

HERMES DIAS BRITO

**Dutovias: Aspectos Gerais e a Questão Ambiental
na Definição de Trajetos Terrestres**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de
Formatura do Curso de Graduação de Engenharia
Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências
Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como
parte das exigências para o cumprimento da disciplina
Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.*

Orientador: Marcus César Avezum Alves de Castro

Rio Claro (SP)
2008

Hermes Dias Brito

Dutovias: Aspectos Gerais e a Questão Ambiental
na Definição de Trajetos Terrestres

Orientador: Marcus César Avezum Alves de Castro

Co-orientador: Ricardo Ribeiro Dias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do
grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro
2008

AGRADECIMENTOS

Registro aqui minha sincera gratidão pelas diversas contribuições que tive ao longo da elaboração desta monografia. Em especial, agradeço ao meu orientador, professor Marcus, por ter me aceitado como orientando mesmo com a enorme quantidade de afazeres que já tinha. Ao meu co-orientador, Ricardo Ribeiro Dias, professor e coordenador do curso de graduação em engenharia ambiental na Universidade Federal do Tocantins da cidade de Palmas. A meu pai e professor Dimas Dias Brito, pelos incentivos, idéias, orientações, discussões e reflexões ao longo do trabalho e pelas revisões e orientações finais à monografia. Agradeço o geólogo Wilson José de Oliveira, pessoa fundamental à elaboração da monografia. Wilson é especialista no assunto tratado e consultor sênior da Engenharia de Avaliação Ambiental (ENGENHARIA/IETEG/ETEG/EAMB) da Petrobrás. Agradeço-o pela atenção e paciência despendida nos contatos realizados e grande quantidade de informações e materiais fornecidos (normas técnicas da empresa, documentos sobre linhas dutoviárias e revistas, além de materiais didáticos utilizados e apresentados no curso “Avaliação Ambiental de Projetos Dutoviários” em fevereiro de 2008). Por fim, agradeço o Programa de Formação de Recursos Humanos para o Setor de Petróleo & Gás (PRH-05) da Unesp de Rio Claro, ao qual está vinculado este trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	9
3. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
4.1. Dutovias - aspectos gerais e construtivos	11
4.2. Dutovias - interação obra-terreno	12
4.3. Dutovias - avaliação de impacto ambiental	12
4.4. Dutovias - estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados	14
4.4.1. Aspectos gerais	14
4.4.2. Execução prática e materiais envolvidos	16
4.4.3. O exemplo do gasoduto Paulínia-Jacutinga	23
4.5. Dutovias – fases posteriores ao estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados ...	29
5. CONCLUSÕES	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
7. BIBLIOGRAFIA	35

Dutovias: Aspectos Gerais e a Questão Ambiental na Definição de Trajetos Terrestres

Resumo. Levando-se em consideração a consistente e importante expansão da malha dutoviária brasileira ligada ao setor de óleo, gás nos últimos anos, este trabalho enfoca o planejamento destas obras lineares no continente, tendo como preocupação principal o meio ambiente e tem como objetivo central expor como são feitos os estudos de avaliação de alternativas de traçados que antecedem a instalação de uma nova dutovia, gasoduto ou oleoduto. Tais estudos auxiliam na escolha de rotas que resultam em menor impacto ambiental, utilizando-se de metodologia, tecnologias e ferramentas apropriadas. O trabalho foi realizado a partir de pesquisas bibliográficas, entrevistas e discussões com profissionais do setor de óleo e gás.

Abstract: *Taking into account the consistent and important expansion of the Brazilian oil and gas pipelines network in the last years, this work discusses how these lines are planned regarding the continental environmental context. Its central objective is to show how studies to select alternative lines are made before a gas or oil pipeline is installed. These studies help to choose routes in which the environment is less affected by the pipeline, and use specific methods, technologies, and tools. Bibliographical studies combined with interviews and discussions with experts of the oil and gas sector were used to support this monograph.*

1. Introdução

A projeção para a demanda mundial por recursos energéticos feita pela Agência Internacional de Energia (IEA) para o período de 2000 a 2030 indica acréscimo de 1,7% ao ano. A demanda atingirá 15,3 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) em 2030, sendo que aproximadamente 90% da energia fornecida corresponderão a combustíveis fósseis (IEA, 2002).

Em 2005 a matriz energética mundial produziu 11,5 bilhões de TEP, sendo que os combustíveis fósseis representaram aproximadamente 80% da energia: 35,28% de petróleo, 24,5% de carvão e 20,70% de gás natural (IEA, 2005), Figura 1.

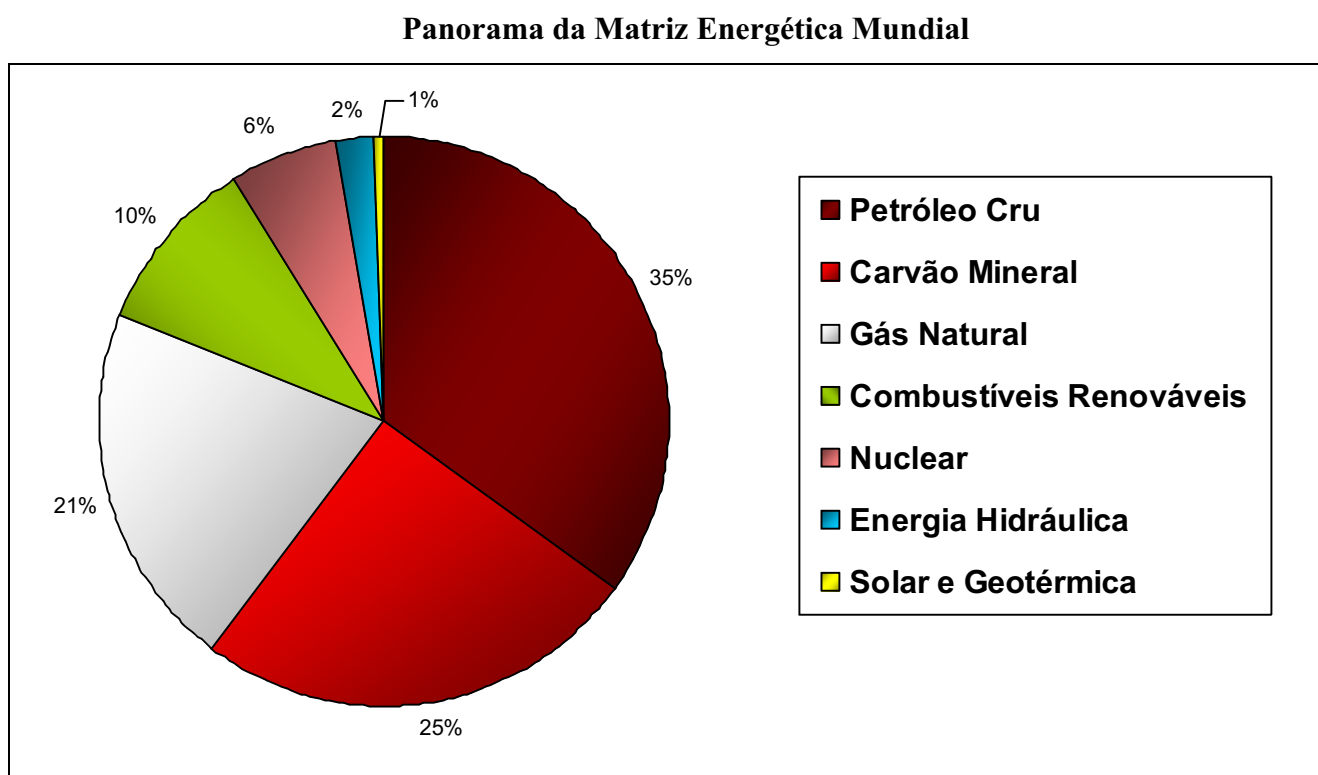


Fig. 1 - Distribuição das 11467,744 milhões de TEP de energia produzidas no mundo, tendo como referência o balanço energético mundial de 2005 (IEA, 2005).

O Brasil, apesar de depender em muito de combustíveis fósseis (53,4% da energia utilizada), se destaca entre as economias industrializadas pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética; ademais, apresenta uma matriz mais bem distribuída em relação ao mundo (Figura 2). A consistente participação destas energias renováveis (hidroelétrica e biomassa) na matriz energética nacional é explicada pela localização do país, que recebe quantidades de energia solar de forma privilegiada, favorecendo o crescimento de biomassa, e pela disposição das bacias hidrográficas brasileiras que apresentam grande número de rios de planaltos submetidos a regimes pluviométricos

diferenciados, o que faz com que os grandes reservatórios sejam abastecidos alternadamente, garantindo o potencial energético das usinas instaladas (Lima, 2008).

Panorama da Matriz Energética Brasileira

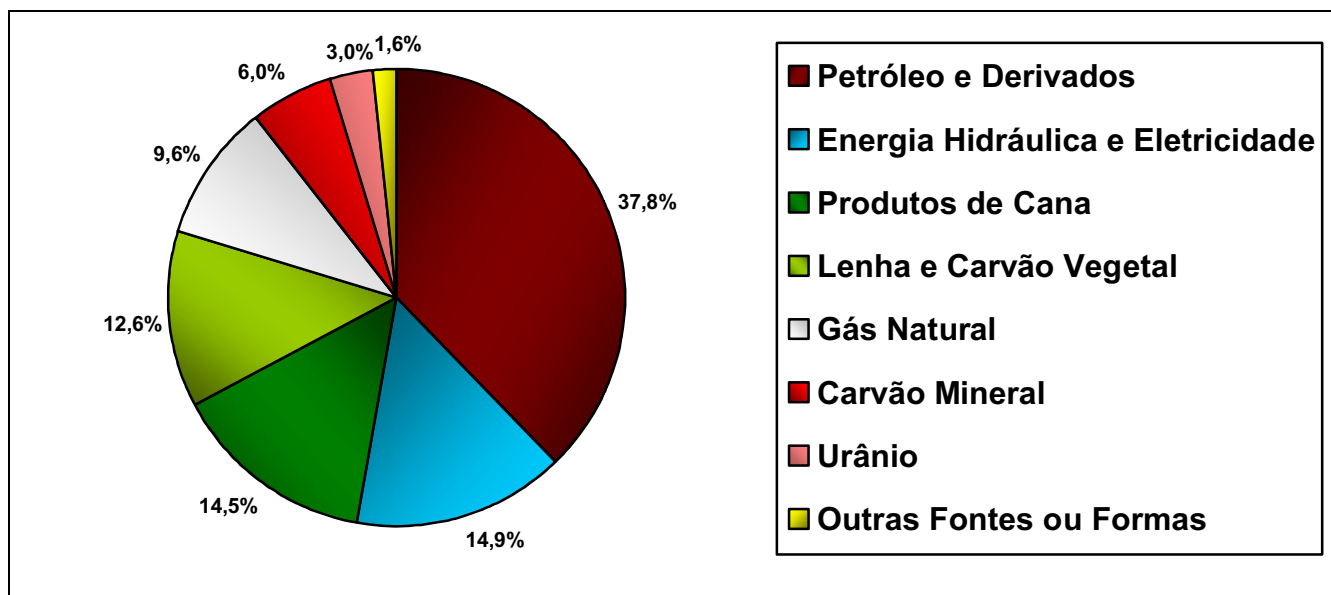


Fig.2 - Distribuição das 226,1 milhões de TEP ofertadas no Brasil em 2006, tendo como referência o balanço energético nacional em 2006 (Brasil. Ministério de Minas e Energia, 2007).

