

# MAPEAMENTO DAS FAIXAS DE DUTOS E LEVANTAMENTOS AMBIENTAIS, FORMAM SIG PARA TRANSPETRO S.A.

Com a evolução do processo de descentralização do setor petrolífero, a Petrobras teve necessidade de realizar várias adequações, entre elas a transformação de seus sistemas de transporte de hidrocarbonetos e derivados em uma empresa, voltada para a logística do negócio no novo cenário.

A Transpetro S.A. passou especificamente a gerenciar os dutos e terminais que compunham o sistema de transporte da Petrobras S.A., além de iniciar a comercialização do transporte de produtos de outras empresas petrolíferas, através de regulamentação específica.

O processo de gerenciamento e monitoramento, principalmente da malha dutoviária brasileira, atualmente com aproximadamente 10.000 km, envolve vários aspectos importantes, desde ao estado de conservação das faixas e dutos existentes, a influência nas comunidades atingidas, bem com o impacto de sua operação ao meio ambiente.

Voltada para uma política que valoriza o meio ambiente e suas características, a Transpetro S.A., está consolidando levantamentos e informações que formarão um arcabouço de dados, visando estabelecer políticas e ferramentas eficientes de gerenciamento e monitoramento das faixas de dutos, principalmente na prevenção de acidentes e na operacionalização de planos de contingência, capazes de minimizar os efeitos de possíveis acidentes.

## A Fotogrametria Aérea como Base Principal de Dados Gráficos.

A Fotogrametria Aérea tem se apresentado como uma metodologia apropriada para aplicações em projetos e empreendimentos na área dutoviária, bem como na geração de bases cartográficas voltadas para a consolidação de produtos de gerenciamento, monitoramento e planos de emergências.

Sua aplicação também na área ambiental está tendo grande impulso, na



Esquema Funcional da Região do PR / SC

Fonte: Transpetro S.A.

Nesse sentido, o desenvolvimento de um SIG (Sistema de Informações Geográficas), apoiado em tecnologia de fotogrametria aérea, captação de dados de relevo através de sensor a laser e levantamento *in loco* de elementos específicos, necessários para análise de meio ambiente do contexto, estão sendo desenvolvidos pela ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A., dentro do PEGASO (Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional) da Transpetro S.A., com o objetivo de subsidiar as ações que estão diretamente ligadas a preservação do meio ambiente e a prevenção de acidentes ambientais originados da operação de dutos.

medida que a riqueza de detalhes das imagens aéreas proporciona vários estudos e análises, necessários para a implantação de uma política ambiental eficiente e voltada para a prevenção e impacto da operação dos dutos e terminais.

A partir de coberturas aéreas na escala 1:30.000, mosaicos digitais estão subsidiando as análises ambientais nas faixas de dutos existentes e servindo como base de dados gráfica para a elaboração de Mapas de

Sensibilidade Ambiental. Um conjunto de mapeamentos detalhados completará o sistema de informações geográficas.

A realização de uma cobertura aerofotogramétrica na escala 1:8.000, está sendo a base principal de geração dos produtos, destinados ao detalhamento da área de abrangência da faixa, seja através de um mosaico digital com 1.500 m de largura, que servirá como produto de visualização, bem como com a geração de mapeamento na escala 1:1.000, com 400 m de largura consolidando uma planta "as built" atualizada da faixa. Este mapeamento é composto por várias etapas, utilizando-se tecnologias aplicadas à atividade de geração de cartografia, como apresentaremos na seqüência.



Área de Lançador / Receptor na escala 1:1.000

O produto principal de mapeamento é realizado a partir de uma seqüência de geração de subprodutos que começam na aquisição da fotografia aérea colorida, onde utilizamos um moderno sistema de câmaras aéreas Zeiss. Referenciamos as imagens aéreas na etapa de apoio terrestre onde realizamos medições de pontos fotoidentificáveis ajustados a rede de 1ª ordem de vértices do IBGE com rastreamento de satélites do sistema GPS.

