



## **Emprego das unidades de relevo no planejamento territorial da bacia do Rio Claro (SP), na escala 1:50.000**

Darlan de Souza Marquezola <sup>1</sup>

Vagner de Souza Serikawa <sup>1</sup>

José Augusto de Lollo <sup>2</sup>

Reinaldo Lorandi <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos - UFSCar  
Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310  
13565-905 - São Carlos, SP - Brasil  
{dz.marquezola, eng.urb.vagner, lorandir}@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Alameda Bahia, 550 Norte  
15.385-000 – Ilha Solteira, SP - Brasil  
lolloja@dec.feis.unesp.br

**Resumo.** Estudos do meio físico podem ser feitos por diversos métodos, sendo que a elaboração de um mapa de *Landforms* é um deles. A partir da individualização das áreas homologas é possível definir suas potencialidades e restrições, sendo uma ferramenta eficiente no ordenamento territorial. Para a montagem do banco de dados foram utilizadas cartas topográficas, mapa das formações geológicas de superfície, fotografias aéreas e imagens de satélite, envolvendo uma área de 251,91km<sup>2</sup>. Para a delimitação das unidades do relevo (*landforms*) na bacia hidrográfica do Rio Claro (BHRC) foi utilizada a fotointerpretação, seguida da fotoanálise da relação entre essas formas e as condições dos perfis de solos presentes. Para tanto, foram analisadas fotografias aéreas do ano de 1963 na escala 1:60.000, adquiridas junto à Divisão de Cartografia do Ministério do Exército e os limites identificados foram posteriormente digitalizados, tendo-se como base cartográfica os mapas topográficos do IBGE na escala 1:50.000. A unidade do relevo mais expressiva, em termos de distribuição geográfica, é a B1, caracterizada por colinas médias côncavas (55,40% da área), classes de declividades entre 5 a 10% e acima de 10%, como também é nesta unidade que se encontram as mais expressivas feições erosivas da bacia (porção nordeste). Por outro lado, a unidade com menor expressão é a B2, identificada por vales pequenos e suaves (1,39% da área), classes de declividades menores que 5% e coincidentes, principalmente, com as mata ciliares, que proporcionam uma menor incidência de processos erosivos nesta unidade.

**Palavras-chave:** cartografia temática; recursos hídricos; processos erosivos

**Abstract.** The physical environment can be studied by various methods, one of which involves the creation of landform maps. By individualizing homologous areas, their potentialities and limitations can be defined, serving as an effective tool in land-use planning. A database was created using topographic maps, a map of surface geological formations, aerial photographs and satellite images of an area of 251.91 km<sup>2</sup>. The landforms in the Claro River Basin (CRB) were demarcated by means of photo interpretation, followed by photo analysis of the relationship between these forms and the conditions of the soil horizons. To this end, an analysis was made of aerial photographs taken in 1963 on a 1: 60,000 scale, which were obtained from the Cartographic Section of Brazil's Ministry of Defense, and the identified boundaries were then digitized, based on topographic maps of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), on a 1: 50,000 scale. The most noteworthy landform, in terms of geographic distribution, is B1, which is characterized by medium concave hills (55.4% of the area) and slope classes ranging from 5 to 10% and above 10%, and also stands out for containing the most significant erosion in the basin (northeast portion). On the other hand, the least noteworthy landform is B2, represented by small gentle valleys (1.39% of the area) and slope classes smaller than 5% that coincide mainly with gallery forests, which reduce the incidence of erosive processes in this landform.

**Keywords:** thematic mapping; water resources; erosive processes

## 1. Introdução

A conjuntura atual do desenvolvimento, alcançado pelo homem, tem comprometido a configuração natural de elementos do meio físico. Tais consequências, são testemunhadas com maior intensidade na superfície terrestre, principalmente pela modificação da configuração natural do relevo, que de modo contínuo acarreta problemas de ordem ambiental.

Desta forma, estar munido de documentação cartográfica, dos locais intensamente modificados pela ação humana, é imprescindível para traçar planos de controle, de remediação e de intervenção, que visem minimizar as ações predatórias nos elementos do meio físico, como por exemplo, no relevo.

Com o desenvolvimento auferido pelos avanços tecnológicos nas últimas décadas, o registro da configuração espacial do relevo ganhou diversas ferramentas, que fazem parte das geotecnologias. Dentre elas, destaca-se o registro dessa informação por meio de imagens orbitais.

Sendo assim, a Técnica de Avaliação do Terreno, proposta por Lollo (1995) e também conhecida como *Landforms*, que diz respeito ao reconhecimento, interpretação e análise de feições do terreno, deve refletir as condições dos materiais da superfície terrestre.

Por outro lado, Zuquette e Gandolfi (2004) mencionam que, um conceito mais atualizado de feições de terreno trata-se da avaliação e interpretação da superfície da Terra e de feições pouco profundas, usando procedimentos que não envolvam escavações, técnicas geofísicas ou similares. Para esses autores o principal objetivo da Técnica de Avaliação do Terreno, é “permitir o melhor entendimento do modelo conceitual de terreno, de tal forma que diminuam os trabalhos de campo, as amostragens e ensaios laboratoriais e de campo”.

