

Capítulo 9

Geotecnologias para caracterização da IP Campanha Gaúcha

Rosemary Hoff

9.1. Introdução

Os vinhedos mostram variabilidade espaço-temporal e, assim, a viticultura de precisão tem sido empregada desde a última década como um conjunto de técnicas remotas ou de sensores para monitoramento e apoio à decisão em viticultura (Bannari et al., 2009; Bramley, 2001; Hall et al., 2002; Lamb et al., 2004; Comba et al., 2015; Matese et al., 2015).

As imagens de satélite têm sido frequentemente usadas para monitorar o solo e a planta, como Landsat ou RADAR (Doraiswamy et al., 2004; Morán et al. 2011; Usha e Singh, 2013), ambos para monitoramento da produção agrícola, bem como inferir pragas e doenças por índice de vegetação (Ferencz et al., 2004; Arnó et al., 2009; Thorp e Tian, 2004), avaliação da salinidade (Metternicht e Zinck, 2003; Rafiq et al., 2014), desertificação (Collado et al., 2002) e erosão hídrica (Vrieling, 2006). Imagens de média e alta resolução estão disponíveis e podem ser processadas por sensoriamento remoto em programas livres de sistema de informações geográficas - SIG (Johnson et al., 2003; Delenne et al., 2010; Da Costa et al.; 2007; Matese et al., 2015).

Além disso, técnicas geofísicas, como GPR (radar de penetração no solo) e eletrorresistividade de solo podem esclarecer as características do terreno, em relação ao comportamento espectral da planta (Vereecken et al., 2012; Matese et al., 2015), a aplicação de sensoriamento remoto de micro-ondas para detecção de estresse de água na videira tem sido estudado (Vereecken et al., 2012). No caso do terroir, Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Informação Geográficos (SIG) foram usados no Canadá para investigar atributos sensoriais do vinho entre outros aspectos (Reynolds et al., 2007).

A região da IP Campanha Gaúcha faz parte do bioma Pampa, que se estende além das fronteiras com Uruguai e Argentina (Embrapa, 2007), onde a *Vitis vinifera* é também plantada, em meio aos aspectos fisiográficos do terreno e vegetação natural peculiares do Pampa. O relevo da região é suavemente ondulado e difere da tradicional região vitivinícola da Serra Gaúcha, onde o relevo é altamente acidentado. Na região vitivinícola Serra Gaúcha, Falcade e Mandelli (1999) e Tonietto et al. (2008) utilizaram geoprocessamento para caracterizar os aspectos do relevo das indicações geográficas Vale dos Vinhedos e Monte Belo, respectivamente, numa abordagem semelhante adotada em outras regiões. A utilização de dados espaciais em SIG, foi fundamental para a criação da primeira Indicação de Procedência brasileira, o “Vale dos Vinhedos”, hoje alcançando a categoria de Denominação de Origem.

Na região vitivinícola Serra do Sudeste, Hoff et al. (2009) e Hoff et al., (2010) investigaram aspectos do relevo adequados à viticultura; Cemin e Ducati (2008) estudaram a resposta espectral de uvas na região de Encruzilhada do Sul, e Ducati et al. (2009) analisaram o relevo de vinhedos em Pinheiro Machado por imagens de satélite.

Na Região vitivinícola da Campanha, Silva e Ducati (2008) e Hoff et al. (2013) realizaram medições espectrorradiométricas para monitoramento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Neste capítulo, são mostradas algumas metodologias testadas para dar suporte a tomada de decisão, usando geotecnologias, que produziram conhecimento do território de forma rápida, permitindo levantamentos sistemáticos sobre o uso da terra, biomassa, relevo e outras informações. A área piloto é formada por vinhedos em Candiota, escolhida para mostrar os produtos obtidos por estas ferramentas, os quais também foram estendidas para outras áreas do projeto.

O objetivo deste estudo foi analisar por meio de ferramentas de geoprocessamento, vinhedos de *Vitis vinifera* na região vitivinícola da Campanha Gaúcha. Utilizando Modelos Digitais de Elevação (DEM) foram produzidos zoneamentos de relevo e, pelo uso de imagens RapidEye em diferentes estágios de cultivo, foi monitorado o índice de vegetação ao longo de uma safra. Estes produtos sugerem ao produtor uma gestão personalizada entre vinhedos e pelo zoneamento individual de cada vinhedo.

9.2. Material e método

O mapa dos vinhedos (Figura 1) mostra 64 parcelas de vinhedos, no município de Candiota, Rio Estado do Grande do Sul, localizado entre 31° 23' 3,96" S - 31° 24' 17,27" S (Latitude) e 53° 44' 59,58" W - 53° 47' 11,42" W (Longitude). Um modelo digital de elevação (MDE) com resolução de 30 metros foi obtida do Shuttle Radar Topographic Mission (NASA, 2016) a fim de gerar mapas de altitude, declividade e exposição solar.

As Imagens RapidEye (Planetlabs, 2015), disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA, 2016), foram utilizadas para monitorar o ciclo dos vinhedos. Essas imagens vêm ortoretificadas e estão no nível de processamento 3A (com correções radiométricas e geométricas), com resolução espacial de cinco metros e cinco bandas espectrais (três bandas em comprimentos de onda visíveis, uma na borda vermelha e outra no infravermelho próximo). Um conjunto de imagens deste tipo forma o banco de dados espaciais da IP Campanha Gaúcha, abrangendo todos os setores da IP.

