

SIMULAÇÃO DO TRAÇADO DE UM GASODUTO UTILIZANDO ANÁLISE DE MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

ERIVELTO MERCANTE¹; JOÃO F. G. ANTUNES²; JANSLE V. ROCHA³; RUBENS A. C. LAMPARELLI⁴

Escrito para apresentação no
XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
02 a 06 de Agosto de 2004 - São Pedro - SP

RESUMO: O objetivo do trabalho foi desenvolver simulações do possível traçado do gasoduto ligando a Refinaria de Paulínia as cidades de Cosmópolis, Americana e Artur Nogueira. Para isso, foram utilizadas ferramentas disponíveis no SIG IDRISI. O estudo baseou-se no método de múltiplos critérios com a ponderação dos fatores distância, declividade e uso da terra. A análise por múltiplos critérios foi bastante influenciada pelo uso da terra, porém, a declividade e a distância entre as cidades são fatores fundamentais no traçado do gasoduto, pois reflete o menor custo.

PALAVRAS-CHAVE: SRTM, tomada de decisão, sistema de informação geográfica

SIMULATION FOR TRACING A GAS PIPELINE USING MULTIPLE CRITERIA ANALYSIS

ABSTRACT: The main goal objective of this study was to develop a simulation for tracing a gaspipeline connecting the Paulínia Refinery to the cities of Cosmópolis, Americana and Artur Nogueira. For this, had been used available tools in GIS IDRISI. The study was based on multiple criteria analysis balancing of factors such as distance, slope and land use. The multiple criteria analysis was influenced by land use, however, the slope and the distance between the cities are the basic factors in tracing the gas pipeline, reflecting less cost.

KEYWORDS: SRTM, decision making, geographic information system.

INTRODUÇÃO: O consumo do gás natural veicular (GNV) no Brasil saltou de 7 mil m³ diários no ano de 1991 para mais de 2 milhões de m³ no primeiro trimestre de 2002. A frota de veículos movidos a GNV aumentou de 20 mil em 98, para cerca de 300 mil em maio de 2003, e as projeções indicam uma frota superior a 1 milhão de veículos em 2005 (CANTALICE, 2004). A Refinaria de Paulínia (REPLAN), que é um grande complexo industrial e econômico da região, serve como ponto de conexão com o Gasoduto Brasil-Bolívia. Com o crescimento do uso do GNV, surge a necessidade das prefeituras municipais da região, tais como, as de Americana, Cosmópolis e Artur Nogueira, construírem subestações para se interligarem à distribuição da REPLAN. Para isso, é necessário fazer um levantamento de um possível traçado de passagem do gasoduto, levando-se em conta, o mínimo gasto de recursos financeiros e que o mesmo cause o mínimo de impacto ambiental possível. Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG, são considerados ferramentas adequadas ao planejamento e execução deste tipo de empreendimentos, pelo fato de poderem combinar informações (cartográficas e tabulares) e inserir conhecimentos específicos e/ou subjetivos em suas rotinas de análises (SANTOS e NASCIMENTO, 1992). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver simulações do possível traçado do gasoduto ligando a Refinaria de Paulínia as cidades de Cosmópolis, Americana e Artur Nogueira. Para isso, foram utilizadas ferramentas disponíveis no SIG IDRISI, versão 32.11 como forma de se obter subsídios importantes para a tomada de decisão sobre a melhor alternativa de traçado do gasoduto, possibilitando uma escolha mais racional dos pontos de vista técnico, ambiental e econômico.

MATERIAL E MÉTODOS: Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada uma Imagem Landsat 7/ ETM+ (composição falsa-cor RGB453), resolução espacial de 30 metros, órbita/ponto 220/076, quadrante 1, adquirida em agosto de 2001, referente à região das cidades de Paulínia, Cosmópolis,