A movimentação dos recursos energéticos é intensa. É por meio de ferrovias, hidrovias, rodovias, aerovias, linhas de transmissão e dutovias que se distribui a energia em todo o país. A malha dutoviária constitui-se em infra-estrutura fixa que pode estar em superfície, subterraneamente ou sobre o fundo marinho, ligando pontos de produção e de distribuição, bem como de refino ou embarque, de diferentes produtos.

Atualmente, enquanto países como o Canadá, Rússia e Estados Unidos têm, respectivamente, 200, 330 e 440 mil km de dutos construídos, a malha dutoviária brasileira, representada principalmente por gasodutos e oleodutos, tem aproximadamente 20 mil km de extensão (Figuras 3 e 4), destacando-se o gasoduto Brasil-Bolívia (de Santa Cruz de la Sierra a Porto Alegre). A rede de oleodutos operados pela Transpetro possui 10054 km (Transpetro, 2007). Apenas no Estado de São Paulo existe uma rede de 6500 km de dutos (Governo do Estado de São Paulo, 2007).

Em decorrência do crescimento econômico do Brasil, das recentes descobertas de grande reservas de gás natural e óleo, da produção intensa de etanol e do conseqüente esperado aumento no movimento dos hidrocarbonetos e biocombustíveis, tem-se a perspectiva concreta de que a malha dutoviária do Brasil sofrerá grande expansão a curto, médio e longo prazo. O Brasil planeja investir até 2015, cerca de

Visando a viabilização e a otimização do transporte e o aumento intensivo das exportações de etanol a Petrobrás está implantando o alcoolduto Senador Cañedo (GO) - São Sebastião (SP), que terá aproximadamente 1.150 Km de extensão e custo em torno de 1 bilhão de dólares. Outro projeto em estudo é o alcoolduto que faz conexão entre Campo Grande, no Mato Grosso do Sul com o porto de Paranaguá, no Paraná (Petrobrás, 2008).

Fora do setor energético, destaca-se o projeto da empresa privada mineradora MMX que pretende construir um mineroduto com 525 quilômetros de extensão ligando a região de jazidas de minério de ferro localizadas no Estado de Minas Gerais ao Porto de Açu, no Rio de Janeiro, com objetivo de acelerar e baratear a exportação do minério de ferro. Terá capacidade para transportar 26,6 milhões de toneladas por ano, segundo site oficial da empresa (MMX, 2008).



Fig. 3 – Malha de gasodutos do Brasil. (CTGÁS, 2007).



Fig. 4 - Dutos, terminais e refinarias operados pela Transpetro. (Transpetro, 2007).

2. Objetivos e Justificativa

Considerando-se que dutovias terrestres são obras lineares que necessitam ser planejadas para atravessar diferentes paisagens - com características variáveis em termos de vegetação, relevo, condições geológico-geotécnicas e antrópicas -, a realização de estudos de avaliação ambiental para a criação de alternativas de traçado é de grande importância. Tais estudos têm por objetivo auxiliar a escolha de rotas que resultam em menor impacto ambiental, utilizando-se de conceitos, metodologia, tecnologias e ferramentas apropriadas. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo central expor, de forma sintética, os pressupostos, métodos e ações utilizados em estudos de avaliação ambiental de alternativas de traçado de dutovias terrestres. Também são expostos aspectos gerais destas linhas de escoamento. O trabalho insere-se no âmbito do estratégico Setor de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, mais especificamente na área do transporte e meio ambiente.

3. Método e Etapas de Trabalho

O trabalho foi realizado a partir de pesquisa bibliográfica e intercâmbio (entrevistas, discussões e cursos) com profissionais ligados ao Setor de Petróleo & Gás e a órgãos ambientais.

Foram feitas consultas a estudos de avaliação de impacto ambiental (Estudo de Impacto Ambiental Gasoduto Paulínia-Jacutinga e Relatório Ambiental Preliminar da Troca de Trecho do Oleoduto Osbat), livros (Geologia de Engenharia, Avaliação de Impacto Ambiental), revistas especializadas, normas técnicas Petrobrás (N-2624 e N-464), manuais técnicos (manual para elaboração de EIA-Rima) e páginas de internet (páginas governamentais, universidades, institutos de pesquisas e empresas ligadas ao setor).

Mais especificamente, houve contato com profissionais especialistas em estudos de avaliação ambiental de alternativas de traçado para projetos dutoviários, havendo troca de informações através de mensagens eletrônicas (e-mail) e por meio de participação em cursos de extensão ligados à temática meio ambiente & petróleo. Particularmente foi relevante o curso “Avaliação Ambiental de Projetos Dutoviários”, oferecido pelo Programa de Formação de Recursos Humanos para o Setor de Petróleo e Gás (PRH-05), da Unesp de Rio Claro, em fevereiro de 2008. Com as informações reunidas, foi possível a elaboração desta monografia. As entrevistas realizadas abordaram os seguintes assuntos: *i.* abrangência da área para estudos de avaliação ambiental de alternativas de traçados; *ii.* finalidade dos produtos advindos do estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados para dutos; *iii.* finalidade dos produtos advindos de vãos altos e baixos; *iv.* influência dos planos de informações na direção dos traçados; e *v.* aspectos comparados entre as alternativas geradas;

4. Resultados e Discussões

4.1. Dutovias - Aspectos Gerais e Construtivos

As dutovias são utilizadas principalmente para o transporte, em grandes volumes, de líquidos, gases e materiais que podem ficar suspensos (*e.g.*, petróleo bruto e derivados, minérios, cereais em grãos, biocombustíveis, etc).

Embora a movimentação via dutos seja lenta, quando comparada a outras formas de transporte, opera 24 horas por dia. Apresenta o custo fixo mais alto entre os tipos de transporte. Em contrapartida, apresenta o menor custo variável, sendo o transporte com o segundo menor custo total, atrás apenas do transporte hidroviário (Ribeiro & Ferreira, 2002). Os dutos também exercem pouca interferência na ocupação do solo, apresentam expressiva segurança contra acidentes, são de fácil implantação, possuem alta confiabilidade, baixo consumo de energia e baixo custo operacional (Guerreiro, 2006).

Uma dutovia é constituída de três elementos essenciais: os terminais, com os equipamentos de propulsão, os tubos e as juntas de união (Guerreiro, 2006). Pode ser constituída de tubos de aço, ferro fundido, concreto, cerâmica e plásticos; os diâmetros variam de centímetros a metros, dependendo de sua finalidade. As dutovias terrestres são obras superficiais e lineares de engenharia, envolvendo quase sempre apenas o horizonte de solo e a rocha decomposta (instaladas em valas de até 8 metros de profundidade). Podem variar de centenas a milhares de quilômetros, podendo, atravessar regiões de grande diversidade morfológica, rios, ambientes costeiros e regiões metropolitanas. Assim, interceptam diferentes formações geológicas com suas respectivas peculiaridades o que exige soluções diversas para cada tipo de ambiente (Junior & Marques, 1998).

A construção de um duto consiste de um processo seqüencial, envolvendo, basicamente, as atividades de implantação de canteiros e alojamentos, construção e/ou melhoria de acessos, desmatamento da faixa de servidão, escavação da vala, movimentação e estocagem de materiais/desfile da tubulação, soldagem da tubulação, abaixamento da tubulação e cobertura da vala, limpeza/recomposição da faixa, teste hidrostático, proteção catódica, instalação de bloqueio, construção das estações de medição e de limitação de pressão (Alves, 2005).

Para reduzir os custos de construção, opta-se sempre que possível, por traçados retilíneos, diminuindo-se, ao máximo as distâncias a serem percorridas. Ao longo desses traçados existe a faixa de domínio ou de servidão, servindo para redução dos riscos de acidentes e manutenção.

A implantação de dutos acarreta impactos sócio-ambientais e por isso deve-se fazer uma criteriosa avaliação para que possam ser adotadas estratégias adequadas de gestão.

4.2 Dutovias - Interação obra-terreno

Em geral, os esforços transmitidos ao terreno pelo duto são de compressão e atuam abaixo da superfície de apoio, sendo resultantes principalmente do peso próprio. Com o passar do tempo essa compressão tende a deformar o terreno e pode ter importância no caso de adensamento de solos argilosos saturados, uma vez que a tubulação pode deformar-se e até romper (Junior & Marques, 1998).

Estruturas de metal ou de concreto quando aterradas tendem a sofrer processos de deterioração causado pela corrosão, em função da agressividade físico-química do solo. No caso dos metais, a corrosão resulta da formação de células galvânicas e de conseqüentes correntes elétricas. Já o concreto pode sofrer deterioração em função das propriedades do meio agressivo, composição química da água que entra em contato com o tubo, tipo de subsolo existente, nível do lençol freático, condições microbiológicas, temperatura e umidade (Junior & Marques, 1998).

4.3. Dutovias - Avaliação de Impacto Ambiental

O instrumento da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é constituído de uma série de procedimentos legais, institucionais e técnico-científicos, visando: a. identificar os possíveis impactos decorrentes da futura instalação de um empreendimento; b. prever o alcance destes impactos; c. avaliar sua importância. É, provavelmente, o instrumento de planejamento e gestão ambiental mais conhecido e praticado no mundo. No Brasil, vem sendo aplicado crescentemente desde 1986, em razão de determinação legal e conseqüente difusão do Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), documentos que devem ter elaboração prévia à instalação de empreendimentos importantes e subsidiam a tomada de decisão sobre a viabilidade ambiental do projeto proposto (Bitar & Ortega, 1998).

Neste contexto, segundo o CONAMA, Resolução nº 001/86, artigo 1º, impacto ambiental é definido como: “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II. as atividades sociais e econômicas; III. a biota; IV. As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V. a qualidade dos recursos ambientais”. Além disso, com essa resolução, foi instituída a obrigatoriedade da elaboração e apresentação do EIA e respectivo RIMA para o licenciamento de atividades consideradas modificadoras do meio ambiente, dentre elas, as obras dutoviárias.

