

Avaliação dos Riscos dos Processos erosivos próximos as Torres das Linhas de Transmissão de Energia gerenciadas pela Eletrosul no Estado do MS

Guilherme Clasen Wosny ¹
Prof. Dr. Antônio Teixeira Guerra ²
Sérgio Luiz Lopes ³
Julia Cucco ⁴

¹ UFSC – Dept. de Engenharia Civil
Florianópolis – SC
gcwosny@hotmail.com

² UFRJ – Depto. de Geografia
Rio de Janeiro – RJ
antoniotguerra@gmail.com

³ ELETROSUL – Dept. Patrimônio e Meio Ambiente
Rio de Janeiro – RJ
serlopes@eletrosul.gov.br

⁴ UDESC – Depto. de Geografia
Florianópolis – SC
juliacucco@yahoo.com.br

Resumo: Este trabalho objetiva avaliar riscos de processos erosivos às torres de transmissão de energia. Quando torres encontram-se presentes em regiões com solo arenoso, este tipo de sinistro ocorre com frequência. A empresa Eletrosul é responsável pela transmissão de energia nesta região e convive com este tipo de sinistro em seu sistema no Mato Grosso do Sul, desde sua implantação. Usando imagens Quickbird, modelo digital do terreno e software SIG, foi desenvolvido um método para avaliar o risco de erosão às torres. Dessa forma, foi feita a digitalização das feições erosivas através de imagens e cruzada com a orientação da vertente obtido por modelo 3D do terreno. O resultado possibilitou avaliar a direção da erosão em processos regressivos e o alinhamento da regressão da erosão com os pontos das torres obtidos com GPS. Esse processo foi modelado em SIG e avaliadas as hipóteses na ida “in loco” à área de estudo.

Palavras chaves: Erosão Regressiva, Modelo Digital do Terreno, Linhas de Transmissão de Energia Elétrica.

Abstract: This project aims to assess soil erosion risks at electricity towers surroundings. When the towers are located on sandy soils, this problem may affect areas with higher erosion risk. The transmission line corridor in Mato Grosso do Sul State – Brazil is managed by Eletrsosul Company. Using High Resolution Space Images, Digital Terrain Models and GIS software, it was possible to develop the proposed method to evaluate erosion risk around the towers. In the first step, all erosive features were vectored through satellite images and then crossed with the aspect data by 3D model, resulting in a process which allowed us to analyze which direction the retreating erosion headed. The following step consisted of aligning the erosion features and the central spots of electricity transmission towers obtained through GPS. These processes were built using GIS software which made it possible to evaluate the hypotheses “in loco” at the study area.

Keywords: retreating erosion, Digital Terrain Model, Electricity Transmission Lines

1 Introdução

Para DEL'ARCO (1992) o avanço das atividades pecuárias no estado do Mato Grosso do Sul foram determinantes para que a vegetação do cerrado original tenha sido quase que totalmente substituída por áreas de pasto e campo. Dessa forma a compactação do solo pelo gado e retirada da vegetação contribuíram para a diminuição da percolação da água no solo e ampliação do escoamento superficial o que resultou numa forte susceptibilidade de processos erosivos. De acordo com VRIELING, (2005) isso afeta em grandes impactos ambientais e elevados custos econômicos na produção da agricultura, infraestrutura e qualidade da água.

Outro ponto que agrava o quadro ruim já existente foi a construção da rodovia BR 262 que liga Campo Grande a cidade de Três Lagoas e segue paralela à LT. Isso porque, com retirada de material para adensar partes da pista, buracos ao longo da estrada contribuem para a formação inicial de processos erosivos. Segundo GUERRA, (2007) também se ressalta que solo da região apresenta grande concentração de areia, ou seja, um solo muito arenoso além das chuvas que são fatores contribuintes a esse tipo de ocorrência.

Não distante desses problemas encontra-se a Eletrosul, companhia responsável pela transmissão de energia elétrica neste estado e que possui linhas de transmissão (LTs) ao longo de áreas com ocorrência de processos erosivos. Assim, através da utilização das geotecnologias, foi proposto um método a fim de analisar a direção de recuo das erosões existentes ao longo da LT e avaliar o risco das torres de energia que se encontram próximos a esses sinistros. Para isto imagens de satélites de alta resolução espacial e dados tridimensionais do terreno foram utilizados na criação de um modelo que aponta as torres em maior risco de serem atingidas por processos de erosão regressiva.

2 Área de Estudo

O trecho em questão trata-se da Linha de Transmissão de Energia Jupiá – Mimosa, que passa pelos municípios de Ribas do Rio Pardo, Água Clara e Três Lagoas no estado do Mato Grosso do Sul.

A linha se estende por aproximadamente 215 quilômetros em sentido leste-oeste percorrendo quase exclusivamente áreas dedicadas a pecuária em consequência disso, com uma cobertura vegetal original devastada. Para análise do trabalho especificamente, foi enfocada uma área que compreende um buffer de 100 metros paralelo ao eixo da linha de transmissão definida em conjunto com a concessionária responsável pela transmissão de energia. Segue abaixo uma figura da localização da área.