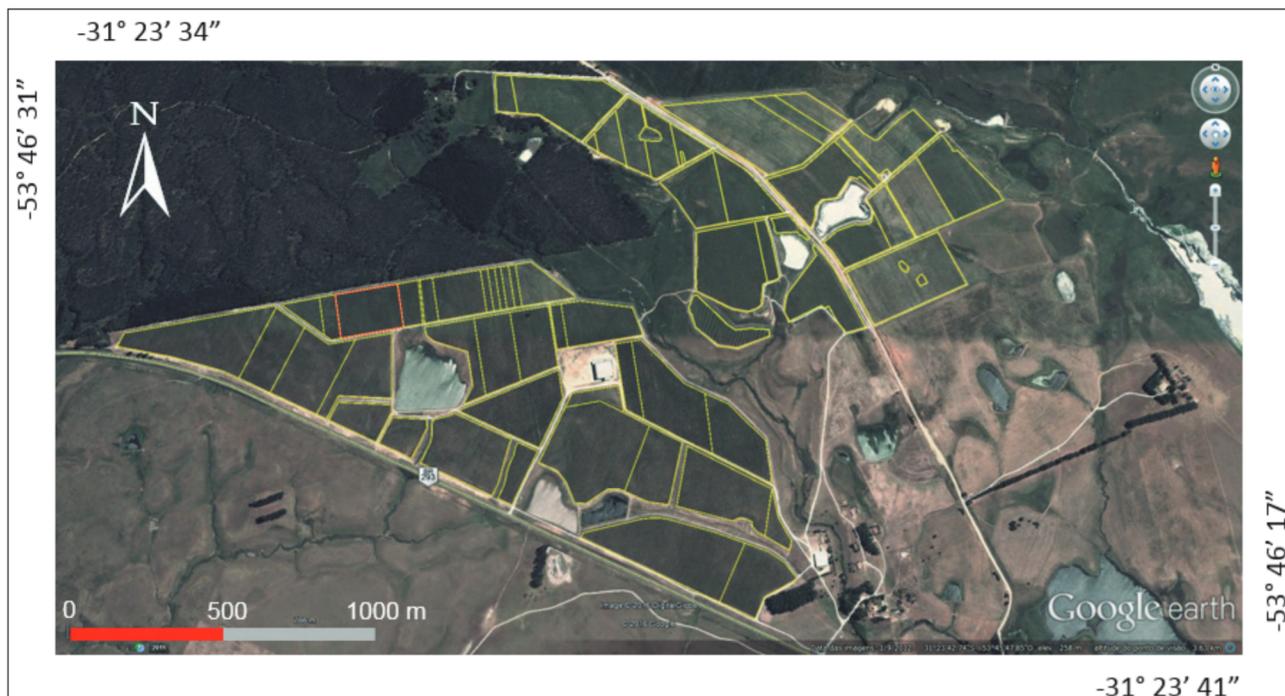


Figura 1. Localização dos vinhedos na região da Indicação de Procedência Campanha Gaúcha, Candiota, Brasil. Fonte: Google Earth e, Miolo Wine Group.

As imagens mostradas nesta seção do capítulo exemplificam dois extremos do ciclo da planta: uma imagem obtida durante inverno (5 de julho de 2011), quando a planta estava dormente, sem folhas; outra no final da primavera (9 de dezembro de 2012), quando a planta está com folhas. A escolha desta última data foi devido ao fato de, nesta fase da planta ainda é possível alertar para doenças, crescimento e umidade do solo, a fim de corrigir e manejar até a colheita em fevereiro/março.

Para realizar uma análise do comportamento espectral dos vinhedos tanto na fase de cultivo quanto fora de temporada de colheita, foi empregado o índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, definido por Tucker (1979), por meio da expressão:

$$NDVI = (IR - VIS) / (IR + VIS),$$

Onde IR e VIS representam a refletância nas regiões do infravermelho próximo (0,760–0,850 μm) e vermelho (0,630–0,670 μm), respectivamente.

Foram utilizados mapas fornecidos pelos proprietários, contendo polígonos de vinhedos os quais foram sobrepostos nas imagens. Foram feitas operações para obter maior resolução espacial, em ambas imagens de satélite, reamostrando de cinco metros a um metro. Da mesma forma, as imagens do MDE foram reamostradas de 30 para um metro de resolução.

Estas técnicas foram utilizadas a fim de analisar dados entre vinhedos (interparcelar), para comparar vinhedos estabelecidos em diferentes partes de propriedade, bem como para análise intraparcelar, a fim de obter um zoneamento dentro da parcela. Estas ferramentas testaram operações destinadas a permitir ao produtor a gestão personalizada para cada parcela.

Nos trabalhos de campo em março dos anos de 2013, 2014 e 2015, foram observados traços de botritis e míldio em algumas plantas, doenças frequentes no sul do Brasil (Garrido et al, 2015), porém, as plantas já estavam sendo tratadas na época. As técnicas de geoprocessamento auxiliam a inferir

zonas com possíveis ocorrências de doenças e estresse hídrico e podem ser manejadas antes da colheita.

9.3. Resultados obtidos

Como resultado da análise Interparcelar do relevo, foram obtidos a partir do MDE, de forma rápida e remota, aspectos médios do relevo (declividade, altitude e exposição) dos vinhedos. Da mesma forma os valores médios do NDVI, possibilitando verificar a distribuição visual e intuitiva de informações dos parâmetros analisados (Figura 2).

A elevação global dos terrenos dos vinhedos varia entre 239-273 metros. Em função disto, mesmo com pequena diferença, sugere-se que as uvas localizadas no sul e sudoeste da área poderiam ser colhidas antes das uvas localizadas ao norte e nordeste da área (Figura 3A).

A declividade dos vinhedos varia de 0,6 a 7,6%. Declives suaves sugerem terrenos mais planos que podem causar retenção de água no solo, considerando que nesta área existem solos argilosos, devido à rocha fonte sedimentar, o argilito (IBGE 2003). Assim, é necessário observar as áreas ao sul da fazenda, onde há tendência de retenção de água em um pequeno vale e a nordeste, onde o topo plano poderia acumular água (Figura 3B). Além disso, na época da colheita, o calor e a umidade podem induzir doenças na videira.

A exposição solar dos terrenos dos vinhedos apresenta valores médios entre 20° e 275° (azimute Norte), concentrado no quadrante norte. A luz solar pode favorecer o desenvolvimento das uvas. Portanto, vinhedos com boa iluminação poderiam ter uma diferença de qualidade para um tipo de vinho, variando os sólidos solúveis e poderiam ser colhidas em diferentes formas a fim de produzir vinhos diferentes. Assim, os terrenos a nordeste são mais bem iluminados, sendo que também existem terrenos ao sul com boa iluminação (Figura 2C).

