

Levantamento pedológico e relações solo-paisagem em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em Paraty (RJ)⁽¹⁾.

João Flávio Costa dos Santos⁽²⁾; Giovane Leal de Souza Silva⁽³⁾; Michele Duarte de Menezes⁽⁴⁾; Lúcia Helena Cunha dos Anjos⁽⁵⁾; Eduardo Lima⁽⁶⁾; Marcos Bacis Ceddia⁽⁷⁾

⁽¹⁾Parte da dissertação de mestrado do segundo autor.

⁽²⁾Estudante da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, joaoflaviops@gmail.com;

⁽³⁾Mestrando, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro; ⁽⁴⁾Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁵⁾Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁶⁾Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁷⁾Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESUMO: Através de levantamento pedológico e análise das relações solo-paisagem objetivou-se caracterizar áreas de produção de cana-de-açúcar para cachaça no município de Paraty (RJ). Para tanto, testou-se a acurácia de modelos digitais de elevação disponíveis gratuitamente e, a partir daquele de melhor desempenho, foram geradas e avaliadas diferentes derivadas geomorfométricas. Fontes gratuitas de modelos digitais de elevação e a geração de atributos do terreno permitiram apontamentos iniciais para futuros levantamentos de solos em bases mais detalhadas além de uma caracterização das unidades produtoras de cana em moldes gerais. Para inferências mais efetivas são necessárias fontes de dados com uma melhor resolução. Destacou-se as elevadas declividades nas áreas de produção. Diferentes classes de solos (Argissolos, Cambissolos e Latossolos) ocorreram em paisagens semelhantes.

Termos de indexação: mapeamento de solos, modelos digitais de elevação, geomorfometria.

INTRODUÇÃO

Embora o cultivo da cana-de-açúcar para produção de cachaça no município de Paraty (RJ) tenha relevante importância histórica, cultural e econômica, ainda é frequente o uso de técnicas inadequadas e manejo incipiente da cultura, resultando em baixa produtividade. A fim de subsidiar o desenvolvimento da atividade, se faz necessário um diagnóstico a partir de levantamento pedológico e caracterização dos diferentes solos na paisagem.

O levantamento pedológico subdivide as áreas em parcelas mais homogêneas, em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção dos solos (EMBRAPA, 1995). Além de elucidar a respeito da distribuição dos solos na paisagem, o mesmo tem servido como base para diferentes classificações técnicas que buscam aliar produtividade e sustentabilidade da cultura.

No contexto da caracterização dos solos na paisagem, o emprego de modelos digitais de elevação (MDE) e seus derivados têm se destacado. Um MDE representa graficamente, através de modelos matemáticos, as feições do relevo e demais atributos relacionados à superfície terrestre utilizando coordenadas tridimensionais (Pinheiro & Kux, 2003). No entanto, estes modelos frequentemente apresentam erros associados, seja nas medições propriamente ditas ou no tratamento desses dados (Fisher e Tate, 2006) e são mais acentuados nos produtos distribuídos gratuitamente. A partir dos MDEs, além da altimetria, é possível obter outras derivadas geomorfométricas do terreno, como declividade, plano e perfil de curvatura, índice de umidade entre outros. Tais parâmetros auxiliam na compreensão das relações da distribuição dos solos na paisagem e na dinâmica de água e sedimentos (Moore et al., 1993).

Com este trabalho, objetivou-se caracterizar áreas de produção de cana-de-açúcar de Paraty por meio de levantamento pedológico e estabelecimento de relações solo-paisagem. Para tanto, a acurácia de diferentes modelos digitais de elevação gratuitamente distribuídos foram testados, e diferentes derivadas geomorfométricas foram geradas e analisadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Sete unidades produtoras de cana-de-açúcar (UPCs) localizadas no município de Paraty, Rio de Janeiro, foram estudadas. As UPCs estão contidas na área de abrangência da Indicação Geográfica da Cachaça de Paraty. O clima da região é do tipo Cwa, segundo Köppen. As médias anuais para precipitação e temperatura são respectivamente 2.384 mm e 27°C (IBAMA, 2005).

Procedeu-se o levantamento pedológico em escala detalhada, onde os solos foram classificados de acordo com EMBRAPA (2006) e perfis modais descritos e coletados de acordo com Santos et al. (2005).

