 1993).

No vale do rio Paramirim o padrão dominante está relacionado com uma foliação gnáissica que se orienta preferencialmente segundo NNW-SSE. O mergulho das estruturas é em geral de alto ângulo, na maioria das vezes para ENE, configurando dobras regionais com clara assimetria. Espaçadas zonas de cisalhamento sinistrais submeridianas podem ser encontradas transformando os flancos sub-verticalizados das dobras regionais (DOMINGUEZ, 1993).

No fim do Proterozóico, colisões nas margens do Cráton, que foram responsáveis pela formação dos Cinturões dobrados Brasileiros, causaram inversão da bacia do Espinhaço. A intensidade da deformação foi maior ao longo do eixo do rifte, onde a litosfera havia sido afinada durante os episódios de subsidência anteriores. Os sedimentos que se acumularam nas partes externas, sobre os blocos continentais mais espessos, nas partes externas do rift, foram relativamente poupados da deformação (DOMINGUEZ, 1993).

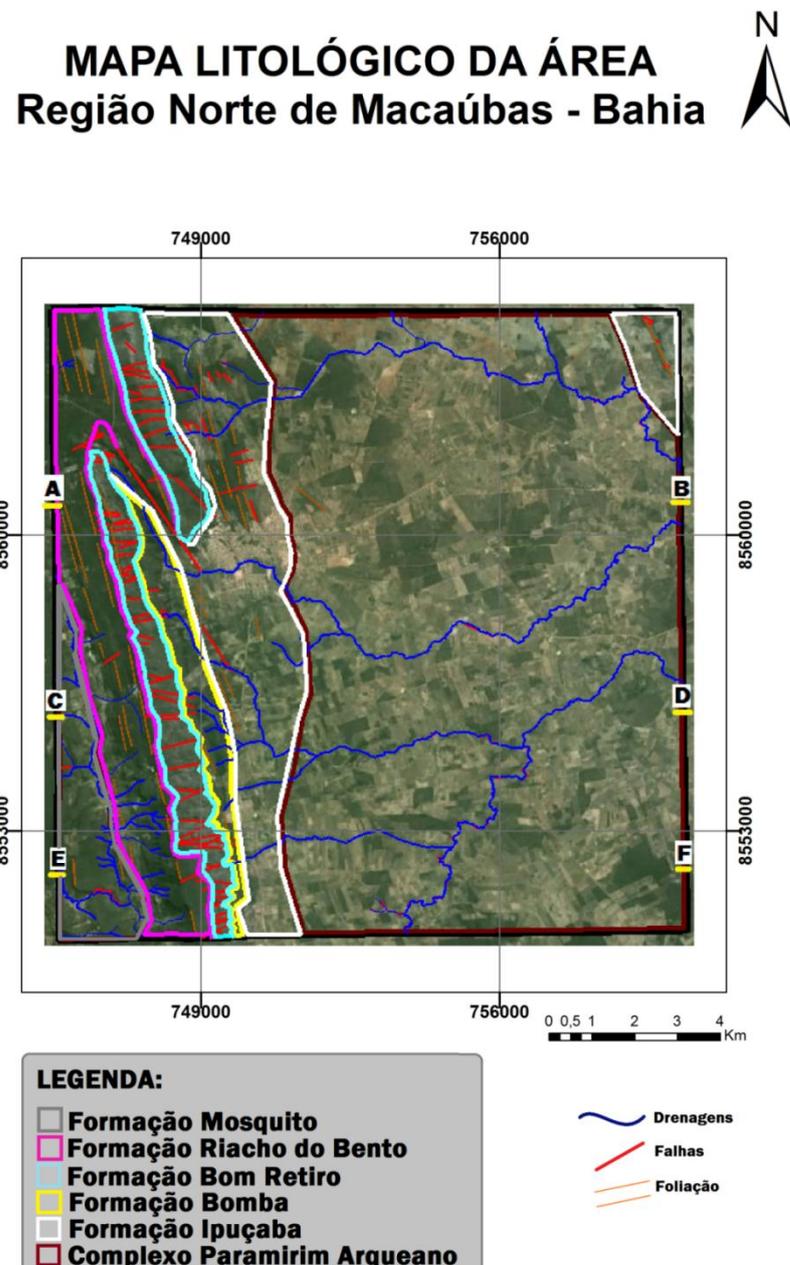
O ciclo orogênico Brasileiro iniciou no Ediacarano (630 a 540 Ma), sendo responsável pela inversão do Aulacógeno do Paramirim, como resultado de tectônica reflexa, mecanismo que culminou no extensivo retrabalhamento das supracrustais em todo o sistema de riftes, e do embasamento no corredor do Paramirim (CRUZ, 2004).

Durante o Fanerozóico, houve apenas retrabalhamento pelo intemperismo e erosão das seqüências mais antigas do sistema de riftes do Espinhaço e da Chapada Diamantina, resultando na morfologia observada atualmente.

5 GEOLOGIA LOCAL

Através da atividade de campo, fotointerpretação e análise dos perfis de poço, foi possível individualizar as unidades geológicas presentes. O Supergrupo Espinhaço localiza-se na porção Oeste, com a Formação Bom Retiro aflorando também no extremo Nordeste. A porção leste aflora o embasamento Arqueano do Complexo Paramirim (Figura 10).

Figura 10 – Mapa litológico da área de trabalho com as unidades geológicas presentes.



5.1 COMPLEXO PARAMIRIM ARQUEANO

Essa unidade constitui as rochas mais antigas da área de estudo. Situa-se de norte a sul em toda porção leste e central, ocupando cerca de 65% da área. Limita-se com os metassedimentos do Supergrupo Espinhaço a oeste, em um contato tectônico, numa zona de cisalhamento reversa.

Possui uma foliação orientada aproximadamente N-S, marcado pelo bandamento composicional, com as bandas máficas caracterizadas por níveis biotitizados e as bandas félsicas composta por quartzo e feldspato estirado. As bandas possuem espessuras que variam de milimétrica a centimétrica. As fraturas variam de um padrão quase perpendicular a foliação (Foto 1) a locais de fraturamento irregular (foto 2).

Foto 1 - Afloramento de Gnaiss Granítico, foliado (N005/64SE) e fraturado (N105/78SW). Foto em planta, com bússola apontando para o norte. Coordenadas S 13°03'24"; W042° 39' 01,3".



Os afloramentos são na forma de lajedo, com alteração intempérica de média a alta. As rochas mapeadas na atividade de campo são do tipo metamórficas, ortoderivadas, com presença de gnaiss granítico, gnaiss granodiorítico e veios de quartzo. Apresenta solos com coloração que varia de amarelado à avermelhado. Possui coloração branca a acinzentada,

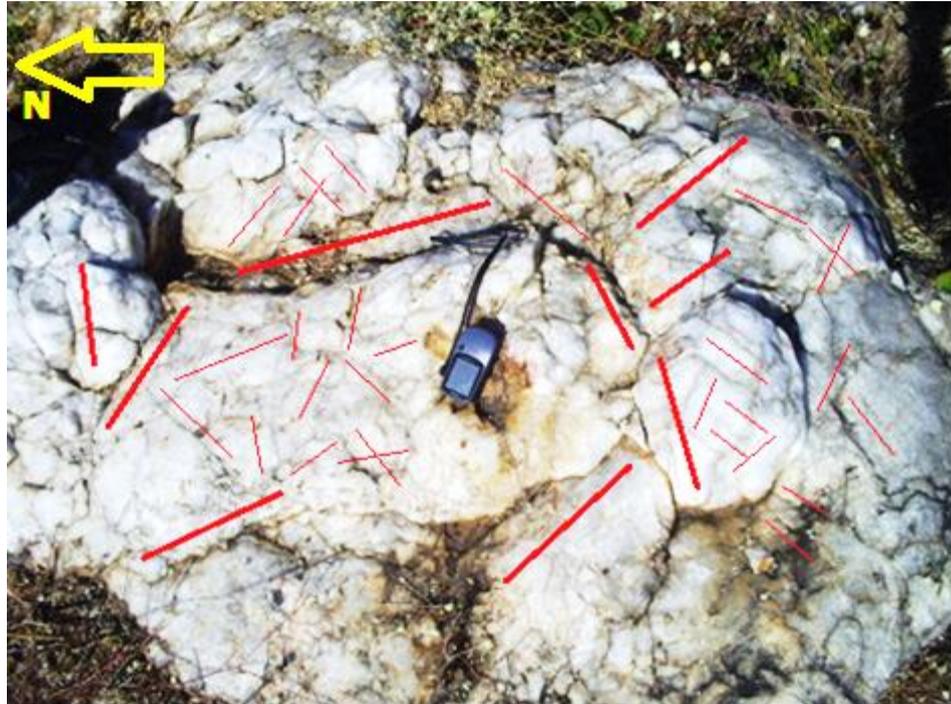
anisotrópica, fanerítica fina a média, com mineralogia básica de plagioclásio, quartzo, biotita e feldspato potássico.

Foto 2 - Afloramento de Gnaiss Granítico, com foliação insipiente (N013/46SE) e fraturas em diversas direções no Riacho da Várzea Suja. Visada para norte, Coordenadas 13°03'31,8"S; 042° 39' 09,2"W.



O Ortognaiss Paramirim ocorre, por vezes, associado com veios de quartzo. A presença dos veios de quartzo, preenchendo fraturas, se acentua para oeste, à medida que se aproxima do contato com os quartzitos e xistos do espinhaço setentrional. Essas rochas são bastante fraturadas, com duas direções preferenciais e locais onde as fraturas são irregulares (Foto 3).

Foto 3 - Afloramento de Veio de Quartzo, bastante fraturado. No Embasamento do Bloco Paramirim, próximo ao contato com o Supergrupo Espinhaço. Foto em planta, Coordenadas 13°02'10,7"S; 042° 41' 04,4"W.



5.2 SUPERGRUPO ESPINHAÇO

Esse domínio corresponde aproximadamente a 45% da área de estudo, ocupando toda parte oeste e central, variando de norte a sul. Limita-se a leste com o Complexo Paramirim.

As rochas observadas na atividade de campo são do tipo metamórfica, paraderivada, com presença de quartzito, quartzito feldspático, sericita xisto, moscovita quartzito, metaconglomerados e metarritmitos pelito-arenoso.

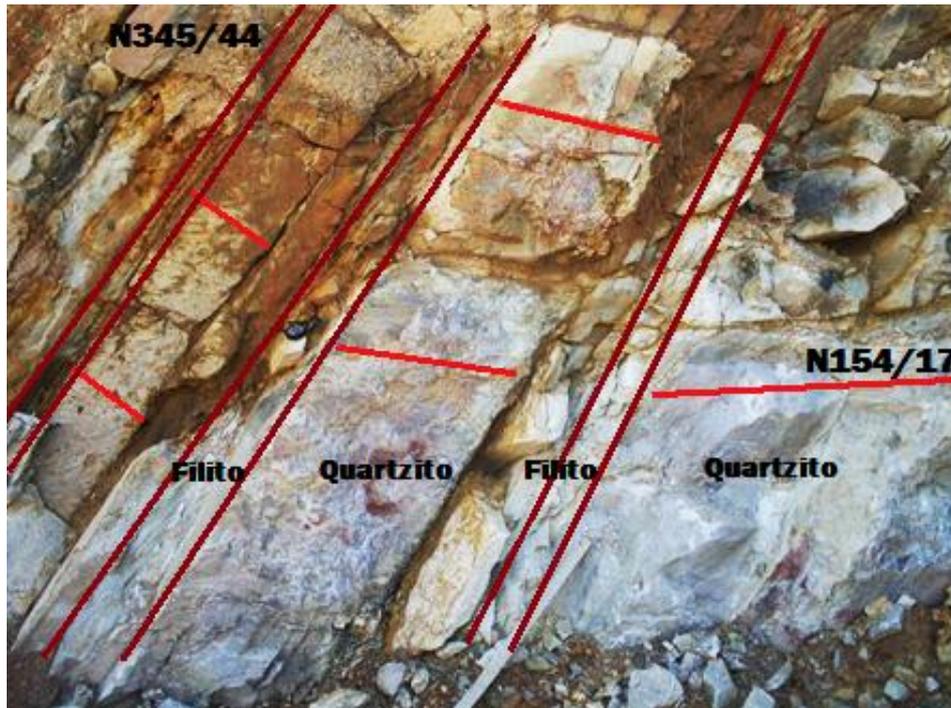
5.2.1 Grupo Pajeú

5.2.1.1 Formação Ipuçaba

A Formação Ipuçaba se encontra na borda leste do Supergrupo Espinhaço, em contato com o Complexo Paramirim, correspondendo à unidade de maior expressão na área de estudo. Possui afloramentos na forma de lajedo e em seção, composta por quartzitos, quartzitos conglomeráticos, metarritmitos areno-pelítico e xisto (Foto 4).

Essa formação, por estar na borda da serra e possuir um conjunto de rochas menos resistentes ao intemperismo, corresponde às cotas mais baixas no domínio do espinhaço, entre 650 a 800 m de altitude. As Serras estão alinhadas em uma faixa que segue o mesmo *trend* da foliação principal: NNW-SSE.

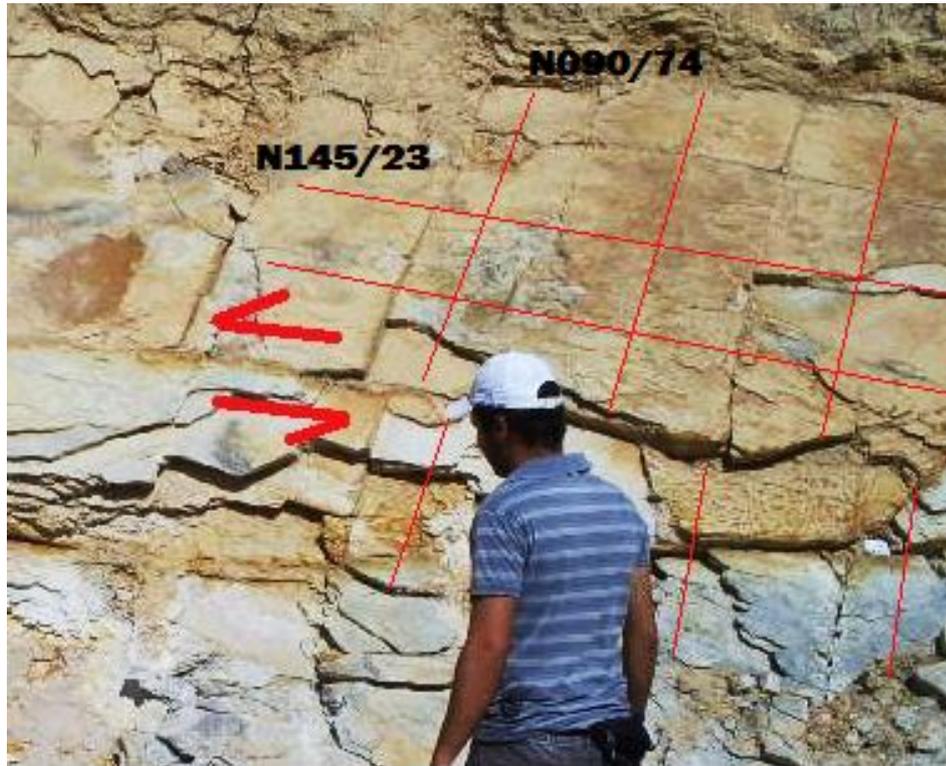
Foto 4 - Afloramento de quartzitos intercalados por filito da Formação Ipuçaba. Quartzito bastante fraturado. Visada para Sul, Coordenadas 13°01'27,9"S; 042° 41' 23"W.



Os quartzitos e quartzitos conglomeráticos estão de médio a pouco alterado, com solos de coloração branco acinzentada. Possui coloração branca avermelhada nos quartzitos e cinza amarronzado nos conglomerados. A foliação é marcada pela presença da sericita e moscovita orientada e bandas de quartzito, que preserva seu acamadamento sedimentar, com composição quartzo, plagioclásio e feldspato potássico. As bandas possuem espessuras que variam de milimétrica a centimétrica.

