

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO NA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE INSTABILIDADES DA FAIXA DE DUTOS OSVAT/OSPLAN – SÃO SEBASTIÃO, SP

Cristiane Alessandra de MOURA ¹, Juércio Tavares de MATTOS ²,
Jairo Roberto JIMÉNEZ-RUEDA ³

- (1) Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP / Campus Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: cristimoura@hotmail.com
- (2) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP / Campus de Guaratinguetá. Avenida Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333. CEP 12516-410. Guaratinguetá, SP. Endereço eletrônico: juercio@feg.unesp.br
- (3) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP / Campus Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: jairorjr@rc.unesp.br

Introdução
Caracterização da Área de Estudo
Materiais
 Seleção de Base Cartográfica e Planimétrica
 Seleção dos Produtos de Sensoriamento Remoto
 Definição dos Programas Utilizados na Elaboração das Cartas
Métodos
 Análise Morfotectônica
 Unidades Geoambientais
 Compartimentação do Terreno
 Levantamento dos Fatores de Análise
 Determinação das Classes de Suscetibilidade Ambiental
Resultados e Discussões
 Zonas Geoambientais
 Unidades Geoambientais
 Análise morfotectônica
 Carta de Suscetibilidade Ambiental (CSA)
Conclusões Finais
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – As obras de engenharia lineares como rodovias, dutos e linhas de transmissão possuem especificidades no seu mapeamento devido às extensas escalas de interferência no meio ambiente, por isso requerem métodos de mapeamento que sejam ao mesmo tempo eficientes e de baixo custo. Este artigo apresenta uma proposta de mapeamento geoambiental para obras lineares. A obra escolhida para a aplicação do método foi a dutovia Osvat/Osplan localizada nos municípios de São Sebastião e Caraguatatuba. O mapeamento geoambiental foi elaborado por meio de fotointerpretação das imagens do sensor ETM+/Landsat-7 e da análise da rede de drenagem, obtendo-se a compartimentação das unidades geoambientais e o fraturamento da área (carta de lineamentos estruturais e traços de juntas), posteriormente foi efetuada a integração dessas cartas em um produto denominado “Carta de Suscetibilidade Ambiental (CSA) a processos gravitacionais e erosivos”, a qual permitiu definir na faixa de dutos as áreas com possíveis problemas geotécnicos capazes de causar prejuízos ao duto como também ao meio ambiente.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, mapeamento geoambiental, obras de engenharia lineares e carta de suscetibilidade ambiental.

ABSTRACT – C.A. Moura, J.T. Mattos, J.R. Jimenez-Rueda - *Geoenvironmental mapping for determination of areas of instabilities ducts Osvat/Osplan – São Sebastião, SP.* Works of linear engineering such as roads, pipelines and transmission lines have specific mapping due to their large scale impact on the environment, thus requiring mapping methods that are both efficient and of low cost. This paper presents a proposal of Geoenvironmental mapping for works linear. The work chosen for the implementation of the method was the Osvat/Osplan pipeline located in the cities of São Sebastião and Caraguatatuba. The geoenvironment mapping was elaborate through photo-interpretation of images of the ETM+/Landsat-7 sensor and analysis of the drainage network, thus resulting in the partitioning of the geoenvironmental units and the fracture area (structural lineaments and lines of strikes), these maps were subsequently integrated into a product called “Map of environmental susceptibility to gravitational and erosive processes”, which helped define the areas with potential geotechnical problems that could damage both the pipeline and the environment.

Keywords: remote sensing, geoenvironment mapping, linear engineering works and map of environmental susceptibility.

INTRODUÇÃO

A importância do transporte de hidrocarbonetos interioranas no Brasil está se acentuando nos últimos anos. Esta situação torna imprescindível a execução por dutovias para o abastecimento energético das áreas

de estudos do meio físico que busquem suprir a demanda por mapeamentos ou zoneamentos que priorizem obras deste tipo. Estes estudos devem caracterizar os elementos ambientais existentes nas áreas interferidas por essas dutovias e a partir disto determinar quais trechos nestas faixas podem ser impactados por processos de instabilidade ambiental.

Ao zonear uma área busca-se qualificá-la ou não a determinado uso, ou seja, o zoneamento parte do uso que se pretende fazer de determinado local. No entanto, o presente trabalho possui um objetivo diferenciado, pois refere-se a uma faixa já instalada de polidutos (Osvat/Osplan), onde foi determinado quais os trechos de determinantes ambientais adotados apresentam os maiores riscos de processos acelerados de erosão, bem como gravitacionais, que podem causar danos a faixa.

A faixa de dutos escolhida para mapeamento é a Osvat/Osplan localizada nos municípios de São Sebastião e Caraguatatuba no litoral norte Paulista. Essa faixa está em operação desde a década de 1970, portanto com mais de 30 anos de funcionamento. Os dutos aí existentes transportam boa parte dos hidrocarbonetos que abastecem as refinarias do planalto

paulista. O trecho mapeado possui aproximadamente 39 km de extensão. Esta faixa é considerada de grande importância econômica, pois transporta o maior volume de hidrocarbonetos do Brasil, se estendendo do Terminal de São Sebastião – considerado o maior da América Latina –, às refinarias do Planalto Atlântico Paulista.

Este trabalho objetiva analisar a suscetibilidade ambiental a processos gravitacionais e erosivos para a faixa de dutos Osvat/Osplan, mediante a integração das cartas de unidades geoambientais, análise morfoestrutural e análise morfotectônica.

Essa pesquisa se justifica pela crescente demanda por estratégias de mapeamento que comprovem eficiência na detecção de eventos geodinâmicos erosivos e gravitacionais que possam afetar obras de engenharia causando prejuízos à sociedade, principalmente como no caso da faixa de dutos Osvat/Osplan localizada em ambiente escarpado na Serra do Mar. Do mesmo modo justifica-se pela contribuição como estratégia ao planejamento do meio físico, consistindo esta, a segunda linha de pesquisa do programa de pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as Folhas Topográficas Pico do Papagaio, Caraguatatuba, Maresias e São Sebastião e está localizada entre as coordenadas $23^{\circ}30' / 45^{\circ}45'$ e $24^{\circ}00' / 45^{\circ}15'$ no estado de São Paulo,

dentro do Planalto Atlântico e da Província Costeira (Figura 1).

As principais vias de acesso a área são as Rodovia Rio-Santos (BR 101/SP 55) e a Rodovia dos Tamoios

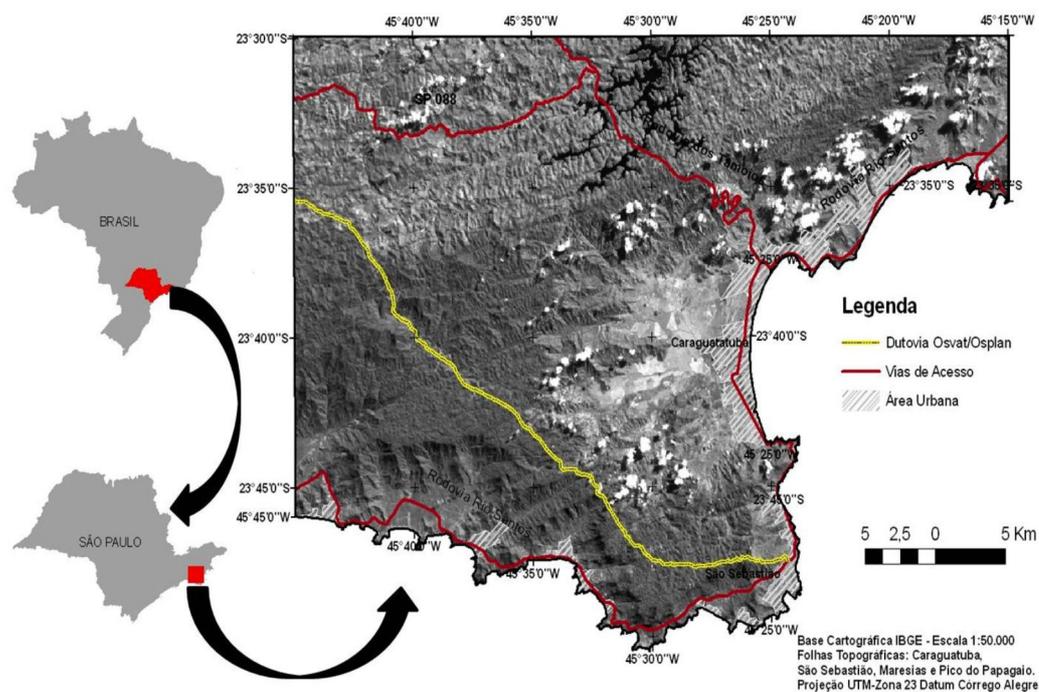


FIGURA 1. Localização da área de estudo e da faixa de dutos Osvat/Osplan.

(SP 099). Também como alternativa de acesso ao duto Osvat/Osplan há a estrada não pavimentada que liga Salesópolis a Caraguatatuba.

Os elementos envolvidos na dinâmica ambiental dessas áreas são muito complexos, com destaque aos aspectos tectônicos/estruturais, climáticos e a morfometria das vertentes. Na Serra do Mar ocorrem esporadicamente deslizamentos de encostas desencadeados por eventos climáticos de alta intensidade. Os deslizamentos são fenômenos naturais e atuam conjuntamente com o intemperismo e a erosão na dinâmica de modelagem da superfície terrestre (Fernandes & Amaral, 2002).

De acordo com a Defesa Civil, na região de São Sebastião o número de escorregamentos registrados é muito elevado. Esses eventos causam danos à sociedade. As intervenções humanas no ambiente são mais um agravante nesse processo devido à retirada da cobertura vegetal com a instalação de faixas de dutos, linhas de transmissão, estradas e edificações em áreas de risco como encostas íngremes e sopés de morros.

A área de estudo faz parte da região geomorfológica denominada Província Costeira, dividida por Almeida (1964) em Serranias Costeiras e Zona da Baixada Litorânea. As planícies possuem ocorrência restrita distribuídas por um litoral bastante recortado, onde são frequentes as enseadas e praias. A costa é abruptamente interceptada pela borda oriental do Planalto Atlântico com ocorrência de pontões rochosos perpendiculares à direção geral desta estrutura, os quais favorecem a formação de baías.

O forte controle estrutural na área e os processos de sedimentação quaternária são considerados os fatores responsáveis pelo desenvolvimento da morfologia da região.

Segundo Almeida (1964) a ação dos movimentos

neotectônicos, representada pelos movimentos de blocos de falhas, é responsável pelo desenvolvimento de rifts e soerguimento da Serra do Mar e Mantiqueira. Esses movimentos ocorreram basicamente ao longo de antigas linhas de fraqueza do Pré-cambriano, com direção predominante leste-nordeste determinando a linha de costa atual.

Esta área encontra-se totalmente inserida no Embasamento Cristalino em trecho do cinturão de cisalhamento transcorrente Paraíba do Sul. Com relação à litologia da região serrana, destaca-se a ocorrência de rochas polimetamórficas de idade arqueana (migmatitos, gnaisses, granito-gnaisses, biotita gnaisses), granitóides foliados do proterozóico superior, rochas cataclásticas cambro-ordovicianas e intrusões básicas localizadas, de idade mesozóica (geralmente na forma de diques).

Na região de São Sebastião está localizada a falha do Camburu, inserida numa zona de cisalhamento pré-cambriana, e reativada durante o Juro Cretáceo. Com a intrusão de espessos diques de rochas básicas e o abatimento do planalto do Juqueriquerê no Terciário, deu-se origem às intercalações milimétricas a métricas de brechas cataclásticas silicificadas (Campanha & Ens, 1996).

