

Utilização de índices para a representação da paisagem como apoio para levantamento pedológico em ambiente de geoprocessamento¹

Venina Prates¹
Luiz Claudio de Paula Souza²
Sandro José Briski³
Jairo Calderari de Oliveira Junior⁴

¹Universidade Federal do Paraná - UFPR
Rua dos Funcionários, 1540 CEP: 80.035-050 - Curitiba - PR, Brasil.
venina.prates@utp.br;

²Universidade Federal do Paraná - UFPR
Rua dos Funcionários, 1540 CEP: 80.035-050 - Curitiba - PR, Brasil.
lcsouza@ufpr.br;

³Universidade Tuiuti do Paraná - UTP
Rua Sydnei A Rangel Santos 238 CEP: 82.010-330 - Curitiba - PR, Brasil.
sandro.briskil@utp.br;

⁴Universidade Federal do Paraná - UFPR
Rua dos Funcionários, 1540 CEP: 80.035-050 - Curitiba - PR, Brasil.
jairo@agronomo.eng.br;

Abstract: Mapping of soil has been highlighted in the scientific community, because in proportion that the preoccupation about the environment increases, it is needed to understand more and more the distribution of the soil in the landscape, as well as its potential and its limitation for the use. In that way the main aim of this study was to apply indices of landscape representation with the use of geoprocessing to give support in the delimitation of different compartments of landscape. Primary indices were used Altitude above channel network (AACN) and secondary channel network base level (CNBL), Multiresolution index of valley bottom flatness (MRVBF) and Wetness index (ITW), having as object of study the Canguiri Experimental Farm, located in Pinhais, Curitiba's Metropolitan Region. The conclusion is that the representation indices of the landscape used in the analysis of groupings were efficient in the support to map soil at the level of suborder of Soil Classification Brazilian System.

Key words: Soil numerical modelling; representation indices of the landscape; analysis of groupings

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o mapeamento de solos tem ganhado destaque dentro da comunidade científica, pois à medida que a preocupação com o meio ambiente aumenta existe a necessidade de entender cada vez melhor a distribuição dos solos na paisagem, a variabilidade de seus atributos, bem como seu potencial e suas limitações de uso.

Portanto o estudo de índices de representação da paisagem passou a ser mais uma alternativa de avaliação e interpretação da paisagem, principalmente após o desenvolvimento de computadores potentes e rotinas mais eficazes. Porém, para que esses parâmetros

¹ Parte da dissertação de mestrado em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná (UFPR) – 2010.

descrevam a variabilidade dos solos na paisagem torna-se necessário o desenvolvimento de modelos e métodos específicos (Evans, 1972; Evans & McClean, 1995).

Embora vários autores mostrem a relação relevo solos destacam-se entre eles: Cunha, et al. (2005), Campos et al. (2006) e Campos et al. (2007) que identificaram superfícies geomórficas para estabelecer e separar as áreas naturais e relativamente homogêneas com a declividade do terreno.

Entretanto apenas os índices de representação da paisagem não são suficientes para a delimitação da paisagem, pois sabe-se que a ocorrência dos solos é produto de um conjunto de fatores os quais, atuando sistematicamente, favorecem o desenvolvimento de determinados solos.

Ressalta-se que o relevo é um elemento de grande influência no desenvolvimento dos solos na paisagem, bem como, a sua percepção nas imagens e sua relação com os limites da unidade de mapeamento, sendo assim, significativos como descrito em Goosen (1968).

O índice topográfico de umidade (ITW) caracteriza as zonas de saturação de água superficial e o conteúdo de água nos solos (Alves, 2008). Buscando estabelecer uma correlação entre a umidade real dos solos e o índice topográfico de umidade identificaram que para solos bem drenados o índice varia entre 4 e 5, solos moderadamente drenados o índice varia entre 5 e 7 e solos mal drenados com índices variando entre 7 e 12. Estas condições de umidade também estão associadas à espessura dos solos, grau estrutural e permeabilidade (Lin et al., 2006).

O índice *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF) define e distingue os fundos de vale de encostas em diferentes escalas e combina diferentes paisagens em um único índice (Robert et al., 1997; Wang & Laffan, 2009). Para Gallant & Dowling (2003) o índice MRVBF foi projetado especificamente para mapear áreas de deposição na paisagem. Valores inferiores a 0,5 são considerados superfícies de erosão e valores superiores a 0,5 são superfícies de deposição (Mckenzie & Gallant, 2007).