Para se elaborar um estudo de impacto ambiental deve-se: a. caracterizar o empreendimento, apresentando os estudos de alternativas locacionais, e definir os limites da área geográfica a ser afetada direta ou indiretamente pelos impactos, denominada área de influência do projeto; b. apresentar diagnóstico ambiental desta área caracterizando-a antes da implantação do empreendimento, levando em conta as variáveis suscetíveis de sofrer, direta ou indiretamente, efeitos significativos das ações em todas as fases do projeto; c. apresentar informações cartográficas com a área de influência devidamente caracterizada, em escalas compatíveis com o nível de detalhamento dos fatores ambientais estudados; d. expor as interações dos fatores ambientais físicos, biológicos e sócio-econômicos, indicando-se os métodos adotados para análise dessas interações, com o objetivo de descrever as inter-relações entre os componentes bióticos, abióticos e antrópicos do sistema a ser afetado pelo empreendimento; e e. identificar as tendências evolutivas daqueles fatores que forem importantes para a caracterização da interferência do projeto (Secretaria do Meio Ambiente, 1989).

O diagnóstico ambiental deve contemplar os seguintes fatores: clima, qualidade do ar, níveis de ruído na região, geologia e geomorfologia da área potencialmente atingida pelo empreendimento, caracterização dos solos, caracterização dos recursos hídricos, caracterização dos ecossistemas atingidos pelo projeto, dinâmica populacional, uso e ocupação do solo, quadro referencial do nível de vida na área de influência do empreendimento, dados sobre a estrutura produtiva e de serviços e organização social na área de influência (Secretaria do Meio Ambiente, 1989).

A análise dos impactos ambientais compreende a identificação, valoração e interpretação dos prováveis impactos ambientais em todas as fases de projeto, sobre os meios físico, biológico e antrópico. Estes impactos podem ser considerados como: impactos diretos e indiretos; benéficos e adversos, temporários, permanentes e cíclicos; imediatos e a médio e longo prazo; reversíveis e irreversíveis; locais, regionais e estratégicos. Esta análise inclui, necessariamente, a previsão de magnitude e interpretação da importância de cada um deles, permitindo uma apreciação abrangente das repercussões

do empreendimento sobre o meio ambiente, entendido na sua forma mais ampla. O resultado dessa análise constituirá um prognóstico da qualidade ambiental da área de influência do empreendimento e, a partir disso, serão então propostas as medidas mitigadoras (Secretaria do Meio Ambiente, 1989).

4.4. Dutovias - Estudo de Avaliação Ambiental de Alternativas de Traçados

4.4.1. Aspectos Gerais

A partir da definição dos pontos extremos e os pontos de passagens obrigatórios que terá a dutovia, inicia-se o estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados com uma avaliação regional dos meios físico (geologia, relevo, solos), biótico (vegetação, unidades de conservação) e antrópico (ocupação e uso da terra, grupos e comunidades, povos tradicionais, áreas de mineração). Os métodos de investigação baseiam-se em levantamento de dados disponíveis, interpretação de produtos de sensores remotos (imagens de satélite ou fotografias aéreas) em mapeamento expedito dos temas de interesse.

Em relação a aspectos físicos, são estudados: (i) as condicionantes geológico-geotécnicas para possibilitar a minimização de riscos de instabilidades de taludes de solo e rocha; (ii) as formas de relevo e a dinâmica superficial das paisagens (erosão e assoreamentos); (iii) tipos de solos e susceptibilidade erosiva; (iv) informações dos aspectos hidrológicos e de clima. Quanto ao meio biótico, realizam-se estudos das fisionomias vegetais e florísticas, das interferências com unidades de conservação e áreas de preservação permanente.

Em termos antrópico e econômicos, são caracterizados: (i) a cobertura e uso da terra por categorias; (ii) aspectos de interferências urbanas, reservas indígenas, populações tradicionais e quilombolas; (iii) áreas de mineração; e (iv) identificação de travessias especiais (rodovias, ferrovias).

Estes planos de informações têm grande importância pois traduzem, num primeiro momento, as características dos meios físico, biológico e antrópico. Dentro de cada plano de informação existe uma série de informações que fornece uma idéia do grau de sensibilidade ambiental ou "favorabilidade" ambiental de cada meio para o referido projeto. Em função desta "favorabilidade" são propostos três alternativas de traçados por meio de ponderação e avaliação por parte dos especialistas.

O estudo, então, é finalizado com a comparação entre as alternativas de traçado, e a escolha da melhor alternativa do ponto de vista ambiental.

De forma qualitativa e quantitativa é comparado o grau de interferência das possíveis alternativas com os diferentes temas utilizados nos estudos de avaliação de impacto ambiental (EAP's e EIA's).

Levam-se em consideração tanto os aspectos construtivos como os aspectos relacionados ao processo de licenciamento ambiental. Aqui irá prevalecer a alternativa que tiver menor interferência ou proximidade com os temas ambientais mais críticos, prevalecendo a alternativa que causar menor impacto ambiental e que estiver mais adequada aos critérios descritos na norma interna Petrobrás N-2624 (Implantação de Faixas de Dutos Terrestres) que é seguida pela empresa que mais implanta dutos no Brasil, a Petrobrás.

Na definição do traçado é relevante evitar ou minimizar interferências com unidades de conservação, área de preservação permanente, áreas urbanas, comunidades tradicionais e quilombolas, área de exploração mineral, áreas com cobertura vegetal nativa, etc.

Abaixo seguem, como exemplo, algumas ações recomendadas pela norma Petrobrás N-2624 (Implantação de Faixas de Dutos Terrestres) na escolha de traçados.

Tab. 1 – Metas e ações recomendadas pela Norma Petrobrás N-2624 na definição de rotas dutoviárias

a) Selecionar o traçado de menor custo total. b) Evitar a supressão de matas nativas. c) Minimizar a movimentação de terras fase de construção. d) Interferir no menor número de propriedades de terceiros. e) Locar a faixa de duto de forma que se evite abertura de novas estradas. f) Buscar traçado que acompanhe mais divisas de propriedades. g) Aproveitar o traçado com a maior extensão em áreas de domínio público. h) Buscar o menor número de travessia de canais, rios ou outros corpos d'água. i) Evitar locais com pântanos, várzeas e cursos d'água com sinais de erosão nas margens. j) Evitar áreas de exploração mineral. k) Evitar afloramentos rochosos, terrenos de baixa capacidade de suporte e encostas suscetíveis a deslizamentos. l) Evitar aproximar a faixa do duto de edificações, especialmente residenciais. m) Evitar aproximar a faixa do duto de locais de captação de água. n) Desviar de reservas ambientais, indígenas, quilombolas, e de populações tradicionais. o) Considerar, na escolha do trajeto, os vetores de crescimento urbano e pólos industriais dos municípios. p) Avaliar casos de paralelismos com linhas de transmissão.

Ressalta-se que os estudos de avaliação ambiental de alternativas de traçados servem de base para o projeto básico de engenharia. Faz com que o traçado apresente menor risco geológico-geotécnico, menores interferências e menores impactos ambientais, reduzindo, assim, incertezas de projeto e custos do empreendimento, além de facilitar o processo de licenciamento.

4.4.2. Execução Prática e Materiais Envolvidos

Para a realização do estudo, é necessário a utilização de computadores com alto poder de processamento de dados, e alta quantidade de memória, em função do tamanho das imagens e as informações que queremos extrair delas.

O acesso à *internet* para execução deste tipo de trabalho tem grande utilidade, pois aí encontramos, disponíveis gratuitamente, uma grande quantidade de dados de interesse e prontos para serem utilizados. Mapas geológicos, de unidades de conservação e de áreas de mineração são alguns exemplos destes materiais.

Também é especialmente necessário o uso de programas com sistemas de informações geográficas e programas que lidam com imagens de sensores remotos (e.g., Erdas, Arcgis, Spring, Envi, etc). É no ambiente dos programas com sistema georreferenciado que são inseridos todos os planos de informação, podendo-se cruzar informações e gerar novos planos de interesse. Entre os planos de informação necessários à execução destes estudos destacam-se:

Meio Físico → geologia, solos, relevo, geotecnia e hidrografia.

Meio Biológico → unidades de conservação, áreas de preservação permanente, mapa de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal

Meio Antrópico → uso e ocupação do solo e cobertura vegetal, aspectos de interferências urbanas, reservas indígenas, populações tradicionais, quilombolas, áreas de mineração, rodovias e ferrovias.

As informações dos meios físico, biológico e antrópico, acima mencionadas, podem ser obtidas a partir de diversas fontes, tais como: CPRM, IBGE, IAC, RADAM, NASA, USP, IBAMA, EMBRAPA e INPE. Exemplos de tarefas realizadas com a finalidade de preparar uma base de dados a ser usada em estudo da avaliação ambiental de alternativas de traçados são apresentados nas figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15. A combinação de tais elementos, na forma de *layers*, permite o direcionamento do computador, por meio de software apropriado, para geração de traçados de interesse.

Uma vez definidos os traçados de interesse é possível obter informações sobre cada um e compará-los de forma quantitativa e qualitativa, de forma a escolher e indicar a melhor alternativa, conforme fluxo apresentado na Figura 16.

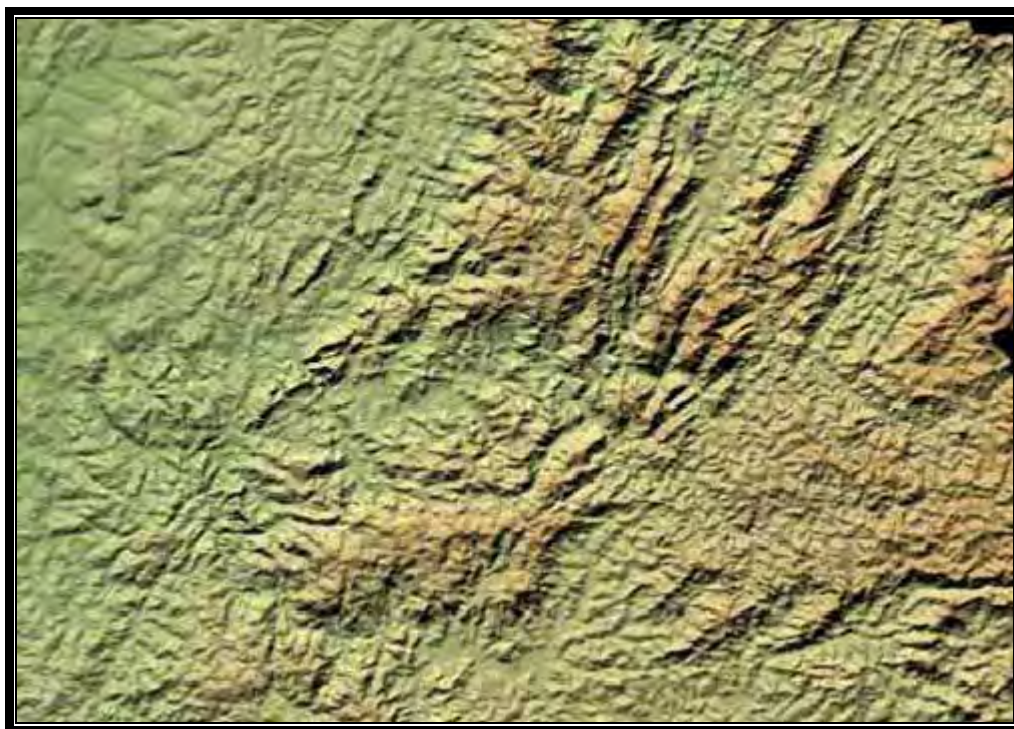


Fig. 7 – Exemplo de informações do relevo necessárias para definição das unidades geológico-geotécnicas. Fonte: imagens srtm disponibilizadas pela NASA e mapa das unidades de relevo do Estado de São Paulo obtido junto à USP.