Para o NDVI calculado para cada vinhedo, o valor médio é apresentado em duas cenas de imagem RapidEye. A Figura 3A mostra os valores obtidos da imagem de julho de 2011, variando entre -0,024 e 0,323. Os valores baixos caracterizam a videira no inverno (fase de dormência), porém, valores máximos podem ser devidos às plantas de cobertura entre fileiras. No entanto, valores negativos também podem indicar áreas com solo exposto ou inundado. A Figura 3B mostra os valores médios obtidos pela imagem de dezembro de 2012, variando de 0,149 a 0,31.

Os valores baixos podem ser causados por solo exposto ou úmido, fatores que podem propiciar o aparecimento de doenças na videira. Os valores máximos são compatíveis com os valores de vinhedos em dezembro nesta região, cuja vegetação de cobertura entre as fileiras foi frequentemente cortada, a planta ainda não atingia o vigor total ou houve uma poda.

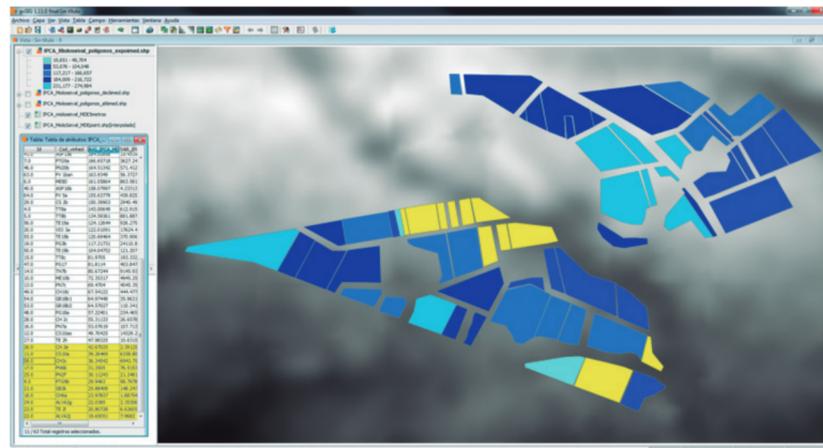
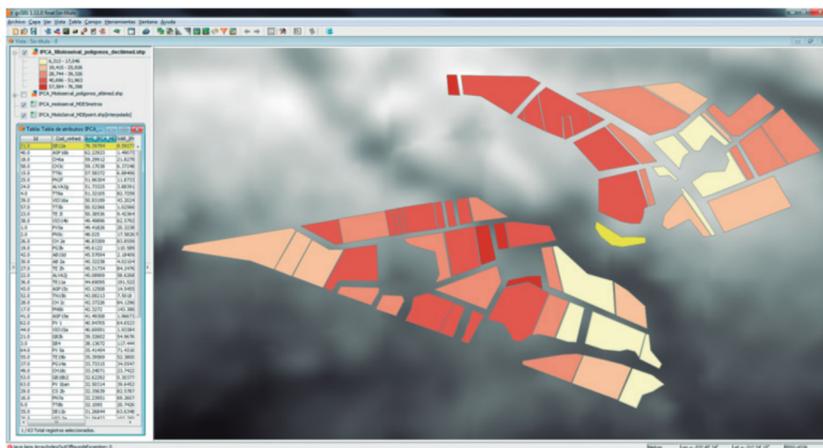
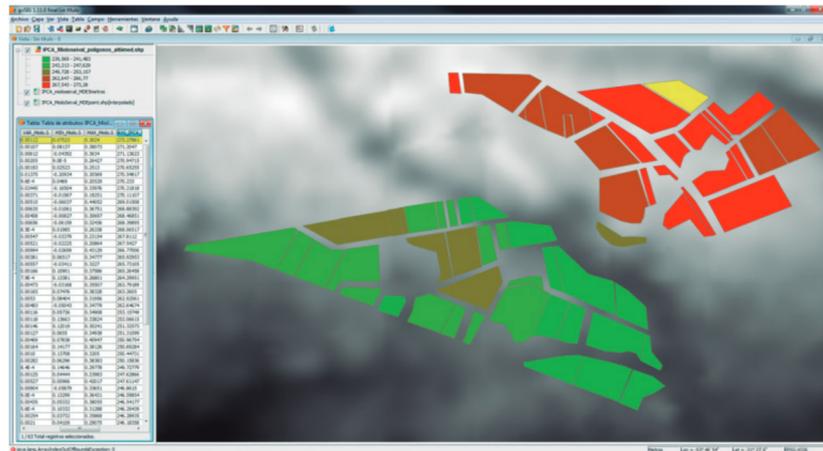


Figura 2. Análise interparcelar do relevo pelo modelo digital de elevação – MDE em ambiente SIG. (A): elevação média dos vinhedos, reclassificada em cinco intervalos de altitude; (B): declive médio dos vinhedos, reclassificado em cinco faixas de declive; (C): exposição média, classificada em cinco intervalos de exposição ao sol. Vinhedos de uma propriedade na região da Indicação de Procedência Campanha Gaúcha, Candiota, Brasil.

O MDE com 30 metros foi reamostrado para 1 metro, melhorando a visualização do terreno com graduação suave, dando ao agricultor informações para a gestão e manejo do vinhedo pelo conhecimento da variabilidade do microrrelevo. A altitude deste vinhedo foi segmentada em classes entre 249 e 255 m (Figura 4A), a inclinação classificada em intervalos entre 2,6 e 4,8% (Figura 4B) e a exposição solar entre 172° e 211° - azimute norte (Figura 4C). Os resultados mostraram que algumas porções do vinhedo têm exposição oeste e parcialmente sul com níveis de declive razoáveis para permitir a drenagem do terreno.

