

ESTIMATIVA DE INSOLAÇÃO POTENCIAL DECENDIAL EM SUPERFÍCIES INCLINADAS NA SERRA GAÚCHA

ELISEU J. WEBER¹, DENISE C. FONTANA²

¹Eng. Agrônomo, Doutorando, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, ênfase Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, fone (0xx51) 3308-7413, eliseu.weber@ufrgs.br

²Prof. Dra, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, dfontana@ufrgs.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: A interpolação é um procedimento comum para estimar dados de radiação onde não há registros, mas geralmente não considera o efeito do relevo sobre a interceptação da luz solar. Em regiões acidentadas a quantidade e a duração da radiação solar recebida por locais com diferentes características topográficas apresenta forte variação, afetando a qualidade da produção ali obtida, especialmente no caso da viticultura. O objetivo deste estudo foi estimar a insolação potencial em superfícies inclinadas na zona de produção vitícola da Serra Gaúcha utilizando Modelo Digital de Elevação (MDE) e Sistema de Informação Geográfica (SIG). A duração da insolação foi estimada a partir do cálculo de um diagrama de obstrução para cada *pixel* do MDE e do percurso do Sol, variando seus ângulos azimutal e zenital em intervalos de 30 minutos, no primeiro decêndio de janeiro. Os resultados mostraram que a distribuição espacial da insolação apresenta uma alta variabilidade dentro da região, com diferenças que podem chegar a dezenas de horas em apenas um decêndio, em função de obstrução e sombreamento provocados pelo relevo.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar, Modelo Digital de Elevação, Sistema de Informação Geográfica

ESTIMATING POTENTIAL INSOLATION ON TILTED SURFACES AT SERRA GAÚCHA FROM DIGITAL ELEVATION MODEL

ABSTRACT: Interpolation is a common procedure to estimate radiation data for places without data, but usually it does not account for relief effect over intercepted solar radiation. In hilly regions the amount and duration of solar radiation received by sites with different topography presents strong variation, which affects quality of production, especially in viticulture. The objective of this study was to estimate potential insolation on tilted surfaces at the Serra Gaúcha region, using Digital Elevation Model (DEM) and Geographic Information System (GIS). Duration of insolation was estimated for each pixel of the DEM, through an obstruction diagram overlaid to the Sun position, with azimuthal and zenithal angles varying by 30 minutes intervals during the first 10-day period of January. Results showed that spatial distribution of insolation presents a high variability over the region, with differences that can reach tens of hours in 10 days, as a consequence of obstruction and shadowing caused by relief.

KEYWORDS: Solar radiation, Digital Elevation Model, Geographic Information Systems