A partir de modelagens matemáticas, é consolidada uma maior precisão ao

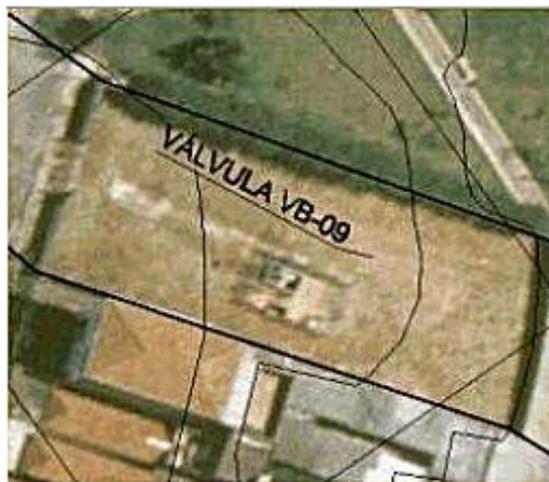
#### **Captação de Dados de Relevo através de Sensor Laser Aerotransportado.**

A Esteio tem sido pioneira em alavancar novas tecnologias aplicadas ao levantamento de elementos da superfície, com

referenciamento das imagens, proporcionando a garantia esperada quanto à precisão do produto a ser gerado. Com a captação dos dados de relevo, através de perfilagem por escaner a laser aerotransportado, pode-se dar início ao processo de ortorectificação digital das imagens em estações de tratamento digital de imagens, que produzirão as ortofotos digitais.

A Ortofoto Digital será a base cartográfica, onde a imagem é o próprio mapa, que permitirá realizar todas as atividades pertinentes, anteriormente realizadas com o mapeamento convencional (mapa de traço), como recadastramento das divisas de propriedades atingidas, identificação dos elementos e equipamentos da faixa de dutos e informações de interesse para o seu monitoramento e gerenciamento.

Outros levantamentos estão sendo realizados como o recadastramento das propriedades atingidas pelas faixas de dutos e levantamentos junto a Transpetro dos equipamentos existentes nas faixas, além das informações altimétricas do relevo da faixa, geração do perfil e vetorização das informações "as built" referente a etapa de implantação de cada duto existente na faixa mapeada. Essas informações são tratadas e apresentadas no produto final Planta de Cadastro, Perfil e "As Built".



Área de Válvula na escala 1:1.000

o objetivo de subsidiar com qualidade informações necessárias para projetos e empreendimentos de engenharia. Assim foi

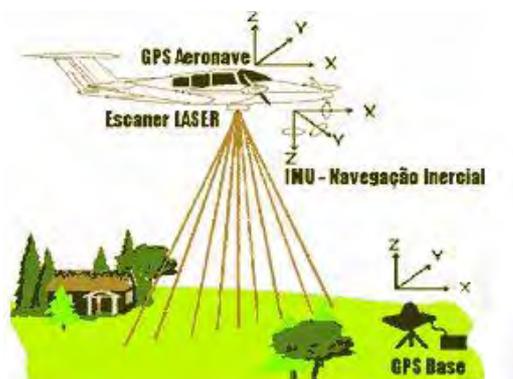
com a introdução do GPS, das estações de fotogrametria digital e do produto ortofoto digital.

Mantendo esta tradição a Esteio investe num sistema moderno de captação de dados do relevo através de um sensor laser aerotransportado. Pioneira mais uma vez no investimento de tecnologia de ponta, este equipamento trará maior produtividade e rapidez na captação de dados altimétricos, permitindo maior agilidade na geração dos produtos cartográficos.

O sistema de Perfilamento a laser (ALS - Airborne Laser Scanning) ou sistema aerotransportado de laser para mapeamento do terreno (ALTM - Airborne Laser Terrain Mapper) é um sistema que adquire dados digitais de elevação do terreno com precisão equivalente ao GPS, mas de forma muito mais eficaz, pois o sensor principal do sistema está localizado em uma aeronave cujo deslocamento é extremamente rápido sobre uma área de interesse.

O princípio básico de funcionamento deste sistema é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para modelagem do terreno e geração de um mapa topográfico derivado destas informações.