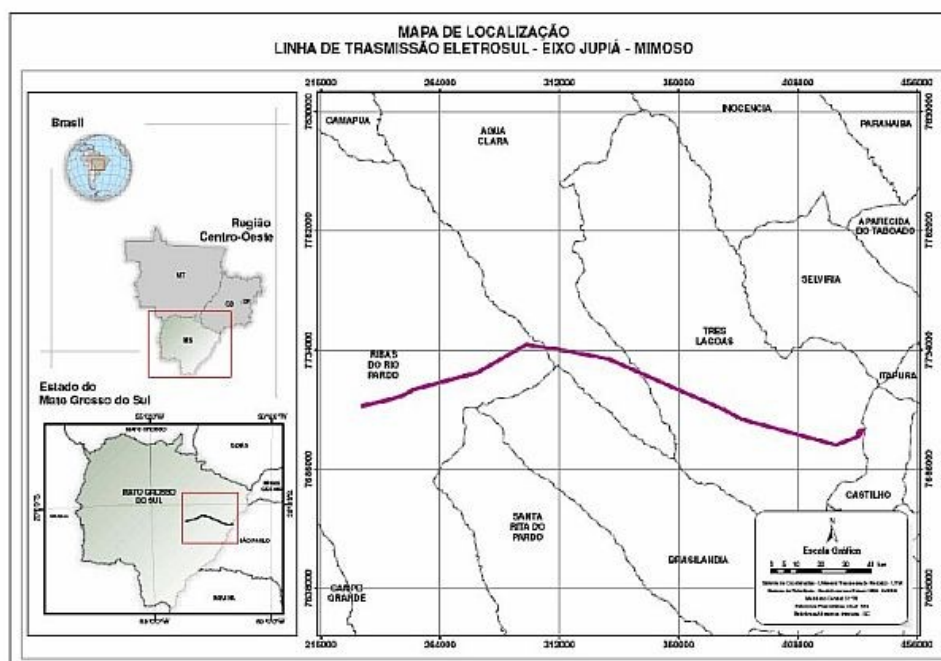


Figura 1 : Mapa de localização da área de estudo

3 Coleta de Dados

3.1 Imagens Quickbird

As imagens Quickbird, são imagens de satélite com características de imagens de alta resolução espacial. São comercializadas pela empresa americana DigitalGlobe tem finalidade de auxiliar trabalhos de planejamento urbano, áreas de risco, mapeamentos entre outras aplicações.

Para este trabalho as imagens Quickbird deram suporte na interpretação visual da área, bem como a digitalização das feições erosivas, uma vez que sua resolução espacial é de 60cm. Segue abaixo - Tabela 1 - algumas características das imagens Quickbird.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
QUICKBIRD	PANCROMÁTICA	450 - 900 nm	61 a 72 cm	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude	16,5 x 16,5 km
	MULTIESPECTRAL (Visível)	450 - 520 nm	2,4 a 2,8 m		
		520 - 600 nm			
		630 - 690 nm			

Tabela 1 – Características do Satélite QuickBird FONTE: DigitalGlobe (2007)

A empresa responsável pela Linha de Transmissão: Eletrosul Centrais Elétricas S.A já adquirira as imagens para acervo próprio e cedeu à UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina para o desenvolvimento da pesquisa relacionada as erosões. Assim 100% da área de estudo está coberta com as imagens.

3.2 SRTM

A Agência Espacial Norte Americana – NASA, buscou um modelo digital tridimensional da Terra, e para tanto, utilizou sua tecnologia para instituir a primeira interferometria a bordo de uma nave. Este imageamento por radar foi designado: Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM, e permitiu que cerca de 80% da superfície terrestre fosse imageada e por conseguinte, que seus dados estivessem disponibilizados gratuitamente através da rede mundial de computadores.

Segundo a NASA, (JPL, 2003) as imagens respondem a escalas maiores que 1:250.000, disponíveis em 90m de pixel, entretanto observa-se na literatura científica que já existem estudos que comprovam a utilização destas imagens em escalas menores ao sugeridos pela NASA. Pelo fator da gratuidade do dado e pela falta de mapas atuais de escalas pequenas da região de estudo, deu-se preferência às imagens SRTM para o desenvolvimento do modelo.