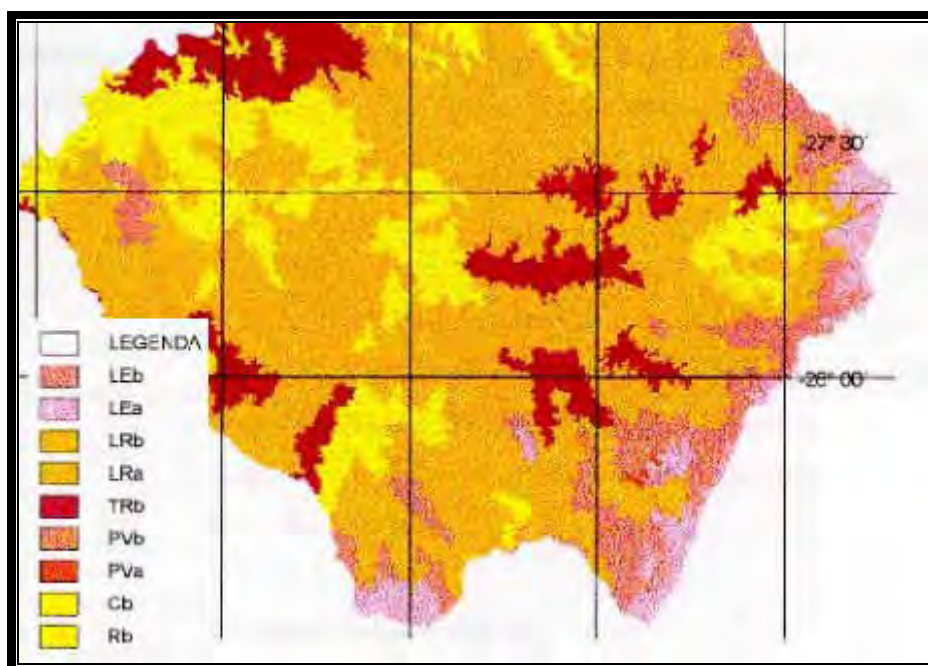


Fig. 8 – Exemplo de mapeamento de unidades geológico-geotécnicas. Fornece importantes informações do comportamento do ambiente perante a intervenção de obras de engenharia. Fonte: (Wosk *et al.*, 1998).



Fig. 9 – Exemplo de informação hidrográfica necessária à definição de rotas e à elaboração do mapa de áreas de preservação permanente. Obtida a partir de cartas topográficas coloridas digitalizadas, com auxílio do programa Adobe Photoshop 9.0, a ferramenta ArcScan no Arcgis 9.2 e tratamento manual no editor do Arcgis 9.2. Especial atenção é dada ao posicionamento de nascentes, várzeas, lagoas e aos diferentes corpos d'água.

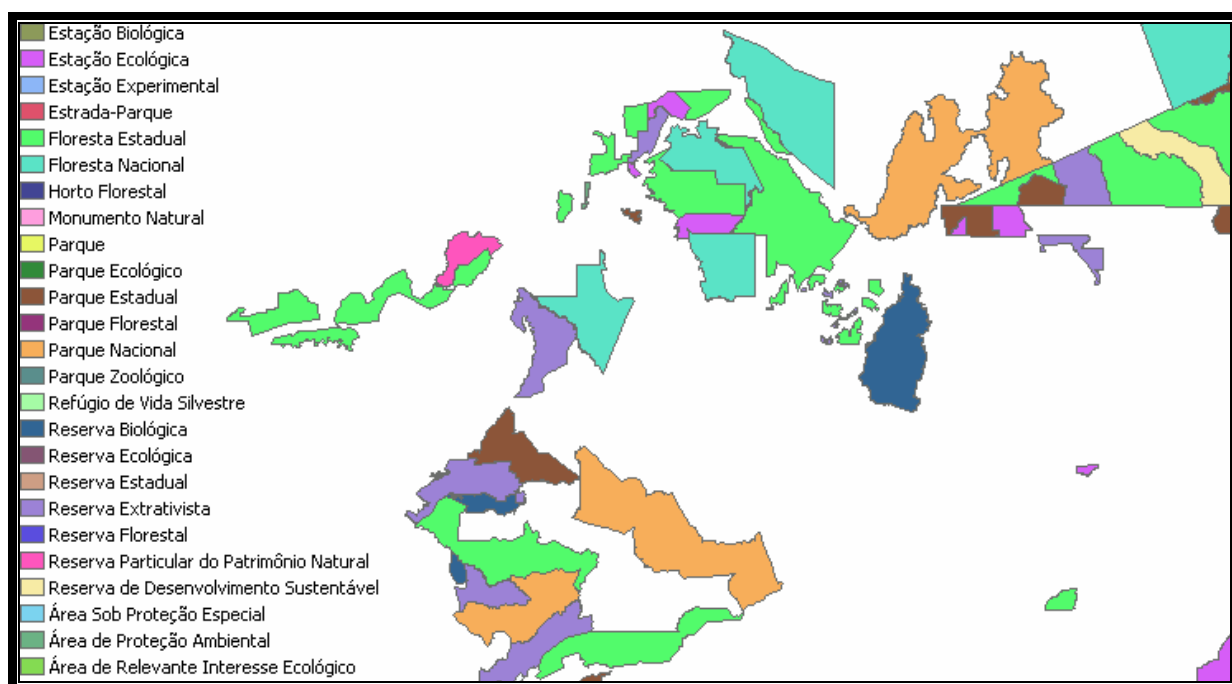


Fig. 10 – Exemplo de informação de unidades de conservação necessária à definição das alternativas de traçado. Fonte: <http://siscom.ibama.gov.br>.



Fig. 11 – Exemplo de informações referentes a áreas de preservação permanente que são obtidas a partir da aplicação da lei, levando-se em conta aspectos relacionados à hidrografia e relevo.

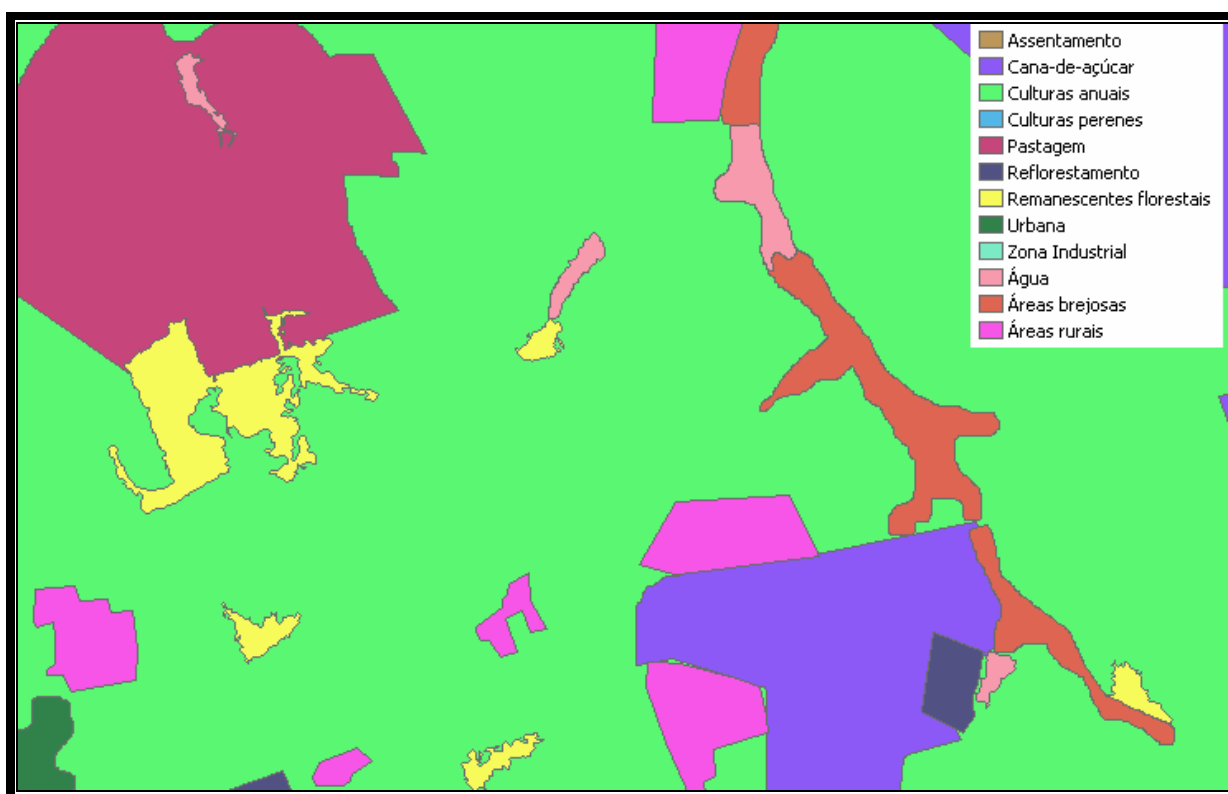


Fig. 12 – Exemplo de informações referente ao uso e ocupação das terras e cobertura vegetal obtidas a partir de imagens de satélites atuais, combinadas com visitas ao campo. As imagens podem ser compradas ou, de acordo com a disponibilidade, adquiridas gratuitamente.