Um laser de alta precisão é direcionado para o solo através de uma abertura no fundo de uma aeronave. Neste caso, esta abertura é a mesma utilizada em aeronaves preparadas para execução de coberturas aéreas. Durante o levantamento, o sistema emite feixes de luz (laser) que um espelho dirige para o solo. O laser varre a superfície do terreno abaixo da aeronave e registra a distância até o solo para cada um dos feixes emitidos, sendo registrado também o respectivo ângulo de inclinação de cada feixe em relação à vertical do lugar.



Esquema de Funcionamento

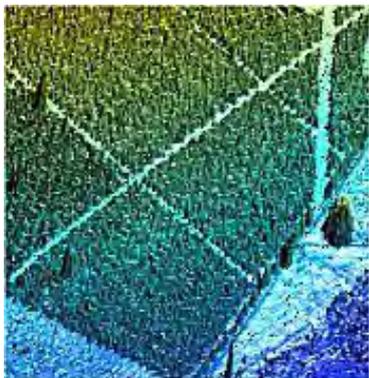
A varredura é feita no sentido transversal à direção de voo com um ângulo de abertura especificado pelo operador. Este ângulo de abertura permite a determinação da largura de faixa abrangida pela perfilagem laser, enquanto o movimento da aeronave permite a cobertura na direção de voo. As pulsações ópticas refletidas no solo são coletadas pelo receptor e são convertidas de sinal óptico para eletrônico. O tempo gasto para o feixe sair do receptor e refletir no solo é medido e, baseado na velocidade conhecida de luz, pode ser determinado a distância do sensor até o solo.

Outra característica marcante dos sistemas de perfilagem a laser é a medição da primeira e da última reflexão de cada pulsação de laser, além de detectar reflexões múltiplas oriundas de objetos pequenos como fios e cabos suspensos acima do solo. Este recurso permite num processamento posterior que se faça a distinção de objetos acima do solo (árvores, casas e postes)



Equipamento na Aeronave

Os movimentos da aeronave durante o levantamento são registrados por meio de sistema de referência inercial (IMU - Inertial Measurement Unit) e seus ângulos de inclinação durante o voo são utilizados no pós-processamento para determinação com precisão das coordenadas dos pontos. Um receptor de GPS na aeronave registra sua posição a intervalos fixos. Outro receptor baseado no solo provê a correção de diferencial para uma determinação de posição mais precisa.



Visualização em 3D – Resultados do Laser no OSBRA

Por meio de pós-processamento, as medidas laser com seus respectivos ângulos, os dados de GPS e dados de navegação inercial são combinados para determinar a

posição dos pontos varridos na superfície terrestre.

Os resultados encontrados até o momento levam a uma precisão horizontal de 0,5 a 1 m e uma precisão vertical menor que 0,15 m para cerca de 70% dos pontos testados. Para 90% dos pontos testados, a precisão vertical é menor que 30 cm.

Os dados pós-processados formam uma malha de pontos que através de modelagens matemáticas (TIN) podem gerar MDE, MDT e curvas de nível para as mais diversas aplicações. A aplicação desta tecnologia nos serviços de levantamento de dados das faixas da Transpetro S.A., tem por finalidade gerar os dados altimétricos do relevo, representados através de curvas de nível e do perfil das faixas de dutos.

### Levantamentos de Dados e Elementos Ambientais.

A Transpetro transporta seus produtos (petróleo e derivados) até os pontos de armazenamento ou de abastecimento através de uma malha dutoviária, espalhadas por vários estados brasileiros, que atravessam regiões de grande diversidade morfológica, geológica, hidrológica, de uso e ocupação do solo e vegetação. Para garantir a integridade dos diversos ambientes envolvidos, prevenindo e/ou minimizando potenciais impactos ambientais decorrentes de eventuais acidentes que possam ocorrer ao longo da faixa do duto, estão sendo elaborados Mapas de Sensibilidade Ambiental para todas as faixas de dutos administradas pela Transpetro. Além de subsidiar a prevenção e reparação de problemas ambientais, será utilizado também como base de informações para a elaboração dos Planos de Contingências Locais.