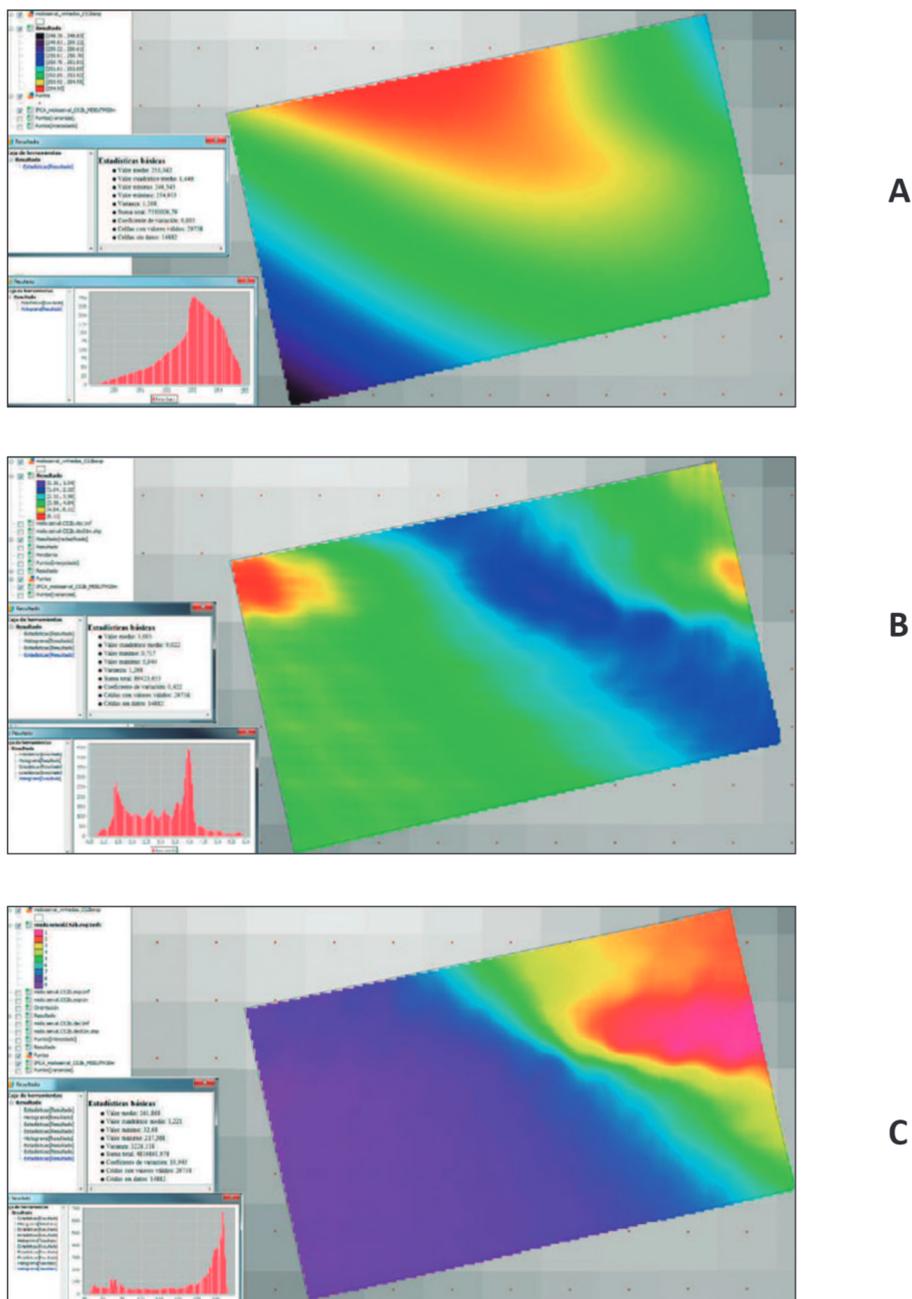


Figura 4. Análise intraparcelar de vinhedo de 'Cabernet Sauvignon' (CS2b) em ambiente SIG. Imagens com resolução de 1 metro: (A) elevação reclassificada (m); (B) declividade reclassificada (porcentagem); (C) exposição solar reclassificada (graus de azimute Norte). Região da Indicação de Procedência Campanha Gaúcha, Candiota, Brasil.

O NDVI gerado a partir da imagem RapidEye, foi reamostrado de 5 para 1 metro, como mostra a Figura 5. Foram comparadas imagens de julho de 2011, período de dormência e dezembro de 2012, durante o desenvolvimento do dossel.

O zoneamento do vinhedo nas duas datas, mostrou no inverno um NDVI menor do que 0,2, média de 0,076 (Figura 5A). Enquanto que, no verão, o NDVI atingiu 0,419, média de 0,297 (Figura 5B). Estes valores foram consistentes com o período de colheita, uma vez que, para *Vitis vinifera*, o ápice do ciclo fenológico nesta área seria de fevereiro a março.

Com relação à recomendação de monitoramento para este vinhedo foram sugeridas algumas áreas a serem observadas. Na imagem NDVI de inverno (Figura 5A), áreas com baixo NDVI poderiam estar associadas à retenção de água no solo, visto que possuem alto teor de argila (IBGE 2003). Sugerem-se canais de drenagem dentro do vinhedo, para diminuir acúmulo de água, com base na imagem de elevação e declividade (Figuras 4A e 4B).