INTRODUÇÃO: A radiação solar exerce papel determinante nos processos de troca de energia entre a atmosfera e a superfície terrestre, afetando todos os processos físicos, químicos e biológicos nos ecossistemas e em muitas atividades humanas (Zakšec, 2005; Tovar-Pescador et al., 2006). A escassez de registros de radiação solar frequentemente torna necessário realizar interpolações para gerar dados em locais onde não existem estações de superfície com piranômetros (Pereira et al., 2006; Cargnelutti Filho et al., 2007). Em zonas com topografia complexa, todavia, a variabilidade na elevação, inclinação e orientação da superfície e o sombreamento por elevações vizinhas criam fortes gradientes locais de insolação, que não são considerados nas interpolações (Häntzschel et al., 2005; Tovar-Pescador et al., 2006). Nessas áreas, a avaliação de características topográficas do terreno a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) tem possibilitado estimar a variação espacial na interceptação da radiação provocada pela inclinação e pela orientação do terreno (Fu & Rich, 2000; Hofierka & Šuri, 2002; Kang et al., 2002; Šuri & Hofierka, 2004; Häntzschel et al., 2005; Zakšec, 2005; Wang et al., 2006). O objetivo deste estudo foi estimar a insolação potencial em superfícies inclinadas na zona de produção vitivinícola da Serra Gaúcha, estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo consiste na região de produção vitícola denominada de Serra Gaúcha, localizada na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente entre as latitudes 28°30'S e 29°30'S e longitudes 50°40'W e 52°05'W. De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta um clima do tipo Cfb. De maneira geral, as condições naturais da região são heterogêneas, com relevo complexo (grandes variações de altitude, declividade e exposição das encostas) e grande variabilidade de tipos de solos (Sarmiento et al., 2006). O material utilizado consistiu em um Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30 metros interpolado a partir das curvas de nível de 20 cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) em escala 1:50.000 (Hasenack & Weber, 2007), além do *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) Arc View/Arc GIS (© ESRI) e a extensão Solar Analyst (© *Helios Environmental Modeling Institute* - HEMI), disponível gratuitamente. A avaliação do efeito do relevo sobre a duração da radiação incidente baseou-se no cálculo de um diagrama de obstrução. Foram utilizadas 16 direções em torno de cada *pixel* do MDE, correspondentes aos pontos cardeais, colaterais e subcolaterais da rosa dos ventos (Figura 1a), para as quais foi calculado o ângulo de obstrução do céu (Figura 1b). Os ângulos de obstrução foram convertidos para coordenadas hemisféricas e projetados em uma grade bidimensional de 512 colunas e 512 linhas, interpolando-se linearmente os ângulos nas direções não medidas (Figura 1c). No diagrama de obstrução resultante a posição de cada célula (linha e coluna) corresponde a uma posição no hemisfério celeste, definida por um ângulo zenital e um ângulo azimutal, e sua identificação está associada a uma direção visível ou obstruída. O cálculo do percurso do Sol foi realizado uma única vez para toda a área de estudo, tomando como referência a latitude média da região (29°S) e dividindo-se o percurso ao longo do dia em intervalos de 30 minutos e ao longo do ano em intervalos decendiais. O percurso do Sol calculado representa a posição aparente do Sol variando através do tempo, com setores do céu discretos definidos pela intersecção dos intervalos ao longo do dia com os intervalos ao longo do ano (Figura 2a). A posição do Sol em cada setor discreto foi definida pelos ângulos zenital e azimutal do respectivo centróide, calculados através de fórmulas astronômicas padrão. O tempo de incidência de radiação solar direta sobre um determinado ponto foi computado pela sobreposição do respectivo diagrama de obstrução com o percurso do Sol (Figura 2b). Para fins práticos, foi considerando apenas o primeiro decêndio de janeiro.

