



## AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE IMAGENS DO SENSOR *PRISM* NO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO.

Adriano Luís Heck Simon - Laboratório de Geomorfologia DEPLAN / IGCE / UNESP – Rio  
Claro ([adrianosimon@yahoo.com.br](mailto:adrianosimon@yahoo.com.br));

Cristina Aparecida Beneditti - Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas FCT /  
UNESP – Presidente Prudente;

Leticia Giuliana Paschoal - Laboratório de Geomorfologia DEPLAN / IGCE / UNESP – Rio  
Claro;

Cenira Maria Lupinacci da Cunha - Laboratório de Geomorfologia DEPLAN / IGCE /  
UNESP – Rio Claro;

Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto - Laboratório de Geomorfologia DEPLAN / IGCE / UNESP –  
Rio Claro.

**RESUMO:** O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a potencialidade das imagens estereoscópicas do sensor PRISM (componente do sistema ALOS) no mapeamento geomorfológico. Fragmentos espaciais estratégicos foram selecionados na área de transição entre a Depressão Periférica Paulista e as Cuestas Basálticas, a fim de identificar feições estruturais, feições erosivas localizadas, formas de origem fluvial e formas de vertente, interflúvios e fundos de vale. A simbologia utilizada pautou-se na adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen; Zuidam (1975). A imagem estereoscópica do sensor PRISM mostrou-se viável no reconhecimento e mapeamento de formas do relevo em decorrência da possibilidade de aplicação de diferentes escalas horizontais e exageros verticais. Por fim, as técnicas de mapeamento precisam ser revistas e aprofundadas sob o ponto de vista da adaptação da imagem ao software que possibilite a melhor edição final do documento cartográfico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cartografia Geomorfológica; Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM); Formas do relevo.

**ABSTRACT:** This work aim to evaluate the potentialities of three-dimensional images from Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping sensor (PRISM) in geomorphological mapping. Spatial sections were strategically selected at the transition area between Peripheral Depression and Cuesta landforms in Sao Paulo state in order to identify



structural features, located erosive forms, fluvial features and slope profile, drainage division lines and valleys. The symbology used was adapted from the proposals of Tricart (1965) and Verstapen; Zuidam (1975). PRISM three-dimensional image was viable-input to the recognition and mapping of landforms due to the possibility of application of different horizontal scales and vertical exaggerations. However mapping techniques must be reviewed regarding on the image adaptation in a software to enable better results during the final edition of geomorphological maps.

**KEY-WORDS:** Geomorphological Mapping; Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM); Landforms.

## 1 INTRODUÇÃO

Os mapeamentos geomorfológicos fornecem subsídios para uma análise minuciosa de todos os elementos que compõem o relevo, sejam eles naturais ou derivados da ação antrópica. Cunha, Mendes e Sanchez (2003, p. 1), enfatizam que os processos geomorfológicos e as formas de relevo possuem “grande importância, tanto pelo fato de constituírem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, como por responderem, muitas vezes de forma agressiva, às alterações provocadas por tais atividades” e concluem que “a representação cartográfica torna-se instrumental imprescindível para uma gestão ambiental adequada”.

Verstapen; Zuidam (1975) destacam a utilização dos mapas geomorfológicos como ferramentas para a avaliação dos recursos naturais, uma vez que as características da superfície terrestre possuem significado importante no processo de ocupação e dinamização dos usos da terra. De acordo com Demek (1967), o mapeamento geomorfológico é o principal método para o estudo e a pesquisa geomorfológica. Quando realizado sobre um mesmo fragmento espacial, durante períodos históricos distintos, este mapeamento possibilita a identificação de alterações ocorridas sobre as feições originais, com destaque àquelas derivadas da ação antrópica e que ocasionaram transformações na estrutura e nos processos, atuando na alteração da morfodinâmica (SIMON, 2007).

No mesmo sentido, Simon; Cunha (2008) salientam que a cartografia geomorfológica possui um papel fundamental em estudos que abrangem a morfodinâmica, pois torna possível a representação das formas do relevo e a análise dos processos geomorfológicos que ocorrem no espaço geográfico ao longo do tempo histórico, partindo da idéia de que a análise da



alteração nas formas concede respaldo às deduções lógicas acerca das transformações ocorridas na dinâmica e nos fluxos de materiais.

As fotografias aéreas constituem importantes fontes de informação sobre as características das formas da Terra e possuem ampla utilização nos mapeamentos do relevo. Os elementos de interpretação das fotografias aéreas, aliados a possibilidade de visão estereoscópica possibilitam a elaboração de mapas geomorfológicos com diversos fins (VERSTAPPEN, ZUIDAM, 1975).