A vegetação da área é genericamente denominada de Mata Atlântica. As condições ambientais resultantes do posicionamento das escarpas da Serra do Mar paralelamente a linha de costa, determinam a existência dessa vegetação, pois as escarpas atuam como obstáculo às massas de ar oceânicas úmidas, que ao resfriarem precipitam em forma de nevoeiros ou chuvas. A variação na altitude do nível do mar a mais de 1000 m, da pluviosidade de 1500 mm a 4500 mm e da temperatura favorecem a instalação de uma grande biodiversidade de espécies (SMA - São Paulo, 1996).

MATERIAIS

SELEÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA E PLANIMÉTRICA

A base de dados cartográficos e planimétricos empregados foi obtida do projeto Concepção, Desenvolvimento, Implementação, Aplicação e Elaboração de Cartas SAO: Litoral Paulista e da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponível em www.ibge.gov.com.br, ambas em formato *shapefile*, assim como as folhas topográficas em formato *tiff* na escala 1:50.000.

SELEÇÃO DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Foram empregadas neste trabalho as imagens Landsat 7 ETM+ (bandas 1,2,3,4,5,6,7 e pancromática)

órbita/ponto 218/76, de 26 de junho de 2000 com resolução espacial de 30 m (bandas 1 a 7) e de 15 m (pancromática). Estas imagens foram obtidas no site www.umiacs.umd.edu da University of Maryland Institute of Advanced Computer Studies.

O registro ou georreferenciamento dessas imagens foi feito com a base de dados topográficos digitais obtidos do projeto Concepção, Desenvolvimento, Implementação, Aplicação, Elaboração de Cartas (SAO): Litoral Paulista.

Para a compartimentação das unidades geo-ambientais foi utilizada a banda pan do satélite Landsat 7, devido a sua maior resolução.

DEFINIÇÃO DOS PROGRAMAS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DAS CARTAS

Os programas empregados na elaboração das cartas básicas e analíticas foram o Autocad 2004 da Autodesk, utilizado na vetorização de dados o ArcMap 9 da ESRI e Spring 5 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utilizados no georreferenciamento dos dados, na manipulação das imagens de satélite (contraste e segmentação) e implementação de banco de dados geográficos.

O registro ou georreferenciamento das imagens foi executado no programa Spring utilizando a base cartográfica vetorial do projeto Concepção, Desenvolvimento, Implementação, Aplicação e Elaboração

de Cartas SAO: Litoral Paulista e da Base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As imagens utilizadas foram realçadas em operação linear no programa Spring, o que permite uma melhor distribuição dos níveis de cinza e consequentemente melhor interpretação.

Toda a base cartográfica para a elaboração da carta de Carta de Suscetibilidade Ambiental a processos gravitacionais e erosivos foi organizada através do Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando-se o Datum South American 1969 (SAD69). A projeção cartográfica definida para o Sistema de Banco de Dados Geográfico foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), sendo a área de estudo pertencente ao fuso 23.

MÉTODOS

ANÁLISE MORFOTECTÔNICA

Conforme Loczy & Ladeira (1976) a tectônica investiga a morfologia e a associação das estruturas de tipos similares, classificando-as ou agrupando-as em zonas e regiões, procurando obter uma visão integrada das estruturas maiores e suas relações espaciais entre si.

Na etapa de análise do fraturamento efetuou-se o estudo das estruturas que condicionam à drenagem e o relevo, sendo essas as feições lineares de drenagem (traços de juntas), alinhamentos de drenagem (lineamentos estruturais) e suas relações espaciais, permitindo estabelecer e classificar zonas com diferentes graus de tectonismo, cisalhamento e ruptibilidade.

O procedimento utilizado nesta etapa consistiu em explorar os atributos espaciais das imagens de satélite utilizando uma avaliação textural das mesmas, análise de feições lineares de drenagem (traços de juntas), alinhamentos de drenagem e tonais (lineamentos estruturais - falhamentos).

Os lineamentos estruturais são definidos por O'Leary et al. (1976) como uma feição linear, simples ou composta, contínua ou descontínua da superfície terrestre, cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo e que difere substancialmente dos padrões de feições que lhe são adjacentes. Loczy & Ladeira (1976) definem juntas como planos ou superfícies de fraturas que dividem as rochas e ao longo dos quais não ocorreu deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura, ou se o deslocamento ocorreu foi mínimo e não visível.

Após a extração dos fraturamentos (juntas e lineamentos estruturais) obteve-se cartas derivadas tanto dos lineamentos estruturais como dos traços de juntas. As cartas de Densidade de Lineamentos

Estruturais e Traços de Juntas são derivadas da Carta de Fraturamento. Estas foram elaboradas utilizando o estimador por Kernel no programa ArcGIS 9.0. Foram estabelecidos os parâmetros de entrada para a geração da carta em célula de saída 100 por 100 m e raio de busca de 1500 m.

Nas cartas de Densidade de Cruzamentos e Lineamentos foram utilizados os mesmos parâmetros das cartas de Densidade de Lineamentos Estruturais e Traços de Juntas, ou seja, célula de saída 100 por 100 m e raio de busca de 1500 m.

A carta de zonas de variação de máximos 1 e 2 (as duas direções de maior frequência) é derivada da carta de traços de juntas. A carta de zonas de variação de máximos 1 e 2 determina as zonas mais fraturadas, portanto mais instáveis.

Para a confecção dessa carta sobre pôs-se na tela do computador uma folha de papel com um orifício de 15 cm de diâmetro. Após isso, fixou-se a escala em 1:50.000, no programa ArcGIS 9.0, em seguida moveu-se a carta e determinou-se nesse orifício as duas direções preferenciais de traços de juntas. O produto desta seqüência caracteriza-se como Carta de Máximos 1 e 2. Esta carta originará a de Zonas de Variação de Máximos 1 e 2.

A filtragem dos traços de zonas de juntas em Máximos 1 e 2, serve para verificar áreas onde o comportamento das direções principais variam, caracterizando regiões de variação de direção de Máximos 1 e 2 (Crisóstomo Neto, 2003).

UNIDADES GEOAMBIENTAIS

As unidades geoambientais foram obtidas mediante compartimentação fisiográfica que consiste em dividir uma determinada região em áreas que

apresentem internamente características fisiográficas distintas das áreas adjacentes.

Os atributos das unidades geoambientais permitirão fazer inferências sobre as características geotécnicas dessas unidades, ou seja, a partir da análise textural podemos determinar os fatores ambientais que originam esta textura.

Segundo Veneziani (1991), os fatores que controlam a textura e a estrutura dos elementos são:

- **Morfogenéticos** - responsáveis pela elaboração das formas de relevo e drenagem. A modelagem do terreno é função da estrutura do terreno e dos agentes modeladores externos (meteorização, erosão fluvial eólica, erosão glacial, erosão marinha e erosão causada por ações antrópicas e fatores internos (processos tectônicos);
- **Litológicos** - dependem das propriedades físico-químicas dos materiais rochosos (resistência a erosão, permeabilidade, plasticidade, solubilidade e tropia);
- **Deformacionais** - são fatores resultantes das deformações sofridas pelos materiais rochosos, tectônica ou atectonicamente.

A escolha dos elementos de análise (rochas, relevo ou materiais inconsolidados) se deve ao fato de que as condições geotécnicas de uma dada área são determinadas pelas diferentes formas com que se apre-

sentam. Como por exemplo, uma área de gnaiss bastante fraturado constituindo um relevo de morros arredondados, com material inconsolidados intensamente lixiviado, tais características são determinantes das condições de fragilidades naturais e do tipo de comportamento desse terreno quando sucede a intervenção de obras de engenharia lineares. O trecho de duto mapeado possui aproximadamente 39 km de comprimento com uma faixa de 10 km de largura.

Compartimentação do Terreno

Nesse estudo optou-se por uma compartimentação estruturada em três níveis hierárquicos. No primeiro nível hierárquico foram delimitadas cinco divisões: Planalto do Moraes, Planalto do Lourenço Velho, Planalto do Juqueriquerê, Planície Costeira e Serrania Costeira (Figura 2), segundo o trabalho de Campanha et al. (1994).

Nos compartimentos referentes aos planaltos ocorre uma forte orientação da drenagem, com padrões geométricos de drenagem (treliça, retangular e contorcida). De acordo com Campanha et al. (1994), o caimento dos planaltos mostra tendência de escoamento da rede de drenagem para NW, no caso do Planalto do Moraes, e, para NE, nos planaltos do Lourenço Velho e Juqueriquerê. Na faixa da dutovia é pequena a área do setor de Planície Costeira. Estas unidades são representadas por baixa densidade de

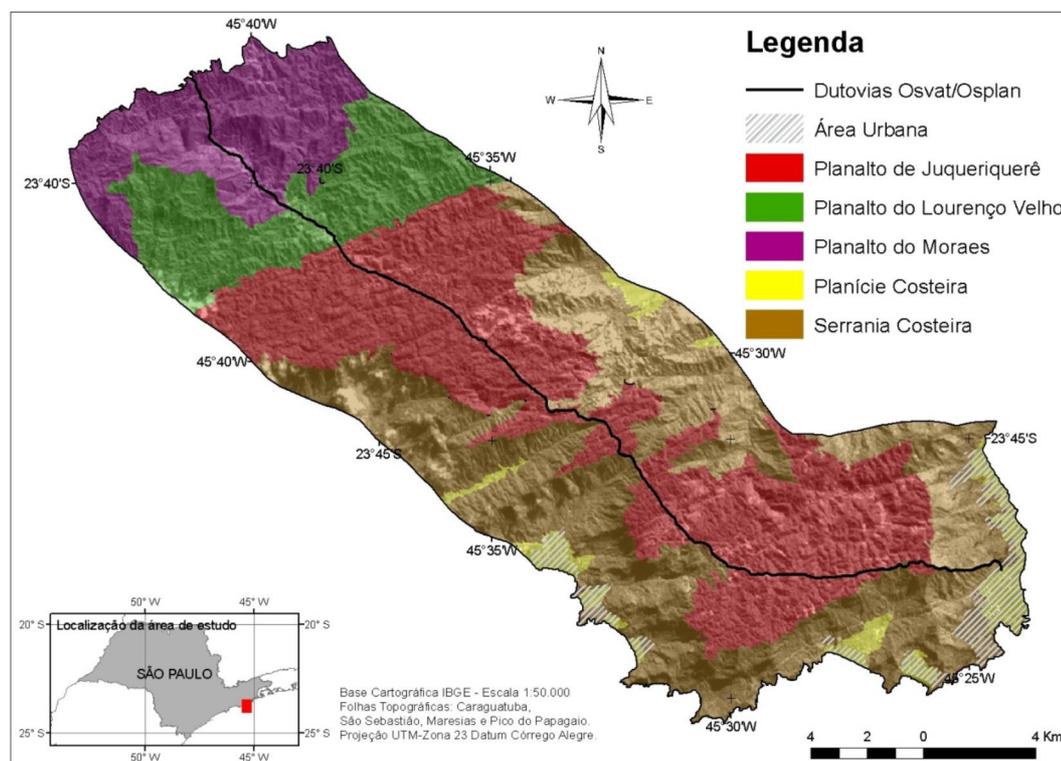


FIGURA 2. Divisão dos compartimentos de relevo (primeiro nível hierárquico de compartimentação).