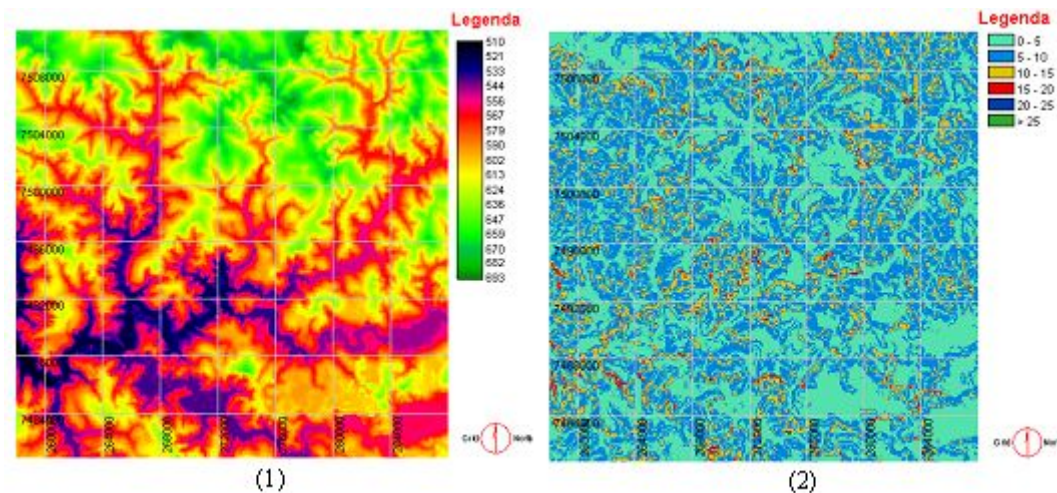
1- Engenheiro Agrícola, Doutorando, FEAGRI, UNICAMP, Campinas-SP, 0**19-3289-6367, erivelto.mercante@agr.unicamp.br

2- Matemático, Pesquisador EMBRAPA, Mestrando Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

3- Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, FEAGRI, UNICAMP, Campinas-SP

4- Engenheiro Agrícola, Pesquisador Doutor, CEPAGRI, UNICAMP, Campinas-SP

Americana e Artur Nogueira, todas no Estado de São Paulo. O Modelo Digital de Terreno (MDT) foi obtido a partir dos dados da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), no sistema de coordenadas Lat/Long, referente ao datum WGS84. O SRTM é resultado de uma missão espacial da NASA (National Aeronautics and Space Administration), GAC (German Aerospace Center) e ISA (Italian Space Agency) realizada a bordo do ônibus espacial Endeavour durante onze dias em fevereiro de 2000, que teve como objetivo examinar a superfície terrestre, oceanos, atmosfera, gelo e vida como um sistema integrado usando interferometria (NASA, 2003). Ressalta-se, que todas as manipulações das imagens e os produtos gerados, foram realizados no SIG – IDRISI 32.11 (EASTMAN, 1999). Para realizar o traçado do gasoduto, foi utilizado o método de análises por múltiplos critérios por meio do comando MCE (Multi Criteria Evaluation), gerando uma imagem de aptidão (custo), relacionando os fatores ponderados distância, declividade e uso da terra, selecionados como sendo os mais importantes do ponto de vista técnico econômico (distância e declividade) e ambiental (uso da terra). Primeiramente, a imagem Landsat 7 (composição RGB453) foi georreferenciada por meio de pontos de controle a partir das cartas topográficas da região em estudo. O erro médio de registro do georreferenciamento foi igual a 10,32 metros, aceitável para a resolução espacial da imagem (30 metros), pois o erro ficou abaixo de um pixel. Posteriormente, realizou-se o mapa de uso da terra desta imagem, pelo método de interpretação visual, com base em conhecimentos prévios sobre a área de estudo adquiridos após o reconhecimento de campo, onde foram observadas as principais áreas de cada classe de cobertura do solo existente. Após a compatibilização dos sistemas de coordenadas da região em estudo, da resolução espacial e correção de algumas falhas nos dados do SRTM, foi possível gerar o MDT conforme apresentado na Figura 1. Por meio do MDT, foi possível extrair o mapa de declividade utilizando-se o operador de contexto SLOPE. O próximo passo foi utilizar o comando RECLASS para gerar as classes de declividade, como pode ser visto na Figura 2. Uma das restrições imposta ao desenvolvimento do trabalho é causar o mínimo impacto ambiental. Sendo assim, baseou-se na Lei 4.771/65 - institui o código florestal - que define que a mata ciliar em torno de rios e lagoas é de preservação permanente, com uma área de preservação de 100 m ao redor de lagoas e 50 m de rios com extensão de 10 a 50 m, característicos da região em estudo. A partir da imagem de uso da terra foram extraídas as classes rios e lagoas, por meio dos comandos RECLASS e ASSIGN. Para gerar essas áreas de preservação permanente, foi utilizado o operador de distância BUFFER. As prefeituras em questão exigiram que o traçado do gasoduto não atravessasse o perímetro urbano das cidades e as lagoas no decorrer do trajeto. Com isso, foi criada uma imagem de restrições por meio dos comandos RECLASS e ASSIGN, a partir da imagem de uso da terra. Para a alocação das futuras subestações de GNV nas cidades, restringiu-se que as mesmas fossem instaladas num raio de no máximo 1000 metros de distância de suas cidades, em áreas com declividades menores que 5%, como uma das exigências era causar um mínimo impacto ambiental, foi também decidido que as áreas deveriam estar fora da faixa de preservação permanente e por motivos de custo na construção das possíveis subestações, as mesmas deveriam ser alocadas em áreas que fossem ocupadas pela classe de uso da terra pastagens. A classificação dessas áreas foi realizada por meio dos comandos RECLASS e ASSIGN, e o ponto exato de alocação dentro dessas áreas, foi selecionado de forma aleatória.