O Mapa de Sensibilidade Ambiental representará os diversos graus de sensibilidade das bacias hidrográficas (unidade de trabalho) existentes nas áreas de influência dos dutos. Cada bacia e/ou sub-bacia será analisada segundo parâmetros pré-estabelecidos (densidade populacional, cursos d'água, unidades de conservação, vegetação, atividades econômicas e declividade do terreno associada a geologia e pedologia local) e classificada segundo sua sensibilidade ambiental – baixa, média, alta ou muita alta sensibilidade ambiental.

Para a elaboração do Mapa de Sensibilidade Ambiental das faixas de dutos, a ESTEIO vem coletando uma série de

informações, dados básicos e levantamentos em campo, que serão posteriormente reunidos e integrados em um SIG.



Mapa de Sensibilidade Ambiental – Exemplo 1

A coleta de dados básicos consiste em reunir bases cartográficas (cartas topográficas, mosaicos de fotografias aéreas, dados básicos de projeto), mapas temáticos de geologia, pedologia, unidades de conservação e divisas político-administrativas municipais e estaduais e delimitar as bacias hidrográficas que ocorrem ao longo de todo o traçado das dutovias.

O Levantamento de campo está sendo realizado ao longo das faixas de domínio dos dutos, onde pontos de interesse ambiental (travessias com corpos d'água, cruzamento com estradas e linhas de transmissão, áreas urbanas, construção sobre a faixa, locais de

ocorrência de problemas geotécnicos) são inspecionados através do preenchimento de fichas específicas e registrados através de um documentário fotográfico. Os Pontos de Vistoria Ambiental (PVA) são identificados nas fotografias aéreas na escala 1:8.000 atuais, onde também são demarcadas informações de acessos a faixa dos dutos, divisas municipais e estaduais, uso e ocupação do solo, localização dos marcos quilométricos e estruturas associadas aos dutos (áreas de válvula, PTE, retificador) e qualquer outro tipo de informação de interesse para o serviço. Servem de apoio cartográfico outros produtos como a ortofoto na escala 1:1.000 para o mapeamento de detalhes, os mosaicos e fotografias aéreas na escala 1:30.000, para mapeamentos regionais, atualização da hidrologia e acesso. Junto a prefeitura e outros órgãos públicos dos municípios, cujo território é cruzado por dutos, são coletadas informações referentes a localização dos pontos de captação de água, localização das unidades de conservação municipal e uma relação de endereços e telefones dos órgãos que tenham qualquer tipo

de atuação em caso de emergência (hospitais, defesa civil, bombeiros).



Mapa de Sensibilidade Ambiental – Exemplo 2

Os mapas de sensibilidade serão usados em análises e avaliações ambientais, planos de contingência em casos de emergência e gerenciamento de riscos.

### **Sistema de Informações Geográficas como Ferramenta de Gerenciamento dos Dados.**

Todos os levantamentos em andamento estão formando um banco de dados gráfico e alfanumérico, que associados e gerenciados por programas específicos, permitirão cruzar dados, obter informações, realizar análises e simulações voltados para o monitoramento e gerenciamento das faixas de dutos em vários aspectos.

Estas características formam o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a medida que os levantamentos vão gerando seus produtos, o sistema vai sendo construído e alimentado, tendo ainda aplicativos específicos sendo desenvolvidos.

O sistema está sendo desenvolvido pela equipe da engenharia da Petrobras, utilizando um novo conceito de SIG na WEB.

Este conceito permitirá que todo o sistema seja disponibilizado na Intranet da Transpetro e acessado através da Internet. Como o sistema é integrado, em qualquer lugar do Brasil ou qualquer instalação da Transpetro, se poderá ter acesso ao sistema e suas informações.

Este sistema, por seu conceito e abrangência, é um produto inédito em âmbito mundial, no que se refere ao gerenciamento da logística de transporte de hidrocarbonetos e derivados, por não existir sistema similar.

Desta forma, a Petrobras e a Transpetro reforçam a importância deste tipo de sistema e o seu desenvolvimento, como ferramenta de grande potencial no gerenciamento dos dados para administração das faixas de duto de sua responsabilidade, desenvolvendo metodologia de referência para outras empresas e área de atuação.

---

Márcio Miguel Tavares é Engenheiro Cartógrafo e atua na Coordenação de Serviços na empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

Michelle Savian é Geóloga na empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

Curitiba, Maio/2003.