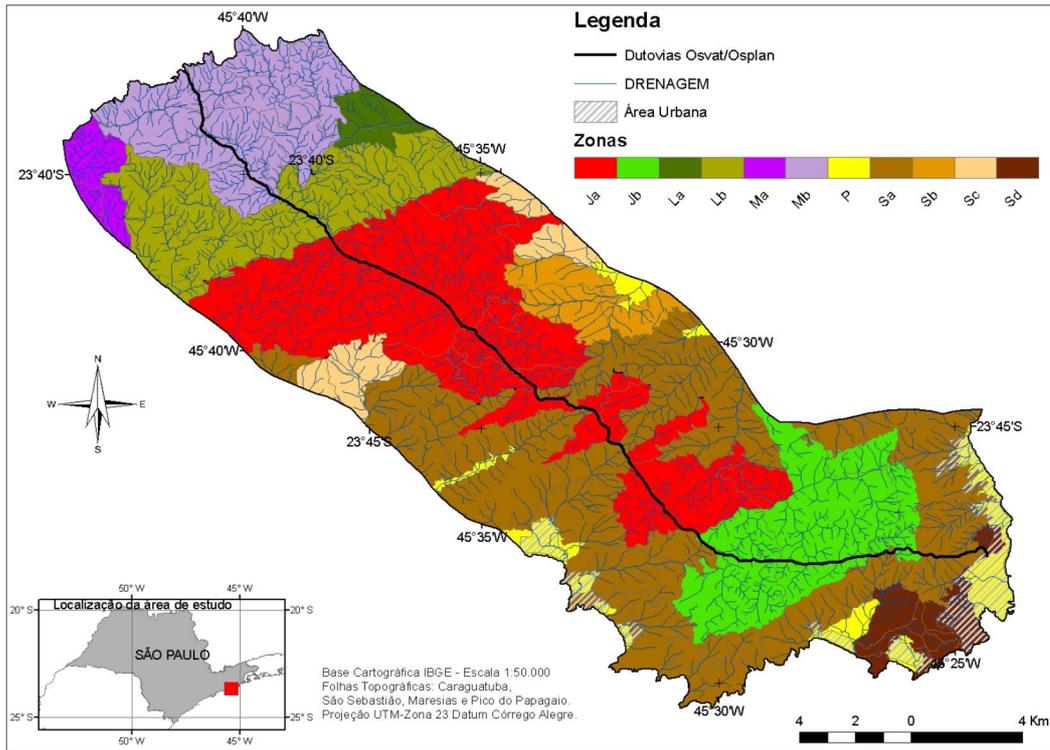


FIGURA 3. Segundo nível hierárquico de compartimentação (zonas geoambientais).

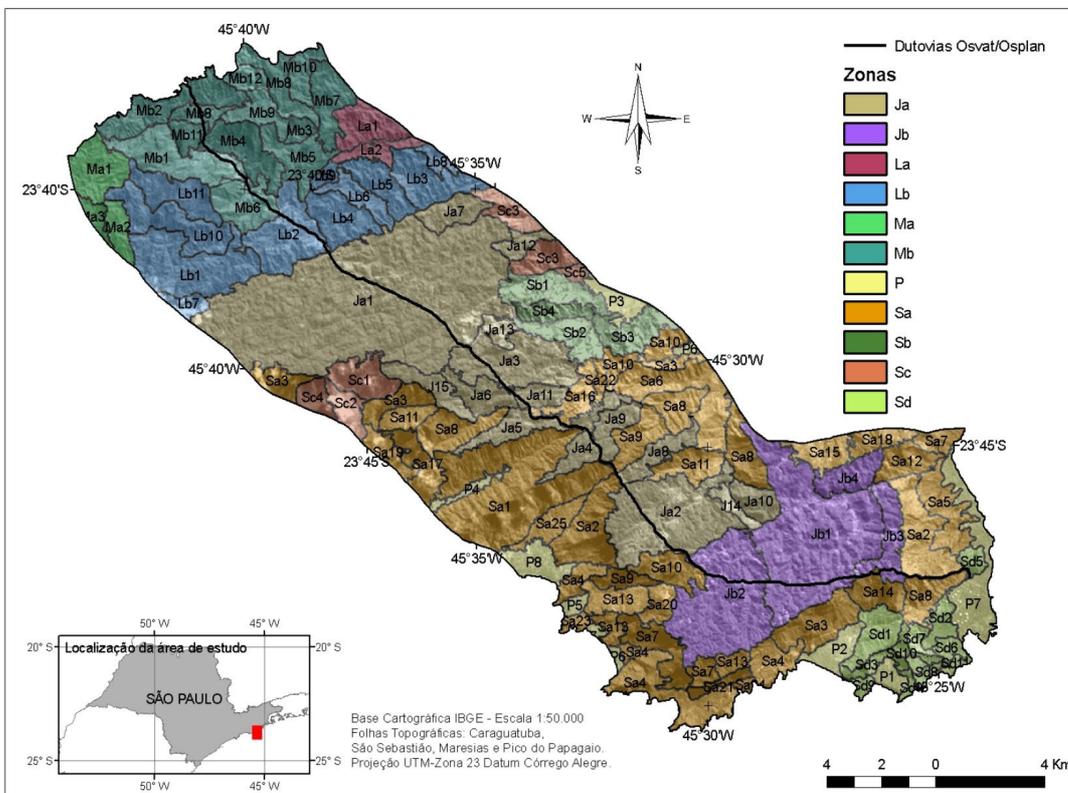


FIGURA 4. Terceiro nível hierárquico de compartimentação (unidades geoambientais).

elementos de textura. No setor de Serrania Costeira, as formas de drenagem apresentam padrão arborescente onde se observam alinhamentos de drenagem em uma direção principal.

No segundo nível hierárquico foram identificadas 11 subdivisões associadas ao domínio litológico e as bacias de drenagem. Os limites das zonas foram estabelecidos baseados na imagem de satélite e nas bacias de drenagem obtidas nas cartas topográficas. Essas zonas são apontadas na Figura 3.

O terceiro nível de compartimentação obteve as unidades geoambientais (Figura 4). Estas foram identificadas nas subdivisões dos níveis anteriores e determinadas por variações nas propriedades das formas dos elementos texturais de relevo e drenagem, resultando em 101 unidades geoambientais.

O produto apresenta todas as unidades obtidas e diferenciadas por uma sigla ou código que permite discriminá-las e identificá-las segundo seu contexto fisiográfico e seus níveis hierárquicos de compartimentação. Uma vez determinadas, essas unidades são caracterizadas através de propriedades e características geoambientais de interesse específico, ou seja, de acordo com o objetivo do trabalho. Nesta etapa do trabalho identifica-se os fatores de análise. Neste caso, buscou-se determinar para a faixa de dutos Osvat/Osplan nos municípios de São Sebastião, Caraguatatuba e Salesópolis quais as áreas de maior suscetibilidade a processos gravitacionais e erosivos.

Após a compartimentação inicial da imagem deve-se verificar a homogeneidade e a similaridade das unidades compartimentadas. A homogeneidade é verificada com base na análise dos elementos texturais de imagem, os quais devem manter-se constantes em toda a área da unidade. A similaridade consiste em comparar as propriedades da forma e as estruturas dos elementos texturais das diversas zonas homogêneas. Isto quer dizer que as áreas que apresentam propriedades texturais/ou estruturais iguais, em um mesmo nível hierárquico devem ser classificadas com a mesma denominação. Para isto o primeiro passo consistiu em identificar quais as propriedades mais relevantes do meio físico que permitiriam a identificação destes processos segundo a análise pretendida. Tais propriedades constituíram os fatores de análise na classificação das unidades geoambientais na etapa da cartografia final (Vedovello, 2000).

Segundo Vedovello (2000) é possível fazer inferências a partir dos elementos fisiográficos, que consiste em identificar os elementos que compõem determinada área e para os quais se possa inferir determinadas propriedades e/ou características. De forma que se conhecendo, por exemplo, um elemento fisiográfico de natureza geológica (litologia) e outro de natureza

geomorfológica (forma de relevo) seria possível inferir sobre a permeabilidade e a alterabilidade da rocha.

Os fatores utilizados para a caracterização das unidades geoambientais na avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e gravitacionais possíveis de atingirem o duto foram: alterabilidade, permeabilidade, tropia e declividade devido à localização do duto em ambiente escarpado na Serra do Mar sob domínio de clima tropical úmido. Todos os fatores citados foram classificados em muito alta, alta, moderada e baixa com os respectivos valores atribuídos a cada um deles 1, 2, 3, e 4.

Levantamento dos Fatores de Análise

Alterabilidade

A alterabilidade refere-se à disposição dos materiais componentes das unidades geoambientais (rochas e solos) ao intemperismo. Em áreas com alta alterabilidade ocorre geralmente a formação de espessos mantos de alteração intempélica. Já em áreas com baixa alterabilidade predomina uma alta resistência a erosão.

Para a classificação da alterabilidade observa-se a forma das encostas. Em encostas convexas a alterabilidade é muito alta enquanto em encosta côncavas é baixa. As encostas também podem ser côncavo-convexas, classificadas como de alta alterabilidade e côncavo-retilínea-convexas, classificadas como de moderada alterabilidade. Na Figura 5, classificamos a unidade Ja2 como de alta alterabilidade, enquanto a unidade Sa11 como de baixa alterabilidade, conforme o critério acima descrito.

Permeabilidade

A permeabilidade relaciona-se a maior ou menor resistência dos materiais a percolação de um fluido líquido em um meio poroso (Vedovello, 2000). Esta se deve a porosidade primária (intergranular) em materiais sedimentares e a porosidade secundária (fraturas), em materiais metamorfizados ou ígneos como no caso da área de estudo.

Em áreas de rochas metamórficas e ígneas a análise baseia-se na densidade de traços de juntas (elementos de drenagem lineares de 1ª ordem), quanto maior a densidade maior a permeabilidade. Para a determinação da permeabilidade utilizou a carta de densidade de drenagem (Figura 6) considerando a classe predominante em cada unidade, de forma que esta classificação represente a totalidade da unidade.

Tropia

A tropia é a característica de orientação ou não das formas de relevo e drenagem. As rochas ígneas são isotrópicas por natureza, assim sendo não apre-

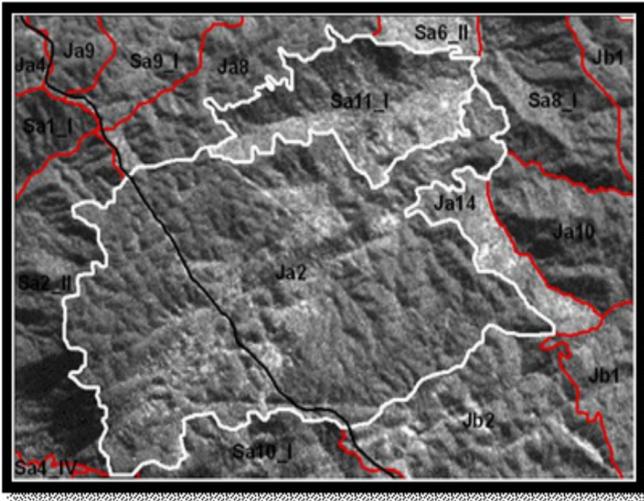


FIGURA 5. Análise textural para classificação da alterabilidade das unidades.