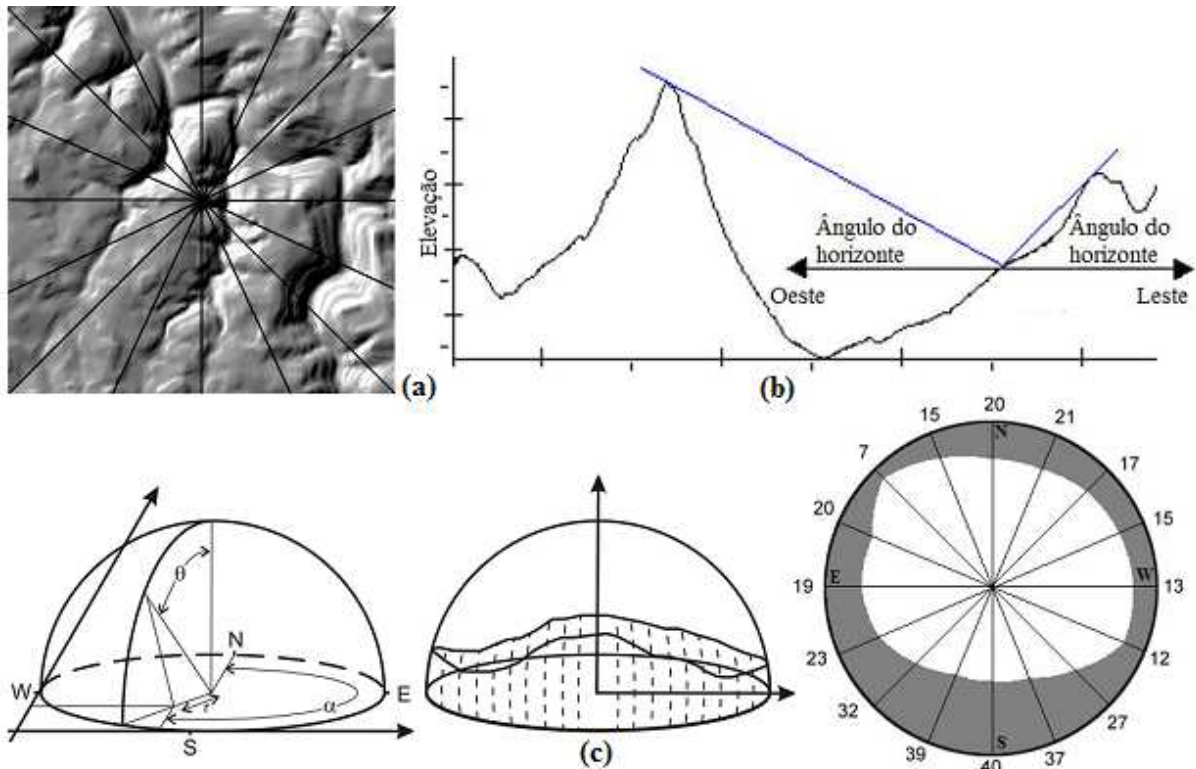


Figura 1. (a) Definição de um conjunto de 16 direções para o cálculo do ângulo de obstrução do horizonte; (b) cálculo do ângulo do horizonte; (c) conversão dos ângulos de obstrução do horizonte para coordenadas hemisféricas e diagrama de obstrução resultante. As áreas em cinza representam direções obstruídas e os valores indicam os ângulos de obstrução do horizonte nas direções previamente selecionadas (Fonte: Fu & Rich, 2000; Gál *et al.*, 2008).

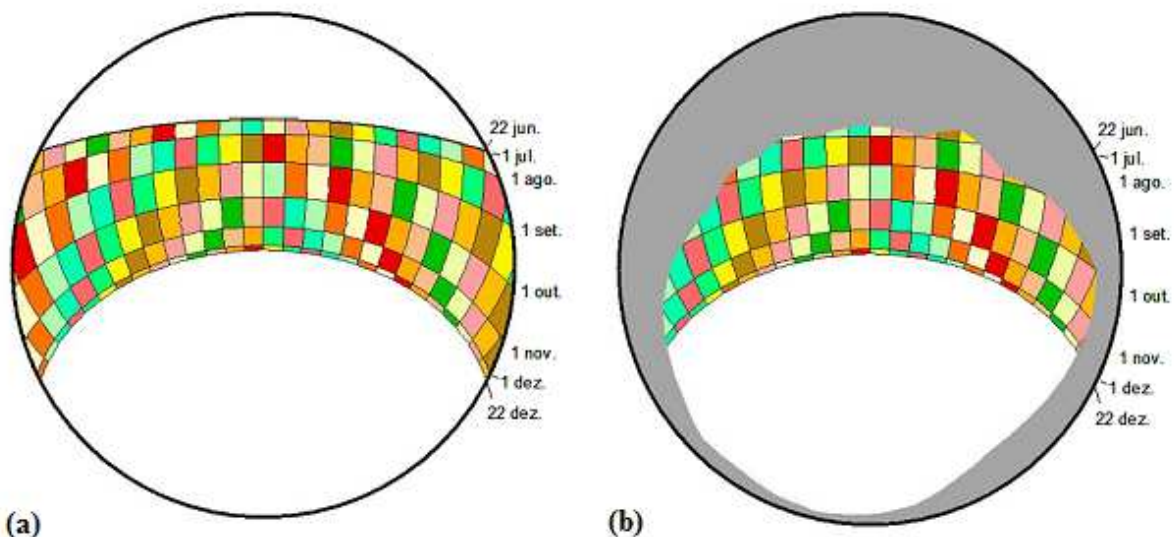


Figura 2. (a) Percurso do Sol para a latitude 29°S, do solstício de verão ao solstício de inverno, com intervalos de 30 minutos (0,5 hora) ao longo do dia e intervalos de 1 mês ao longo do ano. (b) Sobreposição do diagrama de obstrução ao mapa de percurso do Sol (Fonte: Fu & Rich, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 3 mostra o mapa de insolação potencial calculado para a Serra Gaúcha no primeiro decêndio de janeiro, dividido em intervalos, e a Tabela 1 relaciona a área absoluta e proporcional desses intervalos. Embora o período

analisado corresponda a uma época de máxima elevação do Sol na latitude da região, o relevo movimentado promove obstruções e sombreamentos que diminuem o tempo de exposição nas encostas mais íngremes em comparação com áreas menos acidentadas. A distribuição espacial da insolação apresenta uma grande variabilidade dentro da região. Cerca de 10% da área apresenta insolação potencial abaixo de 100 horas, com mínimo de 15 horas, enquanto o máximo pode alcançar até 120 horas. Os resultados sugerem que o efeito do relevo sobre a radiação interceptada ao longo do ciclo completo da videira resulte em diferenças expressivas dentro da região, refletindo sobre a qualidade da uva em diferentes situações topográficas.