Atualmente avanços tecnológicos dos sensores de imageamento terrestre – imagens orbitais – possibilitam a obtenção de dados abrangendo áreas consideráveis, de forma periódica e com resoluções espaciais compatíveis ou superiores às fotografias aéreas. Entretanto, existem limitações no que tange a avaliação estereoscópica das formas do relevo. A utilização de imagens orbitais em estudos vinculados à escalas de pouco detalhe concede vantagem na classificação de compartimentos geomorfológicos e feições mais pronunciadas. Por outro lado, estudos geomorfológicos de maior detalhe encontram dificuldade na identificação de formas do relevo a partir da utilização de imagens de satélite devido a ausência da estereoscopia.

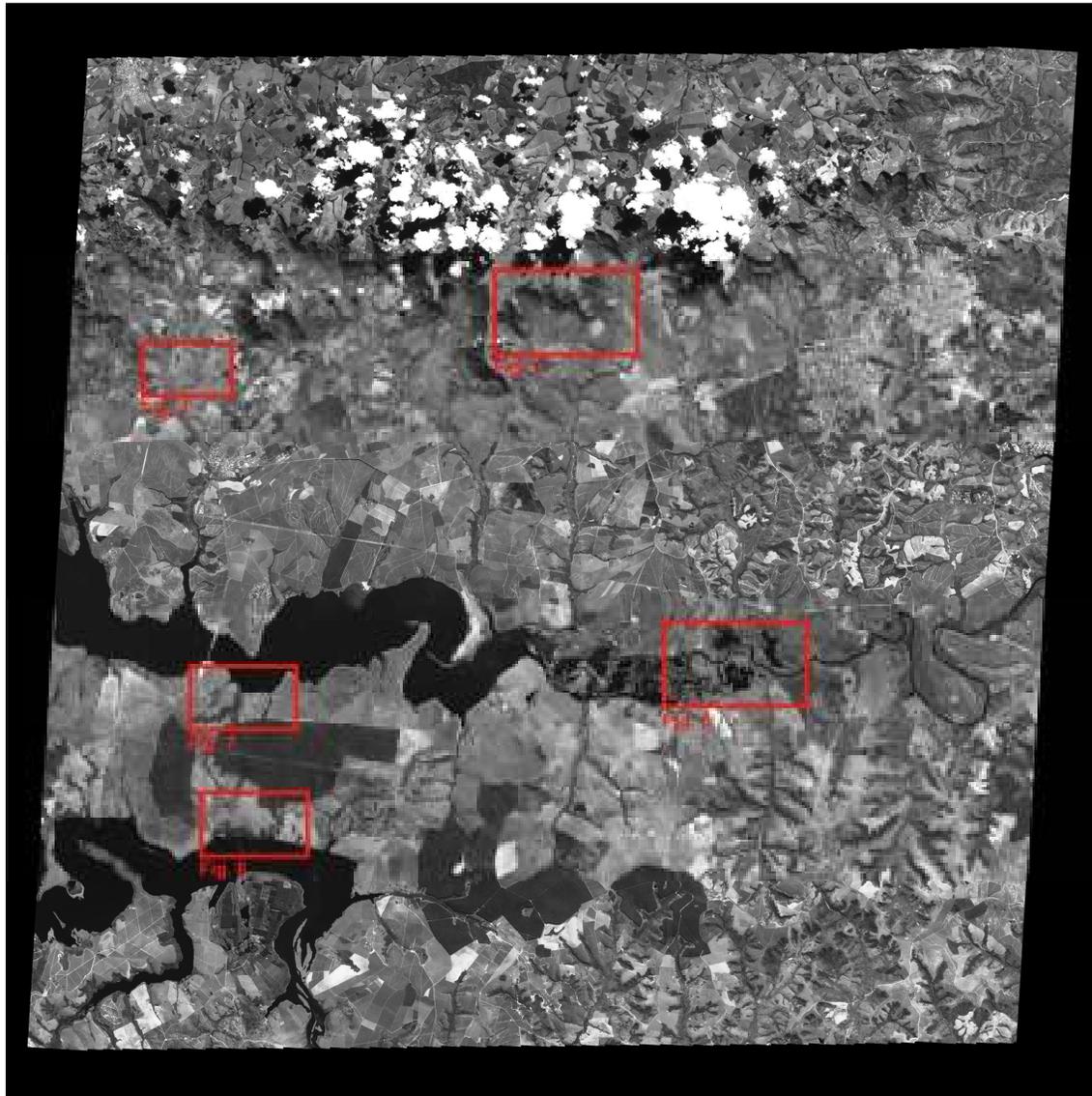
Como alternativa aos obstáculos apresentados por imagens orbitais convencionais, no ano de 2006, a Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa (JAXA) lançou o sistema ALOS (Advanced Land Observing Satellite) de observação da Terra. O sistema carrega dois instrumentos ópticos (PRISM – *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping* e AVNIR-2 – *Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type 2*) e um radar (PALSAR – *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*).