A *Altitude Above Channel Network* (AACN) é a distância vertical a partir da rede de drenagem expressa em metros (Ballabio et al., 2009), portanto a altitude é diferente em cada ponto em relação a drenagem, estimando a energia potencial do terreno (Romão, 2006).

Também foi utilizada para a delimitação de classes de solos, onde os valores baixos caracterizam superfícies mais próximas do nível do canal, caracterizando acúmulo de sedimentos e proximidade do lençol freático. Os valores médios indicam processos de transferência de material das encostas e os valores elevados foram encontrados em topos de morros (Bohner et al., 2002).

Para determinar o índice *Channel Network Base Level* (CNBL) se considera a distância vertical ao nível do canal de base da rede local, utilizando a Modelagem Numérica do Terreno (MNT) como fase inicial (Hengel & Reuter, 2009). Para Bock & Kothe (2008) CNBL é essencial para a previsão da profundidade de solos hidromórficos influenciados pelo escoamento de águas subsuperficiais e subterrâneas.

Em função do exposto é possível perceber que os índices de representação da paisagem se relacionam com os atributos do solo e ao grau de desenvolvimento dos solos. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação dos índices de representação da paisagem como apoio na delimitação dos diferentes compartimentos da paisagem e sua posterior aplicação no mapeamento de solos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Á área se localiza na região metropolitana de Curitiba, no município de Pinhais, Paraná, situada entre as coordenadas UTM, datum Córrego Alegre, fuso 22: 685.000mW, 690.000mW, 7.180.000mS, 7.191.000mS, totalizando uma área de 444,53 ha.

Foram utilizadas como base cartográfica as cartas planialtimétricas da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC (1976) em escala 1:10.000, com equidistância entre curvas de nível de 5 metros. As curvas foram digitalizadas e posteriormente interpoladas para a geração do modelo numérico do terreno – MNT, tendo como interpolador, *B-Spline Approximation do software System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA, 2005).

Os solos foram classificados ao segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), tendo como base os dados analíticos extraídos de quarenta e nove pontos do trabalho de Sugamoto (2002).

Para os agrupamentos que não apresentaram pontos de amostragem temas unidades taxonômicas foram estimadas por extrapolação, sempre considerando inicialmente a paisagem e posteriormente os índices de representação da paisagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise espacial da distribuição dos índices de representação da paisagem

Os agrupamentos 1, 4 e 6 (Figura 1) são os que apresentam maior distância vertical em relação ao canal de drenagem, fato que caracteriza solos com boa drenagem, no entanto, a água que se encontra nestas áreas também apresentam uma maior energia potencial o que pode contribuir para a ação de processos erosivos (Romão, 2006).