Em relação ao conceito de Feições de Terreno, Gregory (1978 *apud* Zuquette e Gandolfi, 2004, p.89) a define como “fruto das interações entre os materiais geológicos e os processos naturais ocorridos ao longo de um período de tempo”. Dentre essas feições, destacam-se aquelas decorrentes de processos erosivos em áreas de clima tropical.

Em relação ao relevo, os processos erosivos estão intimamente ligados a fatores como a declividade e o comprimento da rampa da encosta ou da vertente, que potencialmente influenciam na velocidade do escoamento superficial das águas que atingem determinadas unidades de relevo.

Para utilizar o mapa de *landforms*, para identificação de suscetibilidade a erosão na área de expansão urbana de Ilha Solteira-SP, Moretti et al. (2013), identificaram dois sistemas de terreno: um composto por duas unidades de terreno e um outro, composto por três unidades de terreno. Cada sistema foi posteriormente subdividido em elementos de terreno, permitindo, a

partir de análise de condições naturais, a indicação das condições potenciais de ocorrência do fenômeno, além de confirmar a susceptibilidade natural de áreas com processos erosivos instalados.

## 2. Objetivo

Baseando-se nas premissas anteriores, o presente estudo teve como objetivo identificar as áreas da bacia do Rio Claro (SP), que sob o ponto de vista do mapa de unidades do terreno (*landforms*), apresentam ou não unidades potencialmente favoráveis aos processos erosivos.

## 3. Material e Métodos

De acordo com informações disponibilizadas por Fehidro (2011), o território nacional foi dividido em Regiões Hidrográficas estabelecidas pela resolução 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15 de outubro de 2003, que foi responsável pela definição da divisão hidrográfica nacional (Lorandi et al., 2014). Em nível federal, a bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu localiza-se na Região Hidrográfica do Paraná.

Num nível macro, a bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, denominada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09 (UGRHI 09), está inserida na bacia hidrográfica do Rio Grande.

No Estado de São Paulo, a bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, localiza-se na região nordeste do Estado. Uma das sub-bacias dessa UGRHI é a do Rio Claro, que está toda inserida no compartimento Médio Mogi Superior e está classificado como um curso d'água classe 2, sua drenagem apresenta padrão dendrítico com algum condicionamento estrutural. Além de apresentar altos valores de potencial hidrogeológico e de muito alta a média favorabilidade hidrogeológica, é um dos principais mananciais fornecedores de água para sua região.

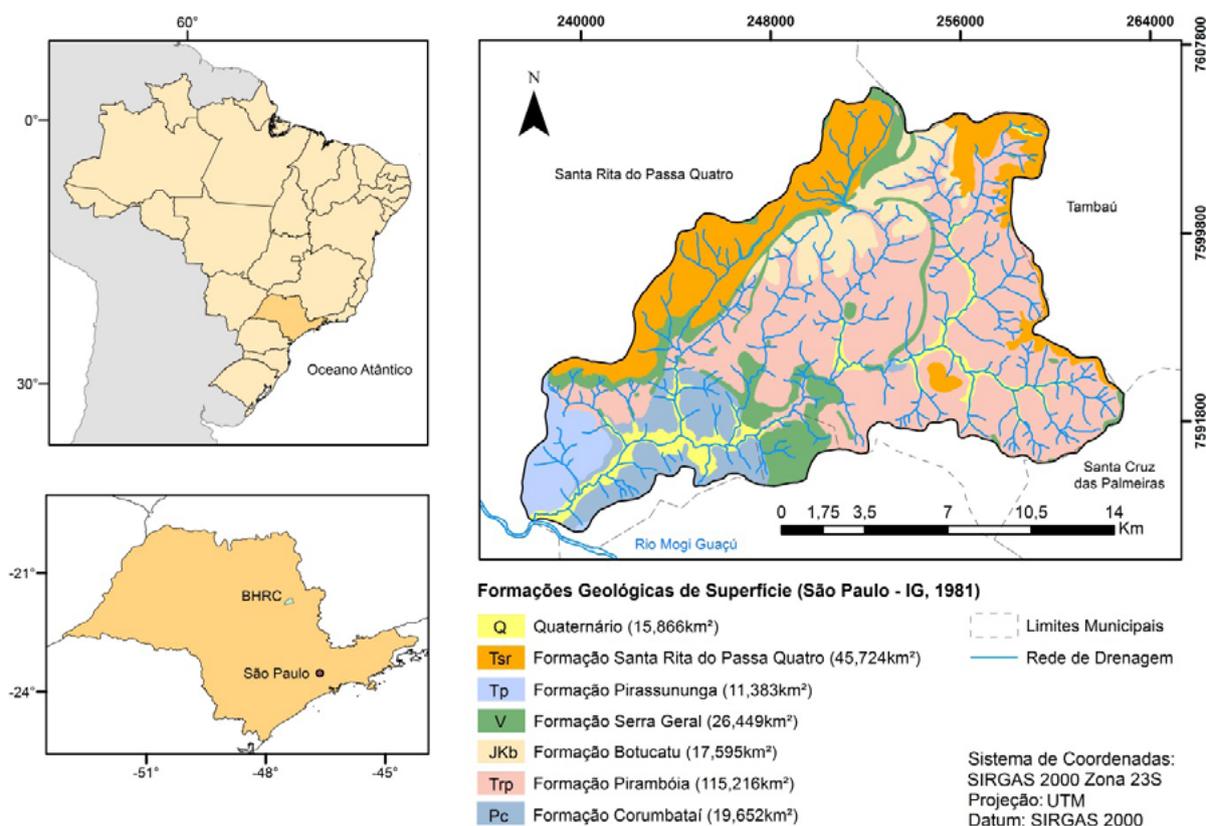
A Bacia Hidrográfica do Rio Claro mostrada na **Figura 1**, que abrange uma área de 251,91 km<sup>2</sup>, encontra-se inserida no município de Santa Rita do Passa Quatro - SP, que, segundo o censo de 2010 tem população total de 26.410 habitantes e densidade demográfica de 34,72 hab./km<sup>2</sup>.