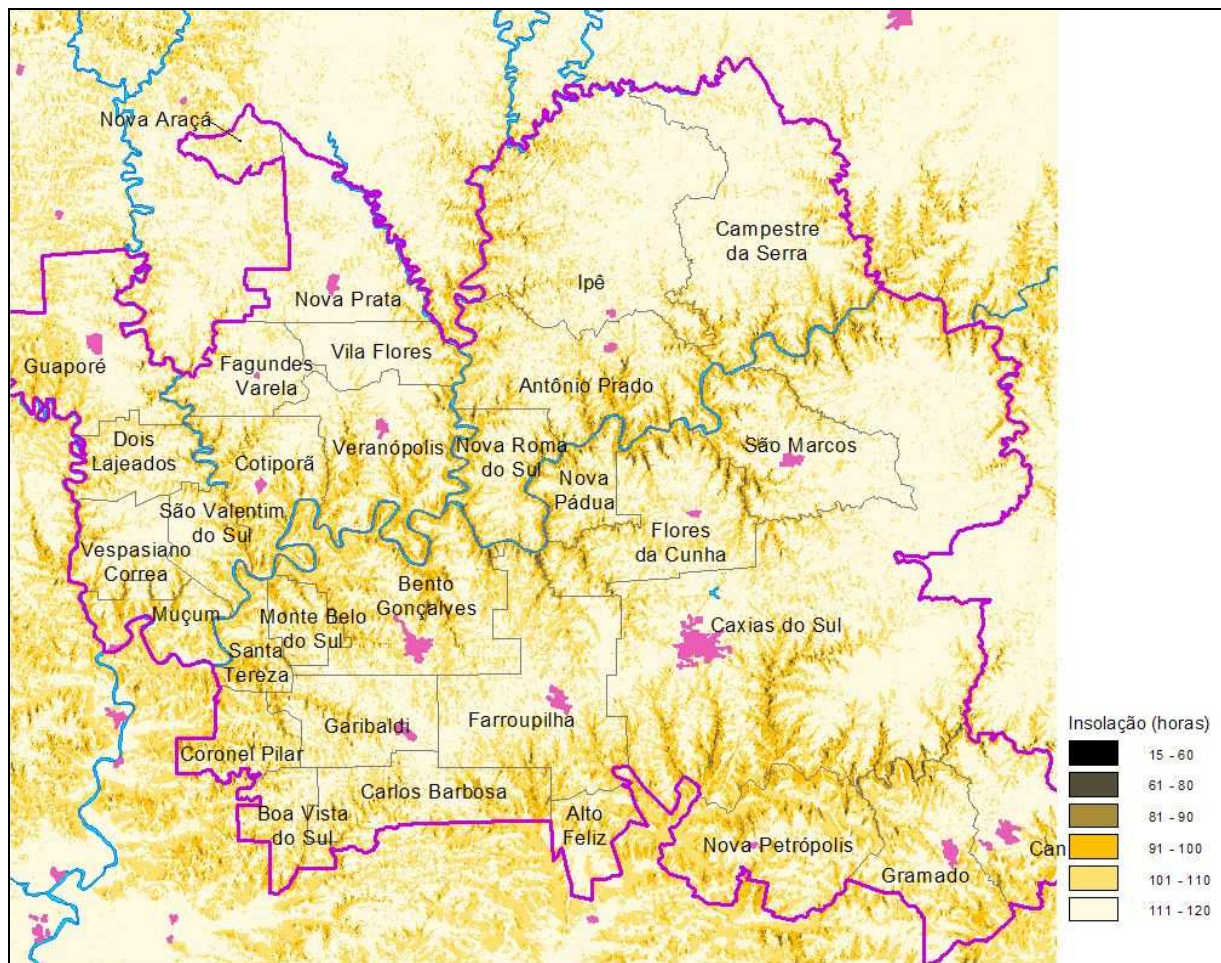


Figura 3. Mapa de insolação potencial da Serra Gaúcha calculado para o primeiro decêndio de janeiro, fatiado em intervalos.