Testou-se a acurácia de diferentes fontes gratuitas de MDEs: SRTM (*Shuttle Radar*

Topography Mission), TOPODATA (INPE), ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) e curvas de nível do IBGE, (MDE gerado a partir da ferramenta *TopoToRaster* do ArcGIS 10.1 das ESRI). Para avaliar a qualidade dos modelos foram obtidos pontos de controle (Zi) nas áreas das UPCs com o GPS Pro Pathfinder XRS da Trimble. No total, 43 pontos foram coletados e submetidos a correção pós-processada a partir da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

(<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>). Adotou-se a estação de Cachoeira Paulista como base. De posse dos valores altimétricos dos pontos de controle (Zi) e dos MDEs (Zt) dos 43 locais (n), foram calculados os índices:

$$\text{Erro quadrado médio} = \sqrt{\frac{\sum(Zi-Zt)^2}{n-1}}$$

$$\text{Erro médio} = \frac{\sum(Zi-Zt)}{n}$$

$$\text{Desvio padrão do erro} = \sqrt{\frac{\sum[(Zi-Zt)-EM]^2}{n-1}}$$

A partir do MDE com menor erro vertical os atributos primários (declividade, perfil e plano de curvatura e face de exposição) e secundários do terreno (índice de umidade e índice de multiresolução de fundo de vale - IMFV) foram calculados. Para tanto, foram empregados os softwares ArcGIS 10.1 da ESRI e SAGA-GIS versão 2.0.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As unidades de mapeamento e suas respectivas expressões geográficas estão presentes na **Tabela 1**. Em cada UPC um perfil modal foi descrito e coletado.

Os solos apresentaram baixa fertilidade natural (distróficos), frequente ocorrência de erosão (mais intensa em áreas de maior declividade) e diferentes graus de desenvolvimento e profundidade. Ocorrem em relevos predominantemente movimentados, com exceção ao CAMBISSOLO FLÚVICO da UPC1 (relevo plano de várzea). Algumas áreas apresentaram ainda pedregosidade e rochiosidade, tornando-as inaptas ao manejo mais mecanizado.

Após correção diferencial, mais de 90% dos pontos obtidos a partir do GPS (Zi) apresentaram precisão submétrica. Os índices calculados para avaliar a acurácia dos diferentes MDEs são apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Indicadores estatísticos para os diferentes modelos digitais de elevação.

MDE	EMQ	EM	DPE
ASTER	11,91	3,47	11,38
SRTM	14,25	4,07	13,64
TOPODATA	5,14	-0,85	5,07
IBGE	22,33	-13,99	17,26

MDE – modelo digital de elevação; EMQ – erro médio quadrático; EM – erro médio; DPE – desvio padrão do erro.

O MDE TOPODATA apresentou maior acurácia (menor erro médio quadrado, erro médio e desvio padrão do erro). Tais resultados corroboram com os de Landau & Guimarães (2011), sendo que os últimos autores destacam a maior acurácia deste modelo para áreas de relevo acidentado, semelhante ao de Paraty. As prováveis causas da baixa acurácia dentre outras limitações dos outros MDEs foi levantada por diversos autores. Chagas et al. (2010) destacam a presença de nuvens nas imagens e a falta de pontos de controle terrestres para o MDE ASTER. Já o SRTM, em função da sua baixa resolução espacial (*píxels* de 90 m²), apresenta limitações de uso para áreas pequenas (Landau & Guimarães, 2011). Para o MDE gerado a partir de curvas de nível do IBGE, alguns problemas como a existência de linhas fantasmas e a descontinuidade das curvas e rios, foram encontrados.

Na **Figura 1** é apresentada a distribuição das UPCs no perfil do relevo a partir do MDE TOPODATA. As UPCs concentram-se em áreas de menores altitudes, uma vez que nas porções mais elevadas encontram-se as áreas de preservação do Parque Nacional da Serra da Bocaina. Na **Figura 2** encontram-se os atributos primários e secundários do terreno calculados a partir do TOPODATA.

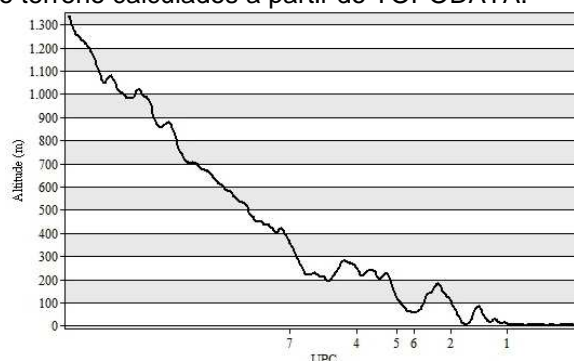


Figura 1. Distribuição das UPCs no relevo.

Os atributos primários e secundários para cada UPC são apresentados na **Tabela 3**. Uma vez que as UPCs possuem pequena área, e a resolução dos MDEs utilizados não é suficiente para estratificar ambientes dentro das mesmas, optou-se por



caracterizá-las de forma geral nas diferentes paisagens.