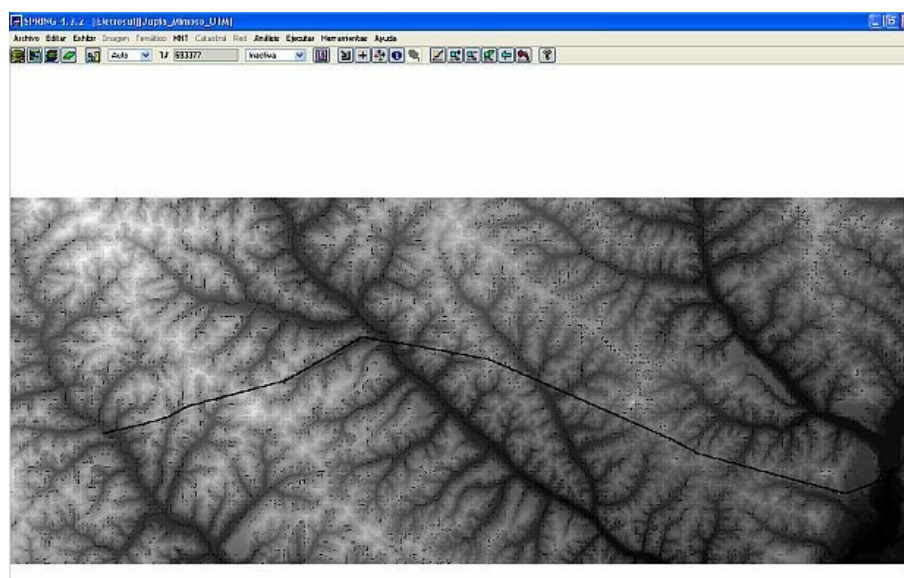


Figura 2 : Arquivo Raster – SRTM abrangendo o trecho da LT.

3.3 Torres de Transmissão de Energia Elétrica

Os dados georreferenciados das torres de transmissão de energia foram cedidos pela Eletrosul. Segundo a empresa foi utilizado o GPS geodésico *in loco* e rastreado seu ponto na base de cada torre. Além dessas informações, o Departamento de Patrimônio da Eletrosul incluiu o cadastro do proprietário do terreno onde a torre se insere, o número das torres conforme a oficialidade da empresa, seus respectivos código e siglas para registros e o registro do processo de cadastramento da obra, assim, essas informações também foram tabuladas junto aos atributos do campo das torres.

4 Desenvolvimento

O método aplicado no trabalho consistiu primeiramente na digitalização em tela das feições erosivas através da imagem Quickbird e assim cruzada com a orientação da vertente resultante do dado SRTM. Assim foi analisada a direção da erosão regressiva e em seguida o alinhamento da regressão da erosão com os pontos das torres de transmissão de energia elétrica obtidos com GPS *in loco*. Abaixo na figura 3, um pequeno fluxograma que apresenta de forma simplificado o método utilizado para identificar as torres em maiores riscos quanto a processos erosivos.