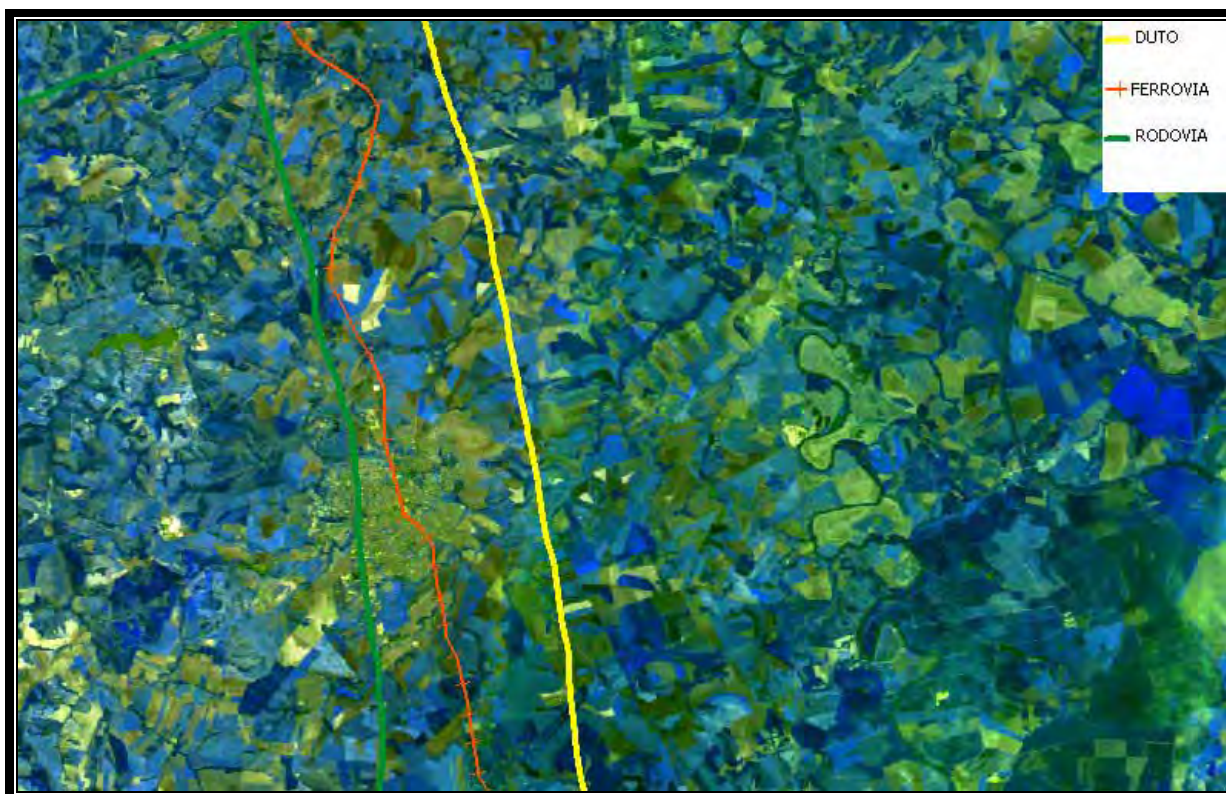


Fig. 13 - Exemplo de informações relativas a interferências antrópicas obtidas com a combinação de dados extraídos de imagem de satélite (uso e ocupação) com mapas (duto, ferrovia, rodovia, etc) disponíveis em site do IBAMA (<http://siscom.ibama.gov.br>).

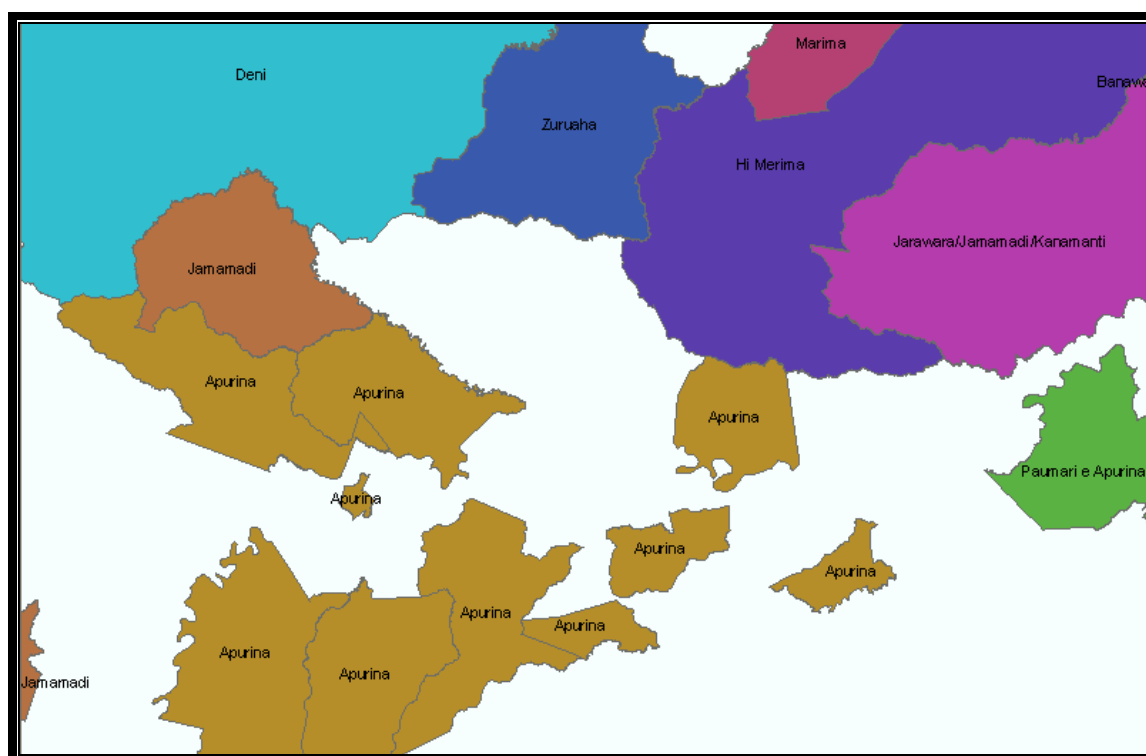


Fig. 14 – Exemplo de informações referentes à distribuição de territórios indígenas numa dada área, obtidas no site do IBAMA (<http://siscom.ibama.gov.br>).

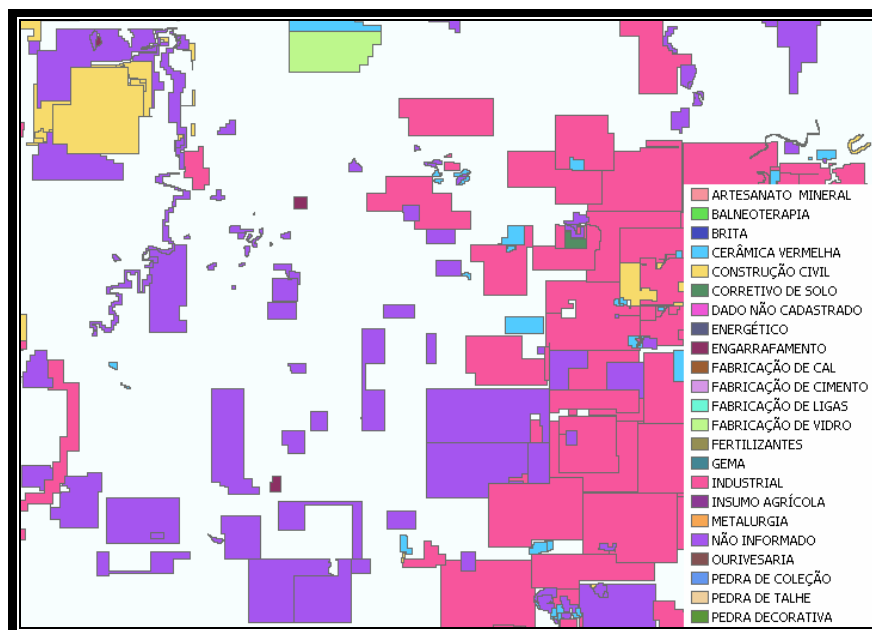


Fig. 15 – Exemplo de informações referentes a áreas de mineração obtidas em site do DNPM (<http://sigmine.dnpm.gov.br>). O arquivo fornecido pelo órgão apresenta dados de áreas já em estágio de exploração, assim como áreas requeridas ou com processo em tramitação.

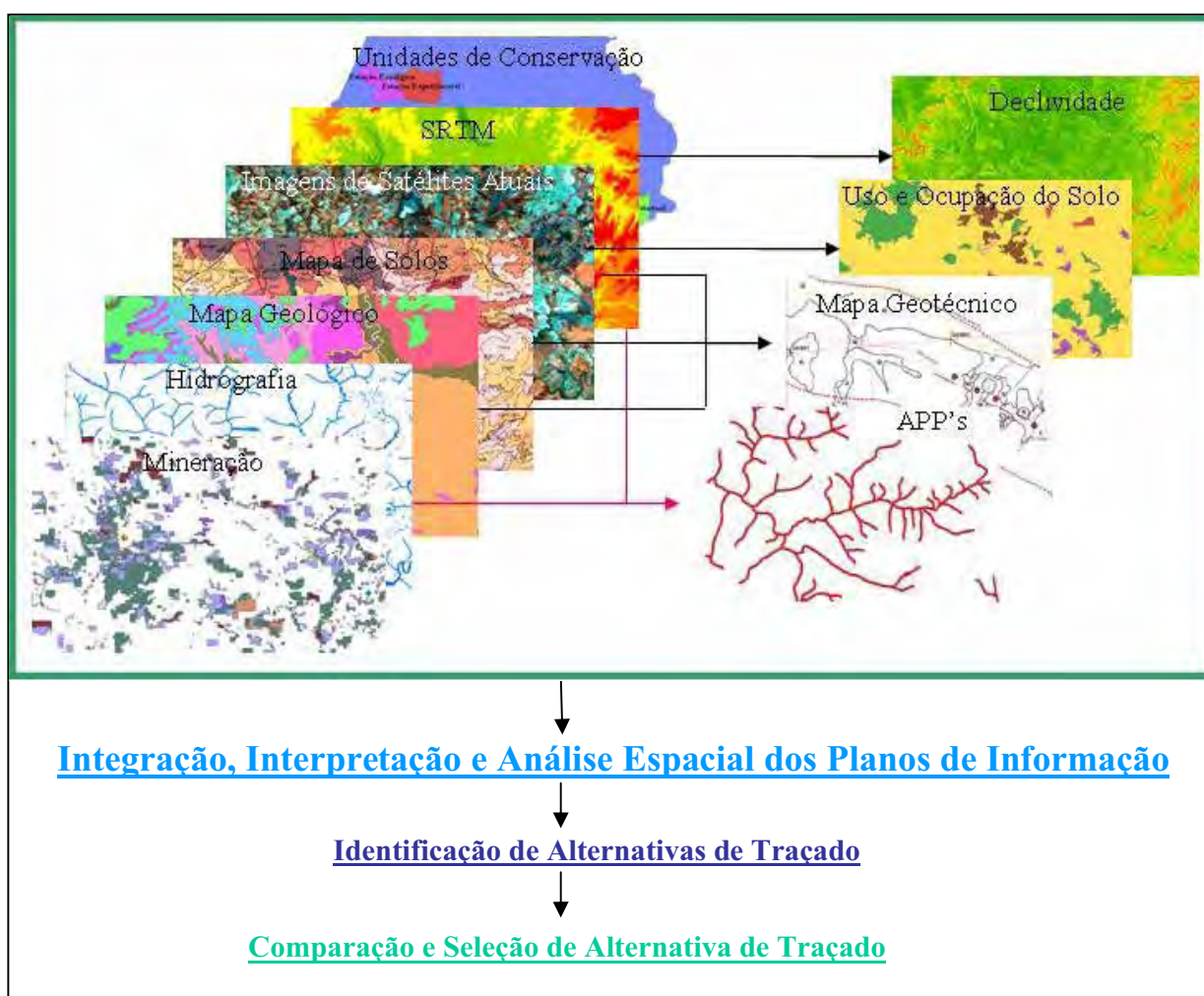


Fig. 16 – Estrutura de execução de um estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados.