As imagens adquiridas pelo sensor PRISM são pancromáticas (comprimentos de ondas entre 0,52 e 0,77 $\mu$ m), apresentando resolução espacial de 2,5 metros e resolução radiométrica de 8 bits. O PRISM é composto por 3 sistemas ópticos independentes, um com visada Nadir e dois com visadas inclinadas para frente (*Forward*) e para trás (*Backward*), tornando possível o imageamento estereoscópico na mesma órbita, ao longo da trajetória do satélite. Assim, os trabalhos vinculados a cartografia do relevo passaram a contar com uma nova fonte de informação que possibilita análises tridimensionais tanto em áreas mais abrangentes quanto em fragmentos espaciais de maior detalhe.

A partir destas considerações iniciais, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar avaliações preliminares sobre a potencialidade das imagens óticas do sensor PRISM componente do sistema ALOS no mapeamento geomorfológico. Os recortes submetidos à



avaliação correspondem às áreas localizadas no setor de transição entre as unidades geomorfológicas da Depressão Periférica Paulista e das Cuestas Basálticas, na baixa bacia do Rio Piracicaba – SP (Fig. 1). A área apresenta variações na topografia e formas do relevo que expressam sua localização em zona de transição geomorfológica. Além disso, feições geomorfológicas vinculadas à dinâmica fluvial meandrante do segmento final do Rio Piracicaba também se mostram interessantes para a avaliação, por se apresentarem menos pronunciadas na paisagem sob o ponto de vista altimétrico.



**Fig. 1: Características da área de estudo no baixo curso do Rio Piracicaba e localização dos fragmentos espaciais selecionados na avaliação.**



## 2 MATERIAL E METODOS

Os dados utilizados foram processados pela JAXA e cordialmente concedidos para a realização deste trabalho. Os produtos resultantes são um DSM (*Digital Surface Model*) gerado a partir de estéreo imagens PRISM e uma imagem PRISM nadir ortorretificada para o mesmo quadro do DSM. A resolução altimétrica do DSM é de 1m e resolução espacial de 0,3sec (aproximadamente 10m) reamostrados para 2,5m. Regiões com cobertura de nuvens e com presença de corpos d'água foram interpolados usando o DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM-3.

O DSM foi gerado pela JAXA no modo relativo, ou seja, sem pontos de controle, sendo assim foi realizado um trabalho de campo para verificar a acurácia dos dados. Para isso foram coletados dados de 16 pontos distribuídos na região e que fossem de fácil identificação na imagem PRISM, por exemplo, quinas de casas e construções. O GPS utilizado foi o Topcon Hiper GPS (alta precisão) sem uma estação base. O erro RMS para a orto-imagem PRISM foi 10,2m e a acurácia vertical para o DSM foi 5,2m.

Para a visualização desses dados foi utilizado o módulo ArcGlobe do pacote ArcGIS. Este módulo permite a sobreposição da orto imagem PRISM (dado em 2D) com dados de superfície DSM possibilitando uma visualização e análise estereoscópica da área.

A identificação das feições morfohidrográficas ocorreu a partir da utilização de simbologia específica pautada nas orientações de Tricart (1965), Verstappen; Zuidam (1975) e Cunha (2001) (Fig. 2). Os símbolos (compostos por linhas, pontos e polígonos) foram inseridos em fragmentos selecionados da imagem estereoscópica, de forma estratégica, nos quais puderam ser verificadas feições morfohidrográficas de significativo interesse: *Feições de origem estrutural; Feições erosivas localizadas; Feições de origem fluvial; Formas de vertente, interflúvios e fundos de vale*. Este processo foi realizado no programa AutoCAD MAP 2004, onde já encontrava-se estruturado um banco de dados de simbologia para mapeamento geomorfológico.



Simbologia empregada na avaliação de imagens do sensor PRISM para o mapeamento geomorfológico.  
Adaptado de Tricart (1965) e Verstappen; Zuidan (1975).