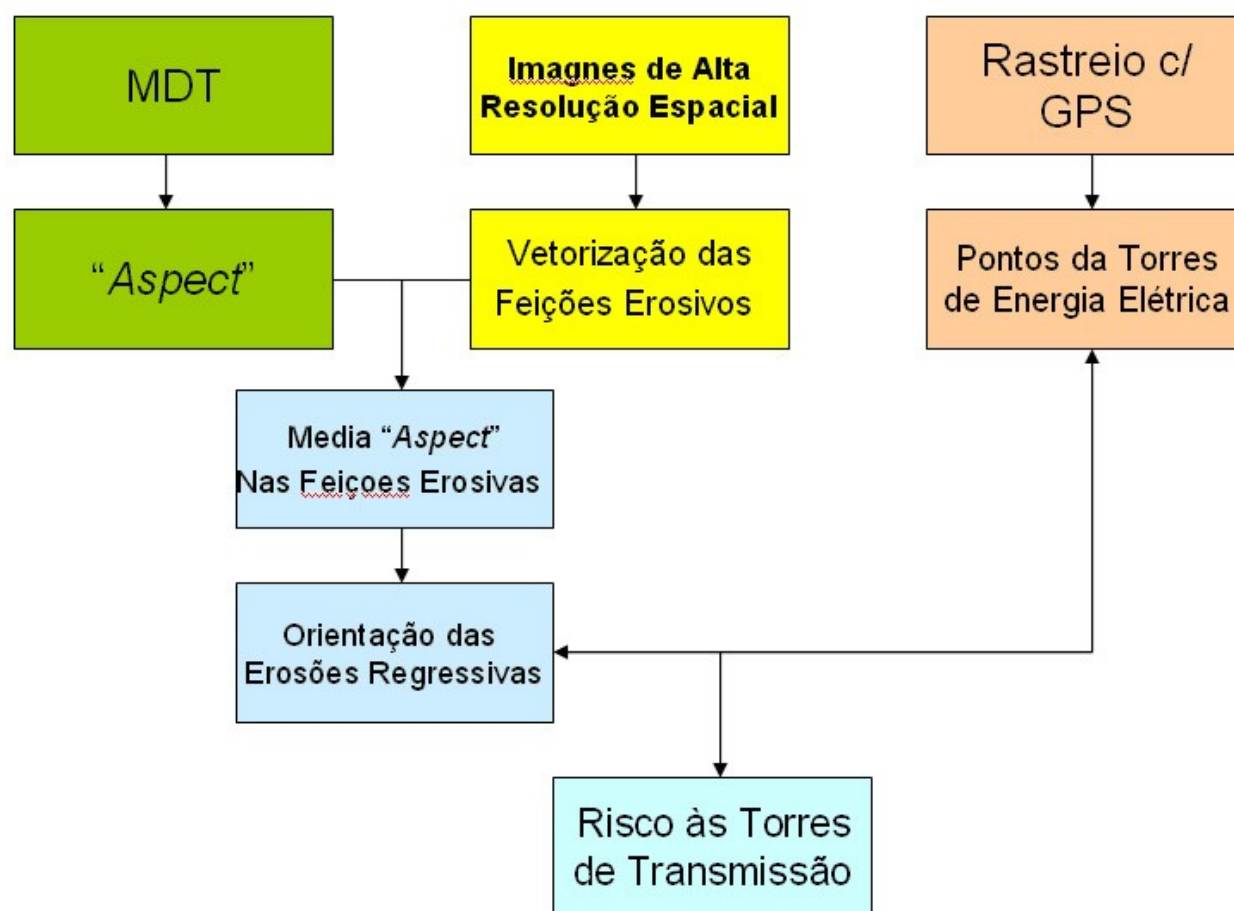


Figura 3 : Fluxograma simplificado das etapas do desenvolvimento do projeto.

4.1 Dado de Orientação da Vertente.

Através dos dados SRTM foi possível gerar o nível de informação de orientação da vertente (*aspect*). Segundo o site da Esri Dictionary, Esri (2008), a orientação que uma inclinação tomográfica obtém, é medido geralmente em graus a partir do norte.

Um *layer* de orientação da vertente normalmente é usado para ressaltar as orientações solares das inclinações ou para ajudar nos processos de delimitação de bacias hidrográficas ou áreas de acumulação hídrica, mas para este caso os objetivos foram diferentes. Um processo de erosão regressiva tende a recuar em sentido montante-jusante e o *layer* "*aspect*" possibilita de forma genérica, obter o azimuth a qual essa erosão tende a recuar. Assim o cruzamento da orientação dos focos erosivos com o posicionamento das torres de transmissão georreferenciadas, possibilita apontar as torres com possíveis riscos a esses sinistros. A figura 4 abaixo mostra um exemplo do *layer* de *aspect* apresentado no software ArcGis 9.2 com as cores padrão do sistema utilizado.

