



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NO
RIO GRANDE DO NORTE**

Débora Joyce do Nascimento Rocha

Relatório de Iniciação Científica do programa
PIBIC, orientado pelo Dr. Melquisedec
Medeiros Moreira e pela Coorientadora Dr^a
Helenice Vital.

INPE

Natal

2022



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NO RIO GRANDE DO NORTE

Débora Joyce do Nascimento Rocha

Relatório de Iniciação Científica do programa
PIBIC, orientado pelo Dr. Melquisedec
Medeiros Moreira e pela Coorientadora Dr^a
Helenice Vital.

INPE

Natal

2022

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo formento à pesquisa e à bolsa (Processo 142231/2021-5; Modalidade: Iniciação Científica – IC) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pelo suporte oferecido. Agradecemos também aos demais membros de mapeamento, Ítalo Mendonça Nascimento Barbalho, Mateus Ribeiro da Silva, Thales Silva Capistrano, Júlio César Barbosa Patrício e Welvia Kadja da Silva Francisco.

RESUMO

O projeto intitulado: Geotecnologias aplicadas à gestão de riscos no Rio Grande do Norte foi aplicado a uma área de estudo piloto na cidade de Sousa/PB, que consistiu em um mapeamento geológico e geoambiental de terrenos sedimentares em escala 1:50.000 na porção oeste da sub-bacia de Sousa. O enfoque do trabalho será dado na região mais a oeste do semi-gráben de Sousa tendo como os principais objetivos: o mapeamento geológico em detalhe e a análise tectono-estratigráfica da porção oeste da Bacia do Rio do Peixe, com uma dimensão aproximada de 200km². A metodologia empregada teve como pontos principais a produção de mapas, descrição petrográfica e interpretação estrutural e stratigráfica do paleoambiente da bacia, para tal, foi realizada a fase pré-campo, com pesquisas bibliográficas e fotointerpretação de imagens de satélites utilizando o software Google Earth Pro com imagens do (landsat 7 ETM+) juntamente com imagens radar (SRTM) e fotos aéreas com o auxílio do equipamento estereoscópio, afim de identificar e marcar prováveis lineamentos, prováveis falhas, e estruturas que configuram geometria em bacia. Esta fase inicial também é aplicada em mapeamento geoambiental, onde são produzidas as cartas geotécnicas que podem ser aplicadas no planejamento urbano e territorial da área estudada identificando áreas propícias a problemas geotécnicos como, por exemplo, áreas com grandes fraturamentos. E depois as fases campo e pós campo mostrando os resultados obtidos principalmente com a confecção de novos mapas com os dados adquiridos. Os resultados mostraram um melhor entendimento sobre a formação da bacia em questão, sua distensão com uma direção preferencial nos sentidos NW-SE a NNW-SSE e juntamente na identificação de diversas estruturas sedimentares. Portanto, nota-se que o uso do sensoriamento remoto é essencial para pré-delimitações de estruturas a serem identificadas em campo e principalmente na elaboração de mapas corroborados com os dados adquiridos. Para todo trabalho de mapeamento geológico como, por exemplo, na elaboração de cartas geotécnicas, o sensoriamento remoto auxilia no planejamento das intervenções em áreas de risco, em áreas passíveis de ocupação com segurança ou para reforçar a não ocupação de determinadas áreas para fins de urbanização. Sendo assim, o mapa geológico no presente trabalho pode ser utilizado como base para a Cartografia Geotécnica em pesquisas futuras.

Palavras chaves: Bacia. Sousa. Sensoriamento remoto. Mapeamento.

ABSTRACT

The project entitled: Geotechnologies applied to risk management in Rio Grande do Norte was applied to a pilot study area in the city of Sousa/PB, which consisted of a geological and geoenvironmental mapping of sedimentary lands at a scale of 1:50,000 in the western portion of the Sousa sub-basin. The focus of the work will be on the westernmost region of the Sousa semi-graben, having as main objectives: detailed geological mapping and tectono-stratigraphic analysis of the western portion of the Rio do Peixe Basin, with an approximate dimension of 200km². The methodology used had as main points the production of maps, petrographic description and structural and stratigraphic interpretation of the paleoenvironment of the basin. with images from (landsat 7 ETM+) together with radar images (SRTM) and aerial photos with the help of stereoscopic equipment, in order to identify and mark probable lineaments, probable faults, and structures that configure basin geometry. This initial phase is also applied in geoenvironmental mapping, where geotechnical maps are produced that can be applied in the urban and territorial planning of the studied area, identifying areas prone to geotechnical problems, such as areas with large fracturing. And then the field and post field phases showing the results obtained mainly with the making of new maps with the data acquired in the field phase. The results showed a better understanding of the formation of the basin in question, its distension with a preferential direction in the NW-SE to NNW-SSE directions and together in the identification of several sedimentary structures. Therefore, it is noted that the use of remote sensing is essential for pre-delimitation of structures to be identified in the field and mainly in the elaboration of maps corroborated with the data acquired in the field. For all geological mapping work, such as the preparation of geotechnical maps, remote sensing helps in planning interventions in risk areas, in areas that can be safely occupied or to reinforce the non-occupation of certain areas for urbanization purposes. . Therefore, the geological map in the present work can be used as a basis for Geotechnical Cartography in future research. Keywords: Basin. Souza. Remote sensing. mapping.

LISTA DE FIGURAS

1.1	Mapa de Localização e vias de acesso da área estudada. Fonte: Autoria própria	9
3.1	Carta estratigráfica proposta para a Bacia do Rio do Peixe, com ênfase nos semi-grábens de Brejo das Freiras e de Sousa, onde pode-se observar as disposições das Formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas, apresentando-se intercaladas. Fonte: Córdoba et. al., 2008.	12
3.2	Granodecrescência ascendente exposta em conglomerado da Formação Antenor Navarro. Fonte: Autoria própria.....	13
3.3	Estruturas sedimentares: (A) Estrutura de sobrecarga (B) Marcas onduladas Simétricas. Fonte: Autoria própria	14
3.4	Estratificação cruzada em arenito fino. Fonte: Autoria própria	15
4.1	Esquema em 2D ilustrativo da disposição das formações da sub-bacia de Sousa. Fonte: Autoria própria.....	16
5.1	Mapa Geológico simplificado da porção Centro-Oeste da Bacia do Rio do Peixe. Fonte: Autoria própria	17
6.1	Coluna estratigráfica da Bacia do Rio do Peixe. Fonte: Autoria própria	18
8.1	Imagem de satélite da área estudada observa-se feições circulares chamada de geometria em bacia a oeste da área mapeada, também exibe feições retilíneas. Modificado do Google Earth.....	19
9.1	Mapa geoambiental mostrando os aspectos fisiográficos da área estudada. Fonte: Autoria própria	22
9.2	Mapa geoambiental mostrando as áreas de suscetibilidade a processos condicionantes de riscos geológicos. Fonte: Autoria própria	25