4.4.3. O Exemplo do Gasoduto Paulínia-Jacutinga

Um exemplo prático da aplicação deste tipo de estudo é apresentado no Estudo de Impacto Ambiental do Gasoduto Paulínia-Jacutinga, que está fazendo conexão entre os municípios de Paulínia-SP e Jacutinga-MG, que se conecta à expansão da malha de gasodutos dos estados da região Sudeste, principalmente na região sul de Minas Gerais, visando otimizar a distribuição e atender à crescente demanda por gás natural nas suas mais diferentes modalidades de uso. “O gás natural atenderá à indústria, ao comércio, veículos e às residências da região. (...) Faltava levar esse gás até os grandes consumidores, que serão atendidos com a expansão da rede de distribuição, bem como massificar o uso do gás natural em projetos de co-geração de energia e vapor e geração distribuída, para processos de aquecimento e refrigeração” (Biodinâmica, 2006).

Pautado nos princípios já apresentados, foram determinadas três rotas alternativas para o gasoduto Paulínia-Jacutinga (Figura 17).

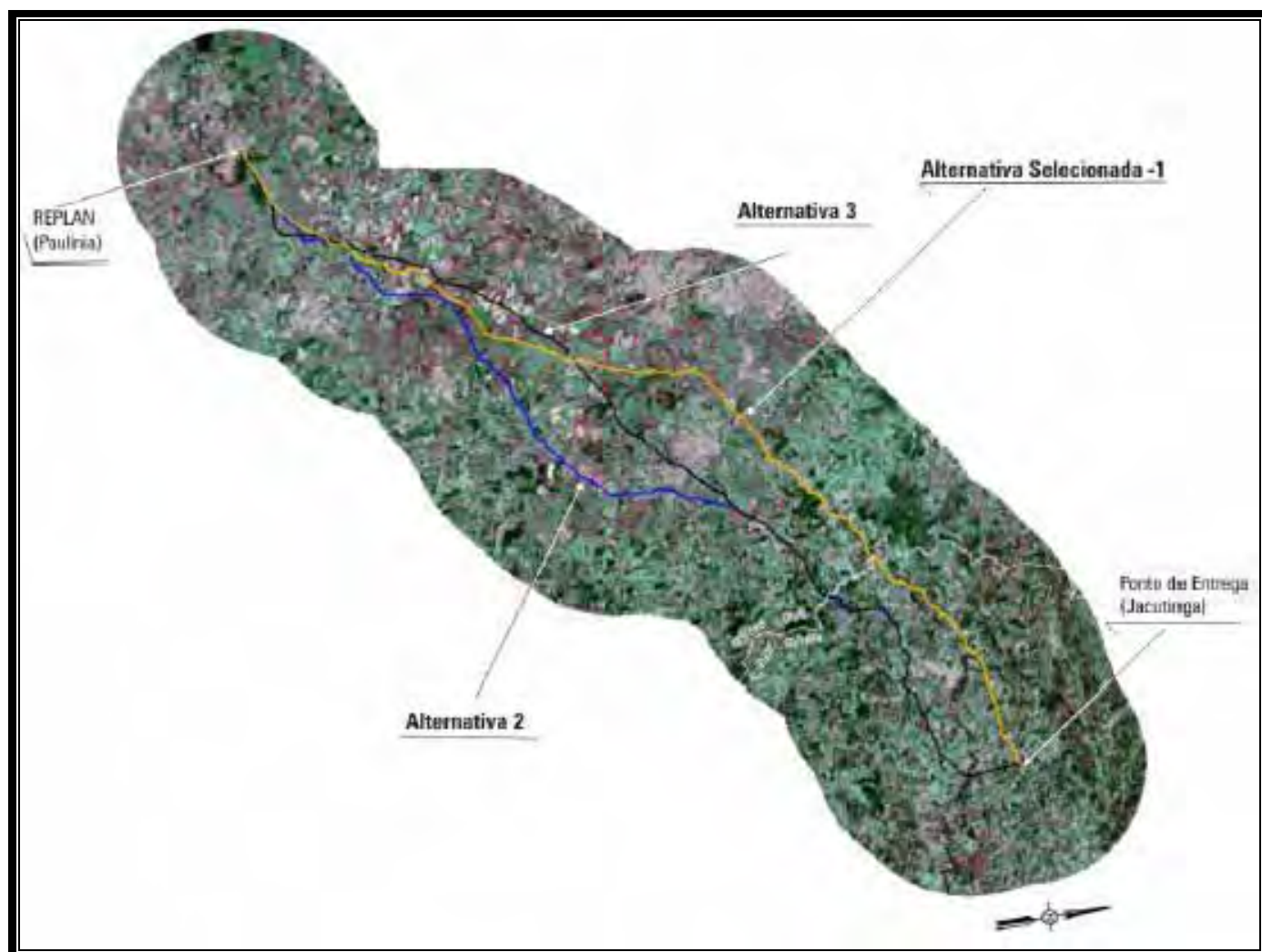


Fig. 17 – Alternativas de Traçados para o Gasoduto Paulínia-Jacutinga (Biodinâmica, 2006).

Visando a escolha da melhor alternativa, iniciam-se os estudos comparativos. O primeiro aspecto considerado e apresentado é o comprimento total desenvolvido. Segundo este quesito a alternativa 3 é apontada como a mais favorável (Tabela 2).

ALTERNATIVA	COMPRIMENTO (km)
Alternativa 1	93,21
Alternativa 2	93,48
Alternativa 3	91,81

Tab. 2 – Comprimento desenvolvido pelas alternativas (Biodinâmica, 2006).

Em seguida é apresentada a comparação em relação à geomorfologia. Todas estão inseridas em dois compartimentos geomorfológicos diferenciados (compartimento Planalto Paulista e compartimento Serras), não havendo alternativa mais favorável que outra.

Em relação às classes de declividade, a alternativa 3 foi a que apresentou relevos com ondulações mais suaves (Tabela 3).

ALTERNATIVAS	PORCENTAGENS DAS CLASSES					
	0 - 5°	5 - 10°	10 - 20°	20 - 30°	30 - 45°	45 - 67°
Alternativa 1	72,48	17,30	8,60	1,52	0,11	0,00
Alternativa 2	76,89	16,67	6,23	0,21	0,00	0,00
Alternativa 3	81,81	14,33	3,69	0,18	0,00	0,00

Tab. 3 - Porcentagem das Classes de Declividades em Cada Alternativa (Biodinâmica, 2006).

De forma geral, o EIA descreve as três alternativas como apresentando ligeiras e moderadas suscetibilidades à erosão, apresentando apenas na porção próxima à divisa dos estados e em direção a Jacutinga maior suscetibilidade aos processos de erosão. Conclui dizendo que a alternativa 3 é a mais favorável quanto aos aspectos físicos, mas compreende-se que as demais apresentam características equivalentes quanto a estes aspectos.

A análise em relação a fatores bióticos levou em conta as fisionomias de vegetação atravessadas, unidades de conservação, fragmentos florestais e áreas prioritárias do Ministério do Meio Ambiente (Figuras 18 e 19 e Tabela 4).

A alternativa 3, assim como as alternativas 1 e 2, atravessa uma porção inicial (5km) de áreas de cerrado. A partir desse ponto, segue até o Km 35 pela borda de transição entre a Mata Atlântica e o cerrado. Entre o Km 35 e o Km 50, atravessa áreas cobertas pelo bioma cerrado, retornando, depois disso, ao bioma Mata Atlântica, por mais 35km, até o seu término.

A interferência dos traçados alternativos sobre os biomas atravessados é semelhante para cada caso, não havendo, portanto, uma alternativa preferencial quanto a esse aspecto.

O uso e a ocupação das terras nas áreas dos corredores das alternativas de traçado do gasoduto Paulínia–Jacutinga podem ser divididos em formações naturais (vegetação) e não naturais (outros usos). Estas são representadas por áreas de pastagem, lavouras anuais e perenes, e silvicultura. As formações naturais englobam a vegetação associada a corpos d'água (área brejosa e de mata ciliar) e remanescentes de vegetação nativa – mata atlântica. Os remanescentes da mata atlântica estão reduzidos, pequenos e fragmentados, cercados de áreas com atividades agrícolas.

No trecho inicial dos corredores analisados, predominam as monoculturas de soja e cana-de-açúcar, além da fruticultura e floricultura, até cerca do Km 25 em cada alternativa. Nos 50 Km adiante, a alternativa 1 se situa em área predominantemente de cana-de-açúcar. No trecho final, a ocupação é principalmente de lavouras do café, pastagens e silvicultura.

As formações não-naturais compreendem as áreas urbanas, de lavouras, de silvicultura e as áreas de pastagens. Essas formações são as fisionomias dominantes na área dos corredores investigados. As lavouras ocupam extensas áreas, seja de modo temporário, com as culturas de ciclo curto (cana-de-açúcar, milho e soja), seja com culturas perenes (café, fruticultura e silvicultura). As áreas de pastagens são muito representativas na porção final da área de estudo.

Concluiu-se que as alternativas 3 e 1 apresentam a menor porcentagem de interferência com fragmentos florestais (4,33% e 4,90%, respectivamente) quando comparadas com a alternativa 2 (6,29%).

Os dados apresentados na tabela 4 mostram o baixo impacto sobre a vegetação, pois, em menos de 6,3% da extensão da faixa, em qualquer das alternativas. Os dados mostram também o predomínio do uso agrícola das terras na região em estudo, uma vez que mais de 92% do uso do solo que seriam atravessados pelas alternativas referem-se a áreas agropecuárias.