Quanto à vegetação, a bacia costumava ser recoberta por florestas estacionais semi decíduas e savanas, porém o processo de ocupação do interior paulista e o avanço irrestrito das fronteiras agrícolas foram os responsáveis pela devastação das áreas de vegetação nativa (Ávila et al., 1985).

Hoje em dia, a área que era florestada e apresentava também vegetação nativa, cedeu lugar a diferentes tipos de cultura, principalmente cana-de-açúcar. São identificadas também áreas de silvicultura, solo exposto, pequenas instalações rurais, e pastagens/campos.

Segundo Ross e Moroz (1997), a bacia do Rio Claro se encontra na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Quanto à morfoesculturas, a bacia divide-se entre o Planalto Ocidental Paulista, com os Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, e a Depressão Periférica Paulista, representada pela Depressão de Mogi Guaçu.

A unidade morfoescultural dos Patamares Estruturais de Ribeirão Preto localiza-se na porção noroeste da Bacia Sedimentar do Paraná e é limitada a oeste e sudoeste pelo Planalto Residual de São Carlos, ao norte com o Planalto Centro Ocidental e a leste e sudeste pela Depressão Periférica Paulista.



**Figura 1.** Posicionamento geográfico e formações geológicas de superfície da Bacia do Rio Claro (SP)

As formas de relevo são predominantemente denudacionais, e o modelado constitui-se basicamente por colinas amplas e baixas, com topos tabulares, os vales apresentam entalhamento médio com menos de 20 metros e a dimensão interfluvial varia de 750 metros até mais de 3.750 metros. As altimetrias desta unidade estão entre 500 e 700 metros e as declividades médias estão entre 2% e 10%.

Por outro lado, a unidade Depressão de Mogi Guaçu corresponde à porção centro-norte do Estado de São Paulo. As formas de relevo predominantes são denudacionais e o modelado é constituído por colinas de topos tabulares amplos, com vales entalhados de até 20 metros e dimensão interfluvial média de 1.750 a 3.750 metros. As altimetrias podem variar de 500 a 650 metros, e as declividades variam entre 5% e 10%. Sua litologia é quase toda constituída por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcários e folhelhos.

De acordo com a metodologia proposta por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a área estudada apresenta o clima denominado 4a, ou seja, Clima Tropical Úmido-seco com 4 a 5 meses de seca. Clima caracterizado por apresentar uma redução dos níveis pluviométricos durante a estação de inverno, e entre os meses de maio e setembro forma-se um período de considerável estiagem. As chuvas concentram-se geralmente no verão prolongado (outubro a abril), sendo possível destacar o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro como o mais úmido.

A área estudada apresenta as seguintes formações geológicas de superfície: Formação Pirambóia (Triássico); Formação Botucatu (Jura-Cretáceo); Intrusivas Básicas (Jura-Cretáceo); Formação Santa Rita do Passa Quatro (Terciário); Depósitos recentes do Quaternário (São Paulo-IG, 1981).

Os planos de informação utilizados no trabalho foram georreferenciados na zona 23S, ado-

tando o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000 (IBGE, 2005) e projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Para o tratamento espacial dos dados foi utilizado o software ArcGIS® 10.2 (ESRI, 2013).

A delimitação da bacia do Rio Claro foi estabelecida pelas coordenadas extremas (UTM): 259533.00 m E, 7604055.00 m S (nascente do Córrego do Faveiro, tributário do Rio Claro) e 238041.00 m E, 7587540.00 m S (foz no Rio Mogi-Guaçu).

Para a montagem do banco de dados foram também utilizados os seguintes documentos cartográficos: mapa das formações geológicas de superfície (IG, 1981a, 1981b, 1984), fotografias aéreas e as imagens do satélite LANDSAT 8 de 22/05/2014 (composição colorida RGB das bandas 6, 5 e 4), resolução espacial de 30 metros, com a fusão da banda pancromática 8 de 15 metros (USGS, 2016), para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo.

Para a delimitação dos *landforms* na área foi utilizada a sistemática de Lollo (1995). A técnica se baseia na fotointerpretação das unidades do relevo presentes na área, seguida da fotoanálise da relação entre essas formas e as características dos atributos dos materiais inconsolidados (Permeabilidade, Espessura e Textura). Para tanto, foram analisadas fotografias aéreas do ano de 1963 na escala 1:60.000 adquiridas junto à Divisão de Cartografia do Exército e os limites identificados foram posteriormente digitalizados, tendo-se como base cartográfica os mapas topográficos do IBGE (1972a, b, c), na escala 1:50.000.