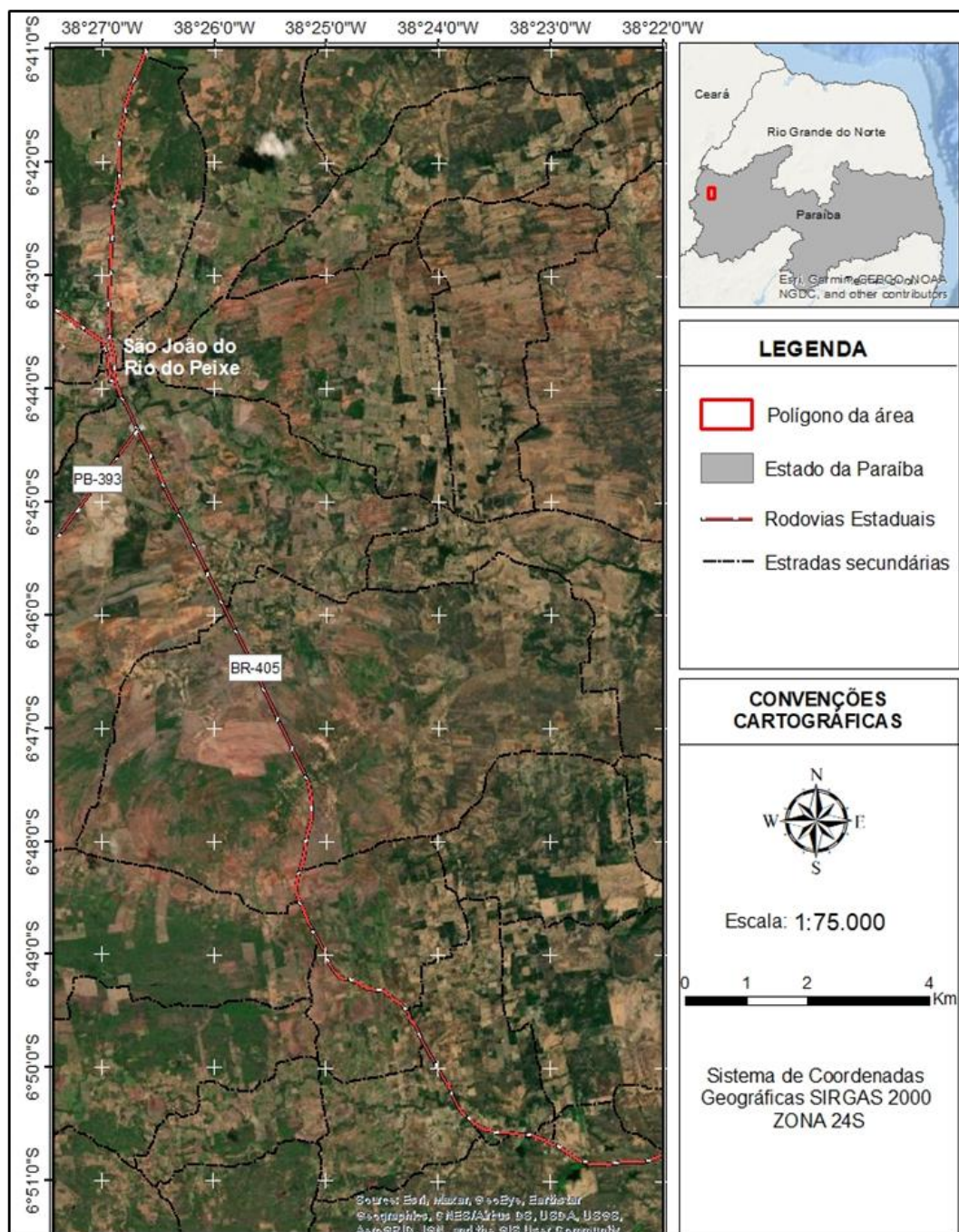
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	10
3 GEOLOGIA REGIONAL	11
3.1 Bacia Rio do Peixe	11
3.1.1 Grupo Rio do Peixe	11
3.1.1.2 Formação Antenor Navarro	13
3.1.1.3 Formação Sousa	14
3.1.1.4 Formação Rio Piranhas	14
4 ARCABOUÇO TECTONO-ESTRATIGRÁFICO DA ÁREA MAPEADA	15
5 MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA OESTE DA BACIA DO RIO DO PEIXE ...	16
6 COLUNA ESTRATIGRÁFICA	18
7 GEOLOGIA ESTRUTURAL E SENSORIAMENTO REMOTO.....	18
7.1 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento	18
8 GEOLOGIA ESTRUTURAL E GEOTECNIA	19
9 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	20
10 CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo o mapeamento de terrenos sedimentares, na escala de 1:50.000 em uma área de 200km² situada na Bacia do Rio do Peixe a oeste de Sousa-PB. O mapeamento foi realizado na microrregião de Sousa-PB, a oeste da mesma cidade. A área de estudo em questão (Figura 1.1), possui 200 km² (20 km por 10 km) e conta com as seguintes cidades: São João do Rio do Peixe, Cajazeiras, Marizópolis e Sousa, todas inseridas no território da Paraíba. A principal via de acesso para a área, saindo de Sousa-PB, é a BR-230 até São Gonçalo e em seguida a BR-405, principal rodovia da área do mapeamento, sentido Umari - São João do Rio do Peixe. As demais estradas utilizadas são estradas carroçáveis espalhadas por toda a área de estudo.

Figura 1.1 - Mapa de Localização e vias de acesso da área estudada



Fonte: Autoria própria

2 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

A cartografia geotécnica começou a ser prática no Brasil a partir da década de 1970, se consolidando na década de 1980, com o desenvolvimento e aplicação de metodologias com vários objetivos, enfoques e escalas de trabalho, praticadas por universidades e instituições de pesquisa. Com o desenvolvimento de tecnologias de processamento eletrônico de dados cartográficos, que possibilitou a representação e o armazenamento de dados através de um ambiente computacional, ocorreu paralelamente o desenvolvimento dos sistemas de informação geográficas (SIG), tornando-se possível capturar, gerenciar, manipular e analisar uma grande quantidade de dados de fontes diversas, referenciados espacialmente, reestruturando-os e apresentando-os para a solução de problemas complexos de planejamento e gerenciamento.

Uma carta geotécnica sintetiza o conhecimento sobre o meio físico e seus processos atuantes (geo) em uma determinada área, de modo a subsidiar o estabelecimento de medidas para a adequada ocupação do solo (técnica). É composta geralmente por uma carta síntese, quadro-legenda e texto explicativo (BITAR, FREITAS & SEPE, 2012).

O termo cartografia geotécnica é empregada de uma forma genérica para aqueles produtos cartográficos que expressam a prática do conhecimento geológico aplicado para enfrentar os problemas gerados pelo uso e ocupação do solo, Prandini et al. (1995) ou que busquem avaliar e retratar as características dos componentes e os comportamentos do meio físico frente aos diferentes tipos de ocupação, avaliando suas limitações e seus potenciais Zuquette (1993). Cerri (1990) afirma que as cartas geotécnicas devem mostrar a distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos e suas propriedades geológico-geotécnicas, as formas de relevo e a dinâmica dos principais processos atuantes e o reflexo destes (naturais e induzidos) nas formas do uso e ocupação do solo. Cerri (1990) ainda classifica as cartas geotécnicas como cartas geotécnicas clássicas, cartas de suscetibilidade e cartas de risco.