ALTERNATIVAS	PORCENTAGEM DAS CLASSES		
	FRAGMENTO FLORESTAL	AGLOMERAÇÕES HUMANAS	ÁREAS AGROPECUÁRIAS
Alternativa 1	4,90	0,16	94,94
Alternativa 2	6,29	1,08	92,63
Alternativa 3	4,33	2,90	92,77

Tab. 4 - Porcentagens de Interferências com as Classes de Uso do Solo

Em relação ao impacto das alternativas sobre unidades de conservação, detectou-se que a única atingida seria a APA dos rios Piracicaba e Juqueri-Mirim. A alternativa 3 é a que apresenta menor extensão de travessia da APA; a alternativa 2 é a que mais a interceptaria (4,7km). A alternativa 1 atravessaria a APA em cerca de 2,9km. O EIA ressalta que apesar do inconveniente das alternativas passarem por dentro de uma unidade de conservação, a região em questão encontra-se totalmente antropizada, com presença de plantios, estufas de produções de flores e construções.

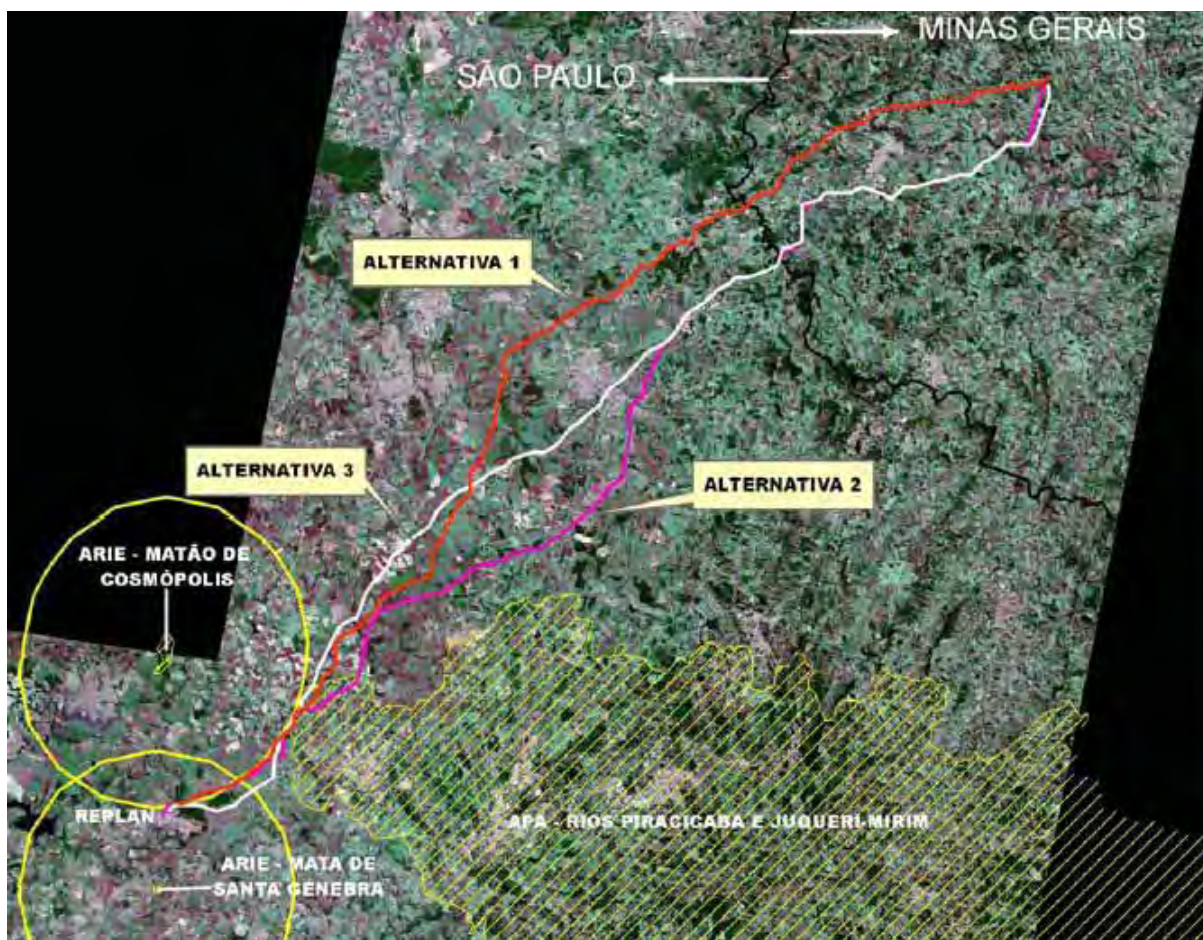


Fig. 19 – Interferências com Unidades de Conservação

As três alternativas situam-se a menos de 10km das unidades de conservação do tipo ARIE (Área de Relevante Interesse Ecológico) de Matão de Cosmópolis e de Santa Genebra. A alternativa 1 é a que menos intercepta a zona de amortecimento dessas unidades. Vale lembrar que não é possível evitar essas interferências, uma vez que o ponto de partida do gasoduto situa-se na REPLAN, que está a menos de 10km dessas áreas.

O último tema avaliado no meio biótico foi o relativo a áreas prioritárias do Ministério do Meio Ambiente, concluindo-se que nenhuma alternativa as intercepta.

O EIA então conclui que do ponto de vista dos aspectos bióticos, a alternativa 1 é a que menos impacta o ambiente.

Em continuação à comparação das alternativas são apresentados os aspectos antrópicos ou sócio-econômicos.

A alternativa 1 é a mais vantajosa sob o critério de interferência com o número de municípios pelos quais passa (Tabela 4).

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
PAULÍNIA - SP	PAULÍNIA - SP	PAULÍNIA - SP
JAGUARIÚNA - SP	JAGUARIÚNA - SP	JAGUARIÚNA - SP
HOLAMBRA - SP	HOLAMBRA - SP	HOLAMBRA - SP
S. ANTÔNIO DE POSSE - SP	S. ANTÔNIO DE POSSE - SP	S. ANTÔNIO DE POSSE - SP
MOGI-MIRIM - SP	MOGI-MIRIM - SP	MOGI-MIRIM - SP
ITAPIRA - SP	ITAPIRA - SP	ITAPIRA - SP
JACUTINGA - MG	JACUTINGA - MG	JACUTINGA - MG
	OURO FINO - MG	OURO FINO - MG

Tab. 4 –Municípios Atravessados

Quanto à interferência com aglomerados urbanos, a alternativa 3 foi apontada com a menos favorável, pois atinge diretamente a sede municipal de Itapira. Com relação à utilização das terras, a atividade que mais se destaca é a pecuária. No Estado de São Paulo, onde se desenvolvem as maiores extensões das alternativas de traçado do gasoduto, prevalecem as áreas ocupadas com pastagens plantadas. No Estado de Minas Gerais, há predomínio de pastagens naturais. Os municípios de Jacutinga e de Itapira são os únicos em que predominam as áreas ocupadas com pastagens. Nos demais municípios, há preponderância das lavouras. No Estado de São Paulo as áreas plantadas com cana-de-açúcar

predominam na maioria dos municípios ao longo das alternativas de traçado, exceto em Holambra. A mandioca é a segunda cultura em termos de área plantada, seguida pelas culturas do feijão e da soja.

As lavouras perenes, dentre as quais se inclui a do café, ocupam áreas isoladas nos municípios de Itapira e de Jacutinga, com as alternativas de traçado interferindo minimamente com essas lavouras.

Não foram identificadas comunidades indígenas ou quilombolas ao longo dos corredores analisados.

Nenhuma das três alternativas apresenta interferências com o patrimônio cultural ou artístico, nem exerce pressões específicas sobre a infra-estrutura de educação, de saúde ou de comunicações. As estruturas e as dinâmicas municipais não são afetadas pela presença de qualquer das alternativas estudadas.

No que se refere às unidades produtivas, representadas pelas áreas de lavouras anuais ou perenes, nota-se que, no caso destas, as interferências são de pequeno porte, em qualquer alternativa. Para as lavouras anuais, dominadas pela cana-de-açúcar, são irrelevantes as áreas da faixa de domínio de 30m, se comparadas ao porte das propriedades, não induzindo a uma preferência por qualquer das alternativas.

Do ponto de vista dos aspectos antrópicos (socioeconômicos), é apontada a Alternativa 1 como a que menos impacta o meio ambiente.

Levando-se em conta os aspectos comparados, a alternativa 1 foi escolhida para a passagem do gasoduto, sendo apontado pelo EIA como a menos impactante no conjunto global dos aspectos físicos, bióticos e, principalmente, socioeconômicos, uma vez que se desvia de aglomerados humanos.

4.5. Dutovias – Fases Posteriores ao Estudo de Avaliação Ambiental de Alternativas de Traçados

Este item, essencialmente formulado por ASSIS & MATOS (2007), trata das fases seguintes ao estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados de dutovias.

Uma vez definida a rota de preferência, um vôo aerofotogramétrico para o captura de imagens da região de interesse (em geral sobre uma faixa de 15 km) - tendo como eixo a diretriz obtida na etapa anterior - é realizado com auxílio de rastreadores GPS (Sistema de Posicionamento Global) geodésicos.

A captura das imagens é realizada por aerolevantamento (vôo alto) com resolução espacial mínima de 1 metro, na escala 1:20.000 ou menor, com sobre-posição mínima de 60%, possibilitando assim a obtenção de estereoscopia, análise em estereoscópio ótico de espelhos e em estações digitais aerofotogramétricas DVP. Esta análise estereoscópica permite o reposicionamento da diretriz sobre os terrenos mais favoráveis quanto aos aspectos geomorfológicos evitando, sempre que possível, áreas alagáveis ou com ocorrência de rocha exposta, áreas de concentrações urbanas e seus vetores de crescimento, áreas de interesse ambiental, observando-se, ainda, a malha viária e a hidrografia, visando o apoio logístico à implantação e também a redução de interferências na diretriz.

As imagens formam um mosaico digital georreferenciado, para a posterior geração de produtos cartográficos com “Padrão de Exatidão Cartográfica B” (PEC B), que servem de base para os estudos ambientais e o projeto básico do duto.

Um novo imageamento é feito, normalmente sobre uma faixa de 2 km. Aqui a escala de vôo é de 1:6.000, com resolução espacial mínima de 15 cm e recobrimento mínimo de 60%, para o fornecimento do modelo estereoscópico do terreno. Assim como na etapa anterior, ajusta-se a diretriz buscando-se terrenos mais favoráveis quanto aos aspectos geomorfológicos, evitando, sempre que possível, edificações e loteamentos, supressão de vegetação e quaisquer interferências ao longo da diretriz. A digitalização desta diretriz sobre ortofotos do vôo alto produz a chamada diretriz básica. Esta é a diretriz utilizada nos estudos ambientais e no projeto básico do duto, e no pré-cadastramento físico/jurídico das propriedades. Para o detalhamento da diretriz são obtidas curvas de nível, a cada metro, derivadas de MDT (Modelo Digital do Terreno), que pode ser obtido basicamente por três processos: levantamento a laser (LIDAR); restituição aerofotogramétrica; e radar. O produto final do imageamento deverá ser representado em escala 1:1.000 com “Padrão de Exatidão Cartográfica A” (PEC A), o que restringe a utilização de imageamento por satélite em função do limite tecnológico atual.