#### 4. Resultados e Discussão

Na BHRC foram encontrados dois sistemas de terreno, denominados A e B, o primeiro composto por duas unidades, A1 (Escarpas) e A2 (Colinas Médias Convexas); no segundo sistema quatro unidades de terreno foram identificadas, B1 (Colinas Médias Côncavas), B2 (Vales Pequenos Fechados), B3 (Vales Amplos Abertos) e B4 (Colinas Pequenas Convexas). A **Figura 2** mostra a distribuição espacial dessas unidades.

A descrição de cada um dos sistemas de terreno identificadas foram descritas conforme as seguintes características:

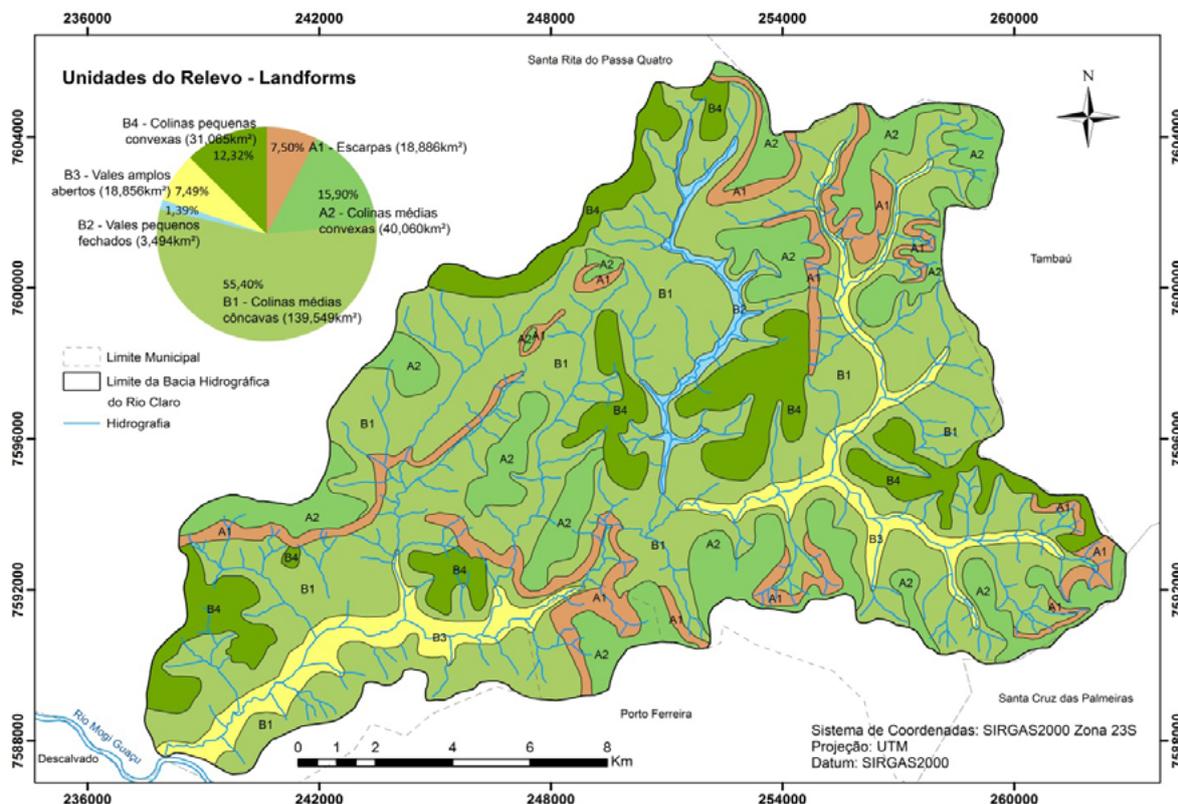
- Sistema A: Relevo movimentado composto por morrotes médios e pequenos alongados e alinhados, com topos angulosos associados a vales pequenos profundos e fechados com frequência alta a muito alta de canais. Nessas áreas, as declividades são quase sempre superiores a 15%, abrangendo áreas de escarpas, e o substrato rochoso é representado por intrusivas básicas (diabásios) e, excepcionalmente arenitos silicificados da Formação Botucatu.

- Sistema B: Relevo dissecado composto por colinas pequenas a médias, com vales pequenos e fechados, frequência de canais média a alta com padrão dendrítico evoluindo para retangular nas porções mais rebaixadas do relevo. As declividades são variadas, porém predominantemente médias a baixas (menores que 15%). O substrato rochoso é constituído pelos arenitos das Formações Botucatu e Pirambóia.

Quanto às declividades mencionadas anteriormente, estas foram definidas através de processamento automático de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e de dados de cartas topográficas do IBGE da região utilizando-se o software (ArcGIS® 10.2), seguindo a metodologia adotada, neste trabalho, para definição dos sistemas de relevo.

Por outro lado, descrição de cada uma das unidades de terreno dispostas na bacia do Rio Claro, foram descritas conforme as seguintes características:

Os resultados de caracterização dos atributos das unidades de relevo, especificadas nas **Tabelas 1, 2 e 3**, demonstram os valores em porcentagem de cada atributo analisado, levando-se em consideração o predomínio em cada um dos polígonos definidos no mapa.