1. FEIÇÕES ESTRUTURAIS		4. MORFOMETRIA	
	Patamar Estrutural		Dique Fluvial
	Crista Estrutural		C. Modelado de Entalhe
	Linha de Cuesta	fundo plano	em "V"
		fundo plano	
2. FORMAS DE ORIGEM DENUDATIVA		4. MORFOMETRIA	
	Erosão em Sulcos	A. Precisões Topográficas e Morfométricas	
	Ravinas	585	Pontos Cotados
	Veporocas		Cotas Topográficas
	Colo Erosivo	suaves	
	Rupturas Topográfica Suave	agudas	
	Ruptura Topográfica Abrupta		Direção do Escoamento Superficial
3. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES E FORMAS DE ORIGEM FLUVIAL		B. Forma das Vertentes	
A. Feições Hidrográficas			Vertente Convexa
	Canal Fluvial		Vertente Côncava
	Canal Fluvial		Vertente Retilínea
	Erosão Fluvial Lateral		Vertente Irregular
	Lago	5. MODELADO ANTRÓPICO E ALTERAÇÕES NA TOPOGRAFIA	
	Canal abandonado	A. Formas de Ablação	
	Lago de Meandro		Poço de Mina/pedreira Ativa
	Meandro abandonado		Poço de Mina/pedreira Desativada
	Erosão fluvial lateral		Corte decorrente de rotas, canais e vias férreas
B. Formas de Acumulação		B. Formas de Acumulação	
	Leque Aluvial		Corte decorrente de rotas, canais e vias férreas
	Terraço Fluvial	C. Formas Mistas	
	Barra de Meandro		Terraços para Cultivo Agrícola
	Barra de Meandro Alagadas		Curso de água retificado

Fig. 2: Simbologia adotada para a representação das formas do relevo.

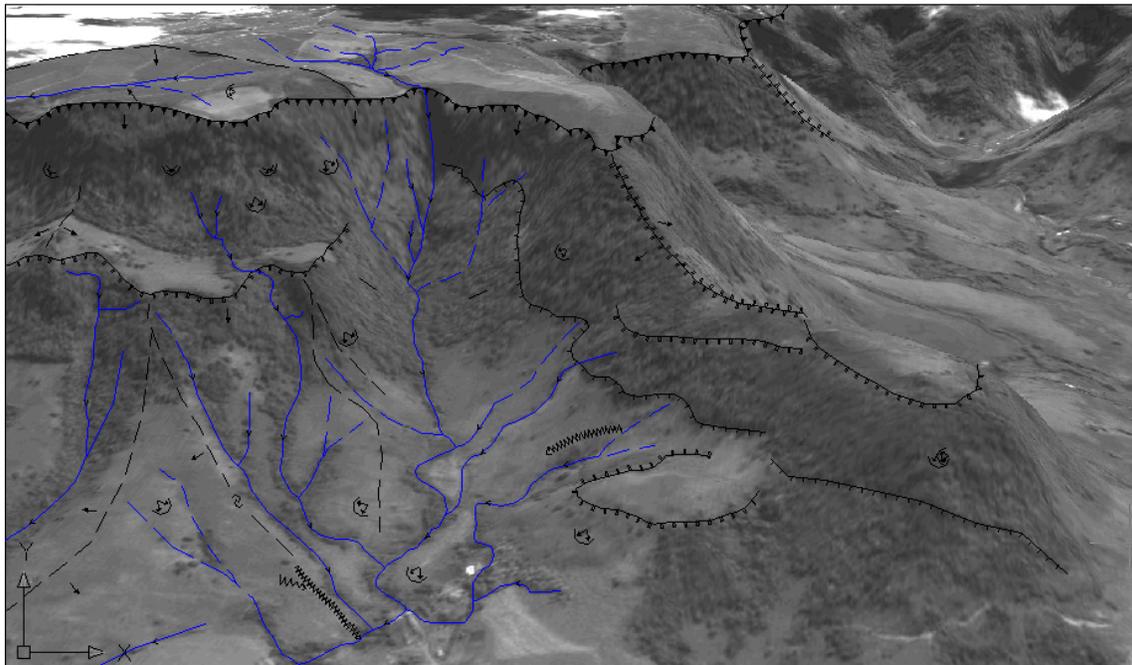
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo gerado encontra-se em fase inicial de utilização. Nesse primeiro momento foram exploradas técnicas de visualização da imagem. A seguir são apresentados os dados derivados da interpretação das feições morfohidrográficas sobre os fragmentos estereoscópicos da imagem original.