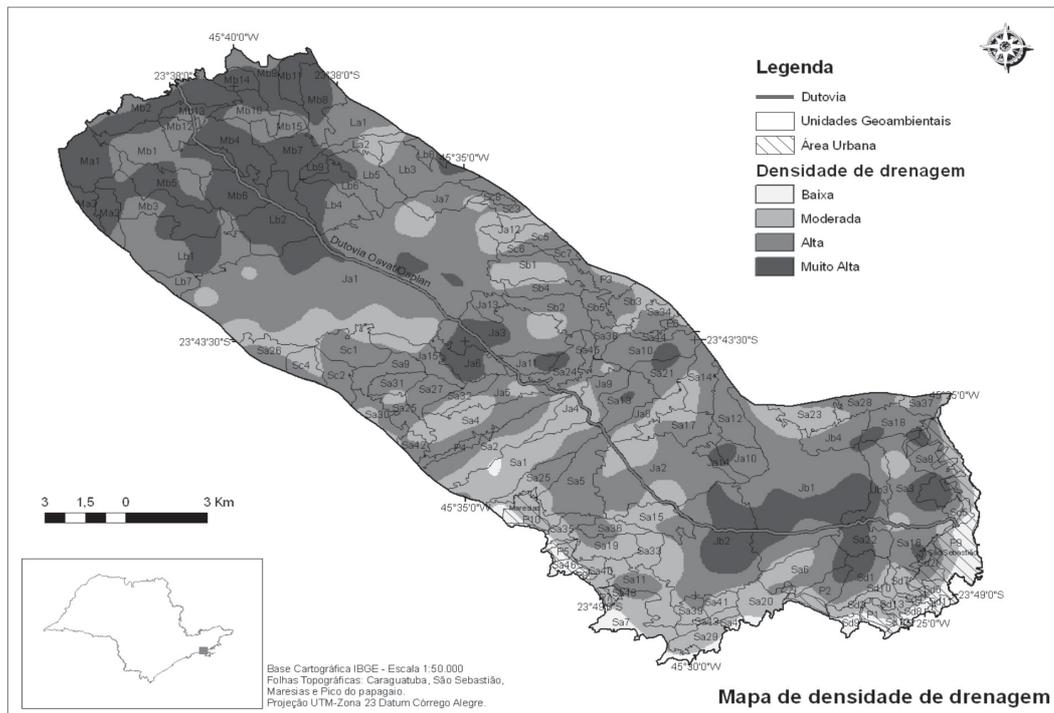
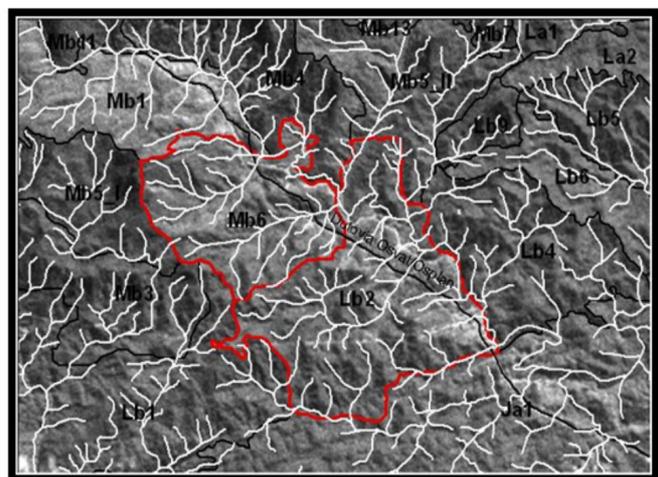


FIGURA 6. Representação da carta de densidade de drenagem.

FIGURA 7. Determinação das classes de tropia.



sentam orientação das formas de relevo e drenagem, enquanto que as rochas metamórficas são anisotrópicas, devido a sua foliação/gnaissificação/xistosidade apresentando relevo e drenagem alinhados. Na área de estudo a anisotropia das formas (muito alta quando unidirecional, alta quando bidirecional, moderada se tridimensional e nula ou isotrópica no caso de mais de tres direções), também é resultado de intenso fraturamento.

Para classificação das classes de tropia das unidades analisou-se a drenagem e a textura da imagem de satélite. Na Figura 7 a unidade Lb2 apresenta uma classificação de orientação muito alta da drenagem e relevo, enquanto a unidade Mb6 possui padrão de drenagem dentrítico característico de relevos não orientados.

Declividade

Para a definição da declividade considerou-se a inclinação média das vertentes, independentes de sua direção, obtidas nas curvas de nível da carta topográfica escala 1:50.000 do IBGE.

O intervalo para a classificação da declividade

foi o seguinte: Baixa, < 8°; Moderada, entre 8-25°; Alta entre, 25-35° e Muito alta, > 35°. De maneira geral a faixa de dutos está inserida numa área onde ocorre o predomínio de altas declividades, conforme pode ser observado na carta de declividades da Figura 8. Para determinação destas classes considerou-se que para uma dada subzona as amplitudes de relevo são constantes.

Todas as unidades geoambientais delimitadas foram classificadas segundo os quatro fatores considerados relevantes para a definição das unidades com maior instabilidade ambiental. A sistematização das unidades ocorreu em um banco de dados elaborado no programa ARCGIS 9, quando foi determinado para cada unidade o setor geomorfológico, domínio morfológico, domínio litológico, classificação quanto à alterabilidade, tropia, permeabilidade, declividade e valor atribuído a suscetibilidade ambiental da unidade. A partir das 11 zonas geoambientais compartimentou-se as unidades geoambientais que foram determinadas pelas variações nas propriedades das formas dos elementos texturais de relevo e drenagem obtidas nas imagens de satélite Landsat, banda 5.

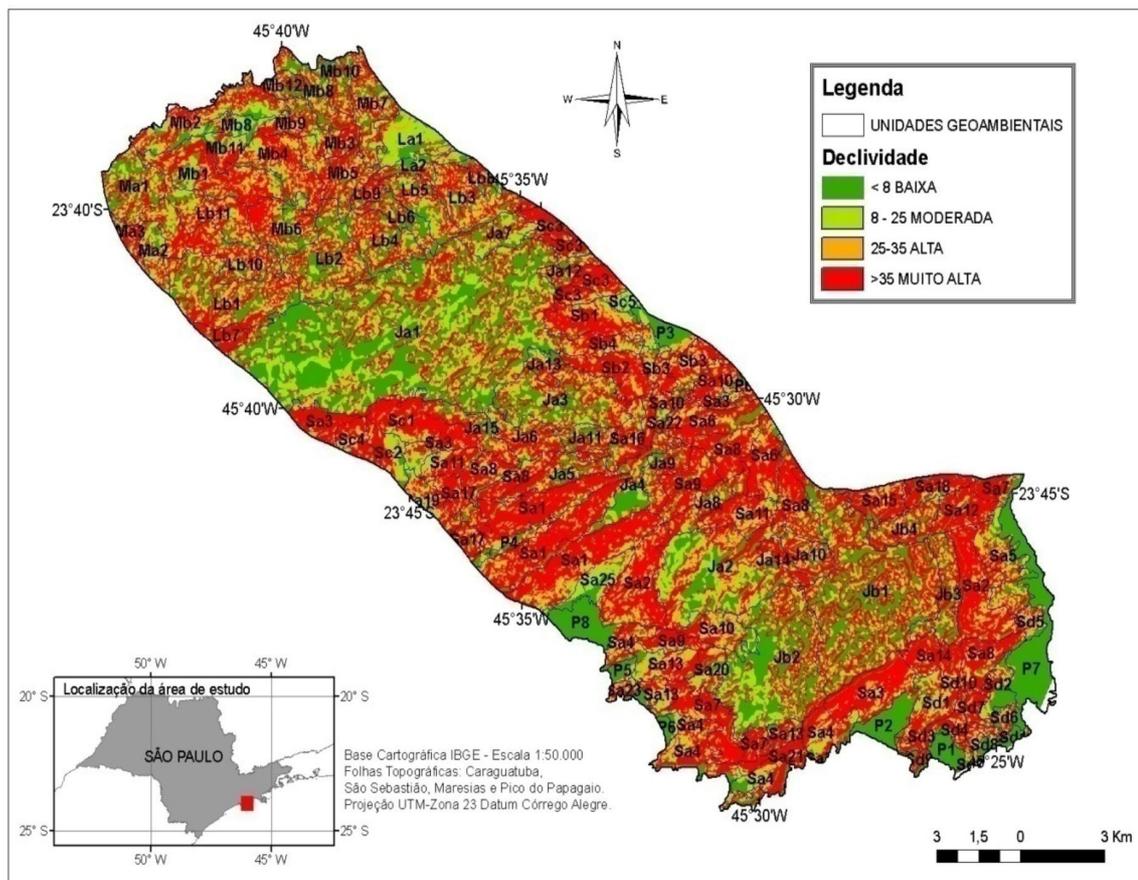


FIGURA 8. Representação da carta de declividade.

Determinação das Classes de Suscetibilidade Ambiental

Para a determinação das classes de suscetibilidade ambiental atribuiu-se os seguintes pesos aos fatores de análise: Peso 1 (alterabilidade), Peso 1,5 (permeabilidade), Peso 1 (topia) e Peso 2 (declividade). Para a determinação das classes de susceptibilidade utilizou-se a seguinte fórmula:

$$SA = (A + P \times 1,5 + T + D \times 2) / 5,5$$

Com relação aos pesos atribuídos a cada fator, o Peso 1 foi determinado à alterabilidade devido a homogeneidade da litologia na faixa, constituída por granitos e gnaisse. Também adotou-se Peso 1 para a topia, pois toda a área estudada possui alto controle estrutural.

A atribuição de Peso 1,5 à permeabilidade está relacionada a importância desse fator na infiltração e alteração das rochas e, o Peso 2, atribuído à declividade foi adotado por ser este fator de suma importância na determinação de áreas sujeitas a movimentos gravitacionais.

Após a obtenção dos valores de suscetibilidade, as unidades geoambientais foram divididas em quatro classes, descritas a seguir, segundo a suscetibilidade ambiental dessas unidades a processos erosivos e gravitacionais que possam atingir a faixa de dutos:

1. Baixa Suscetibilidade Ambiental (intervalo 1,00-2,00) em cor verde : correspondente a áreas favoráveis a instalação do duto, pois apresenta baixas restrições ao uso e ocupação. Exigem manutenção mínima, respeitadas as condições naturais.
2. Moderada Suscetibilidade Ambiental (intervalo 2,01-2,50) cor amarela: Restrições moderadas ao uso, requerendo obras de pequeno porte para manutenção do equilíbrio ecodinâmico.
3. Alta Suscetibilidade Ambiental (intervalo 2,51-3,00) em cor laranja: Áreas com fortes restrições a o uso e ocupação. Densa infraestrutura para instalação e manutenção de obras lineares.
4. Muito Alta Suscetibilidade Ambiental (intervalo 3,01-4,00) cor vermelha: Não recomendada sua ocupação, sem que haja estudo prévio para se estabelecer obras de sustentação à ocupação específica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ZONAS GEOAMBIENTAIS

As zonas geoambientais foram definidas a partir da compartimentação dos domínios morfológicos e litológicos e posteriormente pelas bacias de drenagem, resultando em 11 zonas geoambientais. Estas zonas podem ser observadas na Figura 9.

Zona Geoambiental (Ja)

Esta zona comporta o Planalto de Juqueriquerê, onde ocorrem alinhamentos de relevo e de drenagem com padrão em treliça, devido ao forte controle estrutural bi-direcional, também possuindo alta densidade de drenagem. Suas declividades estão entre moderada a alta. Constituída por morros paralelos é limitada pela zona de cisalhamento Camburu com domínio litológico de Augen Gnaiss Juqueí no trecho NW e pelo Complexo Gnáissico Migmatítico no trecho sudeste.

Zona Geoambiental (Jb)

Nesta zona a densidade de drenagem é muito alta. Perfando o trecho sul do Planalto de Juqueriquerê tem forte controle estrutural bi-direcional. Com predominância litológica do Complexo Gnáissico Migmatítico, esta zona é limitada a SE pelo sistema de cavalgamento São Sebastião. Possui declividades entre alta a moderada, com morros com vales profundos.