3 GEOLOGIA REGIONAL

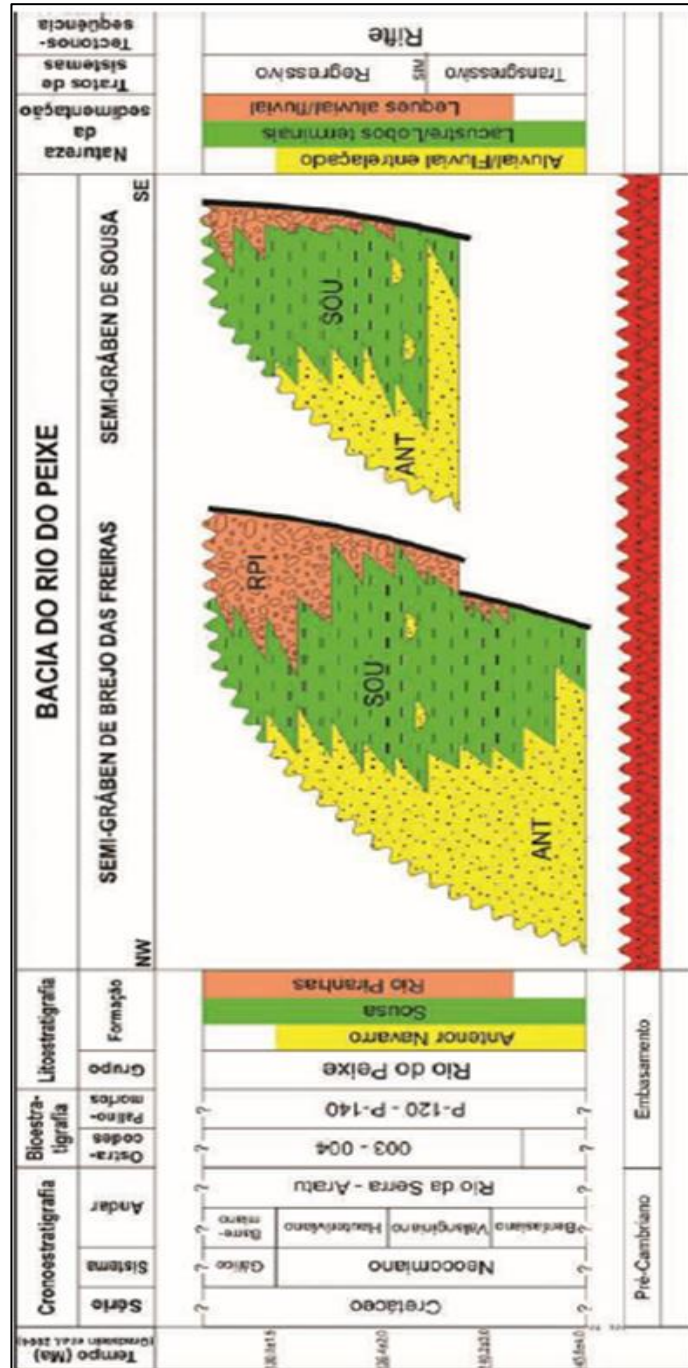
3.1 Bacia Rio do Peixe

A Bacia do Rio do Peixe está localizada na região centro-sul da Folha Sousa entre dois estados, parte dela está localizada no oeste da Paraíba e a outra parte no sudeste do Ceará. Compreendendo três sub-bacias (Brejo das Freiras, Sousa e Pombal) separadas por altos do embasamento e contendo uma área total de 1250 km². A Sub-bacia Sousa apresenta cerca de 675 Km², enquanto a de Brejo das Freiras com 500 Km² e de Pombal com aproximadamente 75 Km². Nas sub-bacias algumas de suas bordas acompanham megaestruturas brasileira, como zona de cisalhamento de Portalegre e de Malta, indicando uma reativação destas estruturas tectônica frágeis durante o Fanerozóico, favorecendo a formação das bacias. A descrição litoestratigráfica dessas bacias é representada pelo Grupo Rio do Peixe, Sá et al. (2001).

3.1.1 Grupo Rio do Peixe

O Grupo Rio do Peixe é datado do Cretáceo inferior, e é constituída pelas Formações Antenor Navarro (base), Sousa (intermediária) e Rio Piranhas (topo) (Figura 3.1), tem composição predominante de sedimentos terrígenos continentais de origem flúvio-lacustres (COSTA, 1964).

Figura 3.1 - Carta estratigráfica proposta para a Bacia do Rio do Peixe, com ênfase nos semi-Grábens de Brejo das Freiras e de Sousa, onde pode-se observar as disposições das Formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas, apresentando-se intercaladas.



Fonte: Córdoba et. al., 2008.

3.1.1.1 Formação Antenor Navarro

A Formação Antenor Navarro é representada por arenitos grossos a conglomeráticos (imaturos), com cores variando de creme a avermelhados, apresenta também níveis de conglomerados e de arenitos médios a finos, com granulometria dos sedimentos diminui em direção ao topo (Figura 3.2), surgindo Arenitos finos intercalados com argilitos, indicando uma transição de ambiente deposicional, de fluvial para lacustre (CORREIA & GOMES, 2010). Na formação são comuns estratificações cruzadas, acanaladas de médio porte e tabulares (MEDEIROS, 2008). Srivastava & Carvalho (2002) descreveram a unidade como de sistema fluvial entrelaçado, tendo associação a leques aluviais proximais, com direção de paleocorrente para sul e/ou sudoeste.

Figura 3.2 - Granodecrescência ascendente exposta em conglomerado da Formação Antenor Navarro



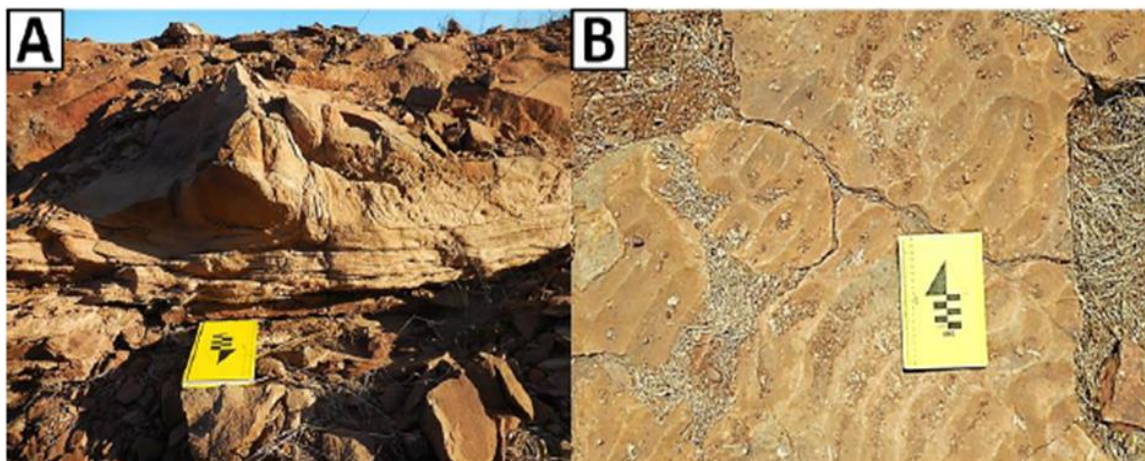
Fonte: Autorial própria

3.1.1.2 Formação Sousa

A Formação Sousa segundo Correia & Gomes (2010) é constituída por folhelhos e siltitos intercalando com arenitos de granulometria fina (calcíferos) a grossos e contendo também margas e calcários. Essa unidade apresenta duas litologias distintas que foram classificadas em unidades superior e inferior. A unidade superior foi descrita com arenitos e pelitos subordinados, e a unidade inferior com predominância de siltitos e folhelhos. O processo de deposição dessa unidade foi durante um período de calma tectônica em ambiente fluvial meandrante e lacustre relativamente raso ou pouco profundo. Há também presença de fósseis e icnofósseis (pegadas de dinossauros) onde permitiram a datação da

bacia e a presença de estruturas sedimentares como: estrutura de sobrecarga (Figura 3.3 A), marcas onduladas (Figura 3.3 B), gretas de contração, laminações-plano paralelas, e climbing transladante.