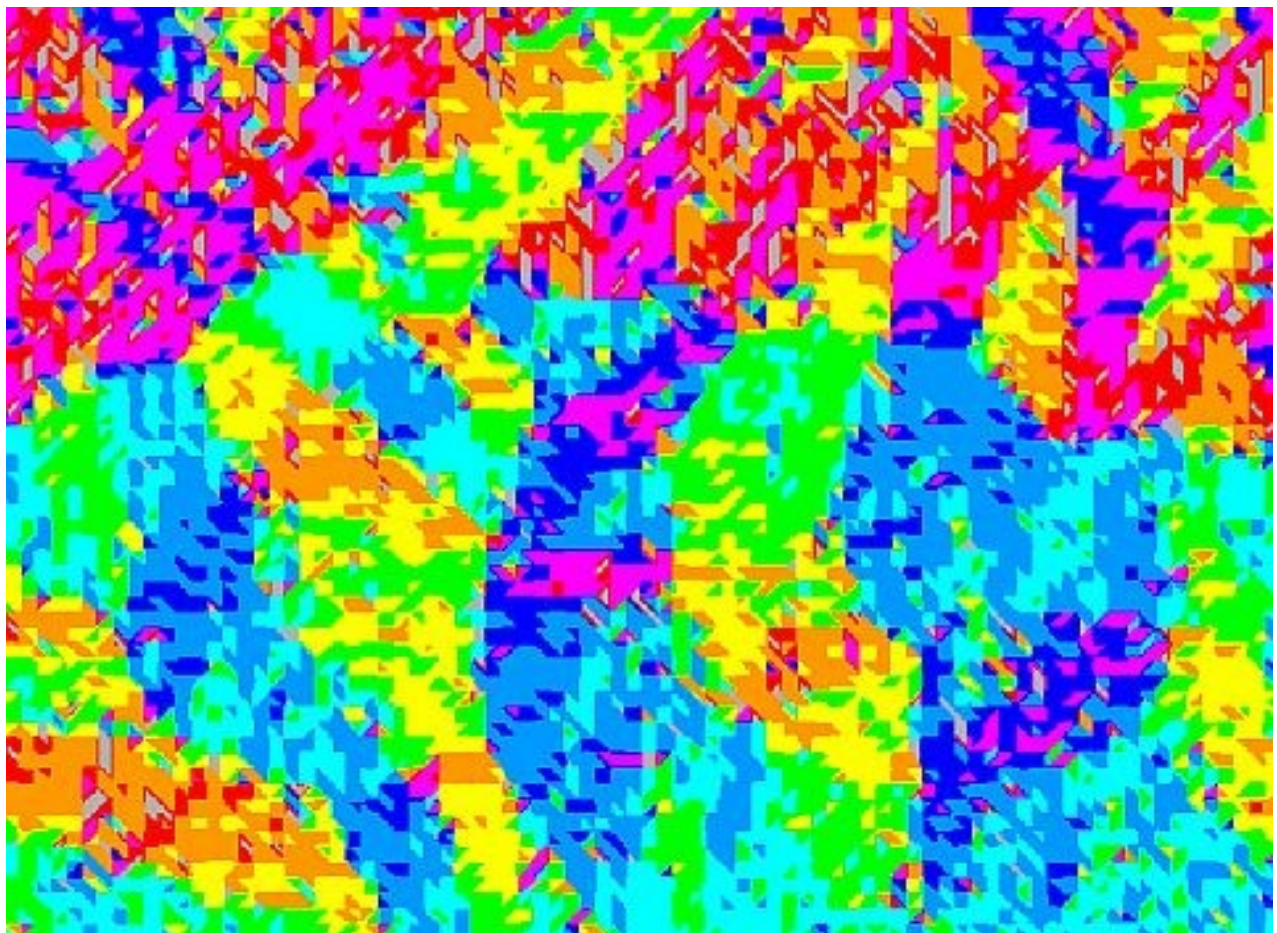


Figura 4 : *layer* de *aspect* apresentado no software ArcGis 9.2.

4.2 Digitalização das Feições Erosivas

Através da imagem Quickbird foram vetorizadas em forma de polígonos as feições erosivas visíveis na imagem. Para tal processo foi considerada uma área de interesse discutida juntamente com membros da concessionária de energia elétrica. A localização e delimitação da área de interesse foram feitas a partir do eixo central da linha de transmissão numa distância paralela de 100 metros. Assim todas as feições erosivas visíveis na imagem Quickbird dentro dessas área de interesse foram vetorizadas. A figura 5 mostra uma feição digitalizada (em verde) e o limite da área de interesse (em vermelho).