Zona Geoambiental (La)

Esta zona é drenada pela Bacia do Ribeirão Pau d'Alho com drenagem de padrão subdendrítico devido a um controle estrutural secundário dado por uma adaptação de um padrão dendrítico inicial. Tem moderada densidade de drenagem e declividades altas. É formada pela unidade litológica Granito Pico do Papagaio, apresentando morrotes alongados e morros paralelos nivelados a 950 m.

Zona Geoambiental (Lb)

A Zona Geoambiental (Lb) pertence ao Planalto de Lourenço Velho possuindo drenagem com alta densidade, forte estruturação bi-direcional e declividades altas. É drenada pelas bacias dos rios Pardo e Camburu a leste e bacia do rio Cubatão a oeste. Limitada a SE pela zona de cisalhamento Camburu, possui drenagem com padrão de subdendrítico a angular, sendo uma área com grande concentração de juntas e/ou falhas com ângulos variados. Esta unidade possui como unidade litológica o Granito Pico do Papagaio e é composta por morros paralelos nivelados entre 800 a 1100 m e vales fechados.

Zona Geoambiental (Ma)

A zona Ma ocupa o trecho oeste do Planalto do Moraes sendo drenada pelo rio dos Pilões. Apresenta

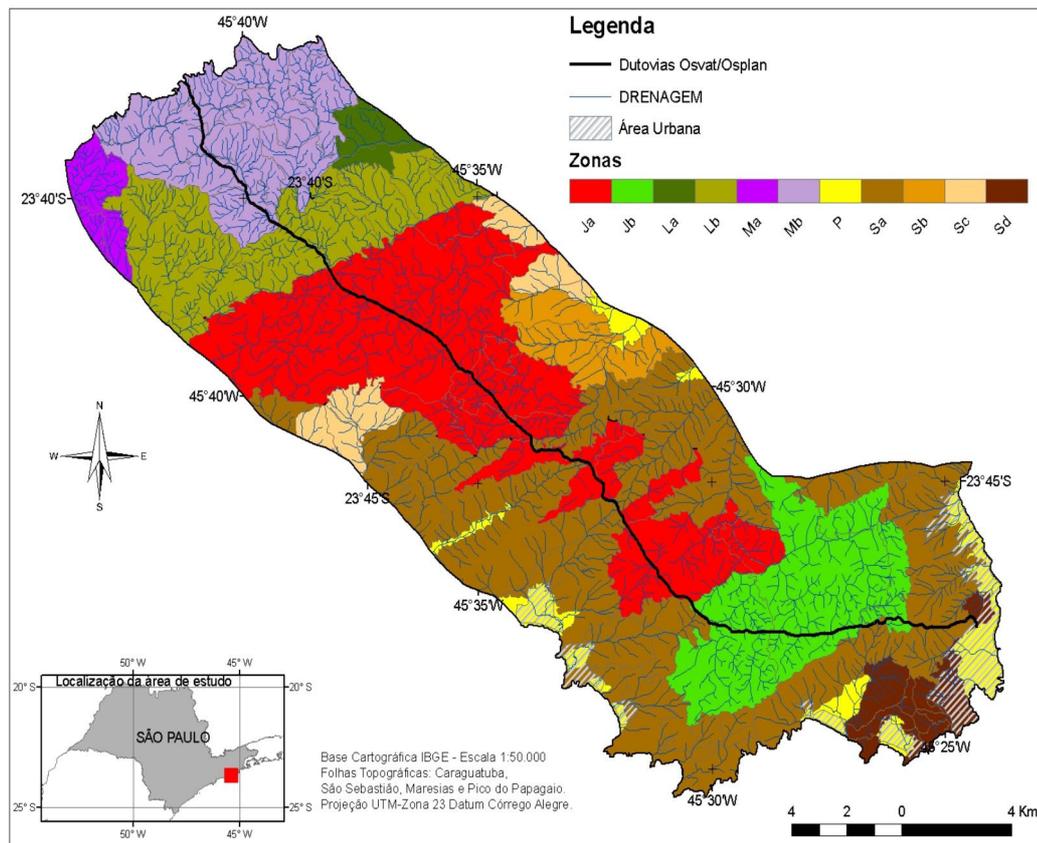


FIGURA 9. Representação da Carta de Zonas Geoambientais.

drenagem com muito alta densidade e padrão dendrítico a subdendrítico. Possui declividades de moderadas a altas e relevo de morros paralelos nivelados a 1100 m. É limitada a NW pela faixa de cisalhamento Bairro do Alto e constituída pela unidade litológica Pico do Papagaio.

Zona Geoambiental (Mb)

A zona Mb (Planalto do Moraes) tem drenagem com muito alta densidade e padrão estruturado bi-direcional. Possui altas declividades e relevo de morros paralelos com vales profundos. É formada pela unidade litológica Pico do Papagaio e é limitada a NW pela zona de cisalhamento Bairro do Alto.

Zona Geoambiental (P)

A zona geambiental P (Planície Costeira) apresenta drenagem com baixa densidade com padrão dendrítico a anastomosado, com baixas declividades. É formada por planície flúvio-marinha e constituída por unidade litológica de sedimentos quaternários (areias, cascalhos e argilas). São terrenos planos, de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária, onde ocorrem processos de agitação, ocupando pequenas áreas. As Planícies Litorâneas apresentam altimetrias entre

0 e 20m e declividades inferiores a 2%. São áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos às acomodações constantes.

Zona Geoambiental (Sa)

Na zona geambiental Sa (Serrania Costeira) ocorre drenagem com moderada a alta densidade e padrão paralelo a pinado, sendo formada pela unidade biotita gnaisse-migmatitos. Consiste numa faixa de encostas com vertentes abruptas que margeiam o Planalto Atlântico desde a região do Planalto da Bocaina até a região do Vale do Ribeira de Iguape. Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se em escarpas e cristas com topos aguçados e topos convexos. As altimetrias variam desde 20 até 1.000 m e as declividades predominantes são superiores a 40%, chegando a 60% em setores localizados das vertentes. Devido ser uma zona com formas de dissecação muito intensas, com vales de grande entalhamento, com alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial muito alto, estando sujeita a processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

Zona Geoambiental (Sb)

A zona geoambiental Sb (Serrania Costeira) apresenta drenagem com moderada a alta densidade e padrão paralelo a pinado. Possui relevo de escarpas digitadas com muito altas declividades. É formada pela unidade metagabros, metadoritos e enderbitos. Consiste numa faixa de encostas com vertentes abruptas.

Zona Geoambiental (Sc)

Esta zona geoambiental Sc (Serrania Costeira) possui drenagem de moderada densidade e padrão dendrítico a paralelo. É formada por granitóides gnáissicos e possui relevo de escarpas digitadas. Constitui-se numa unidade de formas de dissecação.

Zona Geoambiental (Sd)

A zona geoambiental Sd (Serrania Costeira) tem drenagem com moderada densidade e padrão dendrítico à treliça, face ao condicionamento estrutural regional. Possui relevo residuais de morraria costeira. É formada pela unidade Leucogranito gnáissico com granada. As altimetrias variam desde 20 até 600 m e as declividades predominantes são superiores a 30%. A drenagem

apresenta um padrão, face ao condicionamento estrutural regional. Por ser uma unidade de formas de dissecação esta área apresenta uma suscetibilidade de média a alta, estando sujeita a fortes atividades erosivas.

UNIDADES GEOAMBIENTAIS

O total de unidades geoambientais compartilhadas foi de 101, agrupadas nas zonas anteriormente citadas. Resumidamente podemos classificar as unidades geoambientais em: 12 de baixa suscetibilidade, 21 de moderada, 43 de alta e 25 de muito alta suscetibilidade. Pode-se notar uma concentração das unidades de muito alta na zona Sa. A carta obtida após a classificação das unidades segundo a suas suscetibilidades ambientais servirá de base para a carta de suscetibilidade ambiental (Figura 10).

ANÁLISE MORFOTECTÔNICA

Carta de Lineamentos Estruturais e Traços de Junta

A Carta de Lineamentos Estruturais e Traços de Juntas (Figura 11) foi obtida mediante a interpretação de imagem na ETM+/Landsat, banda 5 e da rede de

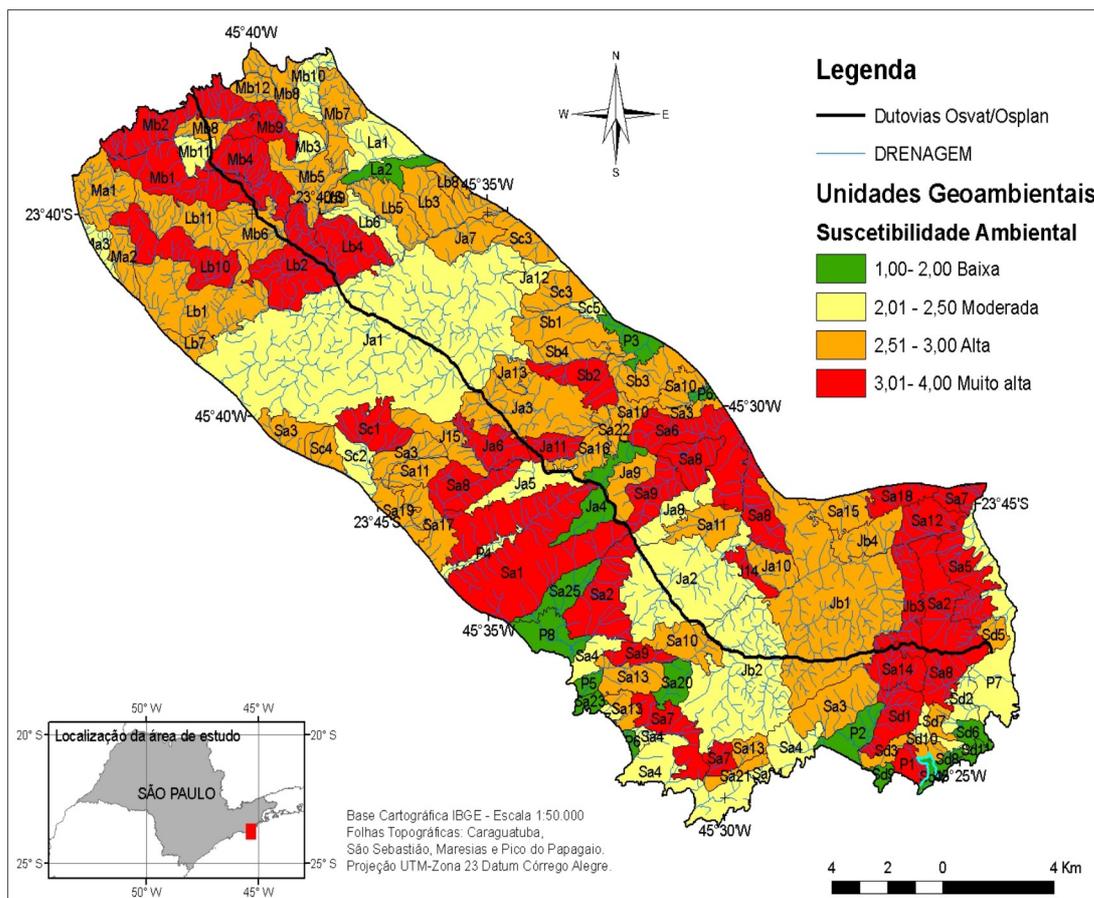


FIGURA 10. Representação da Carta de Unidades Geoambientais classificadas segundo sua suscetibilidade ambiental na faixa de dutos Osvat/Osplan.