Figura 3.3 – Estruturas sedimentares: (A) Estrutura de sobrecarga (B) Marcas onduladas simétricas.



Fonte: Autoria própria

3.1.1.3 Formação Rio Piranhas

A formação Rio Piranhas é constituída principalmente por arenitos grossos a conglomeráticos feldspáticos e líticos, mal selecionados, com coloração cinza claro a marrom avermelhado, intercalados com arenitos finos a médio e siltitos. Apresentam estruturas de estratificação cruzada (Figura 3.4), cruzada acanalada de médio porte e, raramente, marcas onduladas. Esta formação representa uma fase de reativação de falhas no período final de calma tectônica, indicando a volta do sistema fluvial de leques aluvial entrelaçado como consequência do soerguimento relativo do embasamento e a deposição de sedimentos sintectônicos, semelhantes aos da Formação Antenor Navarro (SRIVASTAVA & CARVALHO, 2002).

Figura 3.4 - Estratificação cruzada em arenito fino.



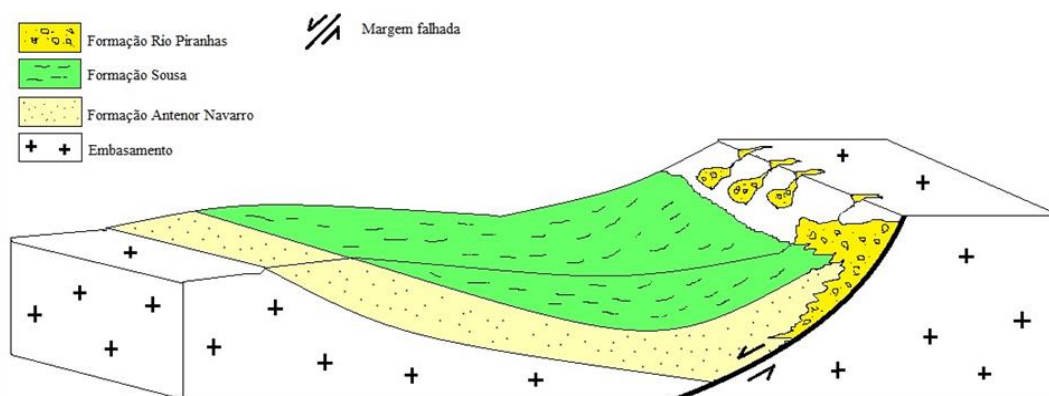
Fonte: Autoria própria

4 ARCABOUÇO TECTONO-ESTRATIGRÁFICO DA ÁREA MAPEADA

A Bacia do Rio do Peixe é constituída por depósitos neocomianos, segundo Jardim de Jardim de Sá et. al (2007) e também é uma das relevantes bacias de período eocretácea do interior do Nordeste Brasileiro, associando-se a eventos de riftiamento, os quais formaram a presente margem continental. Ela é constituída por quatro semi-grábens (Pombal, Sousa, Brejo das Freiras e Icozinho). A grandes superfícies de zonas de cisalhamento do embasamento pré-cambriano que são tomados por dobramentos.

A formação litológica é constituída por ortognaisses paleoproterozóicos e granitóides brasileiros junto a foliação e milonitos. Na parte sul, caracterizado por litotipos similares além de micaxistos, são mais comuns as rochas miloníticas e os trends estruturais variam em torno de E-W (WNW a ENE). De acordo com Silva (2009), as sub-bacias, estão alinhadas conforme o trend principal no embasamento adjacente que, no caso de Sousa, é o trend E-W do Lineamento Patos. Nelas, pode-se identificar bordas com geometria curvilínea, as quais truncam as lineações do embasamento, o que confirma um contato por não conformidade na porção basal das rochas sedimentares (Figura 4.1). Estas feições são marcas das bordas NW das sub-bacias de Pombal e Brejo das Freiras, como também, da borda norte da sub-bacia de Sousa. Por outro lado, as bordas sul (em Sousa) e SE (nas demais sub-bacias) exibem uma orientação retilínea, indicativa da margem falhada, segundo Silva (2009).

Figura 4.1 - Esquema em 2D ilustrativo da disposição das formações da sub-bacia de Sousa



Fonte: Autoria própria

As camadas sedimentares possuem uma orientação de mergulho que vai contra as falhas, ficando nítida a forma de semi-graben. Ao projetar esses mergulhos, considerando a erosão, é muito provável que a cobertura sedimentar removida tenha interligado esses vários depocentros em um estágio avançado do seu preenchimento. Os arenitos e conglomerados da Formação Antenor Navarro, nas margens flexurais dos semi-grabens, estão sobrepostos ao embasamento, explicando seu posicionamento na base da coluna estratigráfica. Todavia, os contatos desta unidade com as demais formações, observados em campo, são caracteristicamente interdigitados, assim como ao longo das bordas falhadas, onde há interdigitações entre as formações Sousa e Rio Piranhas, atestando a sua contemporaneidade.