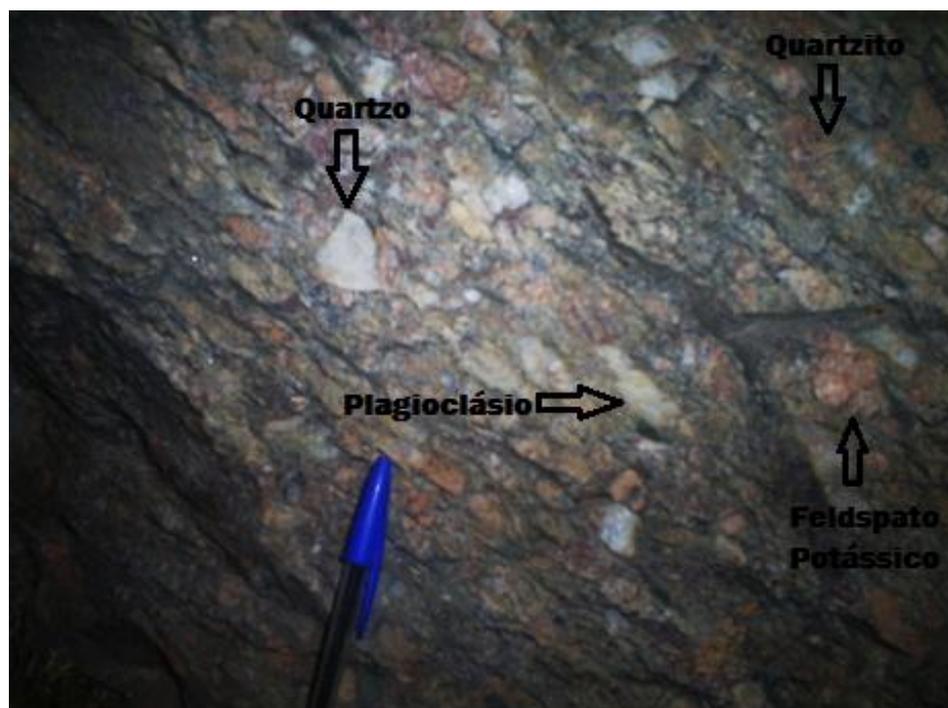
As fraturas apresentam 2 direções preferenciais que se cruzam perpendicularmente. As fraturas sub-horizontais (N145/23SW) são mais jovens e cortam as fraturas sub-verticais mais antigas (N090/74S) (Foto 5).

Foto 5 - Afloramento mostrando quartzito com fraturas subverticais cortadas por uma falha com a componente reversa e sinistral. Visada para oeste, Coordenadas 13°01'27,9"S; 042° 41' 23"W.



O arcabouço nos metaconglomerados (Foto 6) são seixos e grânulos composto de quartzitos, quartzo leitoso, feldspato potássico e plagioclásio. A matriz é basicamente areia quartzosa com presença de micas.

Foto 6 - Afloramento de um metaconglomerado polimítico. Foto em perfil, Coordenadas S 13°00'56"S; 042° 41' 32,7"W.



Os xistos e filitos (Fotos 7 e 8) presentes nessa formação estão de médio a muito alterado, gerando solos amarelados a esbranquiçados. São rochas de coloração cinza à avermelhada, isotrópica, fanerítica fina a média. Apresenta mineralogia básica de sericita, moscovita e quartzo.

A xistosidade é marcada pela orientação da sericita e moscovita, bem acinzentada, que intercalado com as bandas de quartzito, esbranquiçada, apresenta uma foliação bem marcante. As bandas possuem espessuras que variam de milimétricas a centimétricas.

Foto 7 - Afloramento mostrando foliação (N343p/32) nos xisto. Foto em planta com a bússola apontando para o Norte, Coordenadas S 13°05'01,4"; W042° 41' 04,2".



Foto 8 - Afloramento mostrando a intercalação entre quartzito e xisto. Foliação N335/64NE, foto em perfil, visada para sul, Coordenadas 13°01'27,2"S; 042° 41' 44,4"W.



5.2.1.2 Formação Bomba

Essa unidade possui afloramentos na forma de lajedo, mediantemente alterado, com solos de coloração acinzentada. É uma rocha afanítica, isotrópica, constituída por minerais félsicos de coloração branca a acinzentado e máficos, de coloração cinza escuro (Foto9).

Foto 9 - Afloramento mostrando a rocha metavulcanica. Foto em lajedo com bussola apontando para o Norte. Coordenadas 13°01'42,7"S; 042° 42' 28,1"W.



São rochas metavulcânicas intermediárias a ácida, com textura vesicular e amigdaloidal (Foto 10), pouco resistentes ao intemperismo, com relevo possuindo cotas entre 650 a 850 m de altitude. Estão alinhados em uma faixa que segue o mesmo *trend* das serras, NNW-SSE.

Foto 10 - Afloramento mostrando a textura amigdaloidal em rocha metavulcânica. Foto em lajedo com bussola apontando para o Norte. Coordenadas 13°01'42,5"S; 042° 42' 27,9"W.

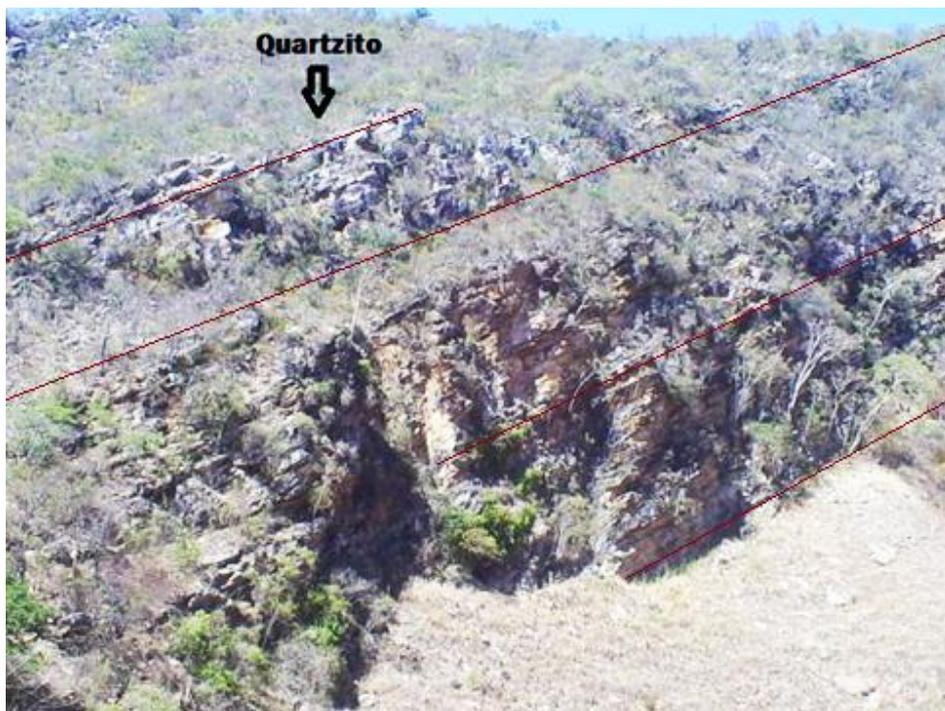


5.2.2 Formação Bom Retiro

Essa unidade localiza-se na porção Oeste, em contato com o Grupo Pajeú à direita e no extremo Nordeste da área de estudo. Possui afloramentos na forma de seção, pouco alterado, com solos de coloração esbranquiçada. É composta por quartzitos de coloração branca, devido à mineralogia ser basicamente composta de quartzo.

Essas rochas, por serem mais resistentes ao intemperismo, sustenta o relevo, formando as Serras (Foto 11), que se destacam por possuir cotas entre 800 a 1100 m de altitude. As Serras estão alinhadas em uma faixa que segue o mesmo *trend* da foliação principal, NNW-SSE.

Foto 11 - Afloramento da Serra do Espinhaço, mostrando foliação nos quartzitos, que mergulha para ENE. Quartzito com foliação métricas se destacando no topografia. Visada para Sul, Coordenadas 13°06'48,3"S; 042° 41' 45,4"W.



A foliação do quartzito é marcada pela preservação do acamamento sedimentar, com a presença de estratificação cruzada tabulares de grande porte (Foto 12) e bandas que possuem espessuras de centimétrica à decamétrica.

Foto 12 - Afloramento de quartzito mostrando a estratificação cruzada de grande porte. Foto em perfil com visada para Sul, Coordenadas 13°05'38,6"S; 042° 41' 55,3"W.



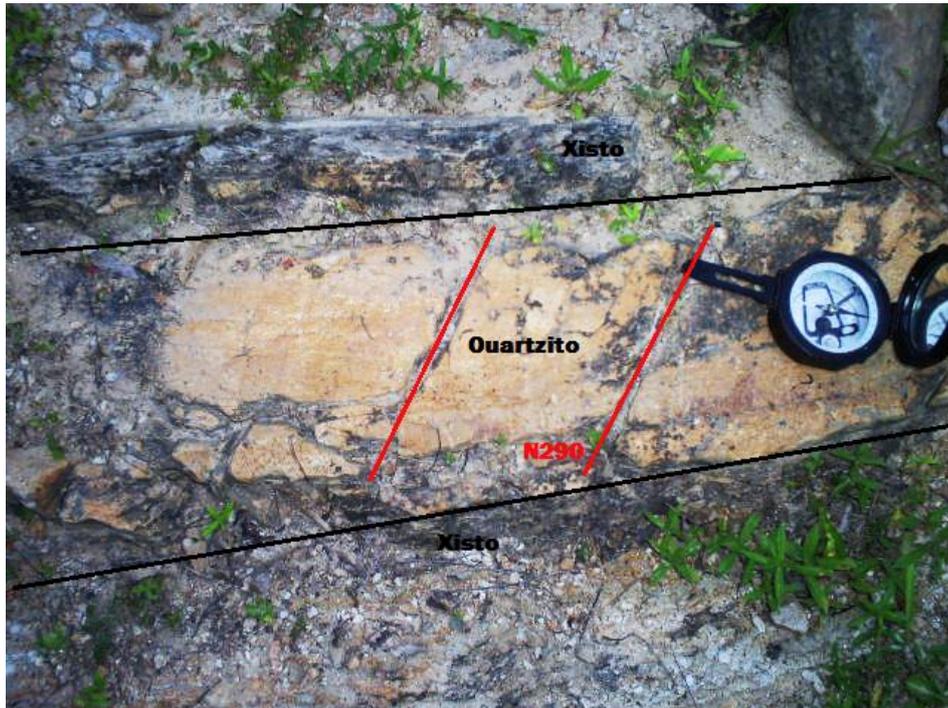
5.2.3 Grupo São Marcos

5.2.3.1 Formação Riacho do Bento

Essa unidade possui afloramentos na forma de seção e lajedo, de médio a muito alterado, com solos de coloração acinzentado e avermelhado. São compostas por quartzitos, metarritmitos areno-pelítico e xisto. A foliação é marcada pela orientação da sericita e dos quartzitos (N340/68NE), com os quartzitos apresentando fraturas (N290) (Foto 13).

A associação de rochas dessa unidade são menos resistentes ao intemperismo, constituindo um vale com as cotas entre 750 a 950 m de altitude. Estão alinhadas no mesmo *trend* regional, NNW-SSE.

Foto 13 - Afloramento da de quartzito intercalado com xisto. Presença de fraturas no quartzito com direção N290. Foto em lajedo com bússola apontando para o Norte. Coordenadas 13°06'05,0"S; 042° 42' 58,6"W.



5.2.3.2 Formação Mosquito

Essa unidade possui afloramentos na forma de lajedo, mediantemente alterado, com solos de coloração acinzentada. Possui cor cinza claro com porfiroblasto preto composto de biotita. A rocha é um biotita xisto porfiroblástica (Foto 14).

Essa unidade se encontra nos vales, devido à menor resistência das rochas ao intemperismo. Possui altitude em torno de 750 a 900m, alinhadas segundo o *trend* regional do Supergrupo Espinhaço, NNW-SSE.

Foto 14 - Afloramento do xisto com presença de porfiroblasto de biotita de cor preta. Foto em lajedo com bússola apontando para o Norte. Coordenadas 13°05'55,6"S; 042° 43' 09,3"W.



5.3 COBERTURAS PALEÓGENAS

São Formações Cenozóicas definidas como pacotes de sedimentos de naturezas e espessuras diversas, que recobrem as rochas ígneas e metamórficas da área.

Os depósitos coluvionares (Foto 15) encontram-se basicamente nos sopés das Serras do Espinhaço, mais abundante a oeste da área de estudo. Composto por sedimentos de granulação grossa como matacões, seixos e areia com coloração esbranquiçada, derivado das rochas quartzíticas.

Os depósitos aluvionares (Foto 16) encontram-se preenchendo calhas, nos terraços e planície de inundação dos rios e riachos. Composto por sedimentos de granulação média a grossa, com solos de coloração amarelada, por conta da oxidação e acinzentada, por conta da presença de matéria orgânica.

Foto 15 - Colúvio no sopé das Serras de quartzito, afloramento no início da estrada dos Tinguis. Visada para sudeste, coordenadas $13^{\circ}06'47,9''S$; $042^{\circ}41'45,2''W$.

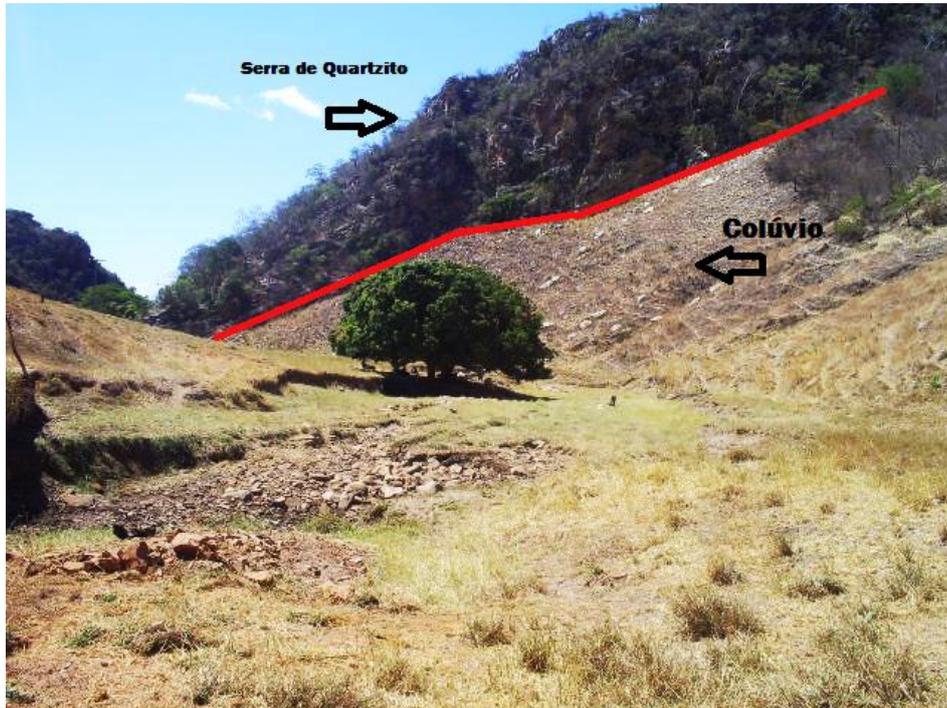


Foto 16 - Alúvio recobrindo as rochas gnaissicas no Riacho da Várzea Suja. Visada para noroeste, coordenadas $13^{\circ}03'31,8''S$; $042^{\circ}39'09,2''W$.