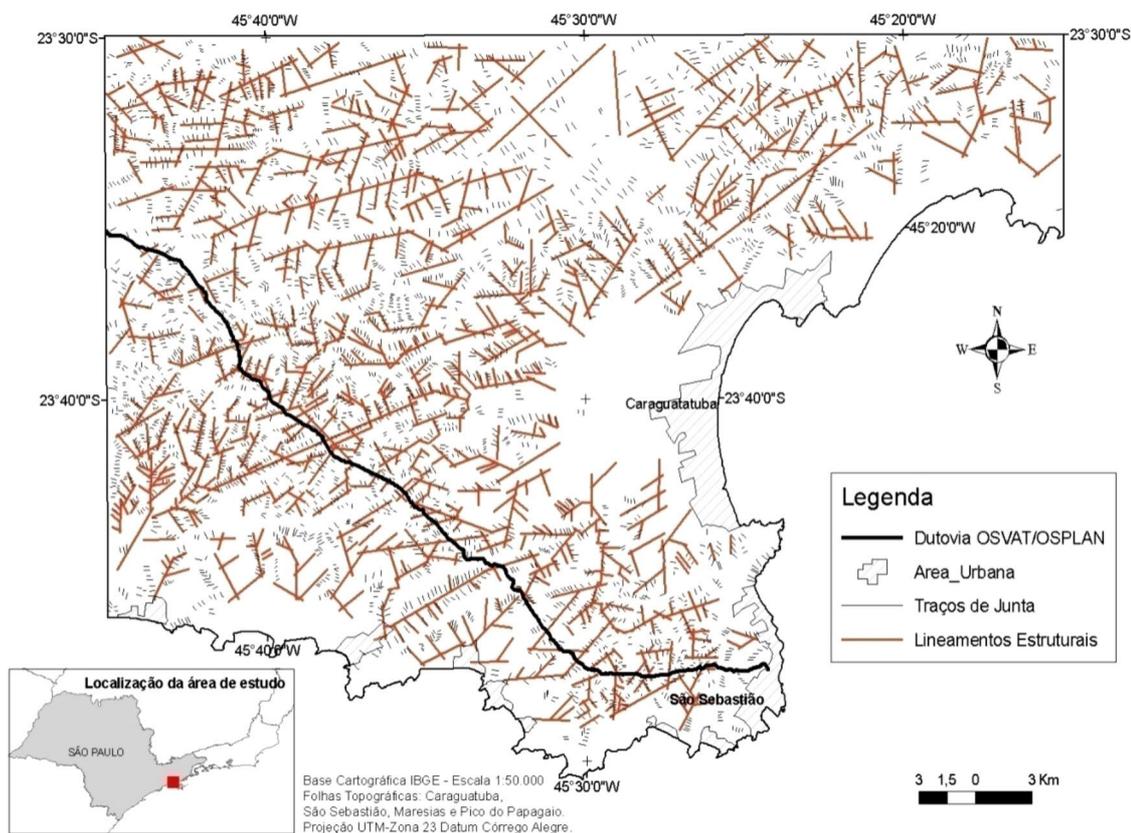


FIGURA 11. Representação da Carta de Lineamentos Estruturais e Traços de Juntas.

drenagem vetorizada, segundo o método sistemático de fotointerpretação. De forma geral, em regiões de maciços cristalinos, especialmente em regiões acidentadas, com cortes de grande amplitude – como no caso de dutovias e rodovias –, impõe-se a necessidade de se conhecer as direções principais das estruturas, pois estas condicionam a estabilidade dos cortes.

Os lineamentos mais proeminentes na área correspondem à Zona de Cisalhamento Camburu, que se trata de um lineamento bem definido com orientação NE, formando um baixo topográfico (vale) no planalto entre o granito Pico do Papagaio e o Augen Gnáissico Juqueí e à Zona de Cisalhamento Bairro do Alto (Maffra, 2000).

A quantidade de lineamentos estruturais obtida foi de 806 com comprimentos variando de 501 a 15000 m, com média de comprimentos dos lineamentos de 1615. Quanto aos traços de juntas foram obtidos 4010, com comprimento entre 65 a 500 m e média de 256 m. A área de estudo, por apresentar quase em sua totalidade rochas do embasamento cristalino, é extremamente fraturada com alinhamentos de relevo e drenagem com extensões quilométricas.

Cartas de Densidade de Lineamentos Estruturais e de Traços de Juntas

Na Carta de Densidade de Lineamentos Estruturais e Traços de Juntas (Figura 12) pode-se observar a concentração de traços de juntas bem como dos lineamentos estruturais na porção NW da área de estudo, devido a existência das zonas de cisalhamentos Camburu e Bairro do Alto que condicionam fortemente o relevo e a drenagem da região.

Na zona de cisalhamento Camburu ocorre o interflúvio das bacias do planalto Paulistano, do planalto de Juqueriquerê e planaltos do Paraitinga e Paraibuna.

Nessa área de intenso fraturamento são favorecidos os processos naturais de alteração e erosão linear ou de fluxo concentrado (ranhura, sulco, vala e ravina), quando esta é submetida a intervenções humanas como cortes, escavações, aterros para instalação de obras de engenharia. Essas intervenções podem provocar sobrepeso e levar ao desencadeamento de processos erosivos lineares, escorregamentos planares ou em cunha bem como queda de blocos.

De acordo com Peter et al. (segundo Caetano, 2006) é recomendável o uso das Cartas de Densidade

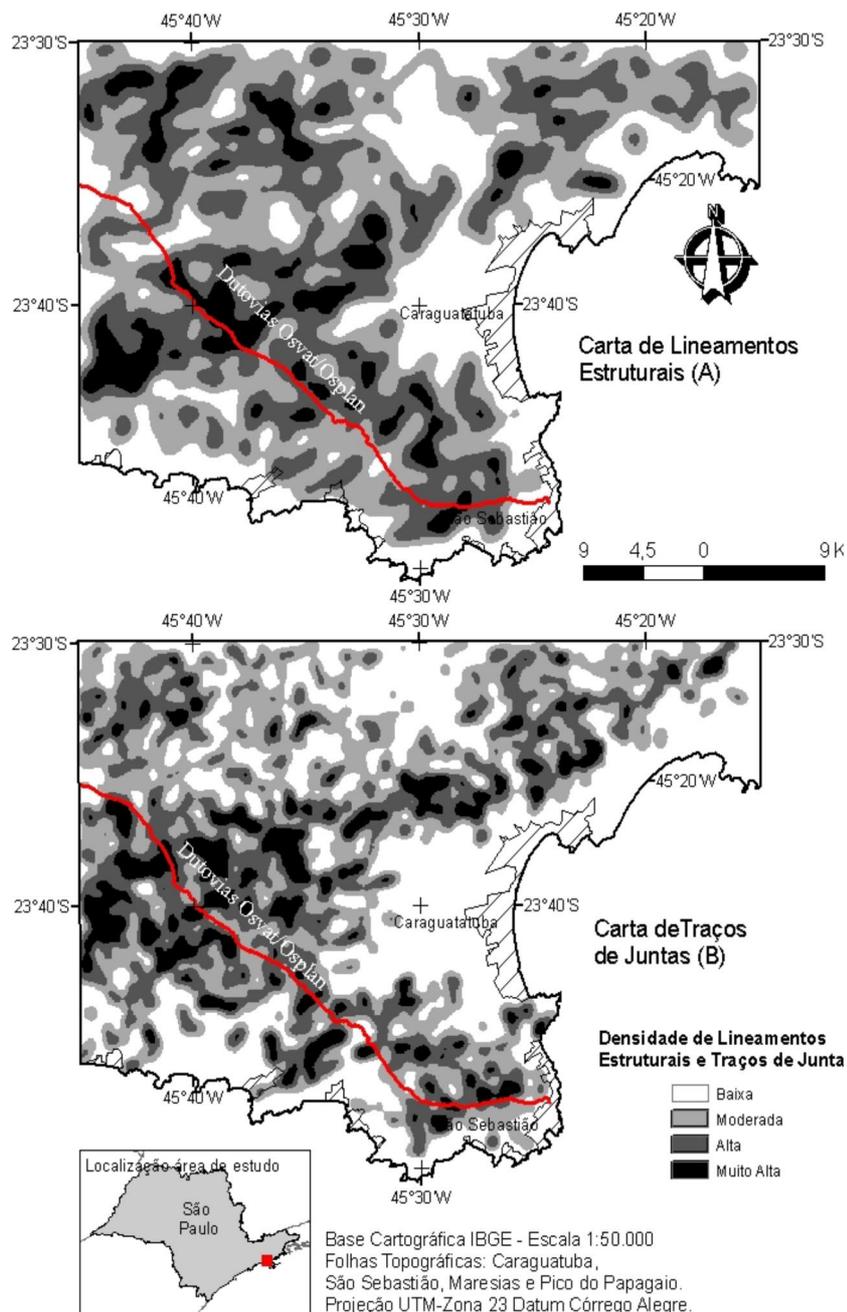


FIGURA 12. Representações das Cartas de Densidade de Lineamentos Estruturais (A) e Traços de Juntas (B).

de Traços de Junta e Lineamentos Estruturais bem como da análise de frequência de direção através do diagrama de rosetas, com o objetivo de determinação de áreas intensamente fraturadas.

No diagrama de rosetas da Figura 13 observa-se que as direções preferenciais dos lineamentos estruturais são N20-50W e secundariamente N10W e N50-80E. Quanto aos traços de junta a direção preferencial consiste em N30-40W e a direção secundária é EW.

A faixa de dutos Osvat/Osplan atravessa a área de estudo acompanhando a direção preferencial N20-50W dos lineamentos estruturais e N30-40W dos traços

de juntas, o que acarreta maior estabilidade à obra. No entanto, o duto corta perpendicularmente a direção secundária N50-80E dos lineamentos estruturais e EW dos traços de juntas, o que gera maior preocupação com estas áreas que caracterizam-se como mais suscetíveis a processos erosivos concentrados e queda de blocos, os quais são condicionados pelas direções dos fraturamentos.

Na Figura 14 observa-se os lineamentos estruturais filtrados na análise de lineamentos do SPRING, segundo suas direções para o intervalo N50-80E, na faixa de duto Osvat/Osplan.

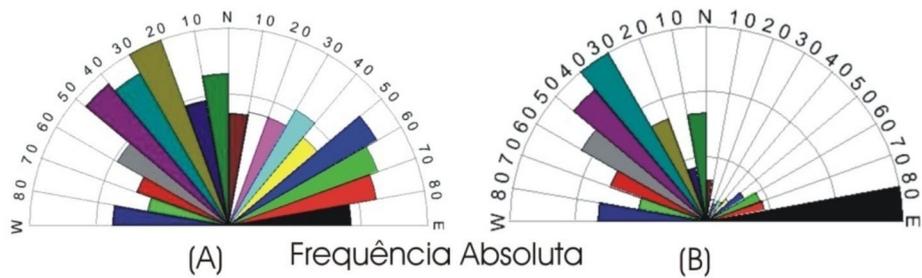


FIGURA 13. Diagrama de rosetas para os lineamentos estruturais (A) e traços de juntas(B).