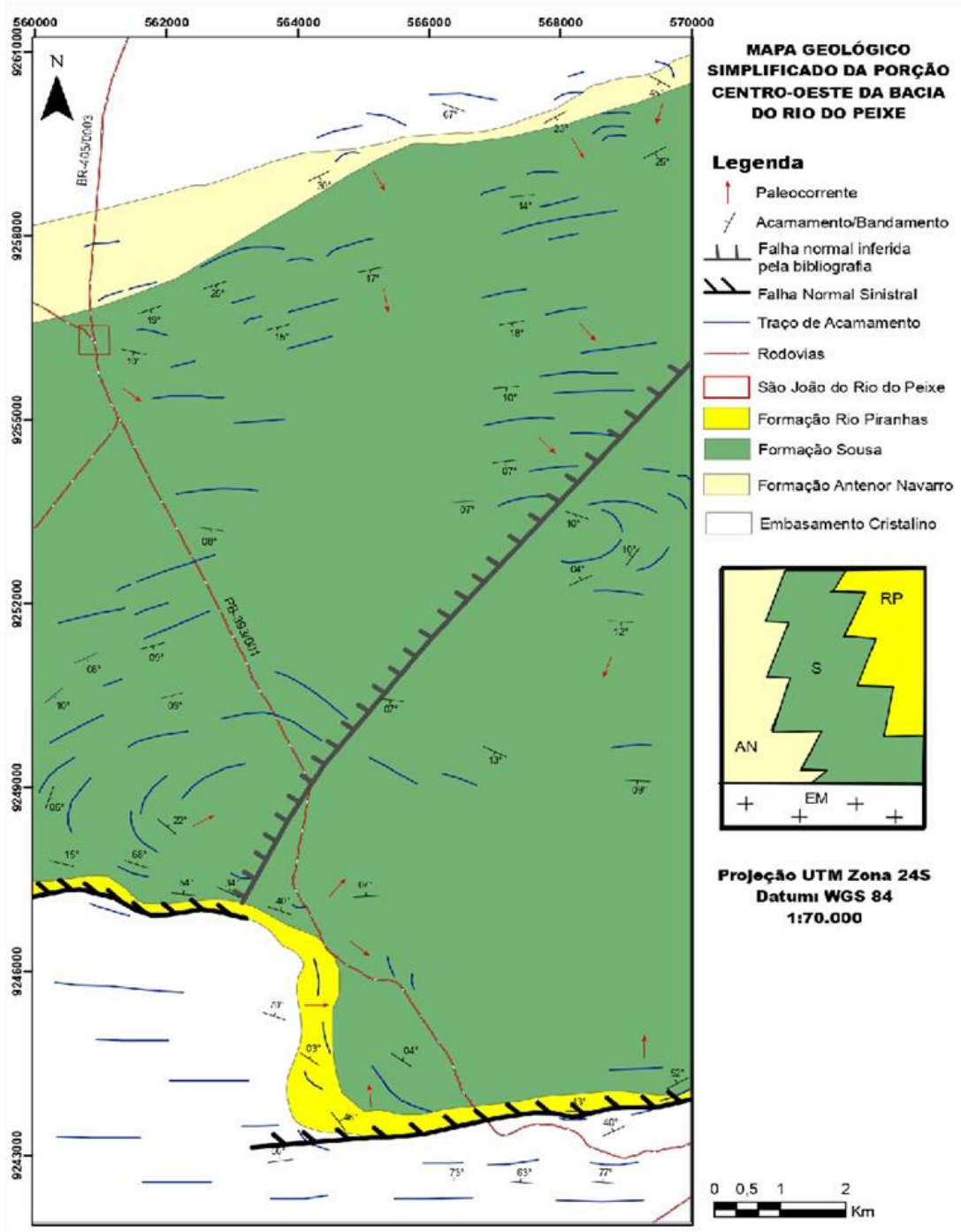
5 MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA OESTE DA BACIA DO RIO DO PEIXE

O mapeamento feito na Bacia do Rio do Peixe levou em conta dados do arcabouço estrutural e das feições estratigráficas locais da bacia. Com esses dados, foi possível correlacionar os litotipos e os sistemas de falhas que atuaram na área, controlando a deposição e a deformação dos sedimentos. Para tanto, foram analisadas imagens de satélite, radar e fotografias aéreas; em paralelo, foi realizada uma excursão de campo com a finalidade de comprovar as interpretações realizadas em laboratório. Esses procedimentos são semelhantes ao que é realizado no mapeamento geoambiental.

O mapa geológico confeccionado e apresentado neste relatório (Figura 5.1) confirma a disposição dos litotipos, regidos pelos sistemas de falhas atuantes na região. Este mapa é

também um mapa base para o mapeamento geoambiental, onde seria identificados principalmente os aspectos tectônicos/estruturais presentes na região.

Figura 5.1 - Mapa Geológico simplificado da porção Centro-Oeste da Bacia do Rio do Peixe.

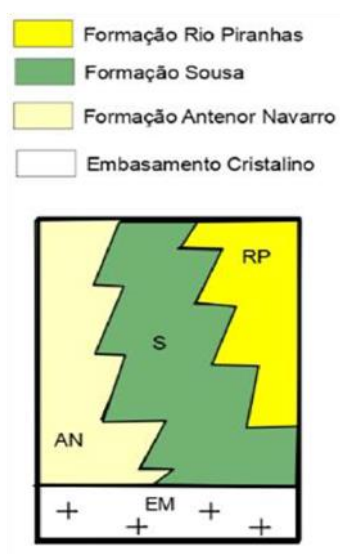


Fonte: KADJA, Welvia (2019)

6 COLUNA ESTRATIGRÁFICA

Levando em consideração o arranjo litológico e estrutural observado em campo e a literatura, foi possível definir a distribuição das formações na coluna estratigráfica (Figura 6.1). A base da coluna exibe um modelo retrogradacional das unidades, já a porção superior indica um arranjo progradacional. Além disso, constata-se um sincronismo na deposição das formações e uma relação de interdigitação das mesmas.

Figura 6.1 - Coluna estratigráfica da Bacia do Rio do Peixe



Fonte: Autoria própria

7 GEOLOGIA ESTRUTURAL E O SENSORIAMENTO REMOTO

7.1 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles. Essa tecnologia envolve um conjunto de modernos sensores, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc. E o geoprocessamento é o conjunto de técnicas e metodologias que implica na aquisição, arquivamento, processamento e representação dos dados georreferenciados. Em outras palavras, o geoprocessamento faz uso de técnicas matemáticas e computacionais para cuidar e interpretar as informações geográficas.

Essas áreas estão revolucionando o sistema de trabalho de vários ramos do conhecimento, tornando possível o entendimento dos mais variados elementos da superfície terrestre.

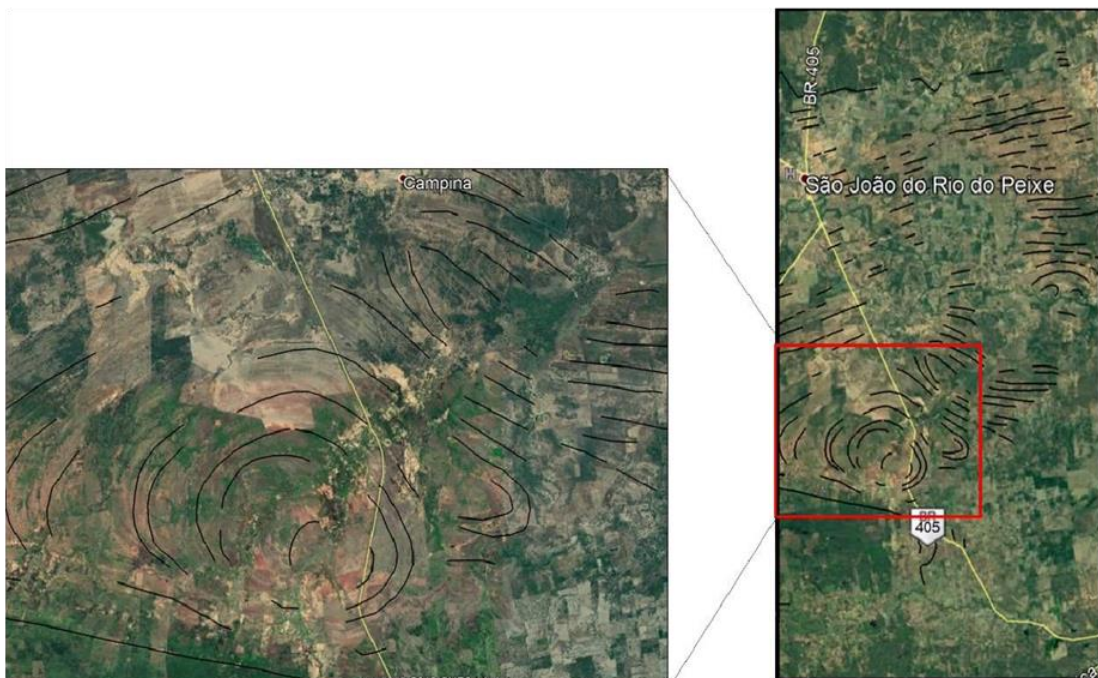
Essas novas tecnologias são ferramentas importantes para a coleta e processamento de dados geográficos, principalmente em estudos ambientais e urbanos.