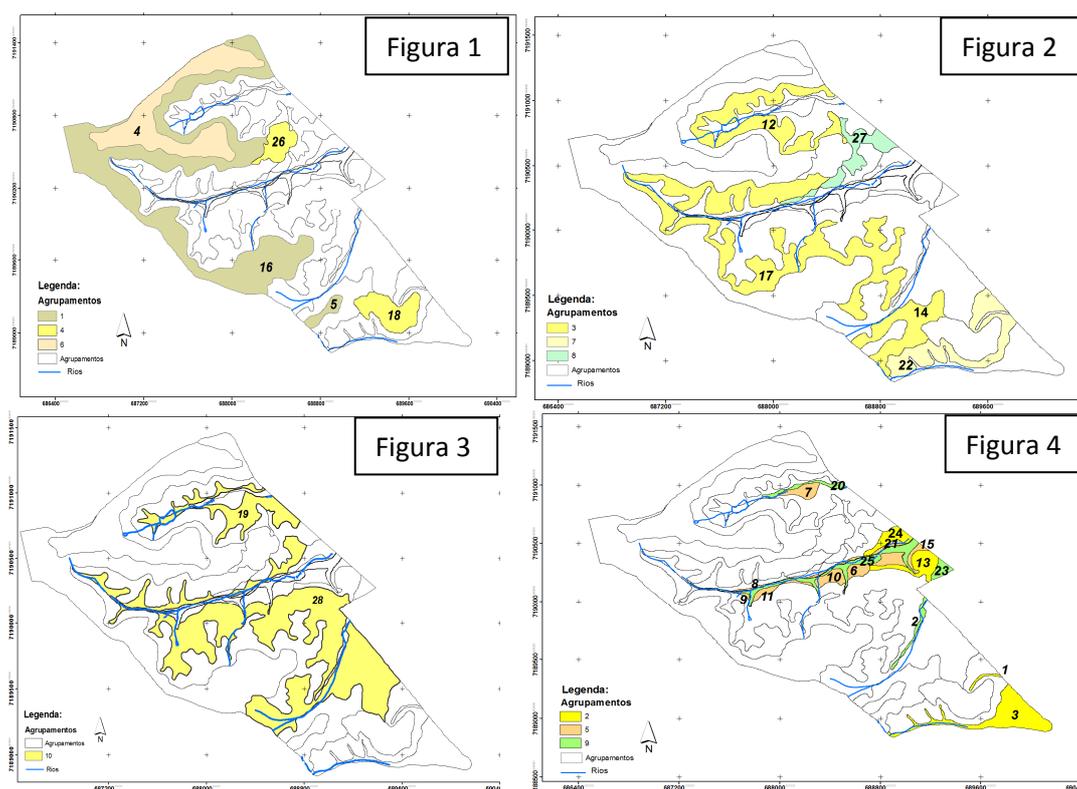


Figura 1. Localização dos agrupamentos 1, 4 e 6 com a identificação dos polígonos 4, 5, 16, 18 e 26 **Figura 2.** Localização dos agrupamentos 3, 7 e 8 com a identificação dos polígonos 12, 14, 17, 22 e 27 **Figura 3.** Localização do agrupamento 10 com a identificação dos polígonos 19 e 28 **Figura 4.** Localização dos agrupamentos 2, 5 e 9 com a identificação dos polígonos 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 20, 21, 23, 24 e 25

No entanto, os agrupamentos 1 e 6 são característicos de topos de morro, apresentando relevo predominantemente suave ondulado, convexo e divergente. Condições estas que

podem favorecer o maior desenvolvimento dos solos, pois a forma do relevo favorece a dispersão do fluxo da água reduzindo o transporte de sedimentos (Valeriano, 2008).

Já o agrupamento 4 diferencia-se dos anteriores unicamente pelo relevo ondulado. Deve-se ressaltar que estes agrupamentos apresentam ITW baixo e MRVBF superior a 0,5 (Quadro 1); não caracterizando superfícies que predominam processos erosivos. Desta forma, os solos tendem a ser menos desenvolvidos em função da declividade a qual favorece a menor infiltração da água e maior escoamento superficial (Jenny, 1941).

Quadro 1. Média e Coeficiente de Variação dos índices de representação da paisagem de cada polígono gerado pela análise de agrupamentos (cluster)

Cluster	Polígono	AACN	CV	CNBL	CV	TWI	CV	MRVBF	CV	D-C-P
1	5	11.46	9	914.67	0.26	6.4	12	0.55	9	SO-DV-CX
	16	15.73	25	918.56	0.57	6.84	14	0.55	8	O-DV-CX
2	1	0.48	135	897.26	0.43	9.77	24	1.36	14	O-CV-CC
	3	0.6	112	888.94	0.44	9.91	27	2.8	28	SO-CV-CC
	13	0.4	88	898.91	0.15	8.92	11	2.31	26	P-CV-CC
	24	1.27	59	898.72	0.15	8.99	6	2.12	24	SO-CV-CC
3	12	5.17	56	913.99	0.52	7.29	11	0.48	7	O-CV-CC
	14	6.92	44	912.5	0.44	7.06	18	0.82	12	O-CV-R
	17	4.87	58	915.46	0.59	7.24	12	0.56	8	O-CV-CC
4	18	13.64	20	898.82	0.55	6.4	12	0.56	9	O-DV-CX
	26	12.37	19	906.63	0.19	6.61	14	0.57	9	O-DV-CX
5	6	0.11	85	901.23	0.21	10.05	10	3.83	38	P-PL-CC
	7	0.22	142	909.55	0.06	10.68	9	3.93	37	SO-CV-R
	8	0	0	908.46	0.02	10.54	7	3.77	36	SO-CV-CC
	9	0.02	140	908.67	0.02	9.8	9	3.94	40	SO-CV-CC
	10	0.15	97	904.01	0.03	9.09	12	4.06	45	P-CV-CC
	11	0.08	122	907.04	0.21	10.09	10	4.04	40	SO-CV-CC
	15	0.16	90	897.71	0.14	9.92	12	3.58	36	P-PL-CC
21	0.21	112	900.94	0.25	10.32	7	3.64	35	P-CV-CC	
6	4	25.01	10	917.84	0.59	6.82	16	0.71	10	SO-DV-CX
7	22	5.65	57	897.88	0.59	6.35	18	0.31	137	FO-CV-CX
8	27	4.39	48	902.76	0.21	7.47	8	0.8	11	SO-CV-CC
9	2	0.05	179	908.81	0.41	13.91	14	3.19	23	P-CV-CC
	20	0.05	240	907.98	0.22	14.08	18	3.43	24	P-CV-CC
	23	0.05	252	898.85	0.08	12.68	8	2.84	22	P-PL-CC
	25	0.01	293	902.94	0.47	13.98	14	3.69	26	SO-CV-CC
10	19	1.64	105	909.76	0.57	9.35	15	1.96	21	SO-CV-CC
	28	2.02	113	910.35	0.74	8.9	14	1.74	20	SO-CV-CC