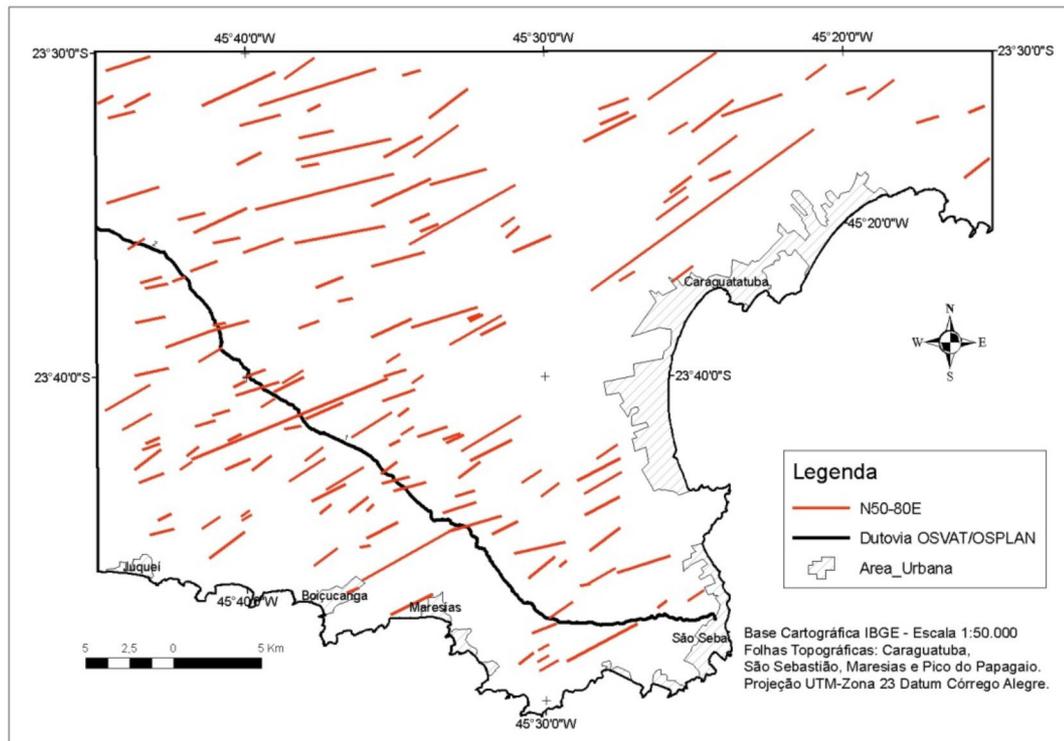


FIGURA 14. Representação dos Lineamentos estruturais secundários N50-80E na área de estudo.

A predominância de direções de lineamentos leva a crer que estas estão presentes em toda a área de estudo, ou seja, a instalação de obras lineares que cruzem perpendicularmente essas direções estruturais frequentes condiciona maior atenção nesses trechos específicos, pois estes tendem a apresentar processos erosivos e gravitacionais. Ao se observar a Figura 14, nota-se a existência dessas estruturas em toda a faixa de dutos com concentração próxima a região da zona de cisalhamento Camburu. Nesta área um maior detalhamento é imprescindível devido sua notável complexidade estrutural.

A orientação dos lineamentos de relevo e traços de juntas preferencialmente a NW ocorre na área de estudo devido à orientação NE-SW do Cinturão de Cisalhamento Transcorrente Paraíba do Sul. A drena-

gem tem distribuição isotrópica, conforme o diagrama de rosetas (Figura 15) e apenas a direção N20-30W se destaca das demais. Comparando-se o resultado obtido com o dos traços de juntas e lineamentos de relevo percebe-se o forte condicionamento da drenagem por estas estruturas.

Carta de Zonas de Variação de Máximos 1 e 2

A carta de Zonas de Variação de Máximos 1 e 2 foi obtida da carta de Máximos 1 e 2 de traços de juntas (Figura 16).

Conforme Mattos et al. (2002), a análise de traços de junta em máximos 1 e 2 tem como objetivo determinar o processo de deformação regional e onde estes mudam bruscamente de direção, determinando as zonas onde existe uma variação no regime de campo

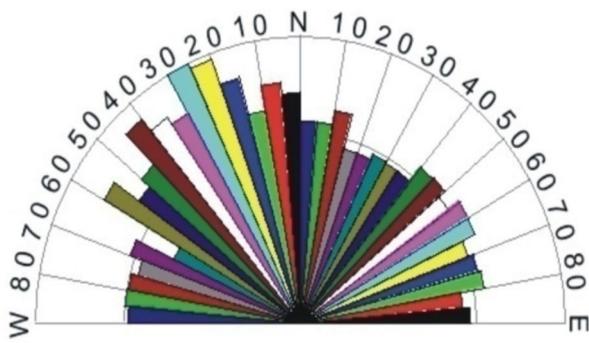


Figura 15. Diagrama de rosetas dos elementos lineares da drenagem da área de estudo.

de tensão da deformação, estabelecendo áreas de maior fraturamento, ou seja, suscetibilidade a erosão .

As áreas mais fraturadas são aquelas onde há variação de máximos 1 e 2 concomitantemente, seguidas daquelas em que há variação somente dos máximos 1 e finalmente variação somente no máximo 2. As zonas de variação de máximos de fraturamentos indicam zonas tectonicamente muito ativas. São áreas fraturadas em várias direções caracterizando materiais muito alterados, ou seja, muito decompostos, materiais estes que podem ser considerados como muito suscetíveis a escorregamentos.

Na área de estudo, mais especificamente no trecho da dutovia próxima a zona de escarpas festona-

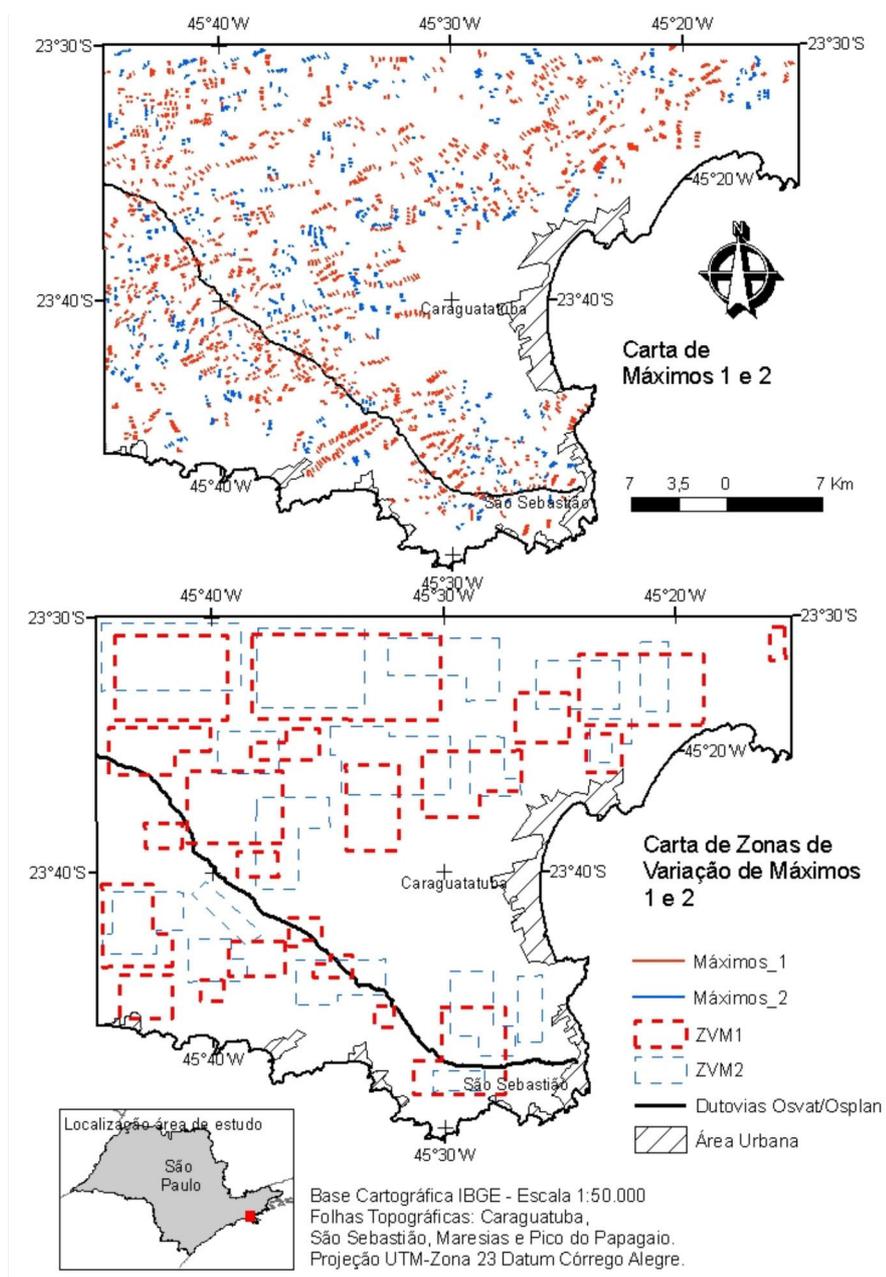


FIGURA 16. Representação das Cartas de Máximos 1 e 2 e das Zonas de variação de Máximos 1 e 2.

das voltadas a para o município de São Sebastião, ocorre uma zona de variação de máximos 1 e 2. Assim sendo, esta configura-se como uma área de grande instabilidade ambiental com prováveis processos erosivos e gravitacionais, e onde se localiza o sistema de cavalcamento São Sebastião. Outras zonas de variação de máximos ocorrem na região N da área de estudo na faixa de cisalhamento transcorrente Camburu.

Carta de Densidade de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais

A carta de Densidade de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais (Figura 17) foi obtida a partir da Carta de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais.

A carta de densidade de cruzamentos permite realizar a avaliação em contexto regional das zonas de intenso cruzamento de fraturamentos. Na Figura 17 pode-se observar um eixo principal de intensidade de ocorrência de lineamentos e cruzamentos que se estende da porção leste até a porção norte da área de estudo, com direção SW-NE representativa da Zona de Cisalhamento Camburu. Na porção NW da área de estudo ocorre uma concentração de cruzamentos na região da zona de cisalhamento Bairro do Alto.

CARTA DE SUSCETIBILIDADE AMBIENTAL (CSA)

Utilizando o princípio da convergência de evidências realizou-se a integração das informações