A última etapa da definição da diretriz da faixa de dutos é feita com base nos produtos do vôo baixo (ortofotos), associados às curvas de nível e às informações do cadastro (limites de propriedades, rodovias, ferrovias, etc), gerando uma diretriz microlocalizada. Esta é a diretriz em seu mais alto nível de detalhamento. Para sua definição são observadas as informações vetoriais do cadastro, visando a otimização da diretriz quanto à redução de propriedades e benfeitorias atingidas (culturas, edificações, cerca, etc.). Aqui os proprietários podem solicitar mudanças na diretriz microlocalizada.

Os produtos necessários à definição da diretriz microlocalizada serão utilizadas como base para a Planta Cadastral 1:1.000, Planta preparada para o preenchimento “as built” e Projeto Geométrico, que são

produtos com PEC A, que serão utilizados na implantação da faixa e na construção e montagem da dutovia.

Após implantada a faixa de duto, ficam disponíveis: a. planta 1:25.000 ; b. planta e perfil do projeto básico 1:10.000 ; c. planta cadastral 1:1.000 ; d. planta da faixa 1:1.000 ; e. perfil do duto; f. planta preparada para o preenchimento “as built”; e g. projeto geométrico da faixa, necessários a implantação da dutovia.

A planta e perfil do projeto básico (escala 1:10.000) é destinada à contratação da empreiteira que realizará a construção e a montagem da obra. Possui 1,5 Km de largura e 10 Km de comprimento. É obtida com as ortofotos do vôo alto e curvas de nível a cada 5 metros, advindas do modelo digital do terreno. Sobre as fotos são inseridas as seguintes informações: cursos d’água, divisas municipais, malha viária, ferrovias, cidades (incluindo plano diretor), linhas de energia elétrica, traçado do duto, afloramentos rochosos, malha de coordenadas na projeção UTM, coordenadas geográficas em quatro pontos da carta, regiões da assentamento rural, concessão de exploração mineral, áreas ecologicamente sensíveis nos seus diversos níveis (unidades de conservação), sítios arqueológicos (levantamento de estudos existentes), patrimônio histórico (levantamento junto ao IPHAN), terras indígenas, interferência com futuros empreendimentos (barragens, aterros sanitários, estradas em geral, linhas de transmissão, etc.) e vegetação.

A planta de faixa (escala 1:1.000) é utilizada para construção e montagem do duto. Possui 400 metros de largura com 1.000 metros de comprimento. É elaborada com as ortofotos do vôo baixo, com altimetria representada por curvas de nível a cada metro, obtidas por perfilagem a laser ou restituição aerofotogramétrica. Sobre as fotos são inseridos informações de cursos d’água, divisa municipais, malha viária, ferrovias, cidades, linhas de transmissão, rochas afloradas, sítios arqueológicos (estudos existentes), interferência com futuros empreendimentos, cercas de madeira, cercas vivas e de arames.

Sobre o perfil do duto são inseridas as informações hidrográficas (rios, córregos, valas, etc.), áreas alagadas, estradas, caminhos, ferrovias, cercas, linhas de transmissão, limite municipal, estadual e internacional, dutos de faixas existentes que interfiram com a faixa e sondagens realizadas.

A planta cadastral, também destinada à construção e montagem do duto, possui 400 metros de largura e 1.000 metros de comprimento. São elaboradas a partir das ortofotos do vôo baixo. Apresenta a malha fundiária, obtida na etapa do levantamento cadastral.

A planta “as built” é destinada à obra, e serve para ser preenchida conforme o andamento do processo construtivo.

O projeto geométrico da faixa é baseado na diretriz microlocalizada e no modelo digital do terreno e é contemplado pelos projetos: a. de terraplanagem (faixa de trabalho e de ocupação, acessos e caminhos de serviço) – volumes de corte e aterro; b. projetos de drenagem e de contenção; c. inspeção geológico-geotécnica da faixa de dutos; e d. projetos de revegetação, hidrosemeadura e recomposição de faixa.

Com todos estas plantas e projetos se torna possível a implantação da dutovia.

5. Conclusões

Considerando o que já foi exposto, se conclui que para se realizar um estudo de avaliação ambiental de alternativas de traçados de dutovias, após definição dos pontos de passagem obrigatórios, é necessário: *a.* compor um banco de dados que forneçam informações sobre os meios físico, biótico e antrópico da região a ser atravessada pela obra; *b.* propor um mínimo de três alternativas viáveis, levando em conta as informações do banco de dados, buscando minimização de impactos ambientais; *c.* comparar as alternativas; *d.* e escolher a alternativa de menor impacto ambiental.

6. Considerações Finais

Considerando-se que ao longo das próximas duas décadas a demanda por combustíveis fósseis apresentará crescimento em escala global e que em 2030 é previsto que 90% dos recursos energéticos consumidos corresponderão aos mencionados combustíveis, compreende-se que o movimento de hidrocarbonetos será crescente em todo o mundo. Em razão disso e pelas vantagens apresentadas pela infra-estrutura dutoviária, ocorrerá uma significativa expansão das redes de dutos nos planos nacional e internacional. No Brasil, particularmente em função das recentes mega-descobertas de óleo e gás nas bacias do Espírito Santo, Campos e Santos, em reservatórios situados abaixo de espessa camada de sal (“província do pré-sal”), e do avanço do crescimento do país, a referida expansão deverá ser particularmente importante, o que se refletirá numa maior demanda de projetos de engenharia para implantação de novas linhas dutoviárias. Pode-se antever para o nosso país uma rede de dutos cada vez mais complexa e ampla, o que significa, por outro lado, uma maior pressão sobre os ecossistemas e biomas nacionais.

Por conta deste quadro, fica claro que os estudos envolvendo a avaliação ambiental de alternativas de traçados de dutovias terrestres é assunto estratégico da maior importância para a sociedade brasileira. Este trabalho insere-se como contribuição ao Setor de Petróleo e Gás (e também ao de biocombustíveis), sistematizando e indicando as diversas fases necessárias à implantação de uma dutovia com sustentabilidade ambiental.

7. Bibliografia

ALVES, A. J. C. **Relatório Ambiental Preliminar – Troca de Trecho do Oleoduto OSBAT**. 2005.

ASSIS, S. & MATTOS, T. S. Base de Dados GIS para Projetos de Dutos. **InfoGEO|Óleo e Gás**, Publicação Especial, Curitiba, v. 1, p. 40-42, jan/2007.

BIODINÂMICA. Biodinâmica Engenharia e Meio Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental Gasoduto Paulínia-Jacutinga**. Revisão 00. Rio de Janeiro, jun/2006.

BITAR, O. Y. & Ortega, R. D. E. **Gestão Ambiental**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, p. 499-508, 1998.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Previsão de Investimentos**. Disponível em:

<<http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/34569.html>>

Acesso em: 31 mai. 2007

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2007, ano base 2006 - Resultados Preliminares** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE. p. 48, 2007.

CETESB. **Acidentes em São Paulo**. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/dutos/acidentes.asp>>

Acesso em: 17 jan. 2007

FEROLLA, S. X. & METRI, P. 2006. **Nem todo o petróleo é nosso**. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

FILHO, J. F. P. & ZOUZA, M. P. **Principais Métodos de Identificação, Previsão e Análise de Impactos Usados em EIAs Visando ao Licenciamento Ambiental**. Ouro Preto, 2005.

GUERREIRO, L. **Resposta Técnica - Transporte Dutoviário**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Rio de Janeiro, 2006

IEA. **World Energy Outlook 2002**. 2ª ed, November. Paris: OECD p. 530, Nov/2002.

IEA. **2005 Energy Balances for World**. Disponível em:

http://www.iea.org/Textbase/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=29&Submit=Submit

Acesso em: 09/10/2008

JUNIOR, J. N. & MARQUES, A. S. **Linhas de Transmissão e Dutos**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, p. 499-508, 1998.

LIMA, H. **Petróleo no Brasil: A Situação, O Modelo e A Política Atual**. Rio de Janeiro: JG 2008 Editora e Comunicação Ltda, p.158, 2008.

MMX. **Pontos Fortes. Expectativa de Baixo Custo de Produção**.

Disponível em: <<http://www.mmx.com.br>>

Acesso em: 5/11/2008

PETROBRAS. **Etanol em Alta**. Petrobrás Magazine, 52º ed. 2008. Disponível em:

<http://www2.petrobras.com.br/atuacaointernacional/petrobrasmagazine/pm52/port/frmset_etanol.html>

Acesso em: 5/11/2008

PETROBRÁS. **Norma Técnica – N-2624 – Implantação de Faixas de Dutos Terrestres**. Rev. A, jan/2003. Fornecido pela PETROBRAS-ENGENHARIA-IETEG-ETEG-EAMB.

PETROBRÁS. **Norma Técnica – N-464 – Construção, Montagem e Condicionamento de Duto Terrestre**. Rev. G, jan/2002. (fornecido pela PETROBRAS-ENGENHARIA-IETEG-ETEG-EAMB).

Portal do Governo do Estado de São Paulo. **Transporte**. Disponível em:

<<http://www.investimentos.sp.gov.br/portal.php/informacoes/infraestrutura/transporte>>

Acesso em: 17 jan. 2007.

RESTLÉ, A. **O Petróleo**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS. CENPES, 1994.

RIBEIRO, P. C. C. & FERREIRA, K. A. Logística e Transportes: Uma Discussão Sobre os Modais de Transporte e o Panorama Brasileiro. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Curitiba. 2002.

SANCHES, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceito e Métodos**. São Paulo. Oficina de Textos, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Estudo de impacto ambiental – EIA, Relatório de impacto ambiental – RIMA**: manual de orientação. São Paulo, 1989. 48 p. (Série Manuais).

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 22^a ed. São Paulo: Cortez, 2002

Transpetro. **Dutos operados pela Transpetro**. Disponível em:

<<http://www.transpetro.com.br/portugues/empresa/dutosTerminais/mapas/mpdtcs.gif>>

Acesso em: 17 jan. 2007

Transpetro. **Mapa de dutos**. Disponível em:

<<http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/images/imgMapaDutos.gif>>

Acesso em: 17 jan. 2007

Transpetro. **Transpetro em números**. Disponível em:

<<http://www.transpetro.com.br/portugues/empresa/transpetro/transpetroemnumeros.shtml>>

Acesso em: 17 jan. 2007

WOSK, M. S.; ORTH, D. M.; DIAS, R. D. **Contribuição à Cartografia Geotécnica de Grandes Áreas com o uso de Sistemas de Informações Geográficas: Uma Aplicação à Região do Médio Uruguai (RS)** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1998. Florianópolis.