8 GEOLOGIA ESTRUTURAL E GEOTECNIA

A análise estrutural se inicia em macro escala, utilizando imagens de satélite e aerofotogrametria de modo a identificar as principais estruturas do embasamento bem como as estruturas da bacia e a análise em meso escala (escala de afloramento) integrando os dados de subsuperfície com os dados do mapa geológico.

Baseando-se nas imagens de satélites (landsat 7 ETM+) e radar (SRTM) juntamente com as fotos aéreas foram marcados lineamentos, prováveis falhas, e estruturas que configuram geometria em bacia (Figura 8.1), podendo assim, identificar e delimitar a seção sedimentar.

Figura 8.1 - Imagem de satélite da área estudada observa-se feições circulares chamadas de Geometria em bacia a oeste da área mapeada, também exibe feições retilíneas.



Fonte: Modificado do Google Earth.

As estruturas rúpteis em macro escala apresentam-se nas porções ao Sul, central e Norte da área como feições descontínuas, onde a norte e sul delimitando a seção sedimentar

com o embasamento com estruturas orientadas E-W (falha São Gonçalo) correspondente ao lineamento Patos.

Em escala de afloramento, essas estruturas de uma forma geral desenvolvem feições cataclásticas no embasamento cristalino constatado pela ocorrência de rochas como milonitos, cataclasitos, protomilonitos e ultramilonitos do Complexo Caicó mostrando orientação preferencial NW-SE, originadas pelas zonas de cisalhamento de Patos e Portalegre, geradas no Brasileiro.

Vale salientar que, a geologia estrutural é uma parte crítica da geologia de engenharia, que se preocupa com as propriedades físicas e mecânicas das rochas naturais. Tramas estruturais, falhas, dobras, foliações e juntas são fraquezas internas das rochas que podem afetar a estabilidade de estruturas de engenharia humana, como barragens, cortes de estradas, minas a céu aberto e minas subterrâneas ou túneis rodoviários.

9 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

As práticas de cartografia geotécnica com enfoque no planejamento urbano, partindo da conceituação de suscetibilidades, aptidão para urbanização e riscos geológico-geotécnicos, propondo a seguir procedimentos para a elaboração de cada produto cartográfico, segue a lógica do detalhamento progressivo.

Cerri et al. (1996) propuseram o método do detalhamento progressivo com o desenvolvimento do mapeamento geológico-geotécnico em três grandes etapas, ou seja, em fases sucessivas, de modo que cada fase determina os temas técnicos e o nível de aprofundamento necessário ao desenvolvimento da fase subsequente. Zaine (2000) denominou as etapas como: geral, com escala entre 1:50.000 e 1:25.000 e abordando principalmente a caracterização do meio físico; intermediária, em escala entre 1:25.000 e 1:10.000 em áreas de adensamento e/ou de expansão urbana, selecionadas a partir do mapa geológico-geotécnico regional e; de detalhe, com base na caracterização do meio físico geológico e na identificação de eventuais problemas geológico-geotécnicos selecionados na escala 1:10.000, a partir de estudos específicos, que, se necessário, podem envolver a confecção de mapas elaborados em escalas maiores que 1:5.000, uma vez que

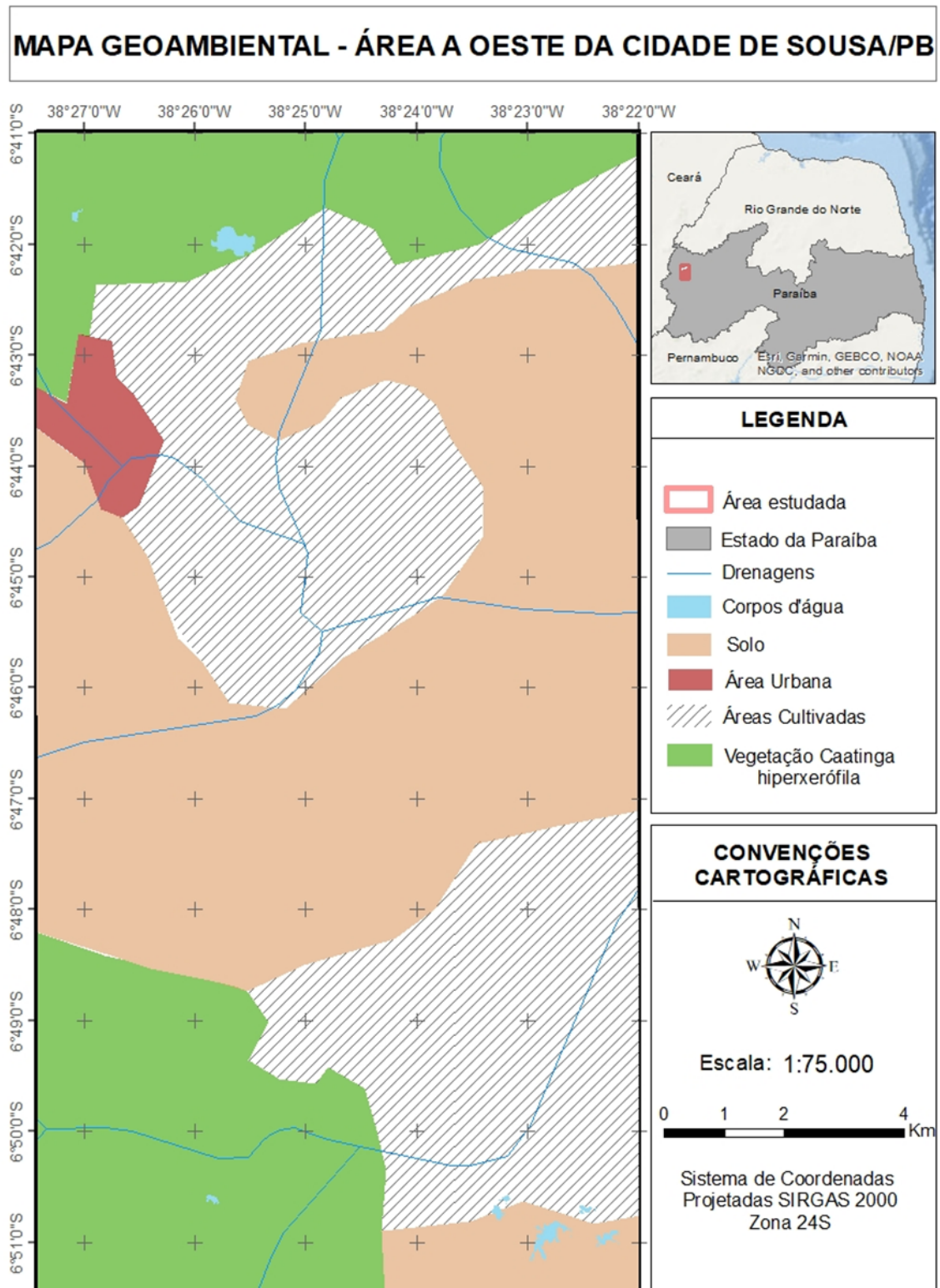
buscam dar suporte a projetos de obras de engenharia para sanar problemas já instalados ou para a implantação de novos empreendimentos.