*CV: Coeficiente de Variação; D – Declividade do terreno conforme classificação EMBRAPA (P: Plano; SO: Suave ondulado; O: Ondulado; FO: Forte ondulado); C: Plan Curvature (DV: Divergente, CV: Convergente; PL: Planar); P: Profile Curvature (CX: Convexo; CC: Concavo; R: Retilíneo) ;

Os agrupamentos 3,7 e 8 (Figura 2) apresentam distância vertical em relação ao canal de drenagem (AACN) inferior aos agrupamentos anteriores, no entanto, ainda se encontra em posição elevada o que proporciona solos bem drenados. O agrupamento se diferencia dos demais por estar em relevo suave ondulado, côncavo e convergente o que favorece aos

processos de sedimentação em comparação aos de erosão. Fato que pode ser identificado pelo índice MRVBF igual a 0,8 (Mckenzie & Gallant, 2007).

O agrupamento 7 caracteriza-se por uma superfície com predominância de processos erosivos, como pode ser identificado no quadro 1, onde o valor de MRVBF é de 0,31 e diferenciando-se do agrupamento 3 pela presença de relevo côncavo neste (Gallant & Dowling, 2003, Mckenzie & Gallant, 2007).

O agrupamento 10 (Figura 3) possui relevo suave ondulado, côncavo e convergente fato que pode favorecer a concentração do fluxo superficial e subsuperficial da água e pode ser evidenciado pelos índices TWI próximos de 9 e MRVBF maiores que 1,7 (Quadro 1). Esta superfície está mais sujeita a processos deposicionais (McKenzie & Gallant, 2007). Deve-se ressaltar que estas superfícies não podem ser caracterizadas com excesso de água uma vez que a distância vertical em relação aos canais é elevada.

Os agrupamentos 2, 5 e 9 (Figura 4) apresentam características de fundo de vale, com grande concentração de umidade, típico de solos hidromórficos. Pois apresenta distância vertical em relação ao canal de drenagem variando entre 0,01m a 1,27m (Quadro 1). O agrupamento 9 é o que apresenta maior hidromorfismo devido aos altos índices de MRVBF e TWI o que caracteriza áreas com grande concentração de umidade que se caracterizam pela predominância de processos deposicionais complementado pelo relevo plano, côncavo e convergente (Moore et al., 1993; McKenzie et al., 2005).

O agrupamento 5 possui posição intermediária em relação ao hidromorfismo, pois apesar de apresentar uma baixa distância vertical em relação ao canal de drenagem e altos índices de MRVBF, o que caracteriza um ambiente onde predominam processos sedimentares, o TWI apresenta valores intermediários entre os agrupamentos 2 e 9 e possui relevo suave ondulado.

O agrupamento 2 é o que apresenta melhor drenagem entre eles, fato que pode ser identificado pelos índices MRVBF e TWI que são os mais significativos e o relevo que varia entre plano a ondulado (Quadro 1).

As unidades taxonômicas identificadas para cada agrupamento atenderam o segundo nível categórico de Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS, 2006), bem como a proposta de mapa seguiu os critérios para levantamento pedológicos (EMBRAPA, 1995).

3.2 Mapeamento de solos com a interpretação dos índices de representação da paisagem

O Latossolo Vermelho-Amarelo foi melhor caracterizado pelo índice TWI e MRVBF onde indicam boa condição de drenagem e processos erosivos menos intensos, condições estas que favorecem ao desenvolvimento do solo principalmente quando associado ao relevo suave ondulado, convexo divergente (Valeriano, 2008).

Os Cambissolos Háplicos são caracterizados pelo índice MRVBF predominantemente próximos 0,5 e com relevo variando entre suave ondulado e ondulado e preferencialmente nas superfícies côncavas e convergentes. Com exceção para os agrupamentos 8 e 10 onde o índice MRVBF assume valores maiores que 0,5 caracterizando menor ação de processos erosivos (Gallant & Dowling, 2003). Estas unidades localizam-se no terço inferior próximo às planícies de inundação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

1. Entre os índices de representação da paisagem o CNBL foi o menos eficiente para caracterizar as particularidades do solo e paisagem;
2. A declividade e forma do relevo foram significativas na discriminação das diferentes unidades de mapeamento;

3. Os valores superiores a 8 do ITW serviram com o apoio para classificar solos com caráter hidromórfico;
4. Os índices de representação da paisagem podem auxiliar na discriminação e delimitação das unidades de mapeamento de solos.