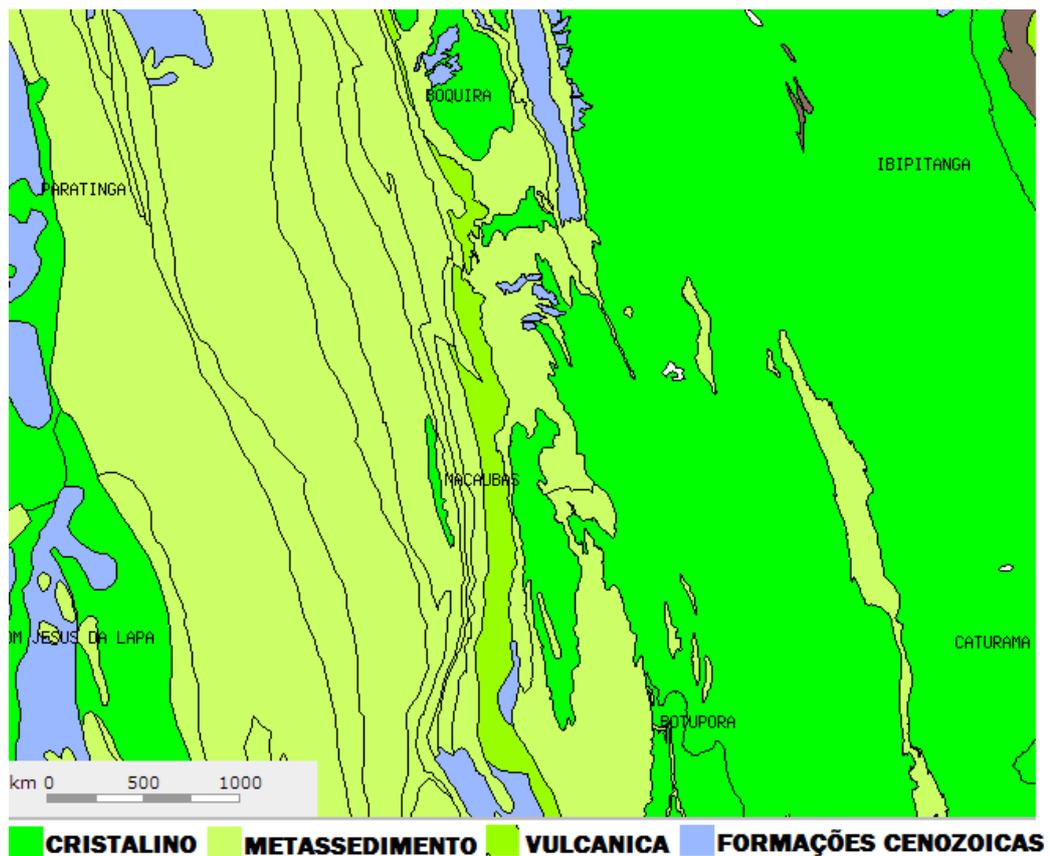


6 HIDROGEOLOGIA REGIONAL

A hidrogeologia do Nordeste brasileiro é marcada por aquíferos fissurais e heterogêneos, representada pelo embasamento do Cráton do São Francisco e Coberturas Metassedimentares, como o Supergrupo do Espinhaço (Figura 11). Esses meios caracterizam-se pela descontinuidade no armazenamento de águas subterrâneas, onde a água é armazenada e escoada através das fraturas presentes na rocha (SANTOS, 2008).

O escoamento da água subterrânea se dá através de conectividades entre fraturas e falhas. Embora não sejam aquíferos por excelência, a sua capacidade como reserva de água não pode ser desprezada, pois constituem uma importante reserva complementar aos armazenamentos superficiais (SANTIAGO, 1996).

Figura 11 - Unidades Hidrogeológicas Regional.



Fonte - (SIAGAS/CPRM, 2013).

A diversidade na caracterização desses aquíferos é comandada por dois diferentes grupos de variáveis: os da Geotectônica (produto da dinâmica interna) e os das condições climáticas e fisiográficas (produtos da dinâmica externa). Estas condições conduzem à definição das melhores características gerais para locação do poço que deve ser perfurado (BRITO NEVES & ALBUQUERQUE, 1997).

As águas subterrâneas, na região onde se inclui a área de estudo, encontram-se em Aquíferos Fissurais e são recarregados por Formações Cenozóicas. Os aquíferos fissurais são subdivididos em: relacionados aos Metassedimentos e os relacionados ao Embasamento.

6.1 AQUÍFERO DO EMBASAMENTO ARQUEANO

No Cristalino, foram reunidos basicamente, granitóides, gnaisses, migmatitos e rochas básicas e ultrabásicas, que constituem os denominados tipicamente como aquíferos fissurais. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios heterogêneos, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo de rocha, pode ser salinizada. Como a maioria destes litótipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existe uma tendência de que este domínio seja o de potencial hidrogeológico mais baixo dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais (BOMFIM, 2004).

As condições hidrogeológicas gerais são extremamente difíceis, restringindo-se para condições aquíferas restritas a apenas alguns trechos fraturados/falhados/intemperizados desses terrenos, as chamadas “zonas aquíferas” de Albuquerque (1971). Esta condição é exacerbada pelo fator hidroclimático adverso, o que se traduz na baixa produtividade dos poços já perfurados, incluindo, além disto, um percentual significativo de poços secos.

Essa unidade é representada pelo embasamento pré-Espinhaço constituído por rochas arqueanas, aflorantes no nordeste da área mapeada englobando as rochas granito-gnáissicas do Complexo do Paramirim.

6.2 AQUÍFERO DO SUPERGRUPO ESPINHAÇO

Os litotipos relacionados aos metassedimentos do Supergrupo Espinhaço reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, quartzitos, que estão associados ao denominado aquífero fissural. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas (BOMFIM, 2004).

Distingue-se do fissural no embasamento (granitos, gnaisses, migmatitos, etc), uma vez que suas rochas apresentam comportamento reológico distinto; isto é, como elas têm estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acumulo e fornecimento de água. Deve ser esperada, portanto, uma maior potencialidade hidrogeológica neste domínio do que o esperado para o Cristalino tradicional (BOMFIM, 2004).

As coberturas dobradas de plataforma, de idade Neopaleoproterozóica e Mesoproterozóica são representadas pelas rochas siliciclásticas do Supergrupo Espinhaço na Bahia. Este condicionamento aquífero é formado por porosidade mista, de interstícios e de fraturamento, de juntas de estratificação e de contatos. O nível estático é geralmente interceptado nos vales e depressões encaixados no sistema, possibilitando a formação de muitos tipos de fontes e outras exsudações no contexto das escarpas topográficas. Predominam condições de aquíferos livres, mas localmente há níveis de aquíferos confinados, com francas possibilidades de surgência. Também há a formação de aquíferos suspensos nos pacotes metassedimentares em relevo (BRITO NEVES & ALBUQUERQUE, 1997).

6.3 FORMAÇÕES CENOZOICAS

As Formações Cenozóicas, são definidas como pacotes de sedimentos inconsolidados e rochas sedimentares de naturezas e espessuras diversas, que recobrem as rochas mais antigas, servindo como importante zona de recarga. Em termos hidrogeológicos, tem um comportamento de aquífero poroso, caracterizado por possuir uma porosidade primária, e em terrenos arenosos uma elevada permeabilidade (BOMFIM, 2004).

A depender da espessura e do tipo de material dessas unidades, podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados, sendo, contudo bastante comum que os poços localizados neste domínio, capturem água dos aquíferos subjacentes (BOMFIM, 2004).

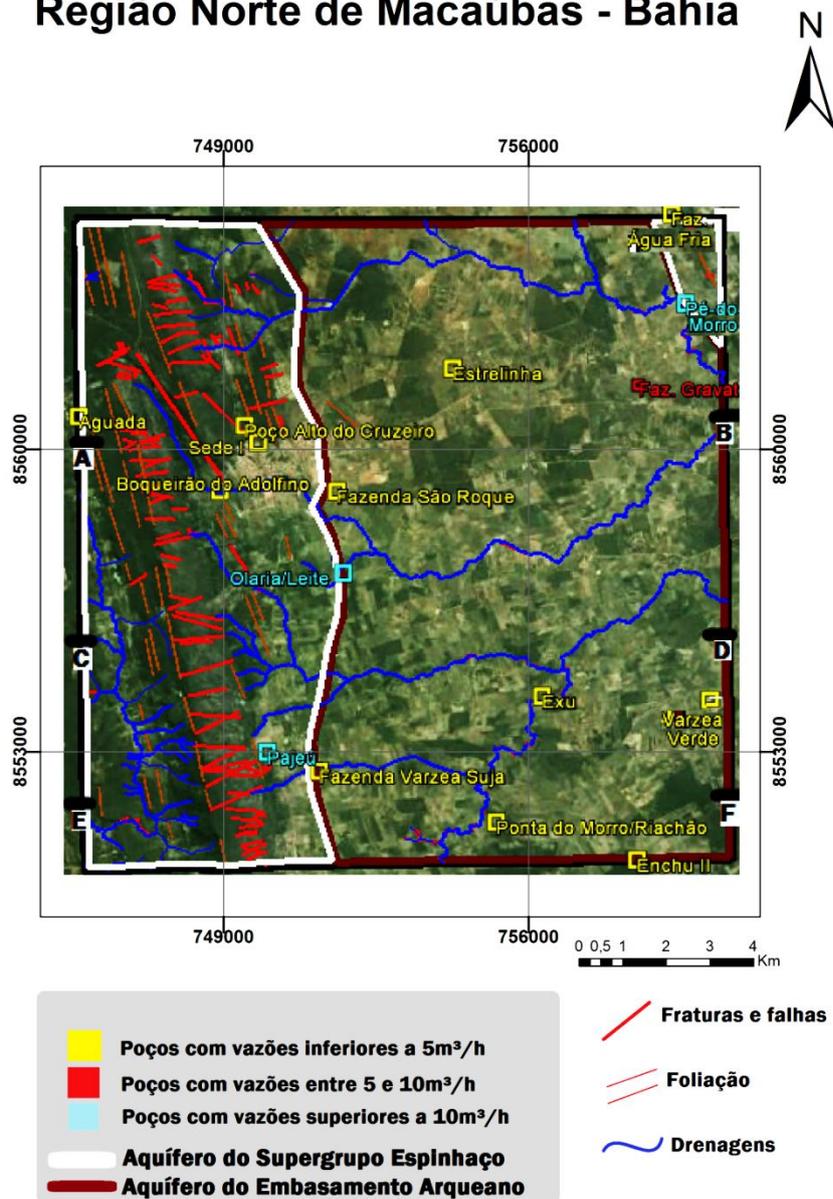
Este domínio está representado por depósitos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário, como os colúvios do supergrupo espinhaço e alúvios originados principalmente pela bacia do Rio Paramirim.

7 HIDROGEOLOGIA LOCAL

A área de estudo localiza-se na micro Bacia do Rio Paramirim, que encontra-se inserida na Bacia do Rio São Francisco, sobreposto ao Cráton do São Francisco. Um dos principais alúvios que se destacam é o Rio Paramirim, que nasce na serra do Espinhaço (RADAMBRASIL, 1982).

Figura 12 - Mapa indicando as unidades Hidrogeológicas presentes na área de estudo.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DA ÁREA Região Norte de Macaúbas - Bahia



No mapa (Figura 12), foram separadas as unidades hidrogeológicas presentes na área. Os aquíferos do Supergrupo Espinhaço encontram-se em quase toda parte Oeste e no

extremo Nordeste; e os aquíferos do Embasamento Arqueano localiza-se em quase toda porção Leste da área.

O sistema hidrogeológico da região de Macaúbas-Bahia se enquadra no contexto de aquíferos em terrenos fissurais, caracterizado pela distribuição da água em meios heterogêneos. As suas natureza e distribuição são controladas pela litologia, estratigrafia e principalmente pelas estruturas. Em uma pequena parte, a ocorrência se da em sedimentos pouco consolidados, como em colúvios e alúvios.

7.1 AQUÍFERO DO EMBASAMENTO ARQUEANO

Esse aquífero é representado na área de estudo pelo Complexo Paramirim, com aproximadamente 65% da área, ocupando toda parte leste e central, de norte a sul. Seu comportamento é de aquífero fissural, anisotrópico, com reservatórios heterogêneos e a ocorrência da água subterrânea condicionada por fraturas e falhas.

Foto 17 - Afloramento de Gnaiss Granítico foliado (N010/69SE) com veios de quartzo. Foto em planta com bússola apontando para o norte, Coordenadas 13°03'23,8"S; 042° 39' 01,2"W.



Os aquíferos são compostos por rochas gnáissicas graníticas, moscovita granito gnaiss e gnaisses com veios de quartzo (Foto 17). Essas rochas apresentam foliação aproximadamente N-S, com fraturas em grande quantidade e, na maioria das vezes, sem um

padrão definido (Foto 18). A hidrogeologia é marcada por aquíferos restritos, com poços, na maioria das vezes, apresentando vazões pequenas e inúmeros poços secos.

Foto 18 - Afloramento de Gnaiss Granítico, foliado (N011/71SE) e fraturado em diversas direções. Foto em planta, com bússola apontando para o norte. Coordenadas 13°03'24,3"S; 042° 39' 00,9"W.

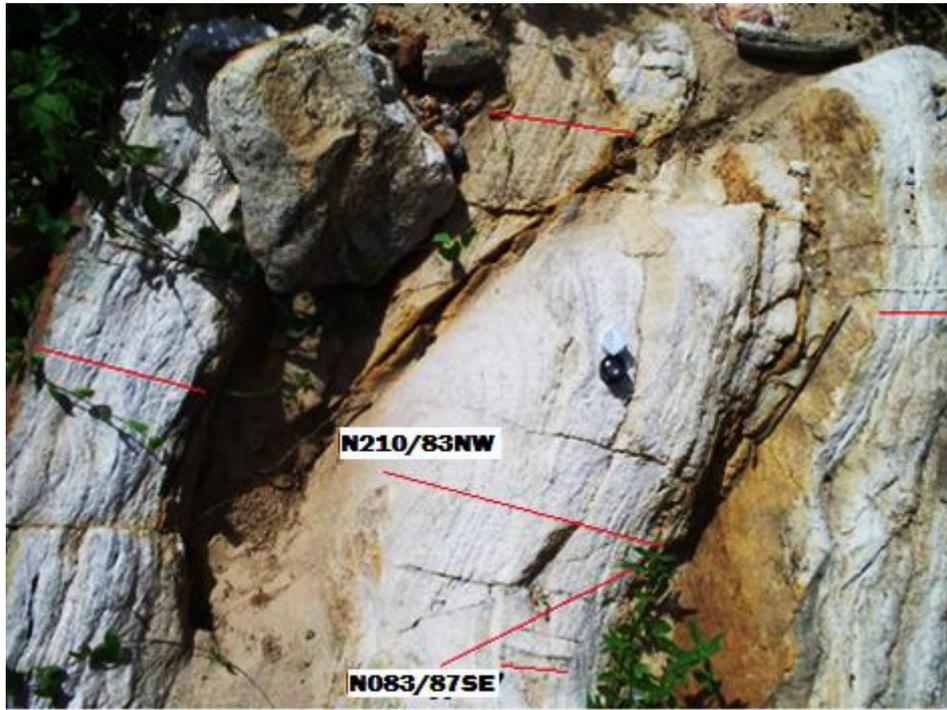


Em relação à geomorfologia, essa unidade se enquadra na Unidade da Depressão do Vale do Paramirim, com domínio morfoestrutural de Faixas de Dobramento. Possui altitudes que variam entre 550 metros nos vales, até 700 metros no topo de morros. Apresenta relevo plano a levemente ondulado com dissecação predominante do tipo homogênea.

7.2 AQUÍFERO DO SUPERGRUPO ESPINHAÇO

Esse aquífero é representado na área de estudo pelo Supergrupo Espinhaço, com aproximadamente 35% da área, ocupando toda parte oeste, de norte a sul. Seu comportamento é de aquífero fissural, anisotrópico, com reservatórios heterogêneos e a ocorrência da água subterrânea condicionada por fraturas e falhas (Foto 19).

Foto 19 - Afloramento mostrando quartzito foliado e fraturado em duas direções principais (N210/83NW; N083/87SE). Foto em planta, Coordenadas 13°01'26,0"S; 042° 41' 53,1"W.