O modelo do detalhamento progressivo pode ser seguido em práticas de planejamento e ordenamento urbano, com os níveis hierárquicos representados pela suscetibilidade (geral), aptidão à urbanização (semidetalhe ou intermediário) e risco (detalhe). O conceito de mapeamento com detalhamento progressivo pode ser adaptado nas práticas de cartografia geotécnica no planejamento urbano, determinando estudos mais gerais e regionais (cartas geotécnicas de suscetibilidades), estudos locais e orientadores para o uso e ocupação do solo urbano (cartas geotécnicas de aptidão à urbanização) e estudos e projetos pontuais que busquem a mitigação ou erradicação dos riscos já existentes (cartas geotécnicas de risco geológico).

Embora desejável seu desenvolvimento sequencialmente, estes produtos cartográficos podem ser elaborados independentemente uns dos outros, segundo as necessidades mais prementes dos municípios, tanto em termos emergenciais como no planejamento e prevenção de problemas de natureza geológico-geotécnica.

No presente trabalho, foi confeccionado um mapa geoambiental a fim de identificar aspectos fisiográficos da região (Figura 9.1). Nele é possível observar o uso do solo para o cultivo e nas vegetadas que correspondentes a caatinga hiperxerófila que localiza-se as áreas mais altas da área bem como os corpos d'água.

Figura 9.1 – Mapa geoambiental mostrando os aspectos fisiográficos da área estudada



Fonte: Autoria própria

Também foi elaborado um mapa mostrando a suscetibilidade a processos condicionantes de riscos geológicos na área, onde foram identificados quatro tipos de terrenos (Figura 9.2). Sendo eles:

Os terrenos formados por sedimentos inconsolidados a pouco consolidados depositados em meio aquoso e eólico. Englobam áreas muito planas, vulneráveis a inundações e cheias sazonais nas planícies dos rios e em áreas costeiras, sob a influência das marés. Solos ricos em matéria orgânica, de baixa capacidade de suporte, podendo causar deformações, recalques, trincamentos e corrosão de tubulação de obras civis. Focos de erosão na linha de costa, por exemplo, na Praia de Pitimbú ao sul do estado da Paraíba. As dunas móveis podem causar danos a obras de urbanização devido a sua mobilidade.

Os terrenos com predomínio de sedimentos arenosos, pouco a moderadamente consolidados, em superfície plana levemente ondulada, associados aos tabuleiros costeiros, sujeitos à erosão laminar. Na região costeira ocorre o desenvolvimento de falésias, como na praia de tambaba.

Terrenos formados por rochas metamórficas, com intensa anisotropia planar (xistosidade e foliação). São sujeitos a movimento de massa e deslocamento de rocha.

Terrenos formados por rochas cristalinas (granitos, riolitos) com presença de descontinuidades (disjunções e fraturas). Áreas suscetíveis à ocorrência de deslocamento, queda de blocos e movimento de massa, principalmente quando associada a relevos íngremes.

Vale salientar também que, a área faz parte da região semiárida e está suscetível à processos de desertificação.

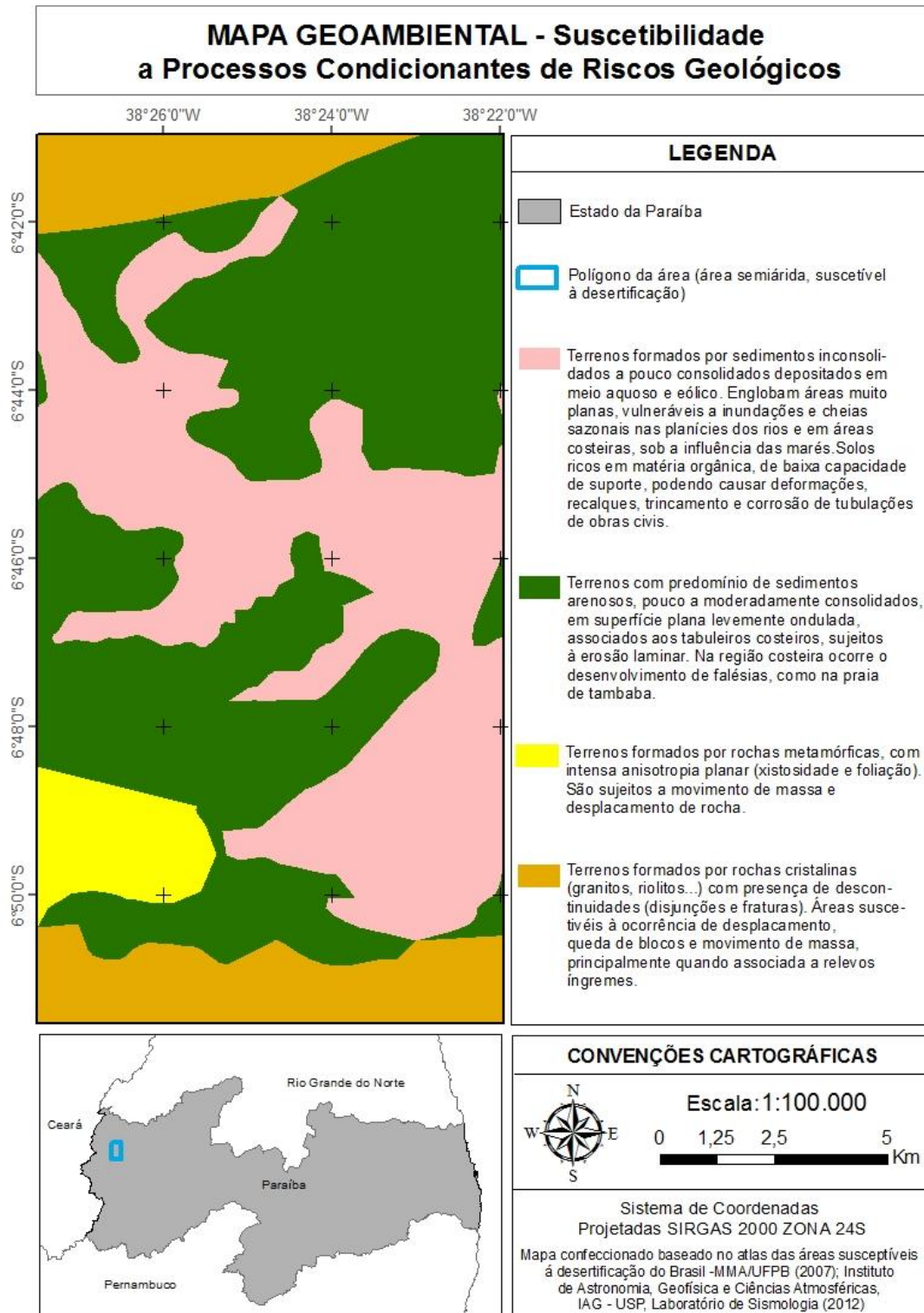
A descrição dos terrenos identificados é baseada no atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil MMA/UFRPB (2007). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG – USP, Laboratório de Sismologia (2012).