Tabela 1. Área absoluta e proporcional de diferentes intervalos de insolação potencial no primeiro decêndio de janeiro na Serra Gaúcha.

| Insolação (horas) | Área (ha) | Proporção do total (%) |
|--------------------------|------------------|-------------------------------|
| 15 - 60 | 104 | 0,01 |
| 61 - 80 | 3.452 | 0,25 |
| 81 - 90 | 22.067 | 1,62 |
| 91 - 100 | 113.934 | 8,37 |
| 101 - 110 | 385.371 | 28,31 |
| 111 - 120 | 836.282 | 61,44 |

CONCLUSÕES: A estimativa da insolação potencial em superfícies inclinadas a partir de um Modelo Digital de Elevação permitiu obter resultados com alta resolução espacial, georreferenciados. Embora ainda não validados, os resultados constituem estimativas inéditas de insolação para a região de produção vitícola da Serra Gaúcha, considerando as características topográficas do terreno em cada local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Cargnelutti Filho, A.; Matzenauer, R.; Maluf, J. R. T.; Didoné, I. A.; Bueno, A. C.; Trindade, J. K.; Sawasato, J. T. **Radiação solar global decenal no estado do Rio Grande do Sul: tabelas de probabilidades.** Porto Alegre: FEPAGRO. Série Técnica Fepagro, N. 03, 2007. 78 p.
- Fu, P.; Rich, P. M. **The Solar Analyst, 1.0 Manual.** 2000. Helios Environmental Modeling Institute (HEMI), USA.
- Gál, T.; Lindberg, F.; Unger, J. **Computing continuous sky view factors using 3D urban raster and vector databases: comparison and application to urban climate.** 2008. Theor. Appl. Climatol.
- Häntzschel, J.; Goldberg, V.; Bernhofer, C. **GIS-based regionalisation of radiation, temperature and coupling measures in complex terrain for low mountain ranges.** 2005. Meteorol. Appl. **12**, p. 33-42.
- Hasenack, H.; Weber, E. **Base cartográfica digital da Serra Gaúcha – Escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2007. 1 CD-ROM. (Série Geoprocessamento, nº 2)
- Hofierka, J.; Šuri, M. **The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications.** Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002 - Trento, Italy, 11-13 September 2002. p. 1-19
- Kang, S.; Kim, S.; Lee, D. **Spatial and temporal patterns of solar radiation based on topography and air temperature.** 2002. Canadian Journal of Forest Research. **32**: 3, 487-497.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; de Abreu, S. L.; Rüther, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos: INPE, 2006. 60p. ilustr.
- Sarmiento, E. C.; Weber, E. J.; Hasenack, H.; Tonietto, J.; Mandelli, F. **Topographic modeling with GIS at Serra Gaúcha, Brazil: elements to study viticultural terroir.** In: Terroir Viticoles 2006 VI Congrès International, 2006, Bordeaux. Terroirs Viticoles 2006. Bordeaux: Vigne et vin Publications Internationales, 2006. v.1. p. 365-372.
- Šuri, M.; Hofierka, J. **A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments.** 2004. Transactions in GIS. **8**: 2, p. 175-190
- Tovar-Pescador, J.; Pozo-Vázquez, D.; Ruiz-Arias, J. A.; Batlles, J.; López, G.; Bosch, J. L. **On the use of the digital elevation model to estimate the solar radiation in areas of complex topography.** 2006. Meteorol. Appl. **13**, p. 279–287.
- Zakšec, K.; Podobnikar, T.; Ostir, K. **Solar radiation modelling.** 2005. Computers & Geosciences. **31**, p. 233-240.
- Wang, Q.; Tenhunen, J.; Schmidt, M.; Kolcun, O.; Droesler, M. **A model to estimate global radiation in complex terrain.** 2006. Boundary-Layer Meteorology. **119**, p. 409 – 429.