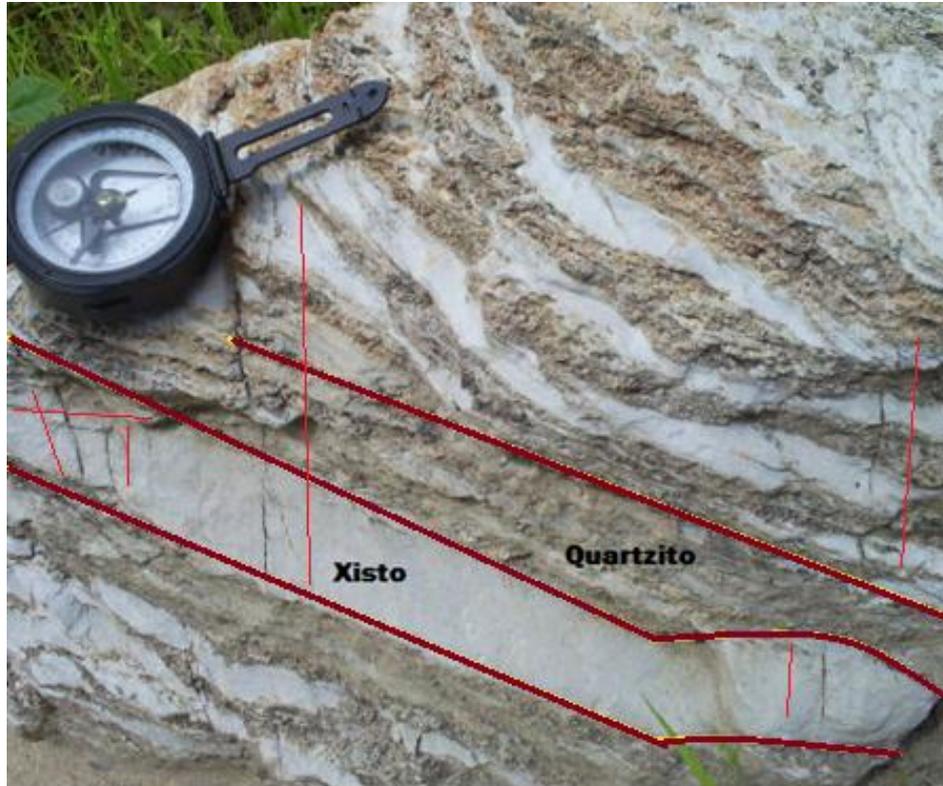


As rochas presentes são quartzitos, quartzitos feldspáticos, moscovita quartzito (Foto 19), metaconglomerados (Foto 20), xistos e filitos (Foto 21). Essas rochas são encontradas com fraturas maiores e interconectadas, apresentando condições aquíferas mais abrangentes, com poços de maiores vazões, quando comparada com os aquíferos do Embasamento.

Foto 20 - Afloramento de um metaconglomerado polimítico. Foto em planta com a bússola apontando para o Norte, Coordenadas 13°01'39,5"S; 042° 41' 56,1"W.



Foto 21 - Afloramento mostrando a intercalação entre quartzito e xisto. Foto em perfil, visada para sul, Coordenadas 13°01'59,4"S; 042° 42' 12,6"W.



Em relação à geomorfologia, essa unidade se enquadra na Unidade das Serras onde o domínio morfoestrutural é de Faixas de Dobramento associada a coberturas metassedimentares (Foto 22). Possui altitudes que variam entre 750 metros nos vales, até altitudes superiores a 1000 metros no topo das serras. Apresentam topos aguçados e vertentes íngremes, a dissecação é do tipo diferencial.

Foto 22 - Afloramento de quartzito na Serra do Espinhaço Setentrional. Padrão de fraturamento em vermelho. Visada para oeste, Coordenadas 13°00'46,6"S; 042°42'45,1"W.



7.3 FORMAÇÕES CENOZÓICAS

São definidas como pacotes de sedimentos de naturezas e espessuras diversas, que recobrem as rochas ígneas e metamórficas da área (Foto 23). A depender da espessura e da razão areia/argila, pode apresentar um grande potencial na exploração de água.

Em termos hidrogeológicos, apresenta comportamento de aquífero livre e poroso. São pouco consolidados, possuem alta capacidade de infiltração potencial, maior porosidade efetiva e maior permeabilidade do que as formações compactas.

Foto 23 - Contato entre dos Sedimentos Inconsolidados e o Domínio Metassedimentar. Visada para leste, Coordenadas 13°06'44,8"S; 042°41'02,4"W.

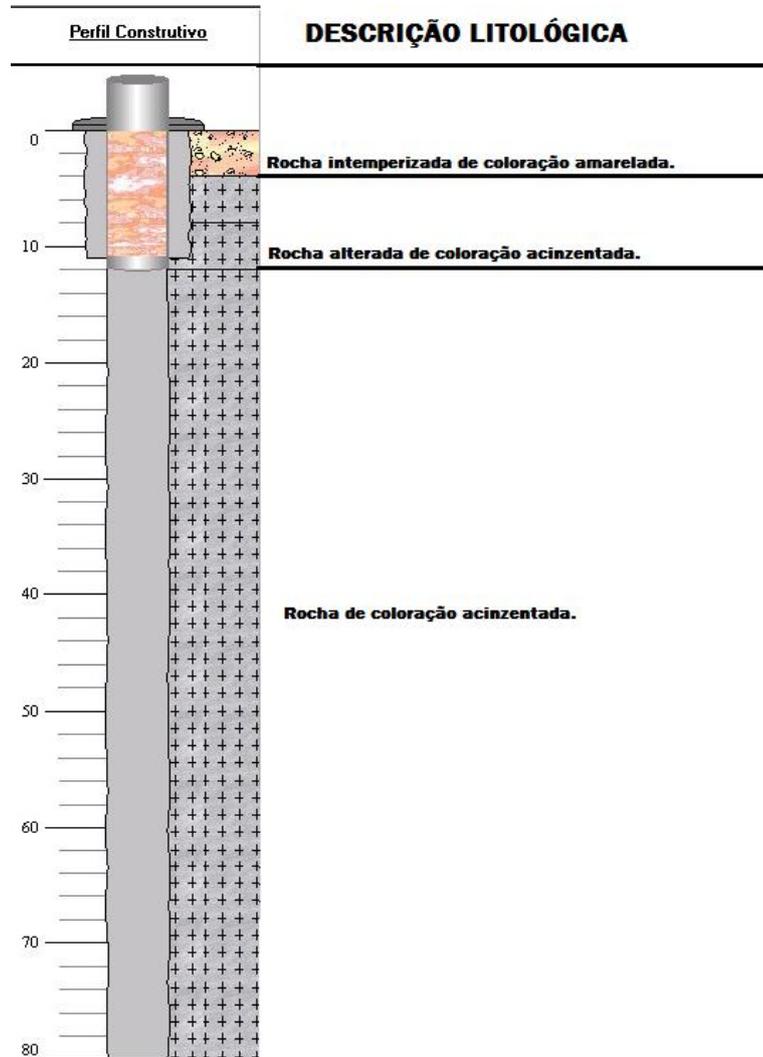


Análise dos Perfis de Poço e Construção das Seções Geológica-Hidrogeológica:

Os perfis construtivos dos poços tubulares perfurados na área, disponibilizados no site da CPRM, foram interpretados para elaboração dos mapas e das seções geológicas e hidrogeológicas.

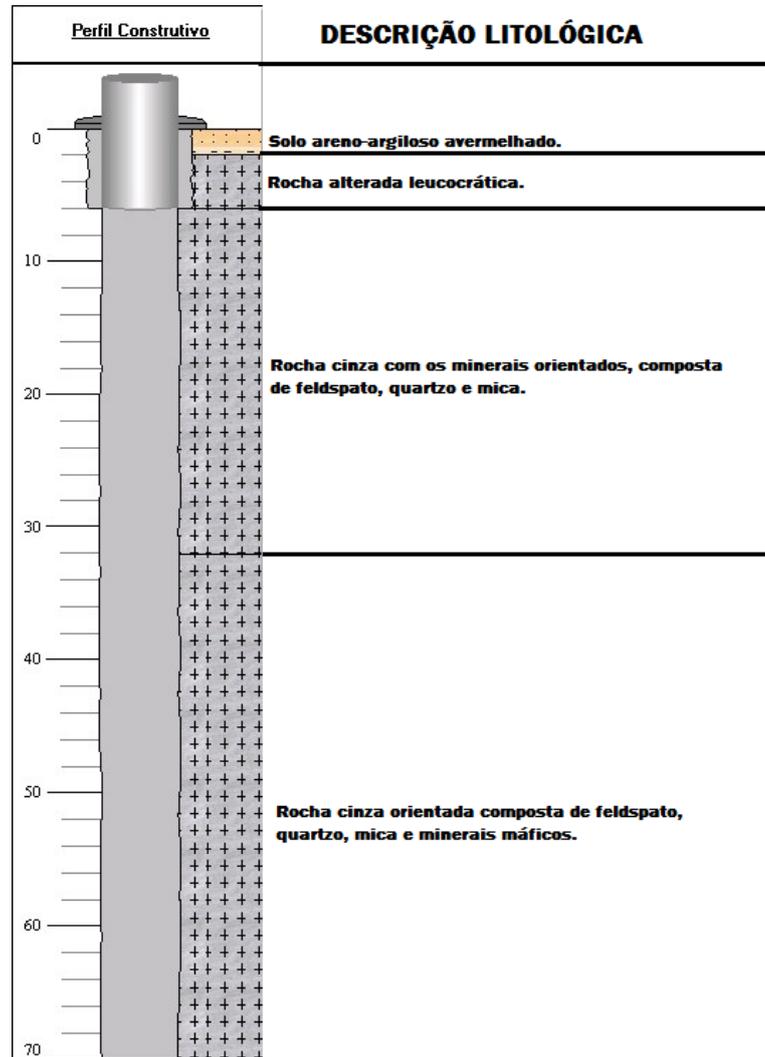
Os poços tubulares Estrelinha (Figura 13) e Exu (Figura 14), perfurados a Leste da área de estudo, estão sobre as rochas que foram classificadas como da unidade local do Complexo Paramirim Arqueano. No poço Exu foi encontrado associação de minerais característicos do Embasamento Arqueano, como feldspato, quartzo, mica e minerais máficos. Esses poços captam água do Aquífero do Embasamento Arqueano, em gnaises fraturados.

Figura 13 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Estrelinha. Coordenadas: 12°59'54"S; 42°39'21"W. (Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano).



Fonte - (SIAGAS/CPRM, 2013).

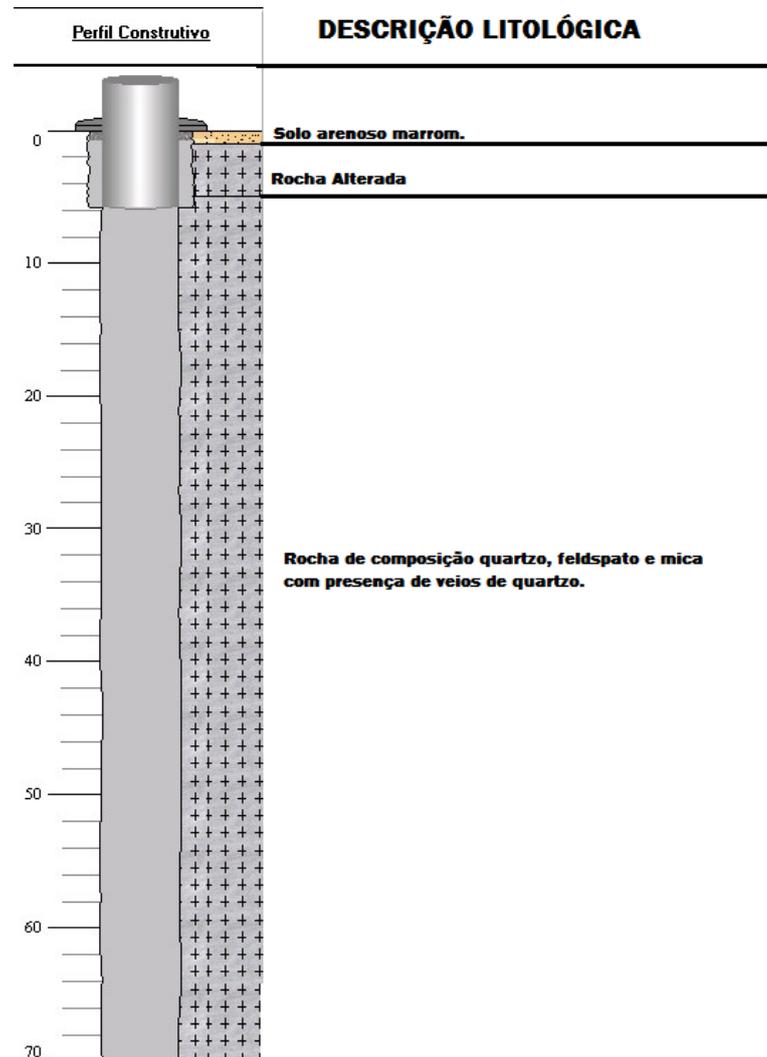
Figura 14 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Exu. Coordenadas: 13°04'04"S; 42°38'16"W.(Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano).



Fonte – (SIAGAS/CPRM, 2013).

O poço Fazenda São Roque (Figura 15) foi perfurado na parte central da área, ainda na unidade local do Complexo Paramirim Arqueano associado com veios de quartzo, próximo ao contato com o Supergrupo Espinhaço. Nele foram encontrados minerais como quartzo, feldspato e mica com a presença de veios de quartzo abundante. Esses veios de quartzo são mais comuns na borda Oeste do Embasamento Arqueano, onde essa litologia se encontra com maior fraturamento, permitindo a colocação dos veios. Esse poço capta água do Aquífero do Embasamento Arqueano, em gnaisses bastante fraturados.

Figura 15 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Fazenda São Roque. Coordenadas: 13°01'26"S 42°40'52"W.(Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano).



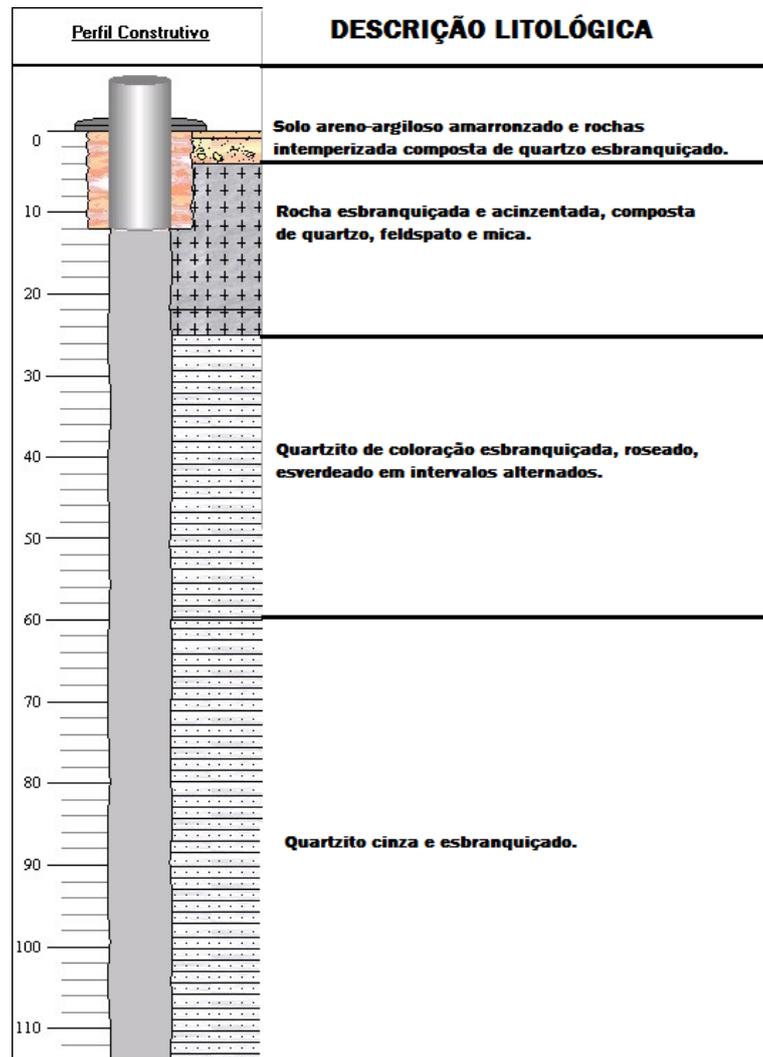
Fonte – (SIAGAS/CPRM, 2013).

O poço tubular Olaria/Leite (Figura 16), perfurado na porção Central da área penetrou até 25m de profundidade rochas com quartzo, feldspato e mica, que apresentava características onde foi possível classificar como pertencente ao Complexo Paramirim. A partir de 25 m até a profundidade máxima do poço, nos 110 m, encontrou-se apenas quartzitos classificados como do Supergrupo Espinhaço.

Esse poço pegou a falha reversa no contato entre as unidades locais do Complexo Paramirim Arqueano associado com veios de quartzo e a Formação Ipuçaba do Grupo Pajeú.

Ele capta água do Aquífero no Embasamento Arqueano em gnaisses fraturados, no Aquífero do Supergrupo Espinhaço em quartzitos e na zona de falha e fratura que separa esses dois aquíferos.

Figura 16 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Olaria/Leite. Coordenadas: 13°02'28''S 42°40'48''W.(Contato entre a Unidade Hidrogeológica do Embasamento Arqueano e a do Supergrupo Espinhaço).