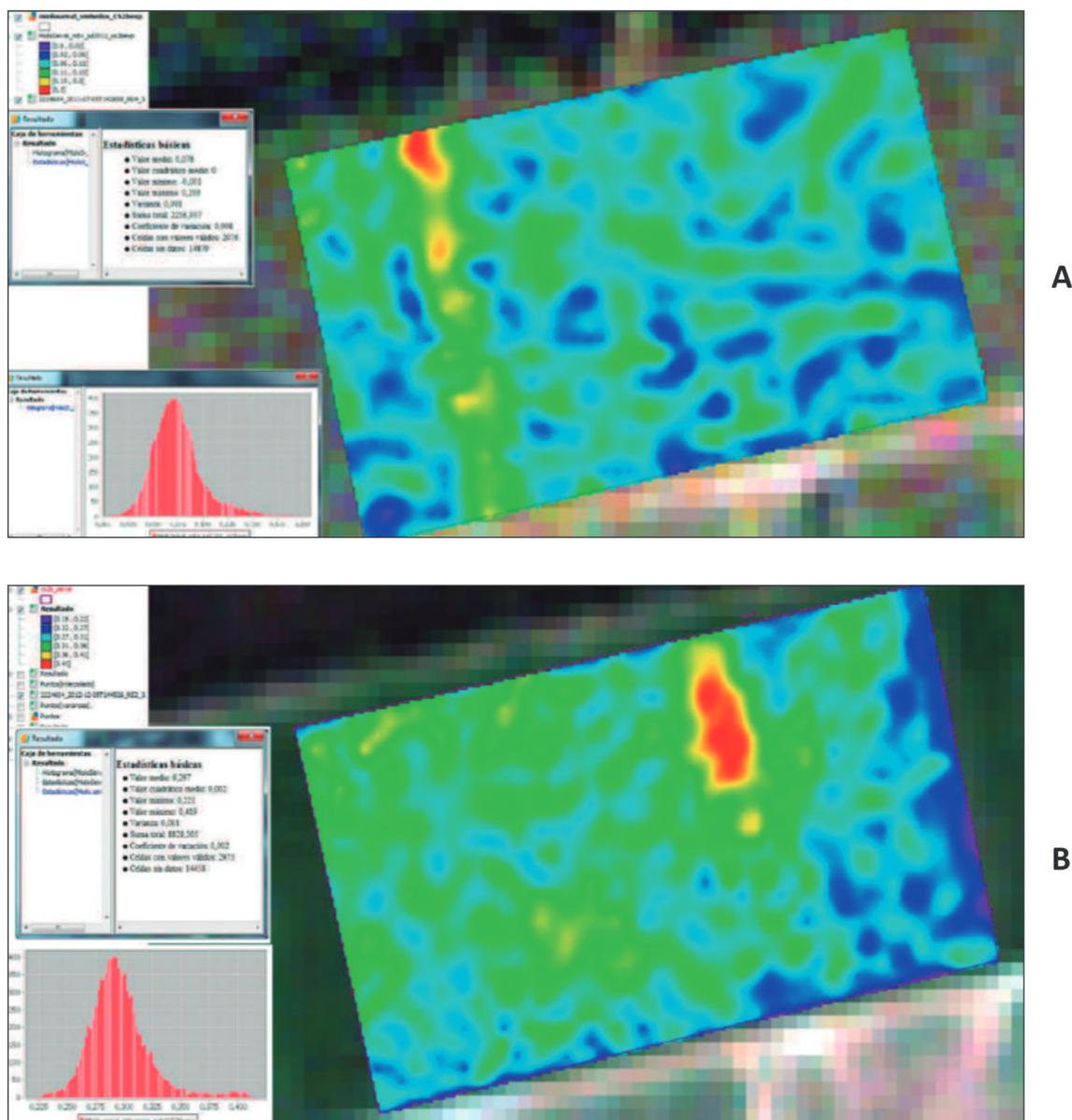


Figura 5. Zoneamento intraparcelar do NDVI de vinhedo 'Cabernet Sauvignon' - CS2b, em ambiente SIG. Gerado a partir de imagem RapidEye, reamostrada para um metro: (A) em julho de 2011 e (B) dezembro de 2012. Região da Indicação de Procedência Campanha Gaúcha, Candiota, Brasil.

Com base nos resultados da análise do relevo, foram observadas áreas a serem monitoradas continuamente, como as de menor declive, as quais podem acumular umidade, não recomendável para a planta, pois poderia afetar suas raízes. Além disso, nas áreas com menor exposição solar pode haver maturação dos cachos em relação às outras áreas. Pela análise do NDVI da imagem de dezembro de 2012, recomenda-se o monitoramento de áreas com taxas baixas, uma vez que inferem áreas com doenças ou talvez umidade do solo, fato que poderia também induzir a doenças.

A Figura 6 mostra a recomendação de áreas para monitoramento de 'Cabernet Sauvignon' (CS2b), sendo o cruzamento de áreas com baixa declividade, exposição solar Sul e NDVI baixo na época de pré-colheita.