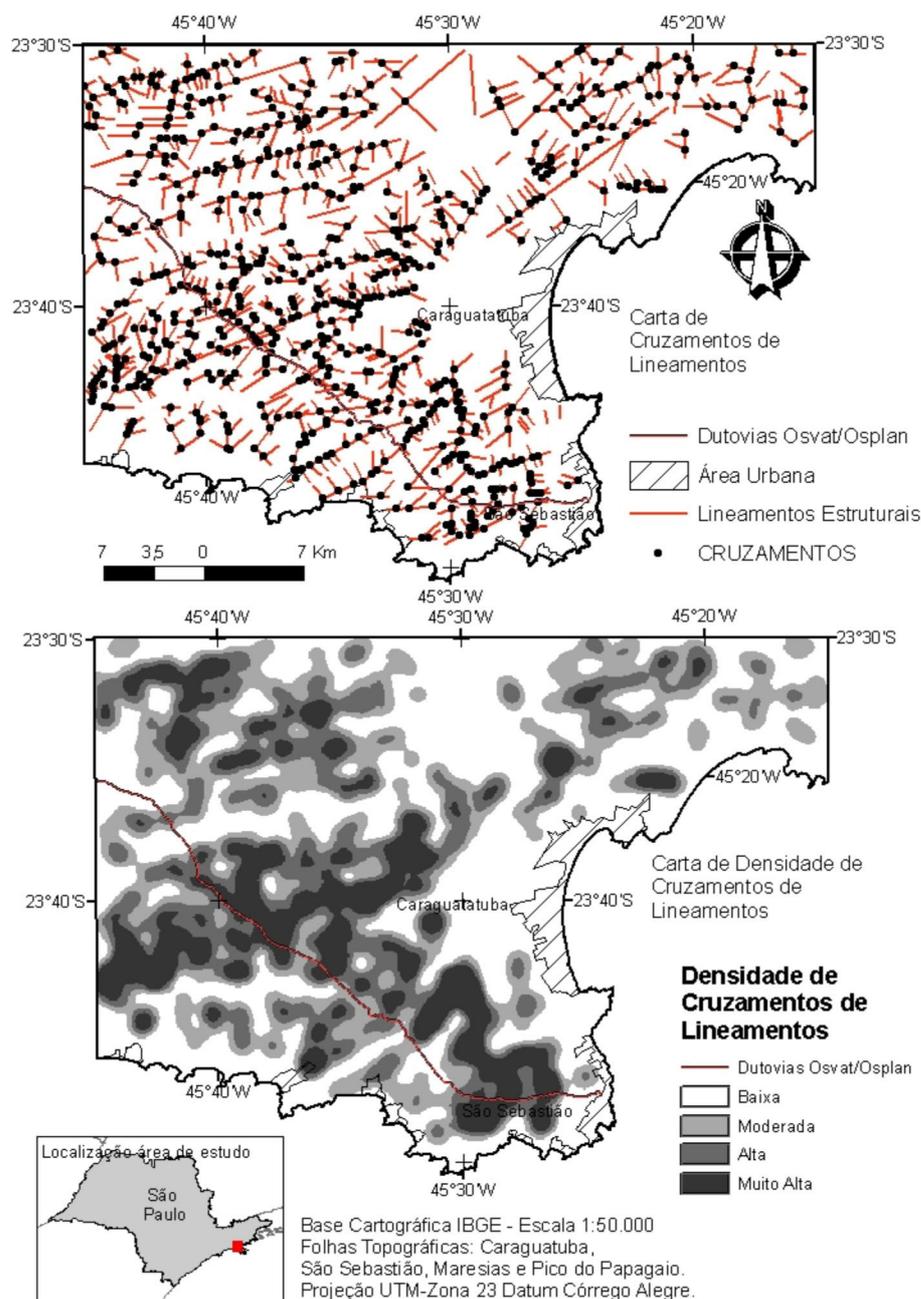


FIGURA 17. Representação da Carta Cruzamentos de Lineamentos e Densidade de Cruzamentos.

obtidas na área para estabelecer, em caráter regional, as áreas mais suscetíveis a processos gravitacionais e erosivos na faixa de dutos Osvat/Osplan, ou seja, a carta de unidades geoambientais classificadas segundo suas suscetibilidades ambientais a processos erosivos e gravitacionais. A carta de zonas de variação de máximos 1 e 2 foram integradas e originaram a Carta de Suscetibilidade Ambiental (Figura 18).

As áreas assinaladas na carta referentes às zonas de variação de máximos 1 e 2 não correspondem a limites nítidos no terreno. São regiões que sobre o ponto de vista do meio físico e de feições estruturais (juntas e lineamentos estruturais) apresentam-se como as mais recomendadas a pesquisas de semi-detulhe ou de

detulhe (escala 1:10000).

As demais cartas elaboradas a partir das cartas de lineamentos estruturais e traços de juntas apesar de não integradas a CSA têm função de ajudar na melhor compreensão da área.

A análise de fraturamento foi feita para uma área de maior extensão devido à necessidade de uma visão regional dessas estruturas. Já as unidades geoambientais foram definidas para a faixa de dutos (354 km²). O produto final, onde houve a integração das cartas, foi elaborado na escala 1:100.000. Na CSA da faixa de dutos Osvat/Osplan (Figura 18) foi incorporada uma nota referente ao entendimento técnico da legenda da CSA.

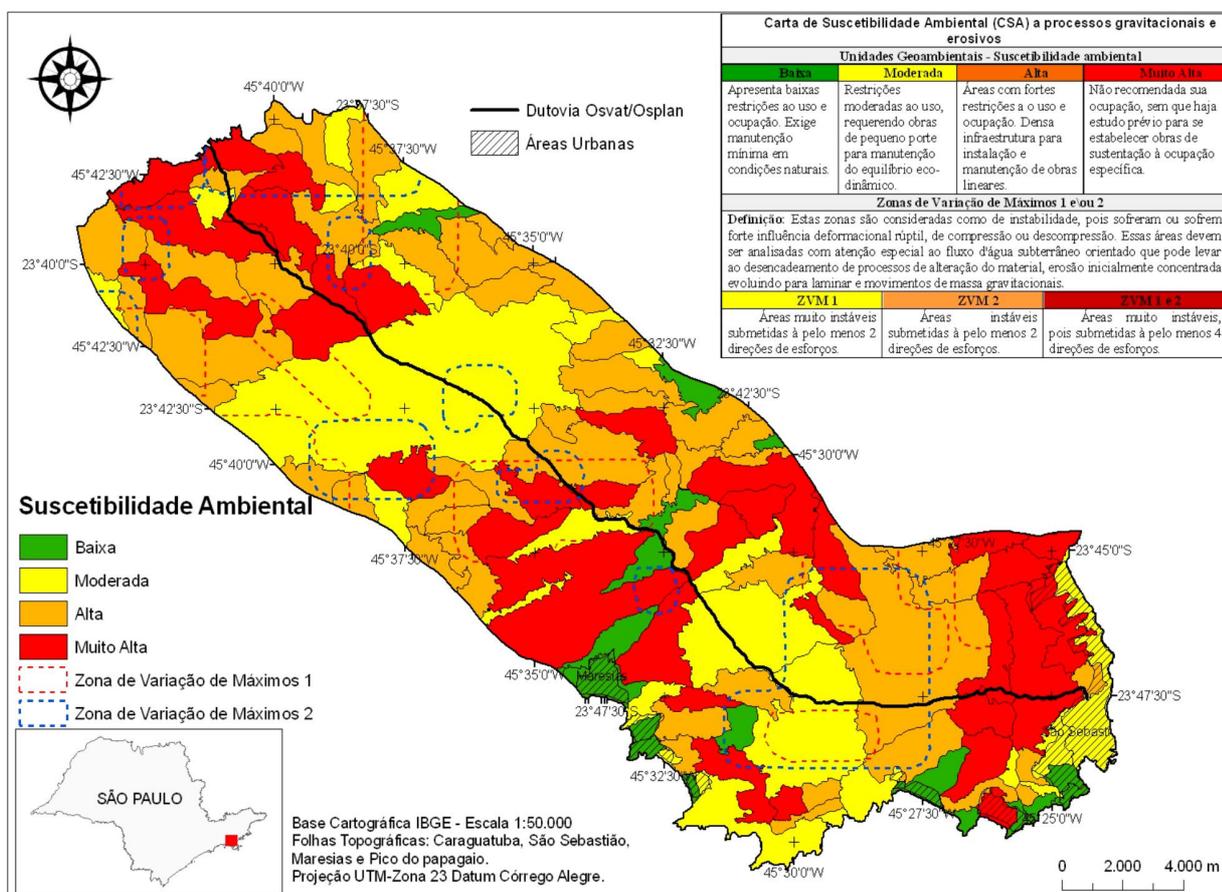


FIGURA 18. Carta de Suscetibilidade Ambiental (CSA) para a faixa de dutos Osvat/Osplan.

CONCLUSÕES FINAIS

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto orbital aplicado ao estudo integrado do meio físico contribuiu com extremo valor ao procedimento metodológico utilizado, fornecendo subsídios para a elaboração da carta de Suscetibilidade Ambiental (CSA) a processos gravitacionais e erosivos. Dessa análise integrada foi elaborada uma carta com propósito de

criar uma ferramenta de gestão acessível a qualquer profissional da área ambiental, ou seja, tornar mais sistemática e operacional a utilização dos procedimentos de integração de dados ambientais.

As obras lineares possuem especificidades quanto a sua escala de interferência – muitas vezes continentais –, portanto necessitam de estratégias que

viabilizem tecnicamente e financeiramente esses mapeamentos. O uso de tecnologias de sensoriamento remoto na compartimentação de zonas geoambientais comporta esses dois objetivos, pois permite o desenvolvimento desse trabalho a baixos custos e sua eficiência técnica.

Todos os dados e as informações obtidas foram armazenados em um banco de dados geográfico digital georreferenciado (BDGDG), em um ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), o que facilitou a manipulação, a visualização, a atualização e a reprodução dos mesmos.

No caso de obras lineares a análise de fraturamentos é imprescindível pois permite uma análise regional das estruturas condizente com a escala destas obras. Deste modo, conhecendo as direções principais dos fraturamentos de determinada região, garante-se melhores escolhas quando da definição de traçados e estratégias para a gestão e manutenção de dutovias.

Em se tratando de um ambiente tão complexo estruturalmente como o da área deste estudo essa análise é ainda mais importante. As obras lineares devem sempre evitar cruzar perpendicularmente ou ortogonalmente às áreas intensamente fraturadas. Devem evitar áreas com alta frequência de lineamento e de cruzamento de lineamentos, pois são áreas sujeitas à percolação de água, sendo, portanto muito instáveis.

A carta de suscetibilidade ambiental procura determinar áreas mais favoráveis a eventos geodinâmicos gravitacionais e erosivos. Esta possui informações sobre o meio físico, de interesse para as ações de planejamento ambiental e a concepção de obras de infraestrutura. A integração das cartas de zonas de variação de Máximos 1 e 2 e de unidades geoambientais, permitiu localizar na faixa de dutos as áreas que necessitam de estudos mais detalhados, de forma a evitar acidentes que possam atingir os dutos Osvat/Osplan.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo - ANP, da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e do Ministério da Ciência e Tecnologia, por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP - PRH-5 - para o setor de Petróleo e Gás pelo apoio a pesquisa e concessão de bolsa de mestrado a Cristiane Alessandra de Moura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. São Paulo: Geologia do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Geografia e Geologia**, n. 41, p. 169-263, 1964.
2. CAMPANHA, G.A.C. & ENS, H.H. Estrutura geológica da região da Serra de Juqueriquerê, São Sebastião. **Boletim IG-USP**. Série Científica, v. 27, p. 41-49, 1996.
3. CAMPANHA, G.A.C.; ENS, H.H.; PONÇANO, W.L. Análise morfotectônica do planalto do Juqueriquerê, São Sebastião. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 1, p. 32-42, 1994.
4. CRISÓSTOMO NETO, A.P. **Mapeamento Geoambiental por imagem de satélite do Vale do Paraíba**. Rio Claro, 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
5. FERNANDES, N.F. & AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológica-geomorfológica. In: GUERRA, A.T.; CUNHA, S.B. (Eds.), **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 3, p. 123-124, 1996.
6. LOCZY, L. & LADEIRA, E.A. **Geologia Estrutural e introdução a geotectônica**. São Paulo: Editora Blucher, 528 p., 1976.
7. MAFFRA, C.Q.T. **Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: evidências de um regime transpressivo**. São Paulo, 2000. 113 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
8. MATTOS, J.T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; OHARA, T.; MENDES, M.L. DE B.; SANTANA, M.A. **Crítérios para mapeamento de classes a erosão de solos em imagens TM-Landsat**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 2002, Cochabamba. Selper: Cochabamba, 2002, p. 1-9.
9. O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new Standards for old terms. **Geological Society of America Bulletin**, n. 87, p. 1463-1469, 1976.
10. SMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Macrozoneamento do litoral Norte - Plano de Gerenciamento Costeiro**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente (Série Documentos), 202 p., 1996.
11. VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. Rio Claro, 2000. 178 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
12. VENEZIANI, P. **Fotogeologia com imagens orbitais - e definições fundamentais**. Roteiro de Estudos. São José dos Campos: INPE, 61 p., 1991.

*Manuscrito Recebido em: 15 de junho de 2010
Revisado e Aceito em: 14 de julho de 2011*