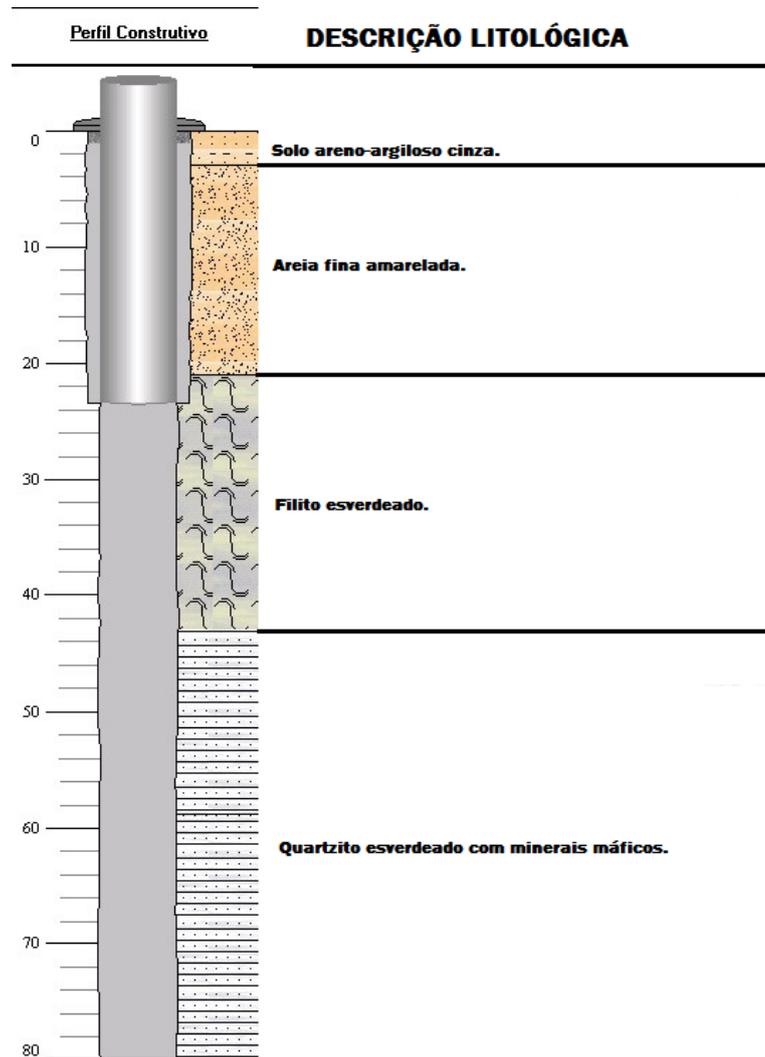


Fonte – (SIAGAS/CPRM, 2013).

O poço tubular Sede I (Figura 17) foi perfurado na porção Centro-Oeste da área, já na unidade do Supergrupo Espinhaço. Penetrou uma espessura de 20 m de sedimento inconsolidado, depois dos 20 até os 43 m pegou xistos e filitos esverdeados e a partir dos 43 até o final da perfuração, nos 80 m, pegou quartzitos.

Esse poço foi interpretado como pertencente em sua totalidade à unidade local da Formação Ipuçaba do Grupo Pajeú, onde capta água no Aquífero do Supergrupo Espinhaço em quartzitos e xistos presentes.

Figura 17 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Sede I. Coordenadas: 13°00'48"S; 42°41'52"W.(Unidade Hidrogeológica do Supergrupo Espinhaço).

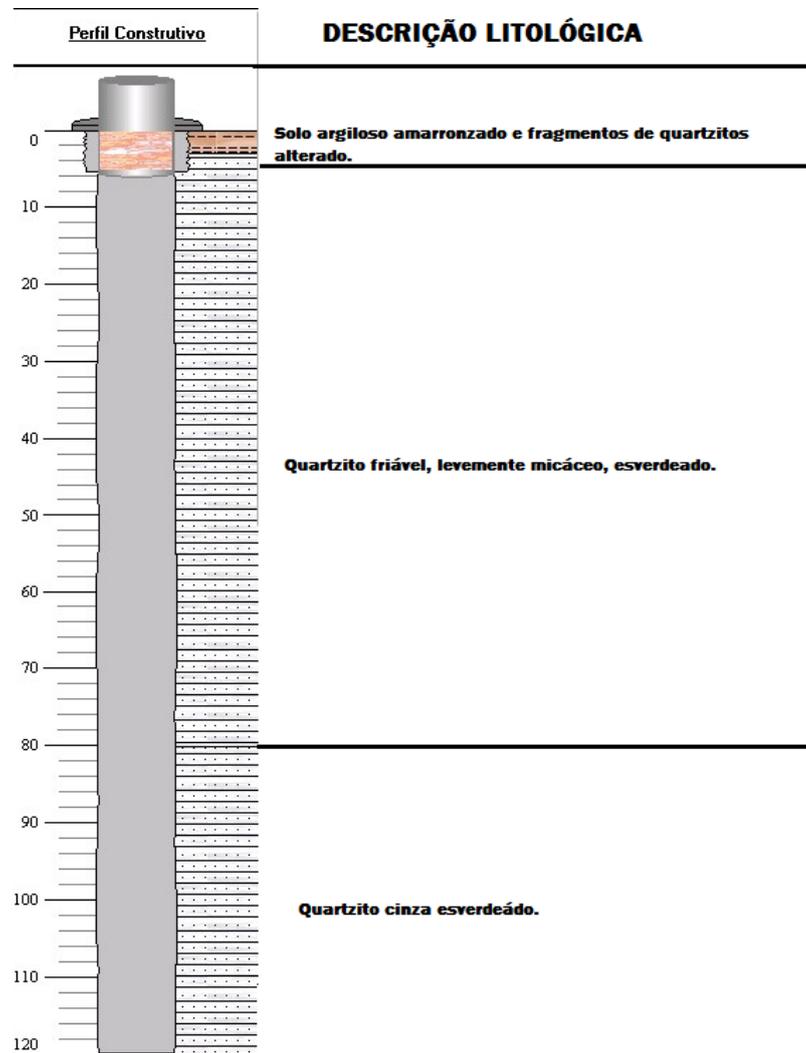


Fonte – (SIAGAS/CPRM, 2013).

O poço tubular Boqueirão do Adolfo (Figura 18) foi perfurado na porção Noroeste da área, na unidade do Supergrupo Espinhaço. Alcançou uma profundidade de cerca de 120 m pegando quartzitos puros a levemente micáceos.

Esse poço foi interpretado como pertencente à unidade local da Formação Bom Retiro, onde capta água no Aquífero do Supergrupo Espinhaço em quartzitos presentes.

Figura 18 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Boqueirão do Adolfo. Coordenadas: 13°01'24"S; 42°42'22"W.(Unidade Hidrogeológica do Supergrupo Espinhaço).

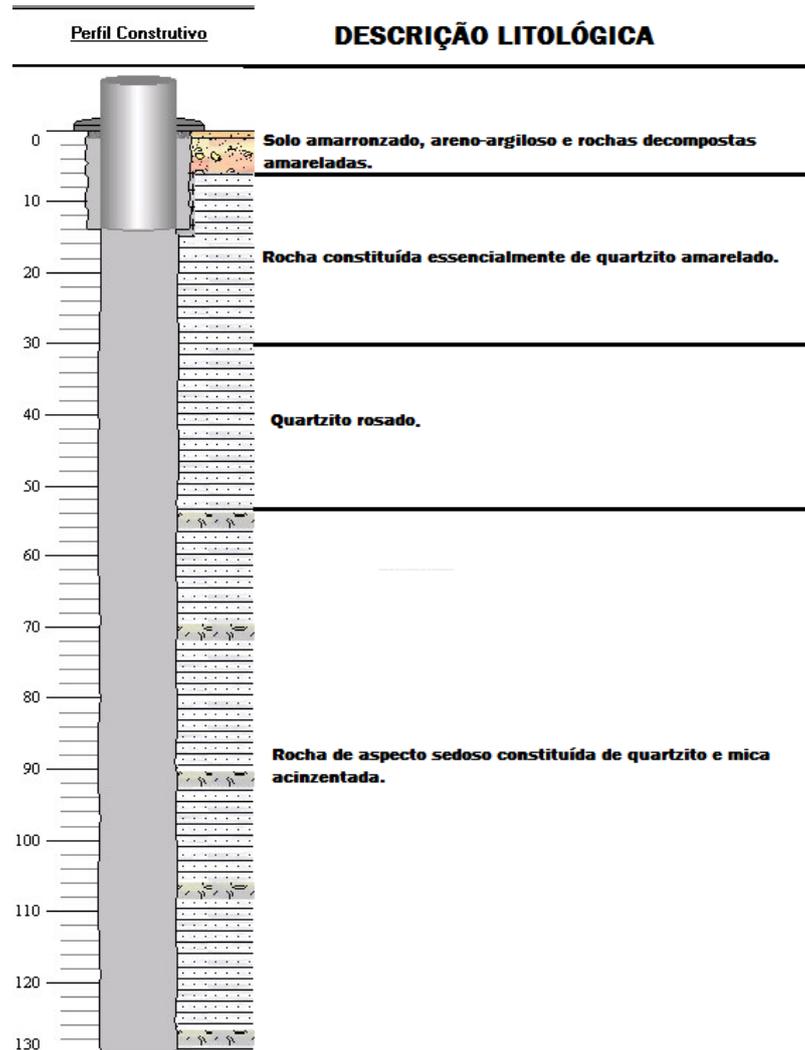


Fonte – (SIAGAS/CPRM, 2013).

O poço tubular Aguada (Figura 19) foi perfurado no extremo Oeste da área de estudo, na unidade do Supergrupo Espinhaço. Ao longo dos primeiros 54 m perfurado foi encontrado quartzitos amarelados, rosados. Dos 54 até os 130 m o litotipo predominante foi a intercalação de quartzito com xisto.

Esse poço foi interpretado como pertencente à unidade local da Formação Riacho do Bento no Grupo São Marcos, onde capta água no Aquífero do Supergrupo Espinhaço em quartzitos e xistos presentes.

Figura 19 - Perfil construtivo com descrição litológica do poço tubular Aguada. Coordenadas: 13°00'27"S; 42°44'08"W.(Unidade Hidrogeológica do Supergrupo Espinhaço).



Fonte – (SIAGAS/CPRM, 2013).

Através das atividades de campo e análise dos perfis construtivos dos poços tubulares perfurados na área, foi possível elaborar seções geológica-hidrogeológica para a área de estudo. Elaborou-se então 3 seções Oeste-Leste, uma para cada parte: Norte, Central e Sul.

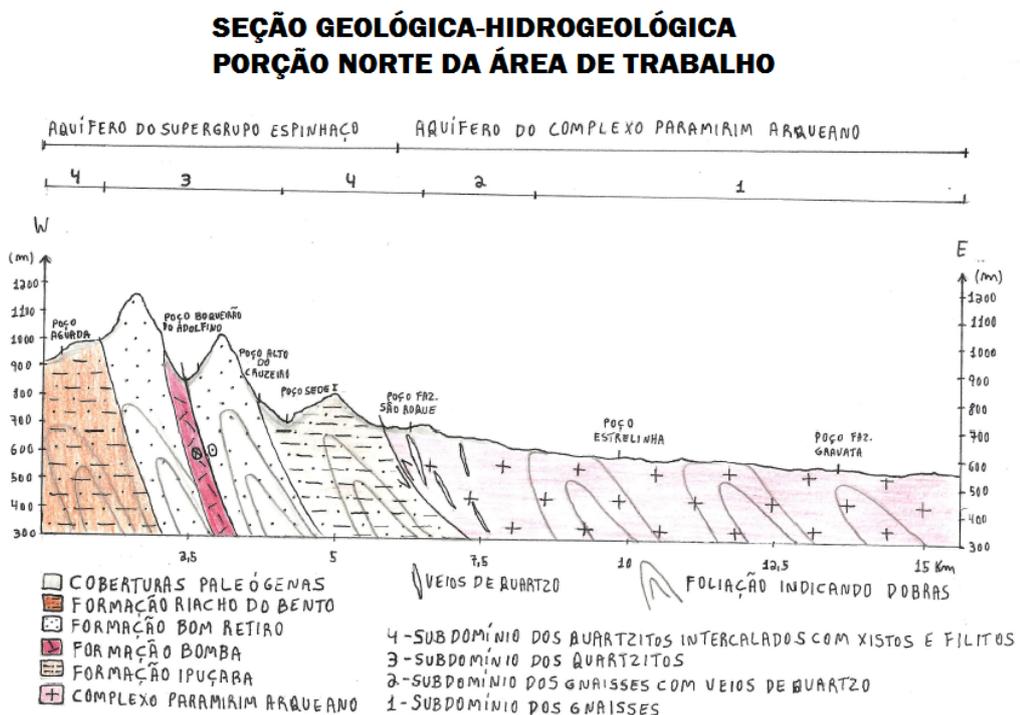
As seções foram elaboradas através das atividades de campo e análise dos perfis construtivos dos poços tubulares. Nelas estão representadas a topografia, as unidades geológicas, hidrogeológicas, domínios hidrogeológicos e as dobras geradas pela foliação.

Partindo de Leste para Oeste tem-se o Complexo Paramirim arqueano, que sofre influencia de veios de quartzo a medida que vai para Oeste. O contato entre o Embasamento

Arqueano com o Supergrupo Espinhaço é de natureza tectônica, marcado por uma falha reversa presente nas 3 seções.

Na porção norte da área de trabalho (Figura 20), uma falha transcorrente na unidade do Supergrupo Espinhaço faz com que a Formação Bom Retiro, composta basicamente de quartzitos, se repita ao longo da seção.

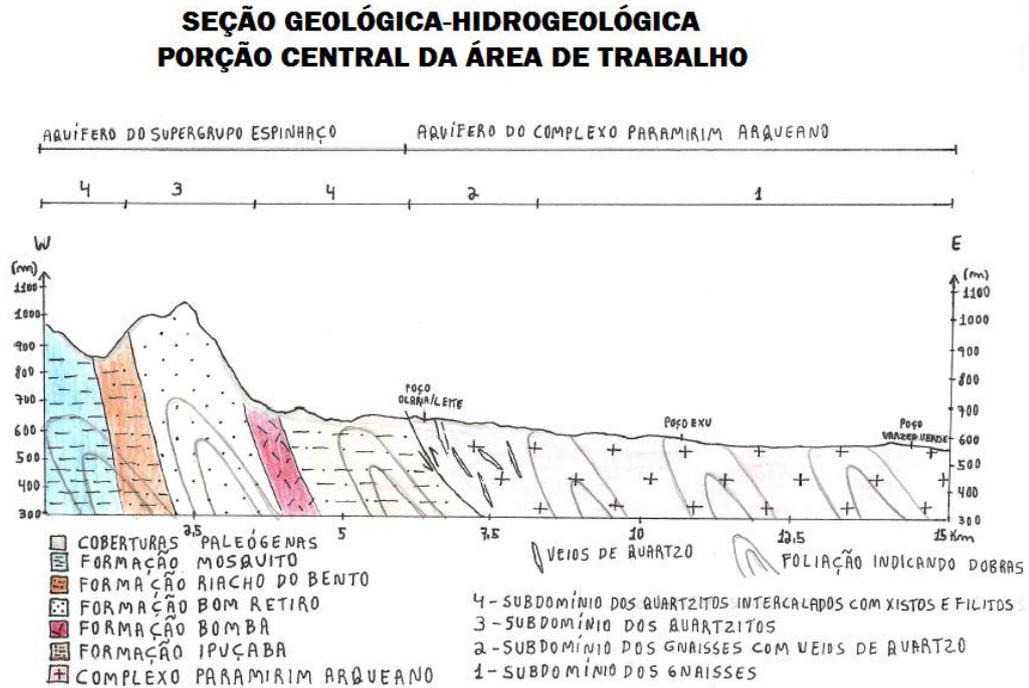
Figura 20 - Seção Geológica-Hidrogeológica da porção norte da área de trabalho.



Na área a estratigrafia ocorre invertida, com dobras de limbo invertido e as unidades mais antigas em cima das mais jovens. Isso se deve a inversão dada no ciclo Brasiliano, resultado de esforços reflexos da tectônica compressional (ALKMIM & BRITO-NEVES, 1993).