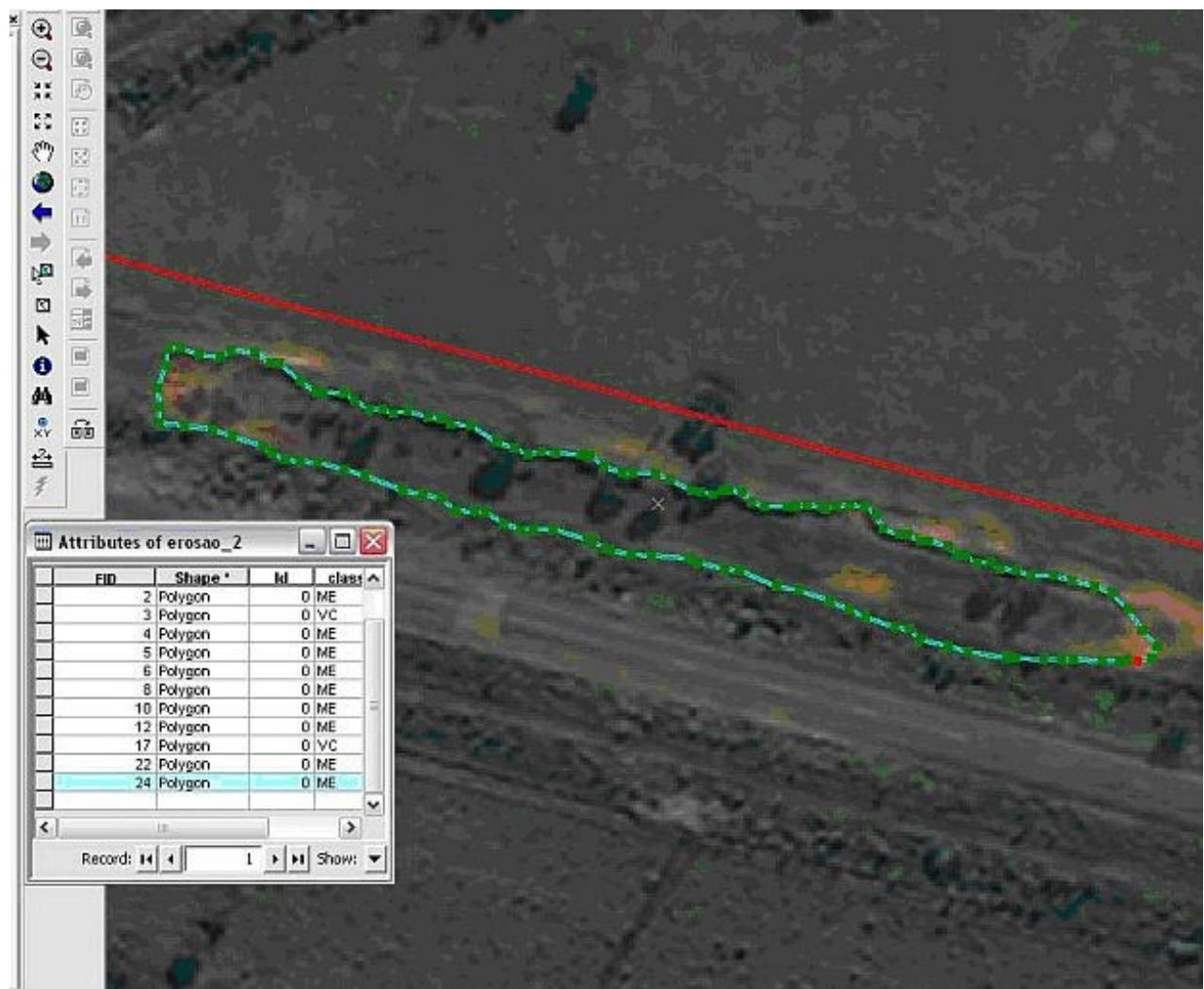


Figura 5 : Feição erosiva digitalizada (em verde) e o limite da área de interesse (em vermelho).

4.3 Processo de extração da média da orientação da Vertente

A próxima etapa consistiu na média zonal da orientação da vertente (*aspect*) em cada polígono de feição erosiva digitalizado. Este processo utilizou o método de aproximação das médias dos ângulos trigonométricos aplicados nos polígonos vetorizados. Com isso cada polígono digitalizado atribuiu no banco essa informação em forma numérica de grau decimal. Em seguida foram gerados centróides dos polígonos com os mesmos atributos da média da orientação agora em forma de ponto. Para categorizar essa orientação (obtida pela média zonal do polígono), foram utilizados 4 pontos cardeais (norte, sul, leste, oeste) e os 4 pontos colaterais (nordeste, noroeste, sudeste, sudoeste) de acordo com o azimuth obtido: 0 a 22,5° Norte; 22,5° a 67,5° NORDESTE; 67,5° a 112,5° LESTE; 112,5° a 157,5° SUDESTE; 157,5° a 202,5° SUL; 202,5° a 247,5° SUDOESTE; 247,5° a 292,5° OESTE; 292,5° a 337,5° NORTEDESTE e 337,5° a 360° NORTE. Estas divisões são as mesmas utilizadas para a extração do layer *aspect*.

4.4 Erosão Regressiva

Conforme definição da Defesa Civil (2008) erosão regressiva pode ser considerada como movimento de partículas de uma massa de solo, carregadas por percolação d'água, sendo que o fenômeno é iniciado sob condições de gradiente hidráulico crítico e provoca a abertura progressiva de canais dentro da massa de solo, em sentido contrário ao do fluxo d' água; razão pela qual o fenômeno é também conhecido pelo nome de erosão interna.

Pôde-se concluir que as principais formas de erosão que influenciam as torres estão ligadas à rede de drenagem e (na maioria dos casos) processos erosivos desencadeados a partir das caixas de empréstimos (material retirado para adensamento da BR 262). Foram feitos então, saídas de campo na área de estudo com coletas de solo e rastreamento de pontos GPS para diagnosticar o quadro já acompanhado pelas imagens de satélites. Percebeu-se que em todas as caixas de empréstimos visitadas, a face onde a erosão regride está voltado para a montante. Assim a erosão regressiva recua em sentido jusante montante nas paredes da já escava caixa de empréstimo, direção na qual se objetivou extrair em cada polígono vetorizado. A figura 6 mostra a representação gráfica em forma de setas, a direção de recuo das erosões, conforme modelo proposto.