**Figura 2.** Unidades presentes nos sistemas A e B no Mapa de unidades do relevo

Unidade A1 - Escarpas: Representada por formas de relevo do tipo escarpas, caracterizadas por rampas ou degraus de grande inclinação, este *landform* possui predomínio de declividade variando entre 10 a 20%, e são definidos na sua maioria pela ruptura do terreno que o limita com as unidades definidas como colinas (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Características da Unidade de Terreno A1

Landform	Declividade	Materiais Inconsolidados								Uso e cobertura	
		Origem		Textura		Espessura		Permeabilidade			
Classe	Classe %	Classe %	Classe %	Classe %	Classe %	Classe (m)	%	Classe (cm/seg <sup>-1</sup> )	%	Classe %	
A1 - Escarpas	30 - 45 38	Residual 100	Argilosa 55	< 2 58	10 <sup>-4</sup> 55	Mata	34				
A1 - Escarpas	20 - 30 42	Residual 97	Arenosa 100	2 - 5 83	10 <sup>-4</sup> 83	Mata ciliar	40				
A1 - Escarpas	30 - 45 39	Residual 100	Arenosa 96	< 2 45	10 <sup>-3</sup> 62	Cana-de-açúcar	44				
A1 - Escarpas	10 - 20 50	Residual 100	Arenosa 100	> 10 94	10 <sup>-3</sup> 94	Mata ciliar	37				
A1 - Escarpas	20 - 30 36	Residual 100	Arenosa 100	5 - 10 90	10 <sup>-4</sup> 80	Mata ciliar	45				
A1 - Escarpas	10 - 20 59	Residual 100	Arenosa 63	> 10 63	10 <sup>-3</sup> 63	Cana-de-açúcar	39				
A1 - Escarpas	10 - 20 65	Residual 100	Arenosa 100	> 10 100	10 <sup>-3</sup> 100	Mata ciliar	30				
A1 - Escarpas	10 - 20 55	Residual 100	Arenosa 100	> 10 100	10 <sup>-3</sup> 100	Cana-de-açúcar	45				
A1 - Escarpas	10 - 20 40	Residual 100	Arenosa 100	> 10 93	10 <sup>-3</sup> 93	Cana-de-açúcar	36				
A1 - Escarpas	10 - 20 38	Residual 100	Arenosa 100	> 10 100	10 <sup>-3</sup> 80	Mata ciliar	40				
A1 - Escarpas	10 - 20 49	Residual 100	Arenosa 100	> 10 74	10 <sup>-3</sup> 72	Mata ciliar	22				
A1 - Escarpas	30 - 45 61	Residual 100	Arenosa 100	5 - 10 62	10 <sup>-3</sup> 62	Mata ciliar	43				
A1 - Escarpas	10 - 20 44	Residual 100	Arenosa 77	> 10 76	10 <sup>-3</sup> 77	Mata ciliar	30				

Unidade A2 - Colinas Médias Convexas: Compreende as áreas em que definem a maioria dos divisores de água da bacia, com relevo predominantemente convexo, onde encontram-se algumas nascentes, e com declividade dominante menor que 5% (**Tabela 2**).

**Tabela 2.** Características da Unidade de Terreno A2

Landform	Declividade		Materiais Inconsolidados								Uso e cobertura	
			Origem		Textura		Espessura		Permeabilidade			
Classe	Classe	%	Classe	%	Classe	%	Classe (m)	%	Classe (cm/seg <sup>1</sup> )	%	Classe	%
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	31	Residual	100	Arenosa	100	2 - 5	55	10 <sup>-4</sup>	55	Mata ciliar	57
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	55	Residual	100	Arenosa	88	5 - 10	74	10 <sup>-3</sup>	88	Solo exposto	37
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	33	Residual	100	Arenosa	100	< 2	39	10 <sup>-3</sup>	39	Mata ciliar	57
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	36	Residual	100	Arenosa	88	> 10	88	10 <sup>-3</sup>	88	Cana-de-açúcar	50
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	54	Residual	100	Arenosa	97	> 10	88	10 <sup>-3</sup>	88	Cana-de-açúcar	56
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	67	Residual	100	Arenosa	100	> 10	100	10 <sup>-2</sup>	100	Área urbana	65
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	44	Residual	100	Arenosa	100	> 10	89	10 <sup>-2</sup>	89	Café	33
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	41	Residual	100	Arenosa	100	> 10	100	10 <sup>-3</sup>	58	Mata ciliar	26
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	33	Residual	100	Arenosa	88	> 10	88	10 <sup>-3</sup>	88	Cana-de-açúcar	42
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	59	Residual	93	Arenosa	100	> 10	93	10 <sup>-2</sup>	97	Solo exposto	34
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	40	Residual	100	Arenosa	100	> 10	39	10 <sup>-4</sup>	61	Cana-de-açúcar	60
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	40	Residual	98	Arenosa	100	> 10	88	10 <sup>-3</sup>	86	Cana-de-açúcar	54
A2 - Colinas Médias Convexas	5 - 10	48	Residual	100	Arenosa	100	> 10	88	10 <sup>-3</sup>	88	Solo exposto	37
A2 - Colinas Médias Convexas	5 - 10	47	Residual	100	Arenosa	100	> 10	83	10 <sup>-3</sup>	83	Cana-de-açúcar	53
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	34	Residual	100	Argilosa	68	< 2	90	10 <sup>-4</sup>	68	Cana-de-açúcar	68

Unidade B1 - Colinas Médias Côncavas: Representada pelas áreas com características superficiais côncavas, essa unidade possui vales arredondados, onde a declividade se fixa entre 5 a 10% (**Tabela 3**). Classifica-se a densidade de drenagem desta área como alta, espalhando-se por toda a extensão da área de estudo.