Analisando-se todos esses terrenos juntamente com o mapa fisiográfico, verifica-se a presença de corpos d'água nos terrenos cristalinos que são as áreas de maiores altitudes. A área urbana localiza-se principalmente em terrenos predominantemente sedimentares e

próxima a drenagens, é uma área mais plana, vulnerável a inundações e cheias sazonais nas planícies dos rios justamente por ser uma região de altitude mais baixa e está inserida dentro da sub-bacia de Sousa.

De um ponto de vista geotécnico, o estudo de ocupações e a delimitação de novas áreas passíveis de ocupação e não passíveis de ocupação, seriam auxiliadas através desses tipos de mapas, porém um estudo de detalhe teria que ser feito. Onde seriam verificadas áreas inseridas em regiões dominadas por feições estruturais, como zonas que contenham falhamentos, cisalhamentos e outras possíveis feições como verificadas na figura 9.2, que poderiam acarretar em desastres.

Figura 9.2 – Mapa geoambiental mostrando as áreas de suscetibilidade a processos condicionantes de riscos geológicos.



Fonte: Autoria própria

10 CONCLUSÕES

Diante dos dados coletados e interpretados, foi possível a realização de um mapa na escala de 1:50.000 que engloba a área oeste da sub-bacia de Sousa. O estudo permitiu uma revisão da área estudada nos quesitos, posicionamento de contatos geológicos, litologias e feições tectono-estruturais e para tal, a pesquisa foi realizada com a ajuda de imagens de satélites, estudo de campo e a coletas de amostras.

Quanto aos resultados, passou-se a ter uma noção melhor da formação da bacia que se deu a partir da reativação eocretácea de zonas de cisalhamento que afetaram o embasamento pré-cambriano gerando com isso os semi-grábens de Sousa e Brejo das Freiras que ocorreram segundo uma distensão na direção NW-SE a NNW-SSE. Como resultado desse evento, feições medidas em campo puderam ser estudadas sendo elas: falhas normais controladas pela Zona de Cisalhamento Portalegre NE e Patos E-W, estruturas de sobrecarga, estratificações, banda de deformação, junta de distensão, entre outras feições.

A atividade de campo permitiu fazer algumas interpretações da evolução da bacia, como por exemplo que a mesma contém duas fases; sin-rifte e pós rifte. A primeira é caracterizada pelo rifteamento da América com a África, na qual é possível ser vista a partir das falhas de bordas e margem flexural. A partir desse evento, foi gerado os semi-grabens (Sousa, Pombal e Brejo das Freiras,). Já a fase pós-rifte, afetou as rochas já consolidadas, desse modo, ocorreu primeiro a deposição e depois a fase pós-rifte. Esse evento pode ser presenciado pelas diversas bandas de deformações, falhas transcorrentes e dobras de arrasto.

Não menos importante, atualmente tem-se muito discutido sobre as cartas geotécnicas, diante da constatação do aumento do porte e da frequência de eventos relacionados a deslizamentos, inundações, enxurradas e erosões em cidades brasileiras nos últimos anos. Ela sintetiza o conhecimento sobre o meio físico e seus processos atuantes (geo) em uma determinada área, de modo a subsidiar o estabelecimento de medidas para a adequada ocupação do solo (técnica). Sua função então é auxiliar no planejamento das intervenções em áreas de risco, como, por exemplo, áreas inseridas em regiões dominadas por feições estruturais, como zonas que contenham falhamentos, cisalhamentos e outras possíveis

feições que podem acarretar desastres colocando a população em risco, ajudam ainda na definição de novas áreas passíveis de ocupação com segurança ou para reforçar a não ocupação de determinadas áreas para fins de urbanização.

Sendo assim, o mapa geológico e os mapas geoambientais no presente trabalho podem ser utilizados como base para a Cartografia Geotécnica em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil – MMA/UFPB (2007); Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG – USP, Laboratório de Sismologia (2012). Disponível em:<<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14706>>. Acesso em: 06 de agosto de 2022.

BITAR, O. Y.; FREITAS, C.G.L. de; SEPE, P. M. **Cartografia geotécnica, plano diretor e prevenção de desastres**. Técnica, v. 20, n.180, p. 68-74, mar., 2012.

CERRI, L.E.S. 1990. **Carta Geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras**. In: ABGE Cong. Bras. Geologia de Engenharia, 6, Salvador, Anais p.309-317.

CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINÉ, J.E. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo**. In: ABGE Cong. Bras. Geologia de Engenharia, 8, Rio de Janeiro, 1996. Anais, v.2, p.537-548.

CÓRDOBA et. al. **Análise estratigráfica e estrutural da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil: integração a partir do levantamento sísmico pioneiro 0295_rio_do_peixe_2d**. Stratigraphic and structural analysis of the Rio do Peixe Basin, Northeastern Brazil: integration based on the pioneer seismic survey 0295_rio_do_peixe_2d. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, 2008, v. 16, n. 1, p. XX-XX, nov. 2007/maio.

CORREIA, G. M. P., & GOMES, C. R. (2010). **O Paleomagnetismo Nos Manuais Escolares De Geologia Do 12º Ano De Escolaridade: Atividades Práticas E Representações Pictóricas**. E-Terra, 15(31), 1–4.

COSTA, W. D. **Nota Preliminar da Geologia da Bacia do Rio do Peixe**. Boletim de Geologia, Universidade de Recife, n.4, p.47-50, 1964.

JARDIM DE SÁ, E. F.; ANTUNES, A. F.; CÓRDOBA, V. C.; SOUSA, D. C. 2007. **Sedimentação pré e sinrifte: critérios e exemplos nas bacias cretáceas do Nordeste do Brasil**. XI Simp. Nac. Estudos Tectônicos, Anais, SBG, Natal: 52-53.

KADJA, W.S.F. Membro de Mapeamento.

MEDEIROS, V. C. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Sousa SB.24-X-A**. Escala 1:250.000. Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. / - Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L. & DINIZ, N.C. 1995. **Cartografia Geotécnica nos planos diretores regionais e municipais.** In: O.Y. Bitar (coord.). 1995. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. ABGE/IPTDIGEO. São Paulo. Série Meio Ambiente. p.187-202.

SÁ, J.C.M. et al. **Soil Organic Matter Dynamics And Sequestration Rates For A Tillage Chronosequence In A Brazilian Oxisol.** Soil Sci. Soc. Am. J., 65:1476-1499, 2001.

SILVA, A.N. **Arquitetura, Litofácies e Evolução tectonoestratigráfica da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN. 2009

SRIVASTAVA, N. K.; CARVALHO, I. S. **Bacia do Rio do Peixe (PB).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa. Roteiro de excursão. João Pessoa

ZAINE, J.E. 2000 **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP),** Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, 149 p.

ZUQUETTE, L.V. 1993. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** Tese de Livre Docência, Escola de Engenharia de São Carlos São Carlos, USP, 2v.