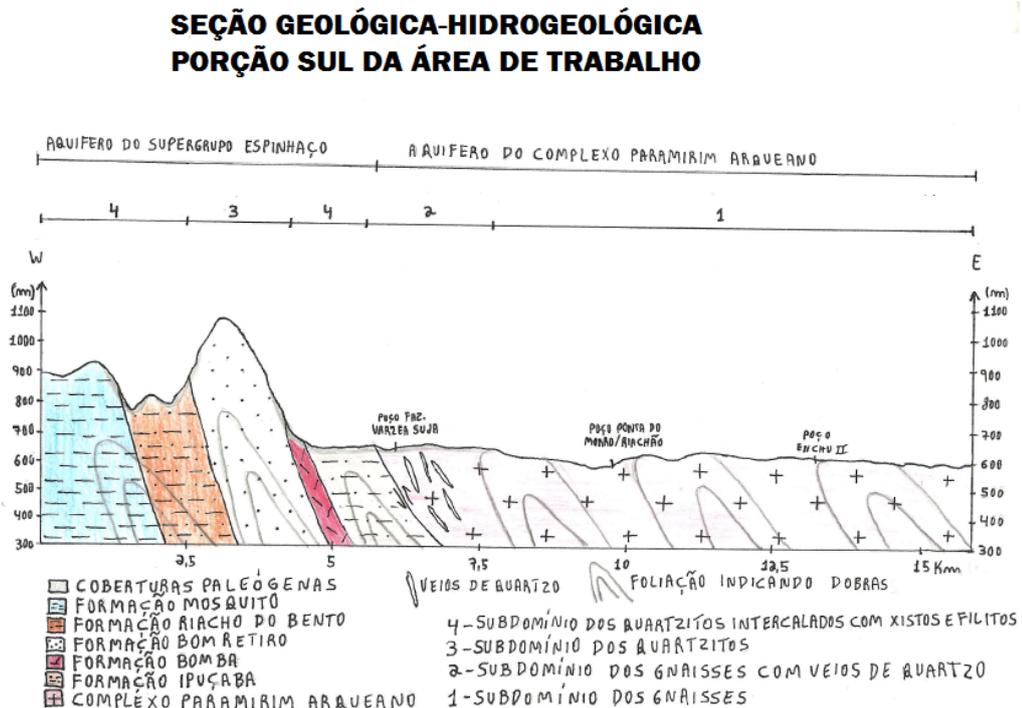
A porção Central (Figura 21) e Sul (Figura 22), não sofrem influencia da falha transcorrente, e em seu extremo Oeste, aflora a Formação Mosquito, composta por xisto com biotita porfiroblástica.

Figura 21 - Seção Geológica-Hidrogeológica da porção central da área de trabalho.



A Formação Bom Retiro, composta basicamente de quartzito puro, sustenta o relevo. Representa as maiores altitudes com cotas, em grande parte, superior aos 1000 m. As Formações Ipuçaba, Riacho do Bento e Mosquito, por possuir xistos e filitos, são mais facilmente intemperizadas, constituindo cotas inferiores.

Figura 22 - Seção Geológica-Hidrogeológica da porção sul da área de trabalho.



Análise Qualitativa das Águas Subterrâneas

Com os parâmetros (Tabela 1) obtidos do cadastro de poços tubulares, disponíveis no Banco de Dados SIAGAS, foi possível gerar o mapa da distribuição dos elementos na área. Os dados foram tabulados no programa de computador Microsoft Excel. Posteriormente estes dados foram transferidos para o programa Surfer 9, utilizando como interpolador o método da Krigagem.

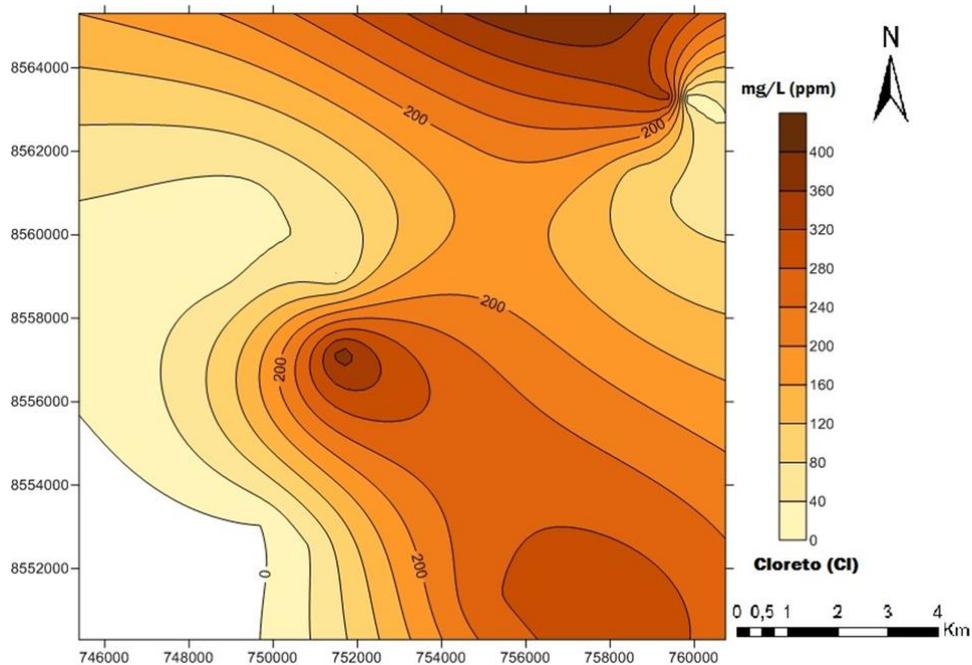
Tabela 1 - Sólido Dissolvido Total, Cloreto e Nitrato.

| Poço Tubular | UTM (S) | UTM (W) | Soli. Dissol. Total (ppm) | Cloreto (ppm) | Nitrato (ppm) |
|-----------------------|---------|---------|---------------------------|---------------|---------------|
| ALTO DO CRUZEIRO | 8560650 | 749400 | 264,0 | 17 | aus. |
| BOQUEIRÃO DO ADOLFINO | 8559157 | 748790 | 335,0 | 22,8 | 0,442 |
| CAMPO GRANDE | 8564962 | 749295 | 746,0 | 195,71 | 0,663 |
| CUPIDO | 8563269 | 759530 | 1122,0 | 335 | 12,70 |
| ENCHU | 8550307 | 758263 | 1066,0 | 318,3 | 20,87 |
| ESTRELINHA | 8561874 | 754272 | 776,0 | 181 | 8,16 |
| FAZENDA GRAVATÁ | 8561402 | 758608 | 558,0 | 97,32 | 10,40 |
| FAZENDA SÃO ROQUE | 8559070 | 751502 | 460,0 | 39,81 | 7,84 |
| FAZENDA VÁRZEA SUJA | 8552558 | 750931 | 362,0 | 44,24 | 0,40 |
| MANDACARU | 8551571 | 764363 | 884,0 | 190,82 | 3,61 |
| OLARIA | 8557163 | 751606 | 1400,0 | 382 | 8,70 |
| PAJEU | 8553035 | 749728 | 128,0 | < LDM | 0,81 |
| PAJEU DE CONTENDAS | 8569349 | 757054 | 2120,0 | 676,7 | 16,863 |
| PÉ DO MORRO | 8563267 | 759741 | 272,0 | 20,52 | 1,15 |
| PONTA DO MORRO | 8551259 | 755017 | 900,0 | 273,05 | 1,149 |
| SEDE | 8560255 | 749704 | 458,0 | 35,19 | 0,92 |
| TAPERA | 8546683 | 751208 | 290,0 | 13,06 | 0,001 |

O cloreto (Cl^-) é um dos principais constituintes das águas subterrâneas, sendo a sua presença justificada pela precipitação das águas de chuvas e posterior evapotranspiração, causando concentrações cíclicas dessa substância. Outro fator a contribuir para alta concentração de cloretos é o fato de ser um elemento de mais alto tempo de residência, visto não ser susceptível a nenhum processo de remoção natural (ANDRADE, 2010).

Na área de estudo, os menores valores de cloreto, abaixo de 200 ppm, são encontrados na parte oeste e no extremo nordeste, em aquíferos do Supergrupo Espinhaço. Os maiores valores, de 200 a mais de 400 ppm, são encontrados na parte central e leste, em aquíferos do Embasamento Arqueano (Figura 23).

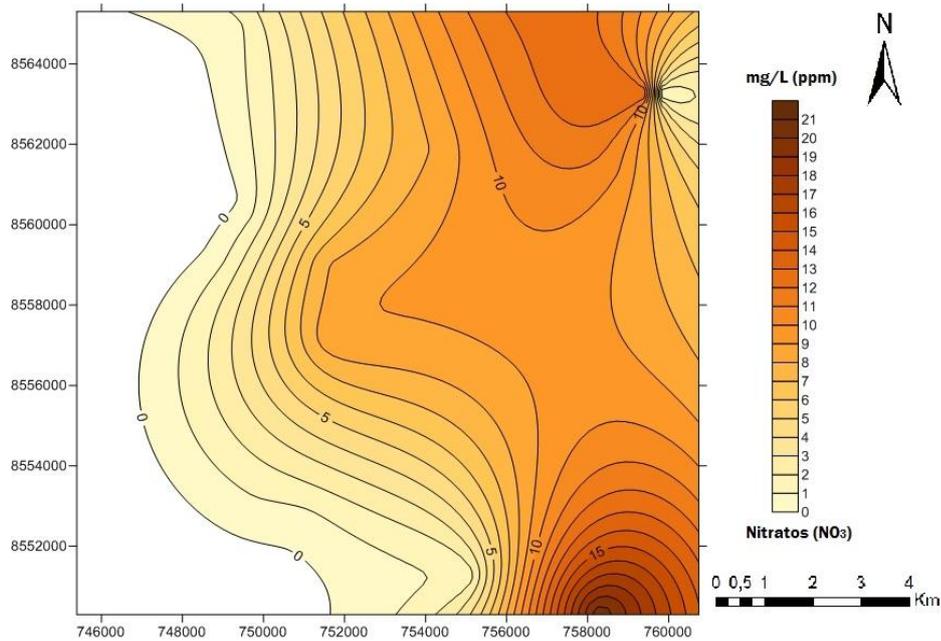
Figura 23 – Mapa de distribuição de Cloreto na área.



O nitrato é o contaminante mais frequente em aquíferos, que devido a sua mobilidade, vem sendo utilizado como parâmetro para indicar a contaminação das águas subterrâneas (REYNOLDS & FRAILE, 2006).

Na área de estudo, valores de cloreto abaixo de 6 ppm são encontrados na parte oeste e extremo nordeste, em aquíferos do Supergrupo Espinhaço. Maiores valores, acima de 10 ppm, são encontrados na parte central e leste, com valores maiores de 15 ppm no extremo sudeste em aquíferos do Embasamento Arqueano (Figura 24).

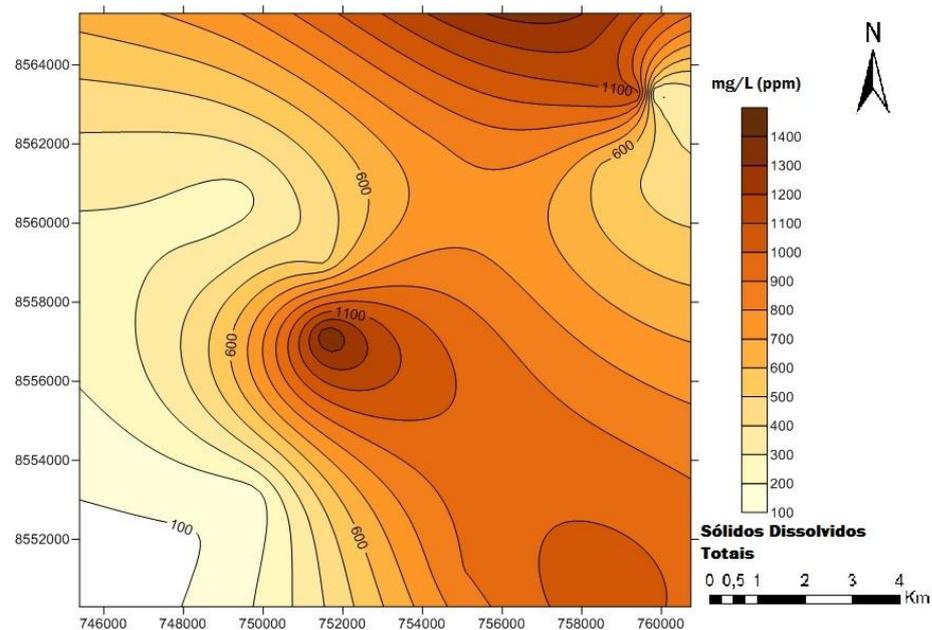
Figura 24 - Mapa de distribuição de Nitrato na área.



Estudos demonstram que, quanto mais à jusante da rede de drenagem, maior tendência de salinização das águas superficiais refletindo nas águas subterrâneas, conseqüentemente ocorre aumento dos sólidos totais dissolvidos (STD), que correspondem ao somatório de todos os cátions e ânions presentes nas águas, que expressam, de forma absoluta, o grau de salinidade destas (ANDRADE, 2010).

Os aquíferos do Supergrupo Espinhaço apresentam níveis de STD menores. As maiores concentrações são encontradas em aquíferos do Embasamento Arqueano (Figura 25).

Figura 25 - Mapa de distribuição de Sólidos Dissolvidos Totais na área.

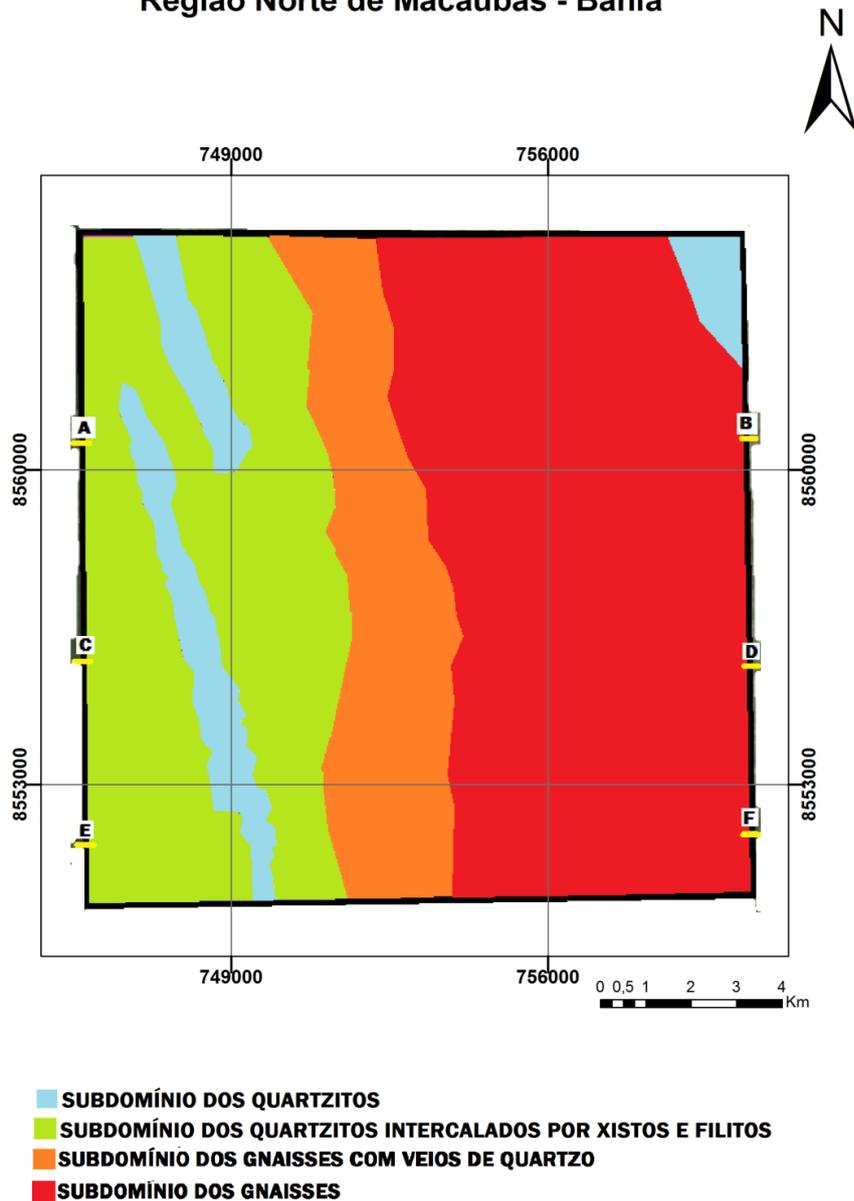


8 DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS

Para o mapeamento hidrogeológico, o reconhecimento de falhas e fraturas envolveu análise de imagens aéreas e um estudo de afloramentos. Através das análises dos litotipos, estratigrafia, estruturas e dados de poços do SIAGAS-CPRM, foram individualizados, na área, 2 domínios (Figura 26); Fissural Metassedimentar (Subdomínio dos Quartzitos e Subdomínio dos Quartzitos Intercalados por Xistos e Filitos), Fissural do Embasamento (Subdomínio dos Gnaisses e Subdomínio dos Gnaisses com Veios de Quartzo).