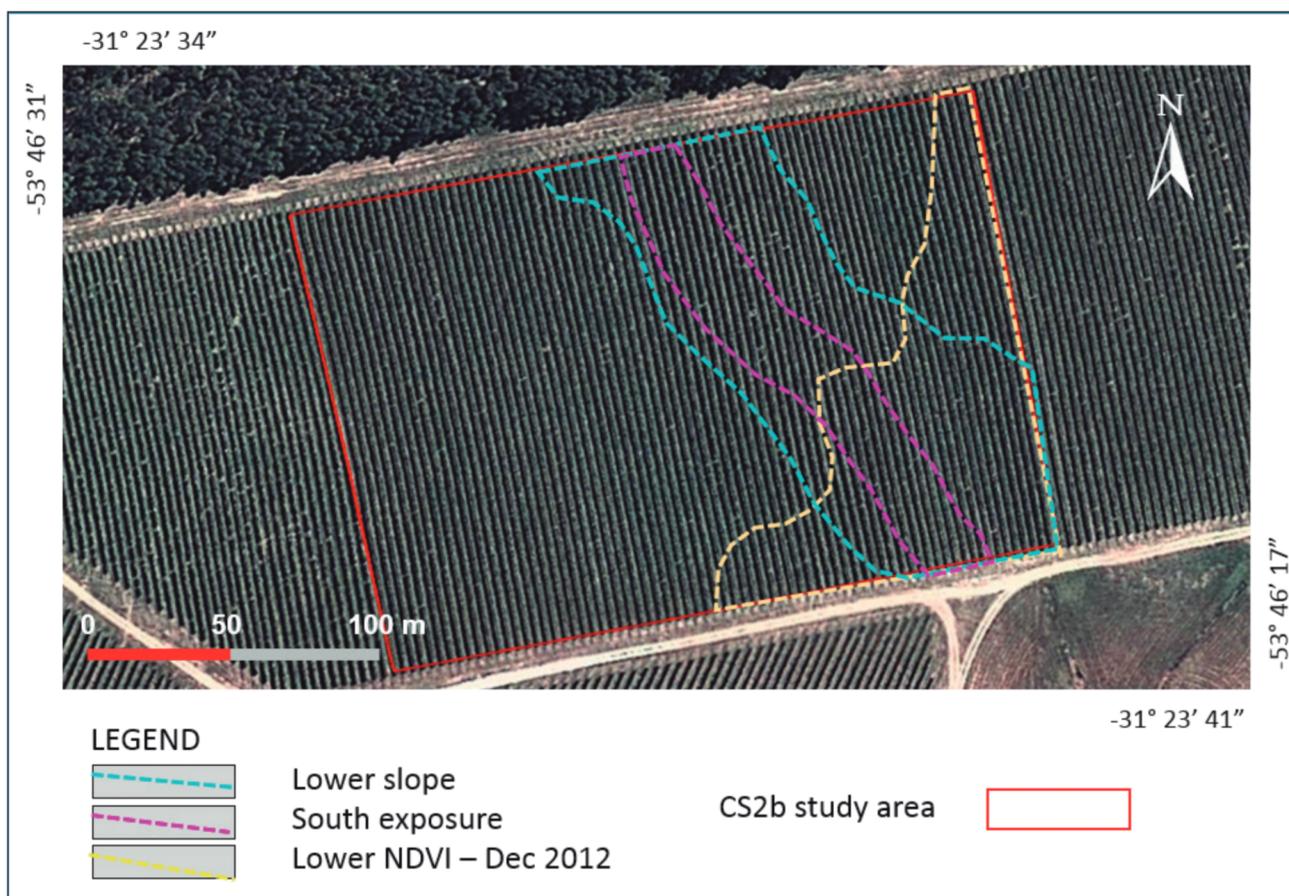


Figura 6. Vinhedo 'Cabernet Sauvignon' (CS2b). Recomendação de áreas para monitoramento, sobre Google Earth, menor declive e exposição sul (sempre) e área com menor NDVI (dezembro de 2012). Região da Indicação de Procedência Campanha Gaúcha, Candiota, Brasil.

9.4. Benefícios e diferencial

No intuito de apoiar a agricultura de precisão, o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para monitoramento da videira, desde que sejam consideradas as variações da resposta espectral do dossel da planta, das plantas de cobertura e do solo. O caso da análise por SIG deste vinhedo pode ser comparado com casos estudados na Espanha, como o estudo foi feito por Torres et al (2009) usando Software livre gvSIG (Hoff et al., 2017).

A análise interpacelar gerou uma resposta rápida de valor médio do índice de vegetação e de relevantes aspectos de relevo para um grande número de parcelas, possibilitando uma informação visual e intuitiva da distribuição da variabilidade de atributos avaliados em todo o vinhedo, permitindo ao produtor fazer correções até a colheita.

A análise intrapacelar do vinhedo CS2b ('Cabernet Sauvignon') gerou mapas de valores de variabilidade espacial, mostrando características de relevo inerentes do terreno, bem como NDVI em duas épocas distintas do ciclo do vinhedo. Os resultados dos processamentos mostraram valores contínuos dentro do vinhedo obtidos automaticamente no SIG, usando três tipos de dados: arquivos raster (DEM e NDVI) e arquivo vetorial contendo polígonos de vinhedos.

Os valores de elevação, inclinação, exposição são fixos, mas o produtor pode decidir o manejo da safra de acordo com a variabilidade espacial das parcelas. Por exemplo, fazer uma colheita diferenciada de uvas que recebem mais luz solar ou estão em altitudes mais baixas. Além do que, com este tipo de informação, o produtor poderia implantar gestão diferenciada de drenagem e irrigação conforme o declive do terreno.

As ferramentas de análise espacial, bem como os sensores de satélite, podem fornecer rapidamente dados acessíveis para técnicos e agricultores, clientes do sistema de produção. Estas tecnologias podem ser transferidas para o usuário final por meio de software livres de SIG e estarem disponíveis, tanto na forma de produtos digitais ou gráficos, em servidores WEBmap, para visualização e download digital de banco de dados.

Os dados digitais gerados no projeto estão depositados na plataforma de dados geográficos digitais da Embrapa (GeoInfo: <http://geoinfo.cnpuv.embrapa.br/>) e que poderão contribuir para a expansão de novas áreas de vinhedos, , como pode ser visto no exemplo da Figura 7. Estes dados podem ser visualizados e manipulados em programas livres de SIG por produtores, associações e cooperativas de produtores.

Finalmente, outras técnicas poderiam ser utilizadas para detalhar o monitoramento da videira, como sensores transportados por Vants e drones (Baluja et al., 2012; Santesteban et al., 2017). Possivelmente, pesquisas futuras na região da Indicação de Procedência da Campanha Gaúcha requererão imageamento de alta resolução para monitorar continuamente o cultivo de vinhedos ao longo ciclo fenológico.