A declividade do terreno relaciona-se diretamente com a velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água, afetando o potencial de erosão e deposição. O perfil de curvatura caracteriza mudanças na velocidade do fluxo da água e processos relacionados ao transporte de sedimentos. Plano de curvatura está relacionado à taxa de variação da declividade ao longo das curvas de nível e mede a propensão da água em convergir ou divergir sempre que atravessa o terreno. Face de exposição identifica a direção para qual a encosta está voltada (Wilson & Gallant, 2000).

A maior parte dos solos são bem drenados, estão situados em relevo com elevada declividade (ondulado e forte ondulado), perfil de curvatura convexo e plano de curvatura divergente. Juntas, tais características colaboram para um elevado potencial erosivo. A adoção de plantio em curvas de nível nessas áreas se faz necessário.

Com relação ao plano de curvatura, predominou o divergente apresentando consideráveis áreas retilíneas. Estas condições podem contribuir localmente para o maior desenvolvimento dos solos, pois a forma do relevo favorece a dispersão do fluxo da água e reduz o transporte de sedimentos (Valeriano, 2008).

A análise da face de exposição permite avaliar o grau de insolação e o nível de umidade nas UPCs, que são índices que influenciam a produtividade da cana-de-açúcar. No hemisfério sul as vertentes orientadas para norte recebem maior radiação solar, enquanto que as vertentes voltadas para o sul são menos privilegiadas quanto à insolação. As UPCs 1, 4 e 7 tem face de exposição voltada para sul, sudeste/leste e leste respectivamente e obtiveram maiores índices de umidade máxima.

Valores do índice de multiresolução de fundo de vale (IMFV) abaixo de 0,5 indicam superfícies de erosão enquanto que valores superiores a 0,5 são superfícies de deposição (McKenzie & Gallant, 2007). Nas UPCs, ambas as situações ocorreram com tendência a valores mais elevados no geral e valores mais baixos próximos às planícies costeiras.

CONCLUSÕES

Fontes gratuitas de modelos digitais de elevação e a geração de outros atributos do terreno permitiram, caracterizar as UPCs em moldes gerais.

Para inferências mais efetivas seriam necessárias fontes de dados com uma melhor resolução.

Diferentes classes de solos (Argissolos, Cambissolos e Latossolos) ocorreram em paisagens

semelhantes. Destaca-se a elevada declividade na maior parte das áreas das UPCs.

REFERÊNCIAS

IBAMA. Plano de manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/parna_bocaina.2005. Acesso em 24 de ago. 2012.

CHAGAS, C. S. et. al. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande. 14: 218–226, 2010

EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos. Procedimentos normativos para levantamentos pedológicos. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.101p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306 p.

FISHER, P. & TATE, N. Causes and consequences of error in digital elevation models. Progress in Physical Geography, 30: 467-489, 2006.

LANDAU, E.C. & GUIMARÃES, D.P. Análise Comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 2011, Paraná. Anais. Curitiba: INPE, 2005. p.4003-4010.

McKENZIE, N. J. & GALLANT, J.C. Digital Soil Mapping With Improved Environmental Predictors and Models of Pedogenesis. In: Lagacherie, P.; Mcbratney, A. B.; Voltz, M. Developments in Soil Science, 31:327-349, 2007.

MOORE, I.D., GESSLER, P.E., NIELSEN, G.A., PETERSON, G.A. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Science Society of America Journal 57: 443–452, 1993.

PINHEIRO, E.S. & KUX, H.J.H. Análise e validação modelos digitais do terreno num setor de relevo escarpado da Mata Atlântica - RS, área teste: CPCN prómata. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) Anais. Belo Horizonte: INPE 2003. p. 365-37.

SANTOS, R.D. DOS; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.; ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 95p.

VALERIANO, M. M. Topodata: Guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. 44p.

WILSON, J. P. & J. C. GALLANT. Terrain Analysis: Principles and Applications, New York: Wiley, 2000. 479 p.

Tabela 1. Unidades de mapeamento e suas respectivas expressões geográficas das unidades produtoras de cana-de-açúcar.

UPC	Legenda	Unidade de mapeamento	Área (ha)
1	CY1	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A moderado, relevo plano, imperfeitamente drenado, erosão ligeira.	3,2
2	LA1	LATOSSOLO AMARELO Distrófico argissólico, A moderado, relevo forte ondulado, acentuadamente drenado, ligeiramente pedregoso, erosão forte.	1,8
3	PA1	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, relevo ondulado, bem drenado, erosão forte.	1,6
4	LA2	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, relevo forte ondulado, acentuadamente drenado, erosão forte.	4,3
5	CX1	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, relevo forte ondulado, bem drenado, ligeiramente pedregosa, rochosa, erosão moderada.	2,1
6	CX2	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, ondulado, relevo ondulado, ligeiramente pedregosa, rochosa, erosão forte.	1,5
7	PA2	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, relevo forte ondulado, acentuadamente drenado, ligeiramente pedregoso, rochoso, erosão moderada.	2,9

Figura 1. Modelo digital de elevação, atributos primários e secundários do terreno para as Unidades Produtoras de Cachaça, Paraty (RJ).