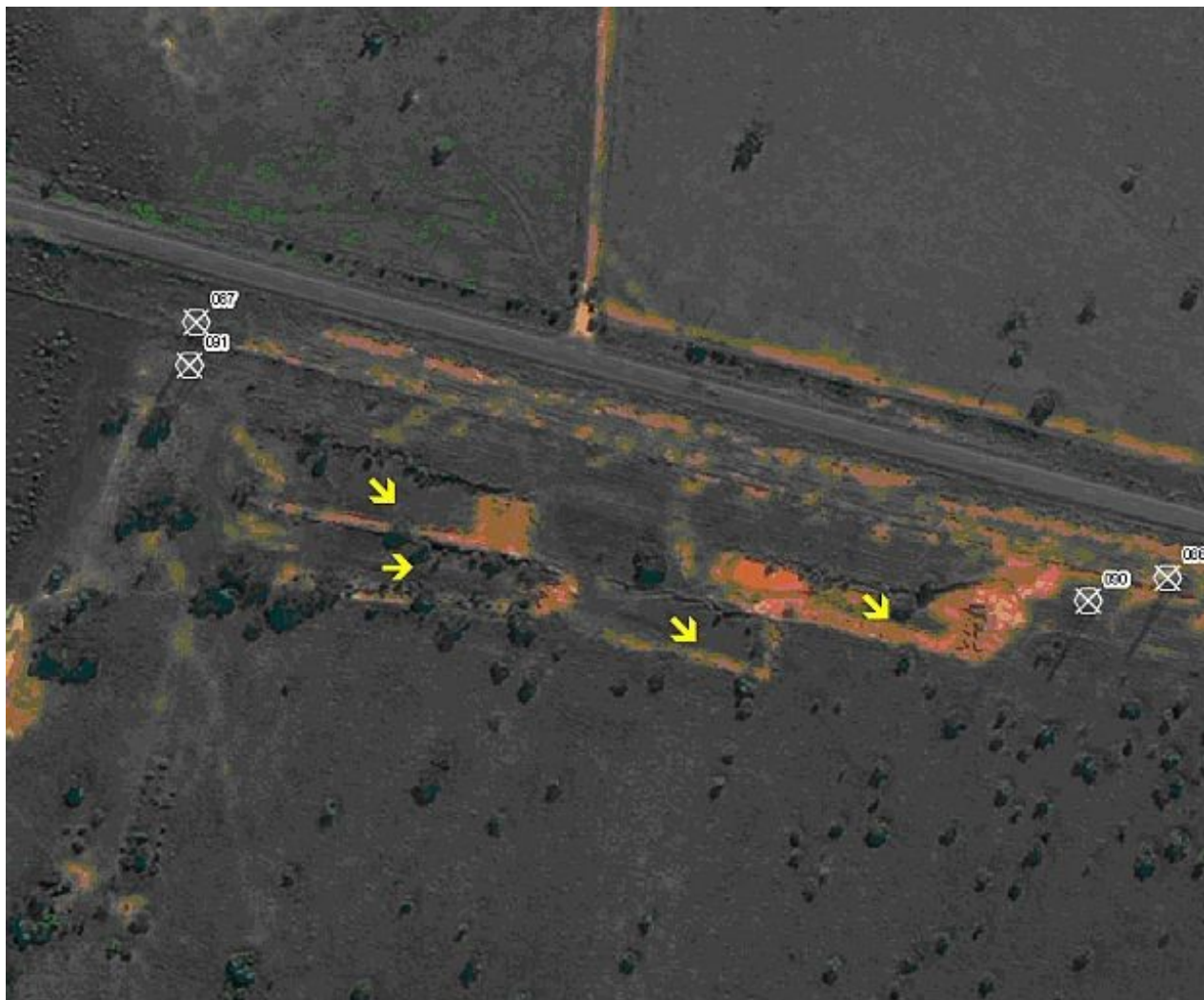


Figura 6 : representação gráfica em forma de setas d direção de recuo da erosões.

5 Resultados

5.1 Avaliação Visual dos resultados.

Após a execução do método descrito anteriormente, foi feito uma interpretação visual nas imagens Quickbird a fim de avaliar visualmente (quando possível) a direção da regressão e comparado aos resultados obtidos pela modelagem tridimensional do terreno. A interpretação visual da imagem foi feita em todos os polígonos de feições erosivas a avaliadas segundo 3 critérios: **BOM**, quando a direção apontada pelo método estiver alinhada em ate 45° de diferença ao alinhamento do recuo da erosão identificada pela interpretação visual. **RAZOAVEL**, quando a direção apontada pelo método estiver alinhada entre 45° e 90°

de diferença ao alinhamento do recuo da erosão identificada pela interpretação visual. **RUIM**, quando a direção apontada pelo método estiver alinhada for maior que 90° de diferença ao alinhamento do recuo da erosão identificada pela interpretação visual. E **NÃO AVALIÁVEL**, quando não foi possível de concluir visualmente pela imagem a direção de recuo dos processos erosivos.

Dentre as 247 feições identificadas, 122 foram possíveis de interpretação visual para extração da direção da regressão, ou seja, 49,38% do total. Considerando somente as feições passíveis de avaliação, 95 delas foram consideradas como **BOM** (77,86%), 22 consideradas como **RAZOAVEL** (18,03%) e 5 consideradas como **RUIM** (4,09%). A tabela 2 apresenta esses resultados de forma tabular.

Feições Erosivas	Quantidade	% Total	% Efetivo	
Bom	95	38,46	77,86	95,90 %
Razoavel	22	8,90	18,03	
Ruim	5	2,02	4,09	<= 4,09 %
Não Avaliável	125	50,60	-	

Tabela 2 – Apresentação dos resultados do método aplicado às erosões regressivas.

A etapa seguinte consistiu no alinhamento das erosões com as torres como mostra a figura 7.



Figura 7 : Alinhamento das feições erosivas com as torres (linhas verdes) e direção de recuo da erosão (setas amarelas).