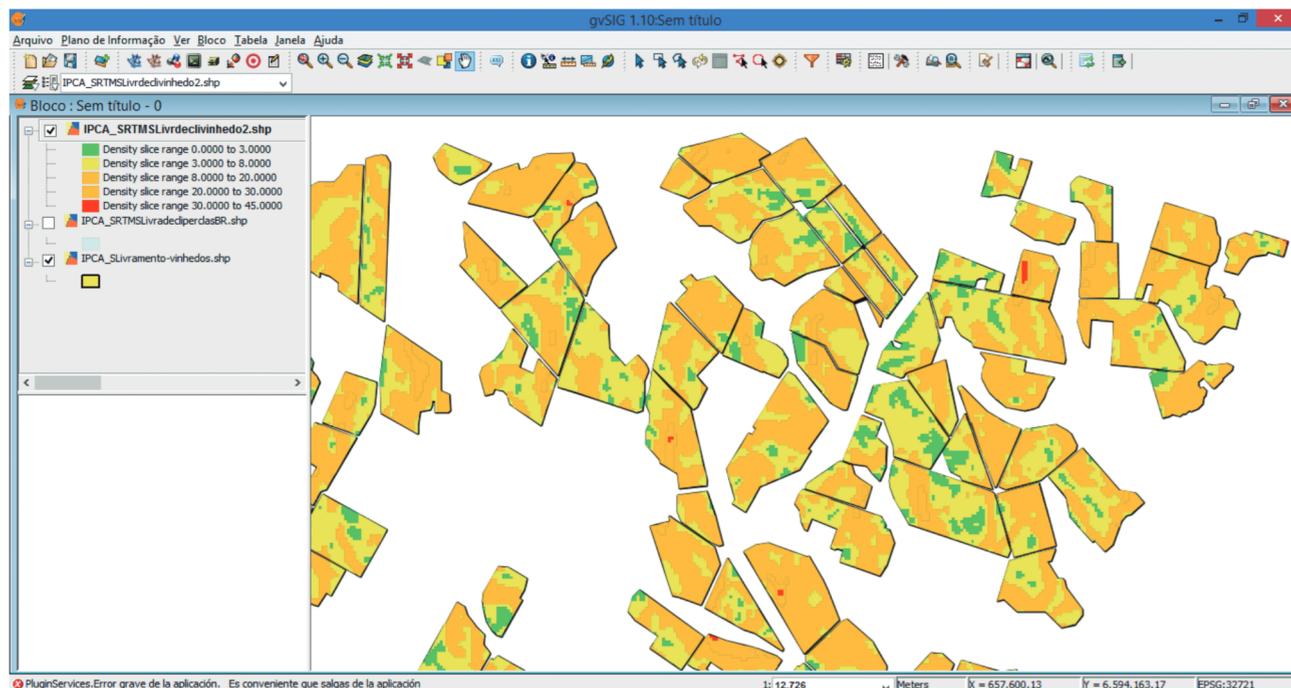


Figura 7. Banco de dados em SIG, mostrando no programa gvSIG o zoneamento da declividade de uma parte dos vinhedos na IP Campanha Gaúcha em Santana do Livramento.

9.5. Referências

- ARNÓ, J.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A.; RIBES-DASI, M.; ROSELL, J. R. Review. Precision viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 4, p. 779-790., Nov. 2009. DOI: 10.5424/sjar/2009074-1092
- BALUJA, J.; DIAGO, M. P.; BALDA, P.; ZORER, R.; MEGGIO, F.; MORALES, F.; TARDAGUILA, J. Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). **Irrigation Science**, v. 30, n. 6, p. 511–522, Oct. 2012. Doi: 10.1007/s00271-012-0382-9.
- BANNARI, A.; MORIN, D.; BONN, F.; HUETE, A. R. A review of vegetation indices. **Remote Sensing Reviews**, v. 13, n. 1-2, p. 95-120, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1080/02757259509532298>.
- BRAMLEY, R. G. V. Progress in the development of precision viticulture – variation in yield, quality and soil properties in contrasting Australian vineyards. In: CURREIE, L. D.; LOGANATHAN, P. (Eds.). **Precision tools for improve land management**. Massey University, 2001. (Occasional Report, 14). p. 1-19.
- CEMIN, G. ; DUCATI, J. R. On the stability of spectral features of four vine varieties in Brazil, Chile and France. In: CONGRÉS INTERNATIONAL DES TERROIRS VITICOLES, 7., INTERNATIONAL TERROIR CONGRESS, 7., 2008, Nyon, Suisse. **Comptes rendus...** Nyon, Suisse: Agroscope Changins-Wädenswil ACW. v.1, 2008.
- COLLADO, A. D.; CHUVIECO, E.; CAMARASA-BELMONTE, A. M. Satellite remote sensing analysis to monitor desertification processes in the crop-rangeland boundary of Argentina. *Journal of Arid Environments*, v. 52, n. 1, p. 121-133, 2002. Doi: 10.1006/jare.2001.0980.
- COMBA, L.; GAY, P.; PRIMICERIO, J.; AIMONINO, D. R. Vineyard detection from unmanned aerial systems images. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 114, p. 78-87, 2015. Doi: 10.1016/j.compag.2015.03.011.
- COSTA, J. P. da; MICHELET, F.; GERMAIN, C.; LAVIALLE, O.; GRENIER, G. Delineation of vine parcels by segmentation of high resolution remote sensed images. **Precision Agriculture** v. 8, n. 1-2, p. 95-110, Aug. 2007.
- DELENNE, C.; DURRIEU, S.; RABATEL, G.; DESHAYES, M. From pixel to vine parcel: A complete methodology for vineyard delineation and characterization using remote-sensing data. *Computers and Electronics Agriculture*, v. 70, n. 1, p. 78–83, 2010. DOI: 10.1016/j.compag.2009.09.012ff. fihal-01196894f.