Figuras: (1) Modelo Digital do Terreno - MDT; (2) Declividade em classes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na criação da matriz de ponderação de fatores, foram escolhidos como fatores ponderantes distância das cidades, declividade do terreno e uso da terra. Com relação ao fator distância, os locais da possível instalação das subestações estão próximos às cidades, então a rota do gasoduto deve ser a menor possível. Para gerar a imagem referente a esse fator, foi utilizado o operador de distância *DISTANCE* a partir da imagem com os pontos das subestações. Para que os maiores valores sejam os mais próximos às cidades, utilizou-se o comando *FUZZY*, com a função linear decrescente, no formato byte, padronizando os níveis de 0 a 255. Para o outro fator (declividade), como a imagem declividade já foi gerada do MDT, foi preciso somente adequá-la, também utilizando-se o comando *FUZZY*, conforme realizado para o fator distância. O último fator é o uso da terra onde, as terras mais aptas à passagem dos dutos possuem as mais altas classes de classificação. Isto foi feito por meio dos comandos *RECLASS* e *ASSIGN* a partir da imagem de classes de uso da terra. A imagem resultante deste fator foi igualmente adequada, utilizando-se o comando *FUZZY*. Para esse julgamento foi utilizada a seguinte escala de nove pontos: 1/9 (extremo), 1/7 (muito forte), 1/5 (forte), 1/3 (moderado), 1 (igual), 3 (moderado), 5 (forte), 7 (muito forte) e 9 (extremo). Baseada nessa escala foi criada a matriz de ponderação dos pesos, conforme apresentado na Tabela 1. Após a criação da matriz foi utilizado o comando *WEIGHT* para geração dos pesos. Os resultados obtidos de ponderação para cada fator estão listados na Tabela 2. A taxa de consistência dos pesos utilizados foi de 0,03, considerada aceitável. Com o resultado da ponderação relativa entre os fatores obtidos, foi possível realizar a avaliação de múltiplos critérios por meio do comando *MCE*, gerando uma imagem de aptidão. Para realizar o traçado de passagem do gasoduto foi criada uma superfície de atrito relacionando aos fatores ponderados no *MCE*: distância, declividade e uso da terra. Primeiramente, a imagem foi classificada em oito classes por meio dos comandos *RECLASS* e *ASSIGN*. Posteriormente, foram deferidos valores relativos para esse atrito (oito classes). Na criação da superfície de custo para os vetores refinaria, Americana e Artur Nogueira, foi necessário transformar os vetores refinaria, Americana e Artur Nogueira em imagens *RASTER*, utilizando o comando *POINTRAS*. Feito isso, foram então geradas as superfícies de custo para esses vetores por meio operador de distância *COST*, combinando cada imagem de superfície de atrito com as respectivas imagens (refinaria, Americana e Artur Nogueira). O passo final foi à criação dos traçados (caminhos) da refinaria, Americana e Artur Nogueira para Cosmópolis. Para isso, utilizou-se o operador de distância *PATHWAY*, o qual gerou o traçado dos gasodutos da refinaria até a cidade de Cosmópolis, da cidade de Americana a Cosmópolis e da cidade de Artur Nogueira a Cosmópolis, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

Tabela 1. Matriz de ponderação dos pesos dos fatores

Fatores	Declividade	Distância	Uso da Terra
Declividade	1	3	5
Distância	1/3	1	1/3
Uso da Terra	1/5	3	1