Unidade B2 - Vales Pequenos Fechados: As áreas correspondentes a este *landform* caracteriza-se pelo fato deste vale ser bem estreito e encaixado, com amplitude altimétrica alta e declividade predominante, menor que 5% e característica do vale considerada como angular (Tabela 3). A densidade de drenagem nessa área é alta, e sua localização se fixa na porção nordeste da bacia.

Unidade B3 - Vales Amplos Abertos: Neste *landform* os vales têm formato plano/tabular caracterizados por grande distância entre uma vertente e outra de cada lado da drenagem principal, com amplitude altimétrica baixa, além de declividades menores que 5% (**Tabela 3**). A densidade de drenagem nesse *landform* também é considerada alta, e sua localização se assenta sobre a parte sudoeste e leste da bacia.

Unidade B4 - Colinas Pequenas Convexas: São áreas de interflúvios arredondados com topos de mesma característica, onde a declividade predominante é menor que 5% e caracterizando-se assim também como divisor de água (**Tabela 3**). Nestas áreas a densidade de drenagem, conforme as características locais é considerada baixa, pois em alguns locais onde há o predomínio deste *landform* a presença de drenagem é ínfima.

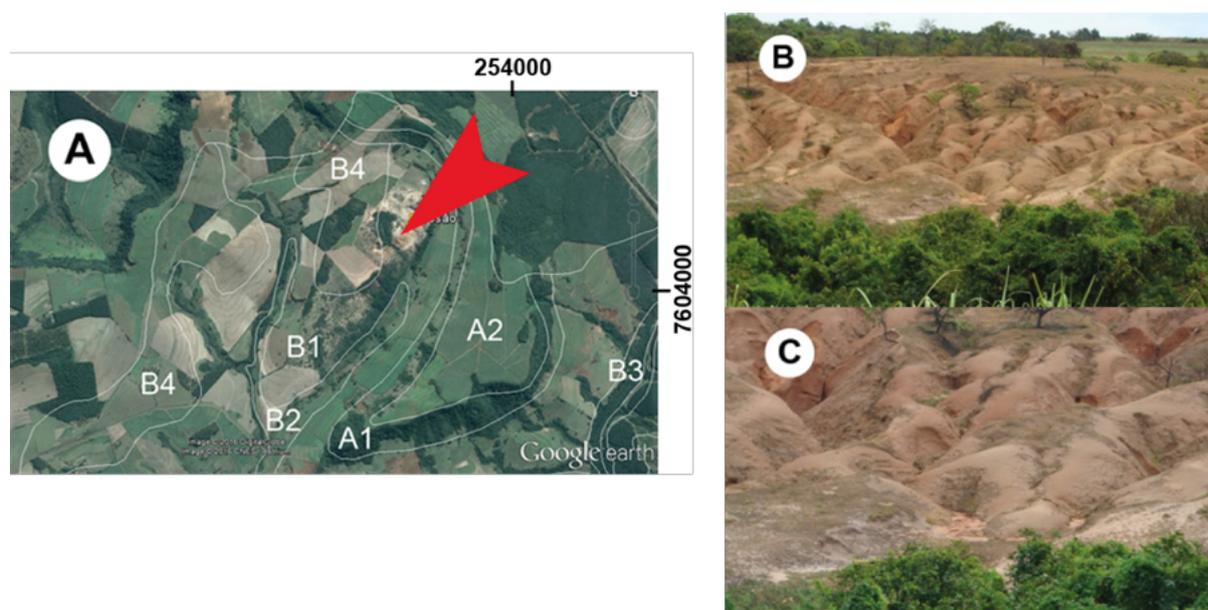
**Tabela 3.** Características das Unidades de Terreno B1, B2, B3 e B4