*Feições de origem estrutural* – correspondem na área desta pesquisa as feições desenvolvidas em zonas de contato entre diferentes litologias. Em geral decorrem do processo de erosão diferencial dando origem a patamares estruturais menos suscetíveis ao processo denudativo. Feições residuais também podem estar atreladas às discontinuidades litológicas encontradas nessas regiões. A análise da Fig. 3 evidencia a área de relevo cuestiforme com delimitação da linha do *front* que demarca o recuo das camadas arenítico-basálticas dinamizado também pela em decorrência da ação de cursos anaclinais e ortoclinais. Feições erosivas derivadas deste processo como patamares e cristas estruturais também são facilmente



identificados. O formato côncavo da linha de crista estrutural verificada na Fig. 3. indica o provável estágio de desenvolvimento de um *cut-off*, devido a menor resistência litológica deste setor que possivelmente será rompido da linha geral de cuesta. Os canais identificados na Fig. 3 caracterizam-se por apresentar seção transversal em “V” diagnosticando expressiva energia de entalhe em função do forte gradiente topográfico. Vertentes convexas predominam neste setor, desenvolvendo-se sobre depósitos de tálus (Fig. 3).



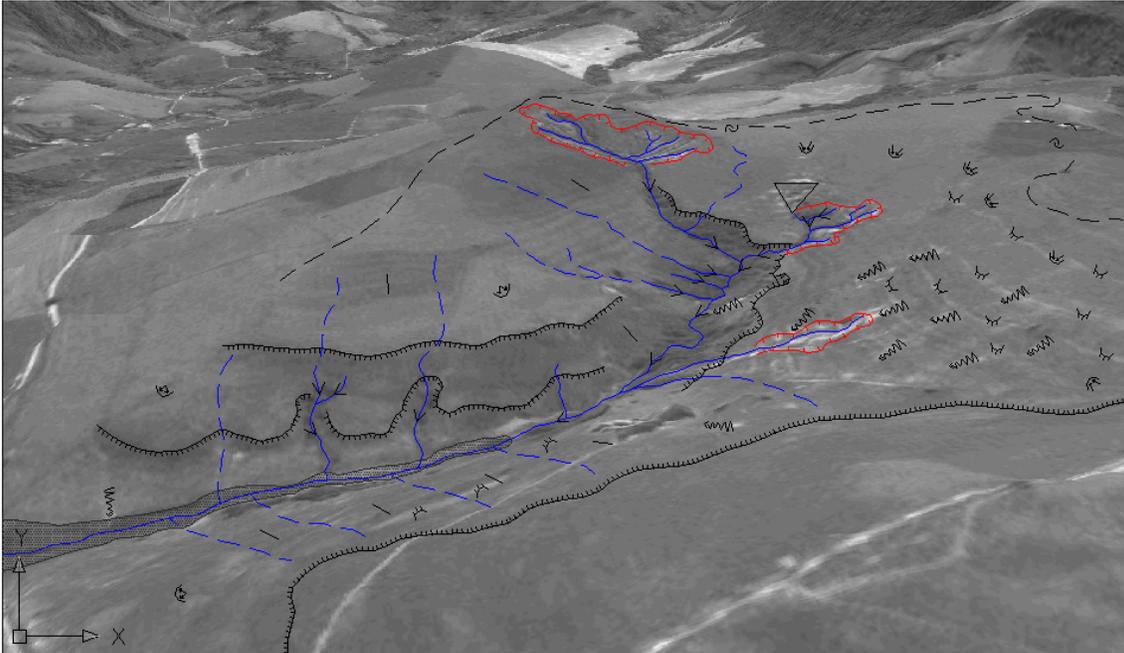
**Fig. 3:** Características da topografia e das principais feições morfohidrográficas derivadas do controle estrutural no *front* cuestiforme verificadas no modelo 3D gerado a partir da imagem PRISM (Documento sem escala)

**Organização:** Simon, A.L.H.; Paschoal, L.G. (2010).

*Feições erosivas localizadas* – Estas formas desenvolvem-se a partir da dinamização dos processos erosivos, seja por condições naturais ou pela interferência da ação antrópica a partir da ocupação e uso das terras. Na Fig. 4 foram identificadas feições erosivas lineares em estágio de sulcos, ravinas e voçorocas. Voçorocas foram demarcadas com base na existência de profundos estriamentos que rompem os horizontes superficiais do solo e atingem o lençol freático, dando origem a nichos de canais de primeira ordem. Ravinações foram delimitados tendo como referência os degraus de solapamento alargados em função da evolução de sulcos erosivos. Estes últimos foram identificados a partir da verificação de



linhas ou estriamentos no solo, condicionados pela dinamização do escoamento dos canais pluviais em áreas de remobilização da cobertura vegetal original. As rupturas topográficas foram facilmente identificadas na imagem estereoscópica. Tanto a visualização no módulo ArcGlobe como a característica do fragmento espacial obtido da imagem original (Fig.4) possibilitaram a distinção entre quebras de declive suaves.