Figura 26 - Mapa dos Domínios Hidrogeológicos da Área.

MAPA DOS DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DA ÁREA Região Norte de Macaúbas - Bahia



O domínio fissural metassedimentar está associado aos quartzitos, metaconglomerados e xisto do Supergrupo Espinhaço. Já o domínio fissural do embasamento se associa com as rochas graníticas gnáissicas arqueana do Complexo Paramirim.

8.1 DOMÍNIO DO EMBASAMENTO

Neste tipo de terreno, a percolação e acumulação de água são controladas por falhas, fraturas e outras descontinuidades em rochas ígneas e metamórficas ortoderivadas. Será necessária uma análise das estruturas rúpteis nessas rochas, que permitem o fluxo e acumulação de reservas de água neste meio.

Esse domínio corresponde aproximadamente a 65% da área de estudo, ocupando toda parte central e leste da área, variando de Norte a Sul. Se enquadra na unidade geológica do Complexo Paramirim.

Foi observado que a matriz rochosa desse domínio apresenta uma porosidade primária praticamente nula, conseqüentemente uma permeabilidade extremamente pequena. As características que determina essa unidade como aquífero, referem-se à porosidade e permeabilidade secundária.

O domínio fissural do embasamento pode ser individualizado em 2 subdomínios: o subdomínio dos gnaisses e o subdomínio dos gnaisses associados com veios de quartzo.

8.1.1 Subdomínio dos Gnaisses

Nesse, os gnaisses graníticos, moscovita granito gnaisses apresentam características hidrogeológicas semelhantes. As rochas apresentaram uma orientação insipiente NNW-SSE. Em geral, as falhas e fraturas não seguem um padrão definido, não sendo possível individualizar famílias (Foto 24). O maciço rochoso se encontra bastante fraturado, com fraturas onduladas, rugosas, descontínuas, sem material de preenchimento e abertura que varia de 0,1 a 1 centímetro.

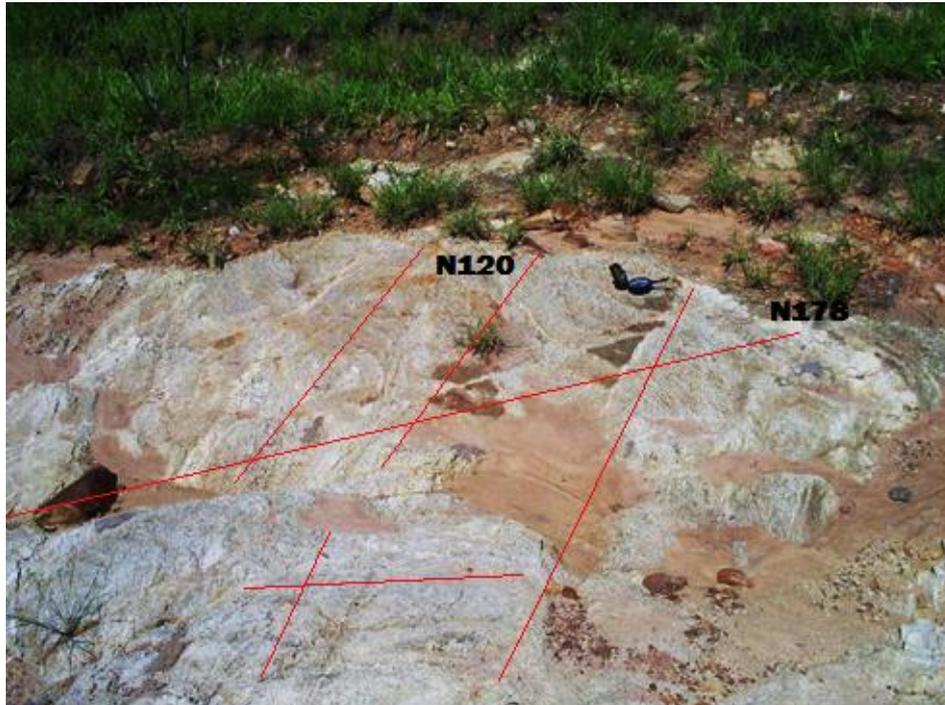
Foto 24 - Afloramento de Gnaiss Granítico, com diversas fraturas em várias direções no Riacho da Varzea Suja. Visada em perfil para norte, Coordenadas S 13°03'31,8"; W042° 39' 09,2".



Sob tensões de grande magnitude, persistentemente ativadas, essas rochas com estrutura foliada, anisotrópico, tendem a desenvolver fraturas mais curtas e menos espaçadas que as rochas maciças do domínio metassedimentar.

Em alguns locais, além de padrão de fraturamento irregular, é possível individualizar 2 famílias com direções preferenciais. As fraturas com direções preferenciais N120 são mais antigas e é cortada pelas fraturas mais jovens N178. Essas fraturas são maiores e com maior espaçamento (Foto 25).

Foto 25 - Afloramento de Gnaiss Granítico, em um corte de estrada próximo ao povoado de Ponta do Morro. Fraturas nas direções N120 e N178; foto em planta, bússola apontando para o Norte, Coordenadas S 13°05'00,2"; W042° 39' 17,6".



8.1.2 Subdomínio dos Gnaisses com Veios de Quartzo

Os veios de quartzo compõem uma subunidade do fissural cristalino, que preenche falha e fratura nas rochas do embasamento Arqueano. Apresentam características hidrogeológicas pouco diferente do Subdomínio dos Gnaisses. Sua matriz rochosa possui porosidade e permeabilidade praticamente nula. Sua orientação é N337/34SE, que acompanha o *trend* regional NNW-SSE.

Além do fraturamento da rocha encaixante gnáissica, os veios de quartzo apresenta um padrão de fraturamento que varia de irregular até locais onde é possível distinguir duas famílias (N087 e N354) que se interceptam quase ortogonalmente (Foto 26). Em geral, essas estruturas são onduladas, lisas, possuem pequenas continuidades, sem material de preenchimento, com aberturas que varia de 0,1 a 1 centímetro.

Dentro do domínio fissural do embasamento, os veios de quartzo possuem um ambiente mais propício ao acúmulo de água subterrânea. Isso se deve ao maior fraturamento, à presença de fraturas mais abertas e com uma certa interconexão, que no ambiente fissural, garante a porosidade e permeabilidade do meio.

Foto 26 - Afloramento de Veio de Quartzo, com fraturas N087 e N354. Próximo ao contato entre o Supergrupo Espinhaço e o Embasamento do Bloco Paramirim. Visada para nordeste, Coordenadas S 13°02'33,7"; W042° 41' 01,2".



Em uma análise estatística em 20 poços tubulares perfurados na área, encontrou-se para o domínio do Embasamento vazões inferiores ao domínio dos Metassedimentos, com valores próximos a 4,9 m³/h, com apenas 3 poços apresentando vazões superiores a 10m³/h. Esses poços possuem em média 73m de profundidade total, com alguns chegando até 120m, níveis estáticos variando entre 3,1 e 20,4m; níveis dinâmicos variando entre 14,7 e 70,5m. Possui 1 a 2 zonas de falha e/ou fratura, em determinadas profundidades, onde ocorrem entradas de águas.

Considerações Finais

O domínio fissural do embasamento constitui um ambiente limitado à presença de águas subterrâneas. Isso se deve à falta de conectividade das fraturas, que em um ambiente fissural, garante a permeabilidade do meio. As coberturas por sedimentos inconsolidados permeáveis e as drenagens controladas por falhas constituem as possíveis zonas de recarga dessa unidade.

As condições hidrogeológicas gerais são extremamente difíceis. Essas rochas desempenham, regionalmente, o papel de aquifugos, restringindo-se para condições aquíferas restritas a apenas alguns trechos fraturados/falhados/intemperizados. Esta condição é

exacerbada pelo fator hidroclimático adverso, o que se traduz na baixa produtividade dos poços já perfurados, dados por valores de vazões muito baixos e poços secos.

8.2 DOMÍNIO METASSEDIMENTAR

Neste tipo de terreno, a percolação e acumulação de água são controladas por falhas, fraturas e outras discontinuidades em metassedimentos, o que requer uma análise estrutural. As estruturas rúpteis são importantes na criação de espaços nessas rochas, permitindo o fluxo e acumulação de reservas de água neste meio.

Esse domínio corresponde aproximadamente a 35% da área de estudo, ocupando toda parte oeste e central, variando de norte a sul. Encontra-se inserido na unidade geológica do Supergrupo do Espinhaço Setentrional (Foto 27).

Foi observada que a matriz rochosa desse domínio apresenta uma porosidade primária praticamente nula, conseqüentemente uma permeabilidade primária extremamente pequena. As características que determinam essa unidade como aquífero, referem-se à porosidade e à permeabilidade secundária.

Foto 27 - Afloramento mostrando 2 famílias de fraturamento (N088/75SE e N143/22SW) em quartzito. Visada para oeste, Coordenadas S 13°01'27,9"; W042° 41' 23".



O Domínio Fissural Metassedimentar pode ser individualizado em mais 2 subdomínios: subdomínio dos quartzitos e subdomínio dos quartzitos intercalados por xistos e filitos.

8.2.1 Subdomínio dos Quartzitos

Os quartzitos, quartzitos feldspáticos, moscovita quartzito, metaconglomerados e metarritmitos, apresentam características hidrogeológicas semelhantes. Sua matriz rochosa apresenta porosidade e permeabilidade praticamente nula, onde o metamorfismo foi o responsável pela diminuição e preenchimento dos poros. Apresenta foliação principal com orientação predominante N345/45SE, que corresponde ao *trend* regional norte-sul, com acamadamento sedimentar paralelo à foliação metamórfica, S0//S1.

Foto 28 - Contato entre o Domínio Fissural Metassedimentar e os Sedimentos Inconsolidados. Visada para oeste, Coordenadas S 13°05'36,6"; W042°41'30,1".

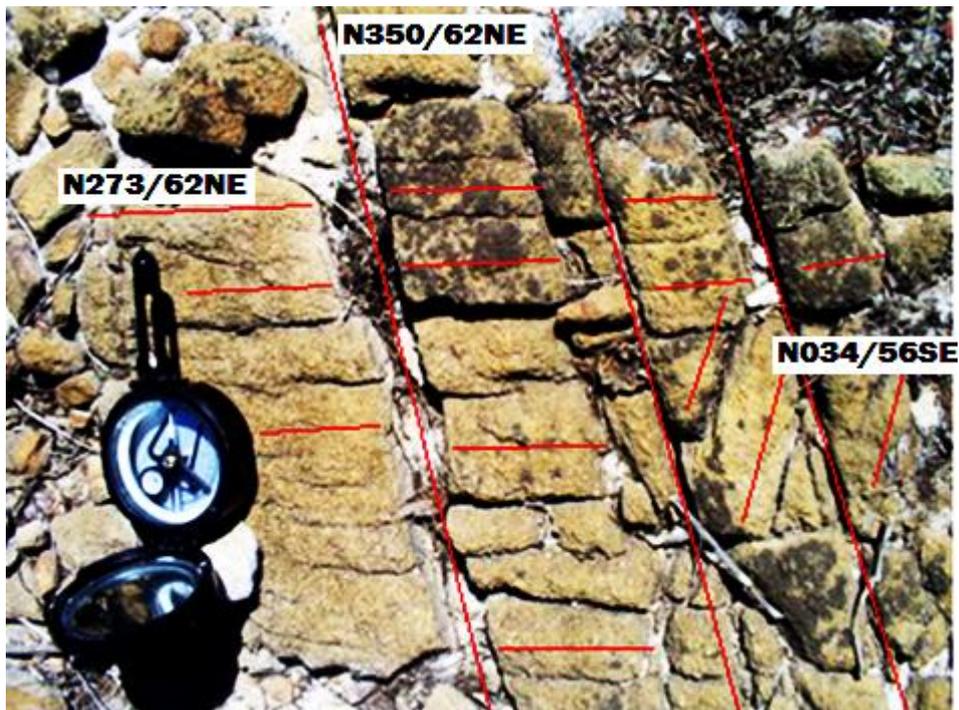


O padrão de falhamento e fraturamento se repetem desde escala centimétrica até decamétrica. Possui de duas a três famílias principais de fraturamento, que se associam em par conjugado, N090/74S e N145/23SW. Em geral, essas estruturas são planas, lisas, possuem

grande continuidade lateral e vertical, sem material de preenchimento, abertura que varia de 0,2 a 3 centímetros.

Em alguns afloramentos foi possível individualizar 3 famílias de fraturas. As fraturas N273/62NE são mais antigas, sendo cortadas perpendicularmente pelas fraturas N350/62NE. A família de fraturamento mais recente, N034/56SE corta obliquamente ambas as famílias (Foto 29).

Foto 29 - Afloramento mostrando 3 famílias de fraturamento em quartzito (N350p/62, N273p/62 e N034p/56). Foto em planta, Coordenadas S 13°06'54,5"; W042°42'07".



A interconexão das fraturas é um fator extremamente positivo para desenvolver e/ou aumentar as condições de porosidade (fraturas abertas) e permeabilidade (fraturas interconectadas) desse domínio. As fraturas predominantemente com alto ângulo de mergulho são interceptadas por fraturas de baixo ângulo, formando as interconexões no encontro dessas diferentes famílias (Foto 30). As fraturas de baixo ângulo podem ser responsáveis pela distribuição das águas infiltradas por uma grande área, possibilitando alimentação de um maior número de fraturas.

Foto 30 - Afloramento de moscovita quartzito feldspático. Apresenta padrão de fraturas conjugadas em direções N090/74S e N145/23SW. Visada para oeste. Coordenadas S13°01'27,9"; W042°41'23".



Em geral, esse trecho da Serra do Espinhaço na área de estudo apresenta um *trend* estrutural NNW-SSE, com mergulho de S_0/S_1 para ENE (Foto 31). A estratigrafia ocorre invertida na área, indicando uma geometria de flanco invertido mergulhando para ENE. O contato com o embasamento do Bloco Paramirim é inferido como uma falha reversa com mergulho para leste.

Foto 31 - Afloramento de quartzito puro na Serra do Carrapato. Padrão de faturamento em vermelho. Visada para oeste, Coordenadas S 12°57'58,5"; W042°36'20,4".



Sob tensões de grande magnitude, persistentemente ativadas, os quartzitos com estrutura maciça a levemente anisotrópico, tendem a desenvolver fraturas mais longas e mais espaçadas que os xistos e as rochas cristalinas.

8.2.2 Subdomínio dos Quartzito Intercalados com Xistos e Filitos

Os xistos e filitos ocorrem em espessas camadas decamétricas e também intercalados com quartzitos em camadas milimétricas a métricas. A matriz rochosa apresenta porosidade e permeabilidade praticamente nula. A foliação principal S0//S1 é N340/58NE e possui um *trend* estrutural NNW-SSE. As fraturas se agrupam em duas famílias principais, formando um padrão de fraturamento conjugado com N060/70SE e N170/20SW. As famílias apresentam fraturas mais espaçadas em relação ao quartzito. As falhas e fraturas são planas, lisas, com moderada continuidade, sem material de preenchimento, e com abertura menor que 0,5mm e praticamente fechadas, representada na Foto 32.

Esse subdomínio é encontrado geralmente nos vales e em topografias mais rebaixadas, devido a menor resistência dessas rochas ao intemperismo.

Foto 32 - Afloramento de Sericita Xisto mostrando o padrão de fraturamento em par conjugado N060/70SE e N170/20SW. Visada para oeste, coordenadas S13°01'27,2"; W042°41'44,4".