Landform	Declividade		Materiais Inconsolidados								Uso e cobertura	
			Origem		Textura		Espessura		Permeabilidade			
Classe	Classe	%	Classe	%	Classe	%	Classe (m)	%	Classe (cm/seg <sup>1</sup> )	%	Classe	%
B1 - Colinas Médias Côncavas	5 - 10	35	Residual	93	Arenosa	90	> 10	66	10 <sup>-3</sup>	62	Cana-de-açúcar	33
B2 - Vales Pequenos Fechados	< 5	63	Residual	91	Arenosa	91	> 10	79	10 <sup>-3</sup>	61	Mata ciliar	35
B3 - Vales Amplos Abertos	< 5	90	Retrabalhado	77	Arenosa	83	2 - 5	79	10 <sup>-2</sup>	75	Mata ciliar	35
B3 - Vales Amplos Abertos	< 5	76	Residual	51	Arenosa	94	< 2	53	10 <sup>-2</sup>	49	Mata ciliar	36
B4 - Colinas Pequenas Convexas	5 - 10	51	Residual	100	Arenosa	100	> 10	95	10 <sup>-2</sup>	95	Cana-de-açúcar	45
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	51	Retrabalhado	98	Arenosa	100	> 10	98	10 <sup>-3</sup>	100	Cana-de-açúcar	53
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	43	Residual	100	Arenosa	100	> 10	68	10 <sup>-3</sup>	68	Cana-de-açúcar	27
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	46	Residual	100	Arenosa	98	> 10	98	10 <sup>-2</sup>	98	Cana-de-açúcar	40
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	43	Residual	100	Arenosa	100	2 - 5	100	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-5</sup>	100	Cana-de-açúcar	54
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	43	Residual	100	Arenosa	92	> 10	92	10 <sup>-3</sup>	92	Cana-de-açúcar	61
B4 - Colinas Pequenas Convexas	5 - 10	46	Residual	100	Arenosa	100	> 10	74	10 <sup>-3</sup>	100	Cana-de-açúcar	59
B4 - Colinas Pequenas Convexas	5 - 10	48	Residual	100	Arenosa	100	5 - 10	94	10 <sup>-3</sup>	94	Cana-de-açúcar	54

Em relação a susceptibilidade a que cada *landform* identificado na bacia está sujeito, quando levado em consideração o predomínio das maiores declividades da bacia, a Unidade A1 é a que mais possui suscetibilidade a processos erosivos em relação as demais, uma vez que esta unidade é formada basicamente por escarpas. Em áreas como essas, conforme relata Infanti e Fornasari (1998), a velocidade da água quando escorre pela superfície é potencializada.

Ao se levar em conta características de materiais inconsolidados presentes na bacia, no caso da textura, todas as unidades apresentam suscetibilidade à erosão, pois como mencionado por Mauro e Lollo (2004), a coesão entre materiais arenosos é menor. Quanto à espessura, que na bacia estão divididas em quatro classes (menor que 2, 2 a 5, 5 a 10, e maior que 10m), a Unidade A1 também apresenta maior suscetibilidade a erosão, pois tem predomínio de áreas com espessuras menores que 2m. A unidade A1 também é a mais suscetível à erosão quando se analisa a permeabilidade de cada um dos *landforms*, sendo fixada em  $10^{-4} \text{cm/s}^{-1}$ , pois quando a permeabilidade é menor em relação a outras áreas, a possibilidade da água da chuva escorrer sobre a superfície é bem maior.

Cabe ressaltar, que o mais importante é que as unidades de terreno do Sistema B, apesar de ocorrerem em áreas de menores declividades se comparadas ao Sistema A, contém perfis de solos arenosos espessos e com baixa compactidade, sendo esse o principal atributo condicionante do processo erosivo na bacia. Na **Figura 3A**, é mostrada a disposição das unidades de terreno com as ocorrências mais expressivas de erosões, nas **Figuras 3B e 3C** são informadas as feições erosivas na unidade de terreno B1. Tais solos, formados por intemperismo das unidades arenosas, como Santa Rita do Passa Quatro, Pirambóia e Botucatu, em relevo mais suave, resultam encostas, que mesmo com perfil predominantemente côncavo (como a unidade de terreno B1) e declividades moderadas (5 a 10%, em geral), desenvolvem processos erosivos na base das encostas. Condições similares, porém em outras unidades geológicas, foram observadas por Mauro e Lollo (2004) na bacia do Córrego Prosa em Campo Grande-MS, e em Moretti et al. (2013) para a bacia do Córrego Caçula em Ilha Solteira-SP.



**Figura 3.** Exemplo de processos erosivos que ocorrem ao norte da bacia, na unidade B1

## 5. Conclusões e Sugestões

Verifica-se que, como indicações do formato do relevo de cada uma das unidades de terreno

(*landforms*) identificadas na bacia do Rio Claro, quando foram analisados os atributos neste estudo selecionados, as áreas com maior suscetibilidade à erosão se fixaram nas unidades de terreno (*landforms*) em que o formato do relevo é mais acidentado, como constatado na Unidade A1.

Apesar dos *landforms* onde o uso e cobertura do solo apresenta ocorrência de solo exposto, não podemos deixar de mencionar que, os *landforms* onde a presença do uso e cobertura do solo é a cana-de açúcar, também pode estar susceptível a processos erosivos, em função do tipo de manejo que a lavoura foi submetida, bem como a disposição no terreno dos carregadores e estradas distribuídos por áreas com esse tipo de produção agrícola.

Vale ressaltar que neste estudo, a relação feita entre os atributos selecionados (Tabelas 1, 2 e 3), e as características do relevo de cada um dos *landforms*, levou em consideração a ação da água da chuva como desencadeador do processo erosivo, pois tal processo pode ser desencadeado por outros elementos do meio físico, como o vento e as drenagens (córregos e rios), no caso de áreas em regiões de clima tropical.

A unidade do relevo mais expressiva, em termos de distribuição geográfica, é a B1, caracterizada por colinas médias côncavas (55,40% da área), classes de declividades entre 5 a 10% e acima de 10%, como também é nesta unidade que se encontram as mais expressivas feições erosivas da bacia (porção nordeste). Por outro lado, a unidade com menor expressão é a B2, identificada por vales pequenos e suaves (1,39% da área), classes de declividades menores que 5% e coincidentes, principalmente, com as mata ciliares, que proporcionam uma menor incidência de processos erosivos nesta unidade.