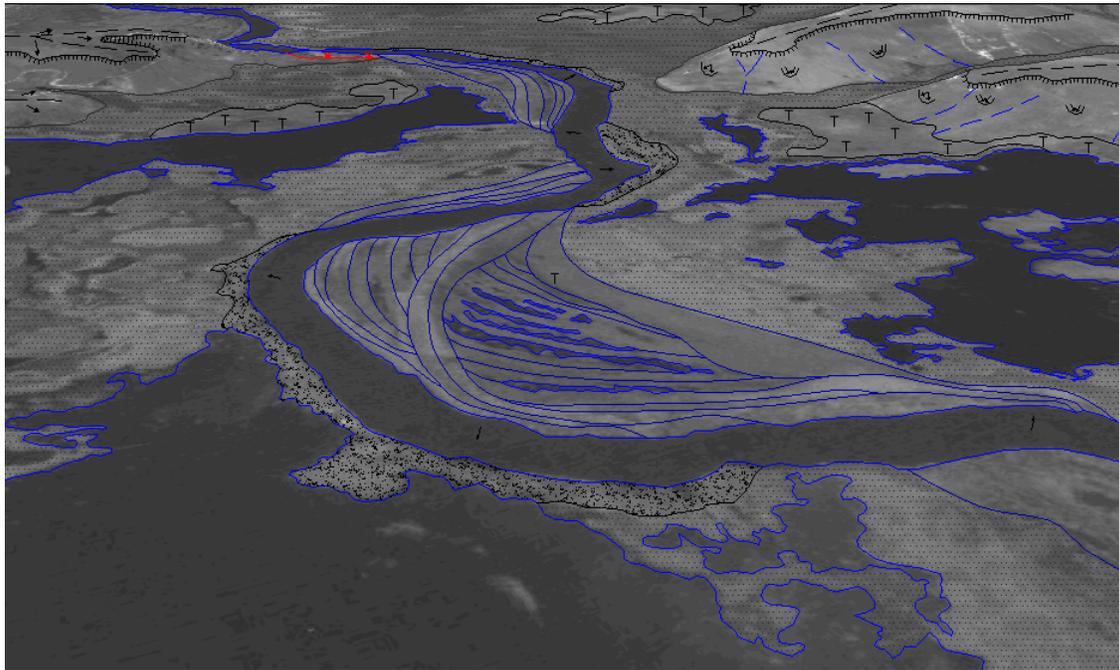
**Fig. 4:** Principais feições erosivas localizadas verificadas no modelo 3D gerado a partir da imagem PRISM (Documento sem escala)

Organização: Simon, A.L.H.; Paschoal, L.G. (2010).

*Feições de origem fluvial* – A identificação das feições de origem fluvial teve como referência a extensa área de planície marginal localizada no baixo curso do Rio Piracicaba, antes de sua conexão com o reservatório de Barra Bonita. Neste setor, o canal apresenta características meandantes com feições morfohidrográficas específicas deste tipo de padrão de drenagem, com variações altimétricas muito baixas (Fig. 5). Assim, a utilização das imagens estereoscópicas em alta resolução permitiu a aproximação e verificação de feições como as barras de meandros, os diques marginais e os terraços fluviais. Aliado a este fator, o aumento do exagero vertical da imagem estereoscópica possibilitou a melhor delimitação destas feições em comparação com a interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas. As vertentes em contato com as feições de fundo de vale puderam ser classificadas como convexas em sua maioria, mesmo apresentando declives pouco acentuados (Fig. 5). A



linha que demarca os divisores de água também se tornou mais explícita a partir do exagero vertical, fato que potencializou seu mapeamento.