Como forma de diagnosticar as torres de transmissão de energia elétrica com maiores risco à erosão regressiva, o alinhamento das torres e a direção de recuo da erosão foram cruzados. Como resultados foi possível de forma genérica separar quais torres os profissionais responsáveis pelo funcionamento desse sistema elétrico devem estar mais atentos ou não de acordo com o método executado.

6 Conclusão

Esta pesquisa tratou, em especial, da análise de processos erosivos de um trecho com torres de transmissão de propriedade da Empresa de Energia Elétrica, Eletrosul, compreendido em três municípios do Estado do Mato Grosso do Sul.

O processo empregado neste estudo contou com a quantificação das feições erosivas próximas às torres de transmissão e alcançou resultados satisfatórios considerando a qualidade dos dados utilizados. Foram apontadas as torres que estão livres de influências de processos erosivos, que se caracterizam pela não proximidade da torre e por sua direção indicativa contrária para onde se presume que avance esta feição e torres que podem estar em risco. Ressalta-se que para as torres apontadas em risco, este método não deve ser usado isoladamente, mas sim combinados com outras informações a fim de contribuir para uma análise mais refinada (amostras de solo, avaliação da rede de drenagem, uso do solo, etc).

Obteve-se também, um bom resultado provindo do processo aplicado neste estudo devido à área de interesse ser de grande extensão (aproximadamente 215 Km). As imagens de satélites e modelos 3D permitem o recobrimento visual total em escritório, facilitando os custos com deslocamento, hospedagem e topografia.

Também deve ser levado em consideração os possíveis trabalhos de monitoramento das feições que podem vir a serem feitos através da aquisição de novas imagens mais atuais. Assim o acompanhamento da evolução dos processos erosivos existentes e um refinamento do método acima descrito poderão ser executados.

7 Considerações

Para o enfoque da pesquisa, a utilização das imagens SRTM não seriam as mais adequadas à escala final de trabalho, entretanto obteve-se resultados favoráveis na área de estudo, uma vez que o terreno não sofre grandes variações altimétricas.

A melhoria da confiabilidade do modelo proposto se consegue através da alteração da qualidade do dado 3D, mantendo-se a metodologia proposta.

Outro ponto que se deve dar destaque é quanto à classificação **RUIM** da tabela 2. Todos os 5 casos identificados com essa classificação encontra-se em fundo de vale do terreno. Neste caso o “aspect” do MDT se apresenta com variações maiores se comparados às encostas ou divisores de água. Uma forma de obter maior confiabilidade do método seria retirar as áreas com fundo de vale do modelo, entretanto nesta solução, não abrangeria 100% da área atingida pelo corredor da LT.

A distância entre a erosão e a torre não foi levada em consideração ao risco, assim como a velocidade de recuo, e sim somente o alinhamento entre a erosão e a torre.

A neste trabalho foi dado ênfase unicamente à erosão regressiva, muito freqüente nas caixas de empréstimos encontradas ao longo da linha de transmissão. A área de estudo também apresenta processos de erosão progressiva, em função da convergência de fluxo, rede de drenagem e escoamento superficial concentrado, entretanto esses tipos de fenômenos não foram considerados devido a processos erosivos progressivos. Motivos pelos quais os resultados da pesquisa não devem ser utilizados como única fonte verdadeira, mas sim combinadas a outros métodos. A utilização de software SIG torna uma ferramenta útil à empresa e de grande impacto produtivo, visto que a áreas de estudo compreende um trecho de extensão significativa.

8 Referências Bibliográficas

ANTONIO J. T. GUERRA. *EROSÃO DOS SOLOS – PROJETO ELETROSUL – RELATÓRIO PARCIAL.* [florianópolis, Rio de Janeiro], 2007. 44 p.

DEFESA CIVIL (Org.). *Glossario: Secretaria Municipal de Defesa Civil e Trânsito.* Disponível em: <http://www.defesacivilcantagalo.rj.gov.br/glossario/glossario_html-letra=E.htm>. Acesso em: 20 mar. 2008.

DEL'ARCO, D.M. et al. *Susceptibilidade à Erosão da Macrorregião da Bacia do Paraná.* Campo Grande, 277p. Convênio de Cooperação Técnico - Científica IBGE/Estado de Mato Grosso do Sul, 1992.

DIGITAL GLOBE. An Imagery and Information Company Disponível em:

< www.digitalglobe.com >. Acesso em: 04 de agosto de 2006.

ESRI (Org.). *GIS Dictionary.* Disponível em: <<http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary.search&searchTerm=aspect>>. Acesso em: 20 mar. 2008

JPL- Jet Propulsion Laboratory - NASA (2003). Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> Acesso em: 04 de agosto de 2006.

VRIELING, Anton. *Erosion Assessment by satellite remote sensing in the Brazilian Cerrados.* In: *ENVIRONMENTAL SCIENCE GRUP WAGENINGER UR*, Erosion and Soil & Water Conservation Group. Wagenigen: Esw, 2005. p. 1 – 1.