5 LITERATURA CITADA:

ALVES, M.R. Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2008, 160 p. Tese (Doutorado em Agronomia).

BALLABIO, C. et al. Study of the spatial distribution of ¹³⁷Cs in Alpine soils, 2009, 109 p.

BOCK, M. & KOTHE, R. Predicting the Depth of hydrologic Soil Characteristics Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie –Heft 19, 2008.

BÖHNER, J. et al. Soil Regionalisation by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation. – In: Micheli E, Nachtergaele F & Montanarella L ed : Soil Classification 2001. – European Soil Bureau – Research Report No. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg, 2002. p. 213-222.

CAMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Comput. Graph.*, 20(3):395-403, May-Jun 1996.

CAMPOS, M.C.C. et al. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. *R. Bio. Ci. Terra*, 6(1):104-114, 2006.

CAMPOS, M.C.C. et al. Relações solo paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira, SP. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:519-539, 2007.

CUNHA, P. et al. Superfícies geomórficas e atributos de latossolos em uma sequência arenítico-basáltico da região de Jabotical (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 29:81-90, 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Brasília: Serviço de produção de informação, 1995.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FORGY, E.W. A Cluster analysis of multivariate data: efficiency vs. Interpretability of classifications. *BIOMETRICS*, September, p. 768. 1965.

GALLANT, J.C. & DOWLING, T.I. Um índice de multiresolução de nivelamento fundo de vale para o mapeamento de áreas de deposição. *Water Resour. Res.*, 39(1):1347, 2003.

GALLANT, J.C. & WILSON, J.P. Primary Topographic Attributes. *Terrain Analysis: Principles and Applications*. New York, John Wiley and Sons, 2000. p. 51-85.

GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aereas y su importancia em levantamiento de suelos. Boletim sobre Suelos n.6 . Organizacion Naciones Unidas y para la Agricultura y la Alimentacion. Roma, 1968, p. 1-56.

HENGEL, T. & REUTER, I.H. Geomorphometry: concepts, software, applications, developments. In: Soil Science 33, Amsterdam, Oxford, 2009, p.756.

JENNY, H. Factors of Soil Formation-a System of Quantitative Pedology. McGraw-Hill, New York, USA, 281 p. Ecological Indicators 8,485–501, 1941.

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, v.31. EUA: Elsevier B.V., 2007. p. 327-349.

MCKENZIE, N.J. & RYAN, P. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. Geoderma, 89(1-2):67-94, April 1999.

MOORE, I.D. et al. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrol. Process., 5(3):3-30, 1991.

MOORE, I.D.; GESSLER, P.E; NIELSEN, G.A. & PETERSON, G.A. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:443-452, 1993.

RIBEIRO, L. et al. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental Canguiri, Pinhais (PR). Floresta, 38(3):561-572, jul./set. 2008.

ROBERT, S.D.W. et al. FLAG: a fuzzy landscape analysis GIS method for dryland salinity assessment. CSIRO, Land and Water Technical Report 8/97, Canberra. Disponível em: www.clw.csiro.au/publications/technical/technical97.html. Acesso em 13 jul. 2010.

ROMÃO, P.A. Modelagem de terreno com base na morfometria e em sondagens geotécnicas – região de Goiânia – GO, Universidade de Brasília, 2006. 192 p. (Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental).

SAGA (2005). System for Automated Geoscientific Analyses, Version: 2.0.2. <http://www.saga-gis.org>

SALAMUNI, E. & STELLFELD, M.C. Banco de dados geológicos geo-referenciados da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) como base de sistema de informação geográfica (SIG). Bol. Paraná. Geociênc., 49:21-32, 2001.

SOUSA, J.G.A. JR & DEMATTÊ, J.A.M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. R. Bras. Ci. Solo, 32:449-456, 2008.

STATSOFT, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.

SUGAMOSTO, M.L. Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola da adequação de uso do centro de estações experimentais do Canguiri, Município de Pinhais – Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. 133 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência do Solo).

VALERIANO, M.M. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.

WANG, D. & LAFFAN, S.W. Characterisation of valleys from DEMs. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. Disponível em <http://mssanz.org.au/modsim09>. Acessado em 17 de dez. 2009.