**Fig. 5: Principais feições vinculadas a dinâmica fluvial meandrante do baixo curso do Rio Piracicaba, verificadas no modelo 3D gerado a partir da imagem PRISM (Documento sem escala).**

**Organização: Simon, A.L.H.; Paschoal, L.G. (2010).**

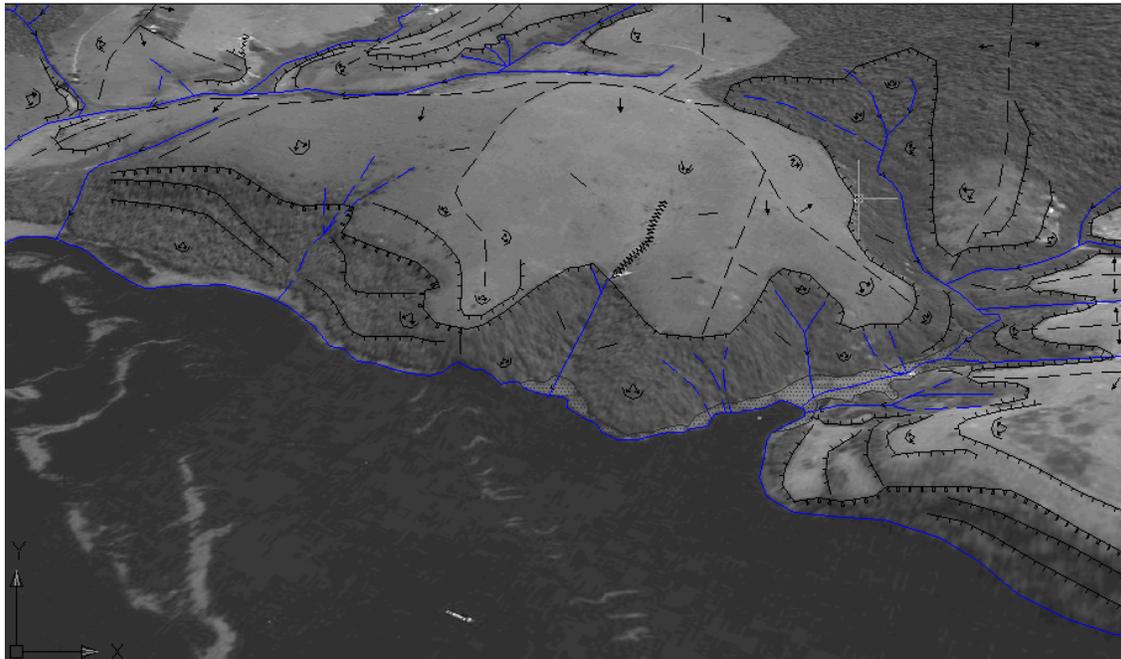
*Formas de vertente, interflúvios e fundos de vale* – de forma geral, as formas de vertente, tanto em superfícies localizadas no setor da Depressão Periférica como em zona de contato com o *front* cuestiforme puderam ser classificadas de forma satisfatória. As concavidades, as convexidades e os trechos retilíneos das vertentes são nitidamente diferenciáveis seja no módulo de visualização tridimensional (ArcGlobe) ou nos fragmentos selecionados (Fig. 6 e 7). Quando muito pronunciadas, as concavidades de vertentes receberam símbolos de canais pluviais que indicam a direção preferencial do escoamento superficial (Fig. 6 e 7). Processos erosivos acelerados em concavidades de vertentes também foram classificados (Fig. 6).

A classificação de vertentes irregulares é mais complexa no modelo estereoscópico. A resolução espacial da imagem (2,5m) transforma pequenas elevações pontuais (glebas de silvicultura e copas de árvores heterogêneas) em obstáculos na identificação da característica irregular das rampas, podendo conceder protuberâncias topográficas à vertentes que na



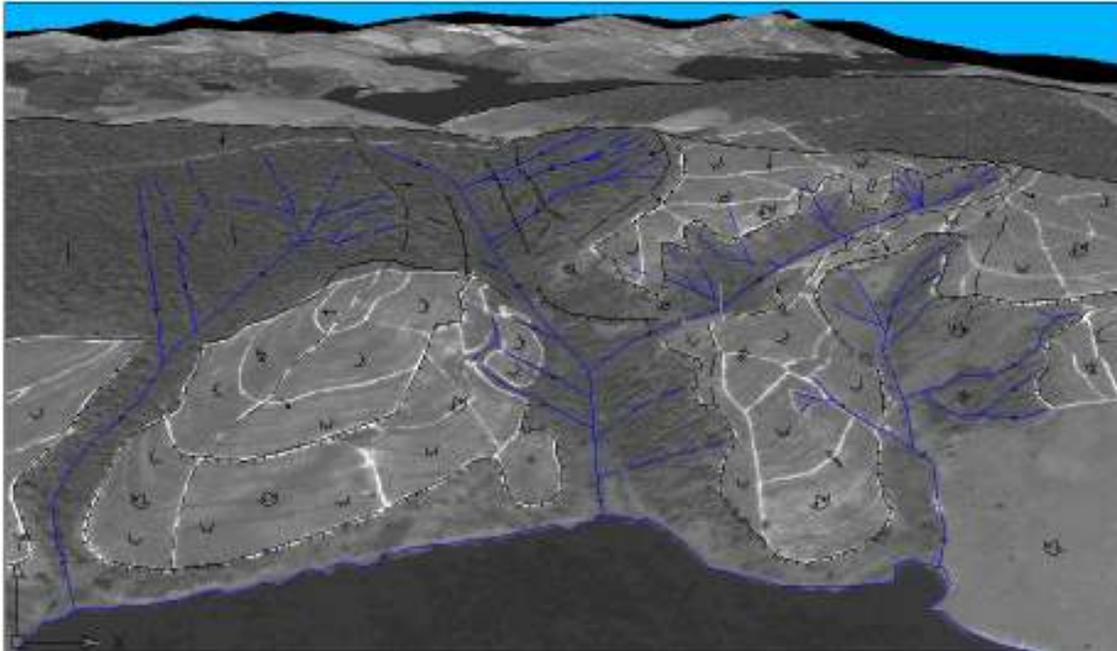
verdade possuem caráter retilíneo. Esta situação é menos complicada na interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas.