Em uma análise estatística em 9 poços tubulares perfurados na área pela CERB (Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia), encontrou-se para o domínio dos Metassedimentos vazões superiores ao domínio do Cristalino, com valores próximos a 8,2 m³/h, com apenas 2 poços apresentando vazões superiores a 10m³/h. Esses poços possuem em média 94m de profundidade total, chegando até 120m, níveis estáticos variando entre 1,7 e 11,1 m; níveis dinâmicos variando entre 15,5 e 82,8m. Possuem 2 a 3 zonas de falha e/ou fratura, em determinadas profundidades, onde ocorre entrada de água.

Vazões de poços superiores ao domínio Metassedimentar foram encontradas em poços perfurados no contato Cristalino/Metassedimento, que apresentam vazões em média de 18,5m³/h. Esses poços possuem profundidade total, em média, de 97m, com cerca de 3 zonas de falhas e/ou fraturas onde ocorrem entradas de água.

Considerações Finais

Dentro do domínio fissural metassedimentar, o subdomínio dos quartzitos e metaconglomerados possui um ambiente propício ao acúmulo de água subterrânea. Isso se deve à presença de fraturas abertas e interconectadas, que em um ambiente fissural, garante a porosidade e permeabilidade do meio.

O subdomínio influenciado por xistos e filitos constitui um ambiente limitado à presença de água subterrânea, com características hidrogeológicas menos propícias. Isso se deve principalmente ao menor fraturamento e abertura das fraturas.

Devido ao clima semiárido, com alta evaporação, evapotranspiração e chuvas escassas, a presença de águas subterrâneas em falhas e fraturas limita-se à presença de uma zona de recarga. As coberturas por sedimentos inconsolidados, em colúvios e alúvios, bem como as drenagens controladas por falhas, constituem as possíveis fontes de recarga.

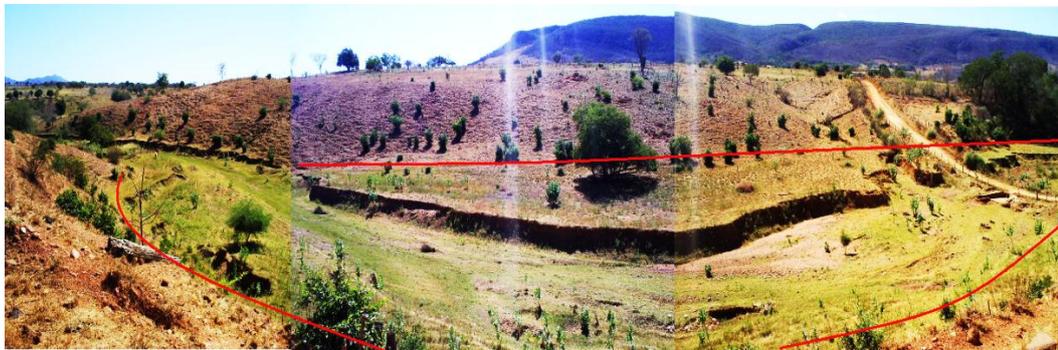
Tabela 2 - Profundidade, Nível Estático, Nível Dinâmico e Vazão.

| Poço Tubular | UTM (S) | UTM (W) | Profundidade (m) | Nível Dinâmico (m) | Nível Estático (m) | Vazão (m ³ /h) |
|---------------------------------|-----------|-----------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| AGUADA | 8560937 | 745611 | 130 | Sem dados | Sem dados | Sem dados |
| ALTO DO CRUZEIRO | 8560650 | 749400 | 60 | 0038,86 | 0003,10 | 0,97 |
| BOQUEIRÃO DO ADOLFINO | 8559157 | 748790 | 120 | 82,83 | 1,73 | 3,86 |
| CAMPO GRANDE | 8564962 | 749295 | 110 | 70,51 | 20,38 | 1,33 |
| CUPIDO | 8563269 | 759530 | 120 | 44,63 | 3,90 | 1,8 |
| ENCHU | 8550307 | 758263 | 70 | 0060,00 | 0008,30 | 4,24 |
| ESTRELINHA | 8561874 | 754272 | 80 | 59,94 | 7,80 | 4,8 |
| FAZENDA ÁGUA FRIA (JOSEMAR) * | 8565361 | 759460 | 70 | Sem dados | Sem dados | Sem dados |
| FAZENDA GRAVATÁ (ALÚZIO) * | 8561402 | 758608 | 50 | 0032,84 | 0006,61 | 6,4 |
| FAZENDA PAU D'ARCO (JOSÉ) * | 8565388 | 753158 | 50 | Sem dados | Sem dados | Sem dados |
| FAZENDA PAU D'ARCO (JOSÉ) * | 8565357 | 753188 | 70 | Sem dados | Sem dados | Sem dados |
| FAZENDA PINTADAS (GILBERTO) * | 8561279 | 758698 | 70 | Sem dados | Sem dados | Sem dados |
| FAZENDA SÃO ROQUE (SEBASTIÃO) * | 8559070 | 751502 | 70 | 0063,04 | 0007,93 | 0,75 |
| FAZENDA VÁRZEA SUJA (JOSÉ) * | 8552558 | 750931 | 70 | 0062,94 | 0003,57 | 0,68 |
| MANDACARU | 8551571 | 764363 | 60 | 0038,95 | 0005,11 | 4,17 |
| MUQUÉM | 8564908 | 755204 | 70 | 0034,20 | 0005,00 | 5,62 |
| OLARIA | 8557163 | 751606 | 114 | 23,46 | 5,22 | 36 |
| PAJEU | 8553035 | 749728 | 72 | 34,96 | 5,32 | 10,98 |
| PAJEU | Sem dados | Sem dados | 60 | 14,69 | 6,10 | 26,4 |
| PAJEU DE CONTENDAS | 8569349 | 757054 | 80 | 58,08 | 12,83 | 4,1 |
| PAU D'ARCO | 8569240 | 755515 | 100 | Sem dados | Sem dados | 0 |
| PÉ DO MORRO | 8563267 | 759741 | 49 | 15,54 | 1,73 | 21,38 |
| PONTA DO MORRO | 8551259 | 755017 | 70 | 0058,55 | 0003,95 | 1,51 |
| SEDE | 8560255 | 749704 | 80 | 0043,00 | 0000,00 | 1,08 |
| TAPERÁ | 8546683 | 751208 | 110 | 59,99 | 11,08 | 7,45 |
| VÁRZEA VERDE | 8553979 | 760076 | 70 | Sem dados | Sem dados | Sem dados |

8.3 SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS COMO ZONAS DE RECARGAS DOS AQUÍFEROS

Situam-se, frequentemente, em locais favoráveis à recarga a partir das drenagens, lagos e chuvas. Sofrem grandes variações em seu nível freático, influenciado principalmente pelo clima, servindo principalmente para alimentar o aquífero cristalino localizado logo abaixo (Foto 33).

Foto 33 - Contato entre o Domínio dos Sedimentos Inconsolidados e o Domínio Cristalino. Visada para nordeste, Coordenadas S 13°07'27,4"; W042°39'43,1".



Ocorrem em vales e em áreas onde o nível da água subterrânea se encontra próximo à superfície, representado por depósitos coluvionares e alúvionares. Os colúvios se encontram principalmente na borda das Serras do Supergrupo Espinhaço e os alúvios ocorrem principalmente nas drenagens que compõe a bacia do rio Paramirim.

As explorações de águas subterrâneas nesse ambiente apresenta baixo custo, e de fácil perfuração ou escavação. São feitas principalmente por poços escavados manualmente, como poços amazonas e cacimbas e em alguns casos por poços tubulares.

9 CONCLUSÕES

O trabalho realizado constituiu na elaboração do mapeamento geológico-hidrogeológico da porção Norte da região de Macaúbas – Bahia, na escala 1:50.000, com a identificação das unidades geológicas, hidrogeológica e domínios hidrogeológicos. Para isso, foi analisado imagens aéreas, levantamentos bibliográficos, observações de campo e atividades pós-campo.

As condições hidrogeológicas gerais da área são extremamente difíceis restringindo-se a condições aquíferas restritas em apenas alguns trechos fraturados/falhados/intemperizados. Esta condição é exacerbada pelo fator hidroclimático adverso.

O Domínio do Embasamento constitui um ambiente limitado à presença de águas subterrâneas, visto a falta de conectividade das fraturas. Os locais com presença de veios de quartzo, nessa unidade, representa os melhores locais para exploração de água.

No Domínio do Supergrupo Espinhaço, os quartzitos possuem fraturas abertas e interconectadas, constituindo o ambiente mais propício ao acúmulo de águas subterrâneas na área. Já onde possui influencia dos xistos e filitos, ocorre menor fraturamento e com menos abertura, possuindo características menos propícias.

As coberturas por sedimentos inconsolidados permeáveis, constituem as possíveis zonas de recargas com fundamental importância qualitativa e quantitativamente para os Domínios do Embasamento e do Supergrupo Espinhaço.

10 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. do P.T. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste**: folha 15, Jaguaribe-SE. Recife: SUDENE, 1971. 187 p. (Série Hidrogeologia, 32).
- ALKMIM, F. F.; BRITO-NEVES B. B.; ALVES, J. A. C. Arcabouço Tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão. In: MISI, A.; DOMINGUEZ, J. M. L. (Ed.) **O Cráton do São Francisco**. Salvador: SBG, 1993. p. 45-62.
- ALMEIDA, F. F. M.. O Cráton do São Francisco. **Rev. Brasileira de Geociências**, v. 7, n. 4, p.349-364, 1977.
- ANDRADE, J. B. M., Fatores Influentes no Potencial e Processos de Salinização dos Aquíferos Fraturados Cristalinos do Alto da Bacia do Rio Vaza-Barris, Região de Uauá, Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia-UFBA. 31 p, 2010.
- ARCANJO, J. B. A. et al. (Org.). Projeto Vale do Paramirim: Estado da Bahia. Salvador: CPRM, 2000. 105 p. il. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Convênio CBPM/CPRM. Escala 1:200.000. Relatório Interno.
- BARBOSA, J. S. F. Síntese do conhecimento sobre a evolução geotectônica das rochas metamórficas arqueanas e paleoproterozóicas o embasamento do cráton do São Francisco na Bahia. **Rev. Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 27, p.241-256, 1997.
- BARBOSA & SABATÉ, Barbosa, J. S. F. & Sabaté, P. Colagem Paleoproterozoica de Placas Arqueanas do Craton do Sao Francisco na Bahia. In: **Revista Brasileira de Geociências**, 33(1-Suplemento): P. 7-14 . 2003.
- BOMFIM, L. F. C.; JESUS, J. D. A.. **Mapa de domínios / subdomínios hidrogeológicos da Bahia**. Salvador: CPRM, 2004. 1 CD. Escala 1:1.000.000.
- BOUWER, H. “Groundwater Hydrology”. New York, McGraw-Hill. Book Co., 1978. 480p.
- BRASIL. Departamento de Produção Mineral. Projeto **RADAMBRASIL**. 1982. Levantamento de Recursos Naturais. Folha Brasília (SD-23). Rio de Janeiro.
- BRITO NEVES, B. B. Inventário hidrogeológico básico do Nordeste – folha 24 – Aracajú – SO. *Série Hidrogeologia*. Recife: SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, v. 26, 1972.
- BRITO NEVES, B. B.; ALBUQUERQUE, J. P. T. Tectonics and groundwater research: Proterozoic Borborema Province, a semiarid region of Northeast Brazil. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT**, 1997. Athens. *Proceedings...* Rotterdam; Brookfield: A . A . Bakelma, 1997. p. 1181-1186.
- CAXITO, F. A *et al.*. A geologia entre Macaúbas e Canatiba (Bahia) e a evolução do supergrupo Espinhaço no Brasil oriental. **Geonomos**, v. 1, n. 16, p. 11-20, 2008.

CLEARY, R. W. *Águas Subterrâneas*, 2007. 1. Ed; Disponível em: <http://www.clean.com.br/cleary.pdf>, Acesso em 10 Ago 2013.

CLEARY, R. W. Introduction to groundwater hydrology. Chap. 1 In: _____ TRAVIS, C.C. & ETNIER, E.L. eds. "Groundwater Pollution: Environmental and legal problems" Washington, D.C.. American Association for the Advancement of Science Selected Symposium Series, 1984^a. No. 95, 149 p.

CLIMATEMPO. Empresa de Meteorologia da América Latina. Disponível em: <http://www.climatempo.com.br>. Acesso em 25 nov. 2013.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. GEOBANK – Mapas índice. Disponível em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acesso em: 27 out. 2013.

CRUZ, S. C. P. **A interação tectônica entre o Aulacógeno Paramirim e o Orógeno Araçuaí-Congo**. 2004. 465 f. Tese (Doutorado) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

DOMINGUEZ, J.M.L. As coberturas do Craton do São Francisco: Uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. In: DOMINGUEZ, J. M. L. & MISI, A., (Eds). **O Cráton do São Francisco**. Salvador, SBG/SGM/CNPq, 1993, p. 137- 159.

FREEZE, R. A. & CHERRY, J.A. "Groundwater". Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1979. 604p.

GEOCACHING, Disponível em: http://www.geocaching.com/geocache/GC1QAWD_the-hydrological-cycle. Acesso em 13 nov 2013.

GOOGLE MAPS, Disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acesso em 17 nov 2013.

GUIMARÃES, J.T. *et al.* Geologia da Chapada Diamantina – Projeto Ibitiara-Rio de Contas. Salvador: CBPM/CPRM, 2008. **Série Arquivos Abertos**, v. 31, 68 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 1986. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 nov 2013.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em w.inmet.gov.br. Acesso em: 21 dez 2013.

KING, L.C. 1956. A Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, 2:147-265.

LEVOVITCH, M. I. World water balance: general report. "Proc. Symposium World Water Balance". Internation Assoc. Sei. Hydrol. 2 1970. P 401-415.

LEAL, A.S.- As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e uso. Brasília: ANEEL, 1999 - CD-ROM.

LOUREIRO, H. S. C., BAHIANSE I. C., NEVES J. P., GUIMARÃES, J. T., TEIXEIRA, L. R., SANTOS R. A., MELO R. C. (Org.). 2009. Geologia e recursos minerais da parte norte do

corredor de deformação do Paramirim: (Projeto Barra – Oliveira dos Brejinhos). CBPM, Salvador, Série Arquivos Abertos 33, 113 p. 2009.

MANOEL FILHO, J. *Modelo de dimensão fractal para avaliação de parâmetros hidráulicos em meio fissural*. 1996. 197 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEDROSA-SOARES et al. Orogeno Aracuai: Síntese Do Conhecimento 30 Anos Após Almeida 1977. 2007.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002. 703 p.

REBOUÇAS, A. C. Groundwater in Brazil. *Episodes*, Ottawa, v. 11, p. 209-214, 1998.

REYNOLDS, V. J.; FRAILE-MERINO, J.; HIRATA, R. 2006. Trends in nitrate concentrations and determination of their origin using stable isotopes (^{18}O and ^{15}N) in groundwater of the western Central Valley, Costa Rica. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 35(5): 229–236.

SÁ, E. F. J. Conceitos de análise estrutural aplicados a hidrogeologia de terrenos cristalinos. In: FEITOSA, Fernando Antonio Carneiro (Org.) et. al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed., rev. amp. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p.97-120.

SÁ, E.F.J.; MCREATH, I.; BRITO-NEVES, B.B.; BARTELS, L.S. 1976. Novos dados geocronológicos sobre o Cráton do São Francisco no estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto, Anais, 4:185-204.

SÁ, E. F.J. A Chapada Diamantina e a faixa Santo Onofre: um sistema de tectônica intra-placas no Proterozóico Médio do Cráton do São Francisco. In: INDA, H. A. V.; et al. (Orgs.) **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: textos básicos**. Salvador : SME, 1981, v.4, p.111-120.

SANTIAGO, M.M.F. Salinidade das Águas Subterrâneas no Semi-árido, **Anais da 4ª Reunião Especial da SBPC**, p. 232-236, Novembro, 1996.

SANTOS, J. S. **Efeitos do Fraturamento Hidráulico em Aquíferos Fissurais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará, 2008.

SIQUEIRA, L. Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino. **R. Água Subter.**, Recife, v. 2, n. 9, p. 1-29, 1967.

SUASSUNA, J. **Semi-Árido: Proposta de Convivência com a Seca**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife, 2002.