Este estudo, pode ser mais um instrumento delineador para o processo de planejamento territorial da bacia do Rio Claro, visando indicar processos corretos de ocupação do solo da bacia, frente as características dos *landforms* identificados, assim como norteador de medidas que possam agir corretamente, para evitar e remediar os processos erosivos nos locais identificados como mais susceptíveis à ação de erosão.

Assim, quando levada em consideração a aplicação da técnica de avaliação de terreno (*landforms*) nas terras do Pantanal e adjacências, visando o planejamento territorial e a mitigação de processos erosivos, esta metodologia tem potencial para ser aplicada em áreas com características similares do meio físico, descritas neste trabalho.

Pode-se mencionar, o caso de áreas na Depressão de Rondonópolis, como já havia demonstrado Miranda (2005), na Bacia do Ribeirão Ponte de Pedra. Pois a principal atividade comercial da região, além da pecuária de corte, contrasta-se com a produção em larga escala de grãos, cujos efeitos refletem em elementos do meio físico da própria unidade e da planície pantaneira.

Esta unidade de relevo faz parte do domínio morfoestrutural do Planalto dos Guimarães, com altitudes variando entre 250m a 500m, e chegando a 600m em topos de alguns morrotes (Morro do Naboreiro e da Mesa). Semelhante à região da Bacia do Rio Claro, ela apresenta disposição de escarpas, em seus limites de integração com os Planaltos dos Alcantilados (a leste e a norte), Taquari-Itiquira (ao Sul), e da Chapada dos Guimarães (a oeste) (BRASIL-PCBAP, 1997).

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Processo 2013/03699-5), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq - Processo 443802/2014-9) pelos recursos financeiros que tornaram viável o desenvolvimento deste trabalho.

## 7. Referências

- Ávila, I.G.; Moretti, R.S.; Nagazawa, V.A.; Pedrosa, J.A.B.A.; Prandini, L.F. **Carta Geotécnica da Grande São Paulo**. São Paulo : IPT - Comunicação Técnica n. 1358, 13p., 1985.
- Brasil-Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai** – PCBAP/Projeto Pantanal, Programa Nacional do Meio Ambiente. Brasília: PNMA, 1997.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). **ArcGIS for the desktop 10.2**. (2013).
- FEHIDRO **Plano da Bacia Hidrográfica**: 2008-2011. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, CE-TESB - São Paulo: 2011. 170p.
- Florenzano, T.G. (org). **Geomorfologia: conceitos tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Carta topográfica: Quadrícula de Descalvado (SP). Escala 1:50.000. **SF-23-V-C-IV-4, 1972a**.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Carta topográfica: Quadrícula de Santa Rita do Passa-Quatro (SP). Escala 1:50.000. **SF-23-V-C-V-1, 1972b**.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Carta topográfica: Quadrícula de Piraçununga (SP). Escala 1:50.000. **SF-23-V-C-V-3, 1972c**.
- Infanti, J. N.; Fornasari, F. N. Processos de Dinâmica Superficial. In: **Geologia de Engenharia**, Oliveira, A. M. S. E Britos, S. N. A. São Paulo. ABGE. 1998. p. 131-152.
- Lollo, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. 267 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1995
- Lorandi, R; Lollo, J.A; Guerrero, J.V.R. Carta de unidades aquíferas aplicada ao Zoneamento (Geo)Ambiental- Estudo de Caso na Bacia do Rio Claro. **Anais...** 14 Congresso Nacional de Geotecnia. Covilhã, 2014.
- Mauro, J.R. Lollo, J.A. Uso da Técnica de Avaliação do Terreno para a elaboração de Carta de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Prosa-Campo Grande, MS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, v. 9, n. 3, p. 23-38, 2004. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=31&SUMARIO=466>>. Acesso em 20 jun. 2016.
- Mendonça, F; Danni-Oliveira, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos. São Paulo. 2007.
- Miranda, J. G. **Mapeamento geotécnico e estudo de susceptibilidade à erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala 1:100.000**. 2005. 278f. Tese (Doutorado) – EESC - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-21062006-162918/pt-br.php>>. Acesso em: 07 ago. 2016.
- Moretti, R.V.; Vivanco, J.M.C.; Lollo, J.A. Mapa de *Landforms* para previsão preliminary de Suscetibilidade à Erosão para a area de expansão urbana de Ilha Solteira – SP. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu,. **Anais ....** São José dos Campos: INPE, 2013. P. 1106-1113. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- Ross, J. L. S.; I. C. Moroz. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP. 1997.
- São Paulo - Instituto Geológico. **Mapa Geológico** – Folha Santa Rita do Passa-Quatro (SF-23-V-C-V-1). São Paulo, 1981. Escala 1:50.000.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens **LandSat\_8**. órbita/ponto 220/75. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20/02/2016.
- Valeriano, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 75 p. (Relatório de Pesquisa CNPq, Processo, 306021/2004-8 NV).
- Zuquette, L.V.; Gandolfi, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.