As discontinuidades no declive, condicionadas por patamares estruturais e rupturas suaves puderam ser diferenciadas com base nos ângulos de quebra das vertentes (Fig. 6 e 7). Ainda na Fig. 7 feições de origem antrópica, como os terraços agrícolas e curvas de nível, foram mapeadas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar.



**Fig. 6: Conjuntura morfohidrográfica em zona de contato vertentes/reservatório de Barra Bonita, verificadas no modelo 3D gerado a partir da imagem PRISM (Documento sem escala).**

**Organização: Simon, A.L.H.; Paschoal, L.G. (2010).**



**Fig. 7:** Características da rede de drenagem e das áreas de expansão da atividade canavieira em zona de contato vertentes/reservatório de Barra Bonita, verificadas no modelo 3D gerado a partir da imagem PRISM (Documento sem escala).

**Organização:** Simon, A.L.H.; Paschoal, L.G. (2010).

#### 4 CONCLUSÃO

(1) Imagens estereoscópicas do sistema PRISM concedem informações relevantes sobre as formas do relevo e constituem fontes potenciais a serem utilizadas no mapeamento geomorfológico;

(2) Apesar de constituir uma tendência aos mapeamentos geomorfológicos futuros a identificação de formas do relevo sobre as imagens estereoscópicas pressupõe conhecimento prévio do terreno e das técnicas de mapeamento;

(3) A possibilidade de aproximação (zoom), atrelada aos mapeamentos realizados em meio digital sobre imagens estereoscópicas, confere maior detalhamento às feições mapeadas, sobretudo em superfícies com pequenas variações altimétricas, caso de planícies aluviais bem desenvolvidas;

(4) Feições estruturais (*front* cuestiforme, patamares e cristas estruturais) possuem fácil identificação tanto em pares de fotografias aéreas quanto em imagens estereoscópicas em decorrência de descontinuidades litológicas que dão origem a significativos gradientes topográficos;



(5) Alterações no exagero vertical das imagens estereoscópicas, contribuem para a identificação e mapeamento de feições geomorfológicas com características espaciais e altimétricas menos pronunciadas. O aumento do exagero vertical não é adequado para a visualização e mapeamento de feições estruturais, pois ocorrem deformações nos ângulos que demarcam a linha de cuesta, as bordas de patamares e linhas de crista estrutural;

(6) Existe a necessidade de aprofundamento nos estudos teóricos e práticos a respeito da utilização de imagens estereoscópicas, com ênfase nas imagens do sensor PRISM. Enquanto a visualização do modelo digital ocorre de forma satisfatória no módulo ArcGlobe, o mapeamento e a edição final ainda precisam ser revistos sob o ponto de vista da adequação ao software

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Professora Laura Hess (University of California) pela obtenção e concessão dos dados do sensor PRISM e ao pesquisador Takeo Tadono (JAXA – Japão) pela geração do DSM utilizado no trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A cartografia do relevo: uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2003.

DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In: DEMEK, J. (ed.) **Progress made in geomorphological mapping**. Berna: IGU. Commission on Applied Geomorphology, 1967. p. 36-72.

SIMON, A. L. H. **A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS)**. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – IGCE/UNESP, Rio Claro, 2007.

SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas: análise temporal na bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 29 – 38, 2008a.

TIRCART, Jean. **Principies e méthodes de la géomorphologie**. Paris: Maisson, 1965. 496p.

VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van. ITC System of geomorphological survey. Netherlands. **Manual ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VIII, 1975.