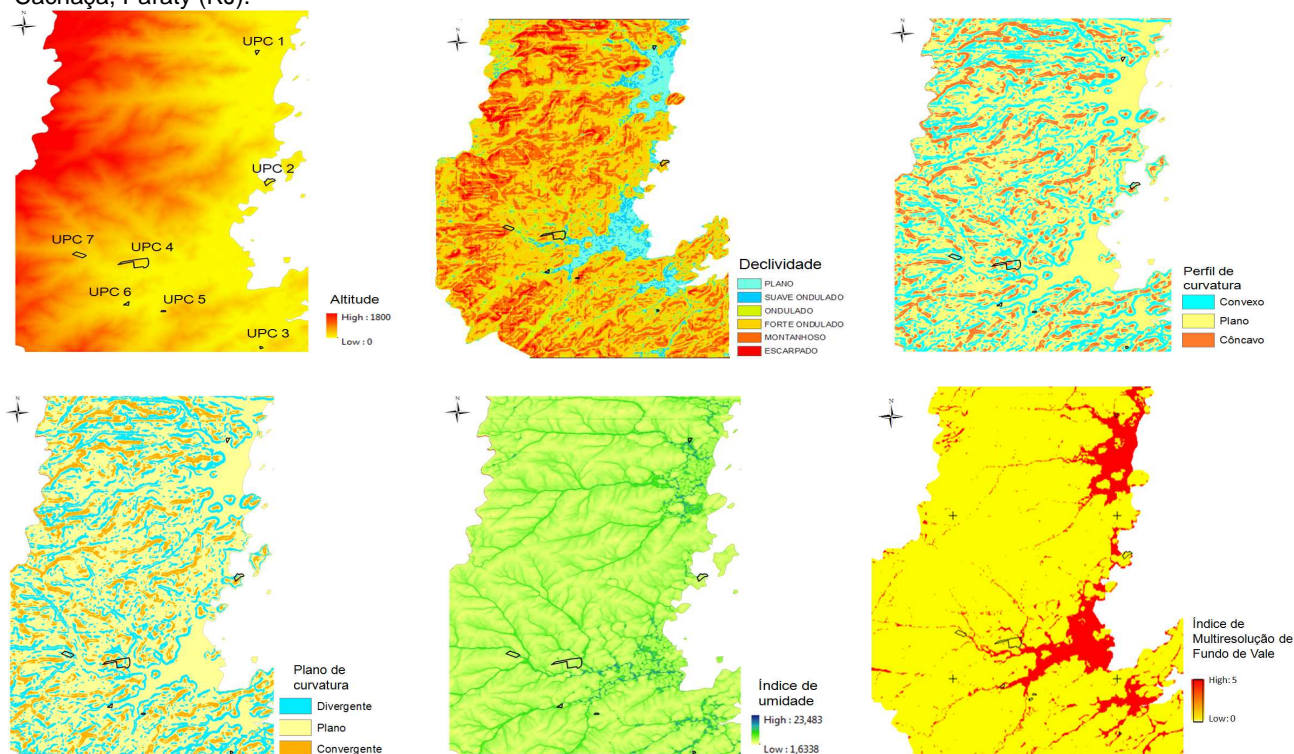


Tabela 3. Atributos primários e secundários do terreno.

UM ¹	Altitude (m)	Fases de relevo ²	Perfil de curvatura	Plano de curvatura	Face de exposição	IMFV ³	Índice de umidade
CY1	4 a 13	Plano	Retilíneo	Plano	Sul	0-3	7-18
LA1	7 a 108	Forte ondulado	Convexo	Divergente	Norte	0-1	4 - 8
PA1	70 a 77	Ondulado	Convexo	Divergente	Oeste/noroeste	0-3	5 - 11
LA2	29 a 247	Forte ondulado	Convexo	Plano e divergente	Sudeste/leste	0-3	4 - 19
CX1	53 a 123	Forte ondulado	Convexo	Plano e divergente	Noroeste	0	6 - 7
CX2	39 a 53	Ondulado	Convexo	Plano e divergente	Norte	0-3	5 - 15
PA2	192 a 366	Forte ondulado	Convexo	Plano/divergente	Leste	0-2	5 - 16

¹UM – unidade de mapeamento; ² Plano: 0-3%; suave ondulado: 3-8%; ondulado: 8-20%; forte ondulado: 20-45%; montanhoso: 45-75% de declive; IMFV: índice de multiresolução de fundo de vale.