Tabela 2. Pesos ponderados entre os fatores

Fatores	Pesos
Declividade	0.2583
Distância	0.1047
Uso da Terra	0.6370

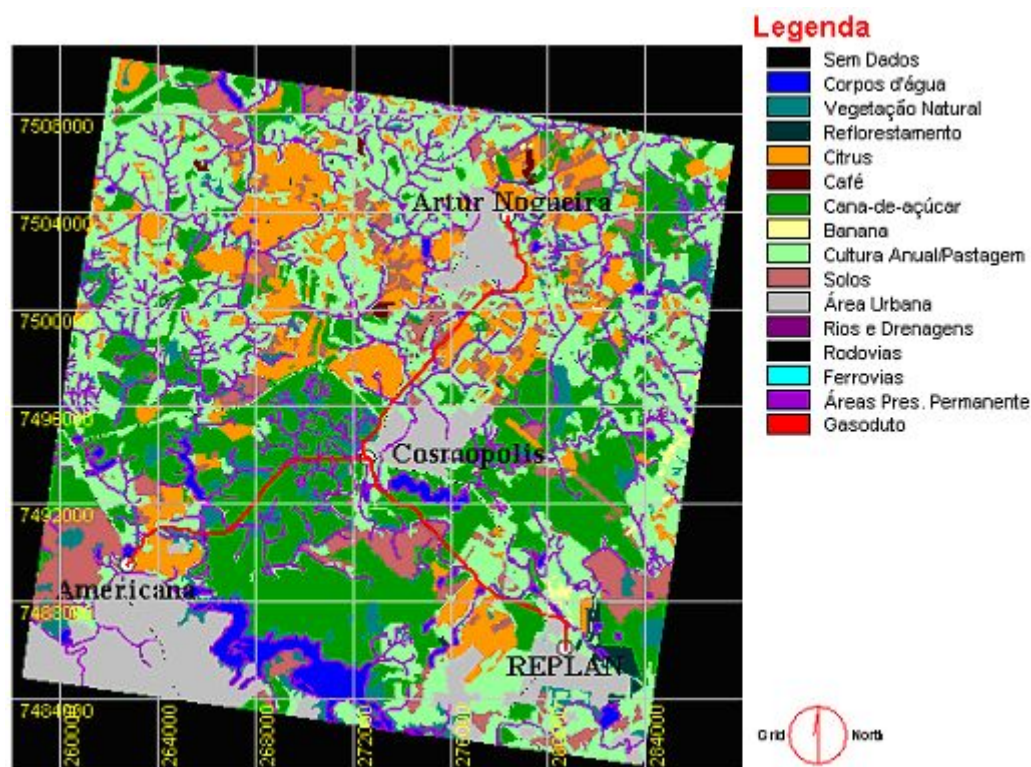


Figura 3: Gasoduto interligando a REPLAN e as cidades de Cosmópolis, Americana e Artur Nogueira baseado no MCE.

CONCLUSÕES: Esse estudo baseou-se no método de análise por múltiplos critérios com a ponderação dos fatores distância, declividade e uso da terra. A análise por múltiplos critérios é bastante influenciada pelo uso da terra, porém, a declividade e a distância entre as cidades são fatores fundamentais no traçado do gasoduto, pois reflete o menor custo. Assim, pode-se concluir que tais ferramentas constituem um subsídio importante à tomada de decisão sobre a melhor rota do gasoduto, possibilitando uma escolha mais racional do ponto de vista técnico, ambiental e econômico. O sistema de informação geográfica utilizado, no caso o IDRISI 32.11, comportou-se de forma bastante ágil na geração de cenários de alternativas a partir de critérios e fatores pré-estabelecidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CANTALICE, O. Consumo de GNV supera expectativas. Disponível em <<http://infoener.iee.usp.br/infoener/hemeroteca/imagens/64549.htm>>. Acesso em 08. mar. 2004.
- EASTMAN, J. R. Guide to GIS and Image Processing – IDRISI 32. Idrisi Production, v.2, Worcester 1999, 193p.
- NASA. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>>. Acesso em: 08. mar. 2004.
- SANTOS, M. A; NASCIMENTO, J. A. S. A inserção da variável ambiental no planejamento do território. Revista da Administração Pública. v. 26 n. 1. p. 6-12. 1992.