- DORAISWAMY, P. C.; HATFIELD, J. L.; JACKSON, T. L.; AKHMEDOV, B.; PRUEGER, J.; STERN, A. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 92, n. 4, p. 548-559, May 2004. Doi:10.1016/j.rse.2004.05.017.
- DUCATI, J. R.; BETTÚ, V.; HOFF, R. remote sensing techniques in the characterization of viticultural terroirs in south Brazil: a case study on Malvasia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MALVASIA, 3., 2009, Santa Cruz de Tenerife. **Proceedings...** Santa Cruz de Tenerife: Universidad de La Laguna. 2009. p 1-18.
- EMBRAPA. A Embrapa nos biomas brasileiros. Brasília, DF: Embrapa, 2007. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82598/1/a-embrapa-nos-biomas-brasileiros.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2020.
- FALCADE, I.; MANDELLI, F. **Vale dos vinhedos: caracterização geográfica da região**. Caxias do Sul: EDUCS; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. p. 144. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142596/1/vale-dos-vinhedos.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020.
- FERENCZ, C.; BOGNÁR, P.; LICHTENBERGER, J.; HAMAR, D.; TARCSAI, G.; TIMÁR, G.; MOLNÁR, G.; PÁSZTOR, S. Z.; STEINBACH, P.; SZÉKELY, B.; FERENCZ, O. E.; FERENCZ-ÁRKOS, I. Crop yield estimation by satellite remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 20, p. 4113-4149, Jan. 2004. Doi: <https://doi.org/10.1080/01431160410001698870>.
- GARRIDO, L. da R.; HOFFMANN, A.; SILVEIRA, S. V. da. **Produção integrada de uva para processamento: manejo de pragas e doenças**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132389/1/manual-4-manejo-cap2.pdf>. Acesso em: 30 out. 2020.
- GVSIG Associação gvSIG. Sistema de informações Geográficas. Available: <http://www.gvsig.com/pt>. (acesado em 20.08.2016.)
- HALL, A.; LAMB, D. W.; HOLZAPFEL, B.; LOUIS, J. Optical remote sensing applications in viticulture - a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 8, n. 1, p. 36-47, April 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2002.tb00209.x>.
- HOFF, R.; DUCATI, J. R.; FARIAS, A. R.; BOMBASSARO, M. G.; VILLARO, J. M. R.; MORAL, J. G.; MODENA, R. C. C.; ALMEIDA, C. A. M. Characterization of vineyards by the application of remote sensing techniques and spectroradiometry at Metade Sul region, RS, Brazil. In: LATIN AMERICAN CONGRESS ON VITICULTURE AND OENOLOGY, 14., 2013, Tarija, Bolivia. **Proceedings...** Fautapo: CLAVE, 2013. v. 1. p. 99-102.
- HOFF, R.; DUCATI, J. R.; BERGMANN, M. Geologic and geomorphologic features applied for identification of wine terroirs units by digital image processing, spectroradiometric and GIS techniques in Encruzilhada do Sul, RS, Brazil. In: INTERNATIONAL TERROIR CONGRESS, 8., 2010, Soave, Italia. **Proceedings...** Conegliano: CRA-VIT, 2010. Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/879763>>. Acesso em: 04 nov. 2020.
- HOFF, R.; DUCATI, J. R.; BERGMANN, M. Comparison of digital elevation model data - MDE: ASTER and SRTM by digital image processing for identification of wine terroir at Encruzilhada do Sul Map, RS, Brazil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal, Brazil. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, Vol. 1. p. 1-8. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203630/1/215-222.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2020.
- HOFF, R., J.R. DUCATI AND A.R. FARIAS. 2017. GIS and remote sensing to support precision viticulture for analysis of vineyards in the Campanha Wine Region, Brazil. *Journal of Environmental & Agricultural Sciences*. 10: 20-32. |disponível: <http://jeas.agropublishers.com/wp-content/uploads/2017/09/JEAS-10-20-32-GIS1.pdf>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geologia, geomorfologia, mapas de solo, vegetação, escala 1: 250.000. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 04 nov. 2020.
- JOHNSON, L. F.; ROCZEN, D. E.; YOUKHANA, S. K.; NEMANI, R. R.; BOSCH, D. F. Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 38, n. 1, p. 33-44, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00106-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00106-0).
- LAMB, D. W.; WEEDON, M. M.; BRAMLEY, R. G. V. Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 10, n. 1, p. 46-54, March 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00007.x>.
- MATESE, A.; TOSCANO, P.; DI GENNARO, S. F.; GENESIO, L.; VACCARI, F. P.; PRIMICERIO, J.; BELLI, C.; ZALDEI, A.; BIANCONI, R.; GIOLI, B. Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. **Remote Sensing**, v. 7, n. 3, p. 2971, 2015. Doi: 10.3390/rs70302971.
- METTERNICHT, G. I.; ZINCK, J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. **Remote Sensing of Environment**, v. 85, n. 1, p. 1-20, April 2003. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8).

MMA – Ministério do Meio Ambiente, Brasil. Catálogo de imagens de satélite RAPIDEYE. <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acessado em 20.08.2016.

MORÁN, M. S.; ALONSO, L.; MORENO, J. F.; MATEO, M. P. C.; DE LA CRUZ, D. F.; MONTORO, A. A RADARSAT-2 quad-polarized time series for monitoring crop and soil conditions in barrax, Spain. **IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**, v. 50, n. 4, p. 1-14, Oct. 2011. Doi: 10.1109/TGRS.2011.2166080.

RAFIQ, L.; BLASCHKE, T.; REHMAN, H.U.; ZUBAIR, S. Satellite data based spectral indices for estimating surface salinity in Pakistan. **Journal of Environmental and Agricultural Science**, v. 1, n. 6, Jan. 2014.

REYNOLDS, A. G.; SENCHUK, I. V.; VAN DER REES, C.; SAVIGNY, C. Use of GPS and GIS for elucidation of the basis for terroir: Spatial variation in an Ontario Riesling vineyard. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 58, n. 2, p. 145-162, June 2007.

SANTESTEBAN, L. G.; DI GENNARO, S. F.; HERRERO-LANGREO, A.; MIRANDA, C.; ROYO, J. B.; MATESE, A. High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. **Agricultural Water Management**, v. 183, p. 49-59, March 2017. Doi: 10.1016/j.agwat.2016.08.026.

SILVA, P. R. da; DUCATI, J. R. Spectral features of vineyards in south Brazil from ASTER imaging. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, n. 23, p. 6085-6098, Dec. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160902810612>.

NASA. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. **Shuttle Radar Topography Mission**. [s. l.]: Nasa, 2014. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 05 nov. 2020

THORP, K. R.; TIAN, L. F. A review on remote sensing of weeds in agriculture. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 477–508, Oct. 2004.

TONIETTO, J.; GUERRA, C. C.; MANDELLI, F.; SILVA, G. A. da; MELLO, L. M. R. de; ZANUS, M. C.; HOFF, R.; FLORES, C. A.; FALCADE, I.; HASEANCK, H.; WEBER, E.; CALZA, A. A.; FAÉ, R. **Monte Belo: características de identidade regional para uma indicação geográfica de vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. 16 p. il. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 76). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPUV/9754/1/cir076.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

TORRES, T. C.; FERNÁNDEZ, A. B. G.; COBO, F. J. B.; PÉREZ, J. R. R. GIS for wine sector and differentiation of vintage lots in the D.O. Bierzo (León-España). In: INTERNATIONAL GVSIG CONFERENCE, 5., 2009, Valencia, Spain. **Anais....** Valencia: GVSig, 2009.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, p. 127-150, 1979. Doi: 0034-4257/79/C11JJ127 + 24\$01. 75.

USHA, K.; SINGH, B. Potential applications of remote sensing in horticulture - a review. **Scientia Horticulturae**, v. 153, n. 4, p. 71-83, 2013. Doi: 10.1016/j.scienta.2013.01.008.

VERECKEN, H.; WEIHERMULLER, L.; JONARD, F.; MONTZKA, C. Characterization of crop canopies and water stress related phenomena using microwave remote sensing methods: a review. **Vadose Zone Journal**, v. 11, n. 2, 2012. Doi: 10.2136/vzj2011.0138ra.

VRIELING, A. Satellite remote sensing for water erosion assessment: a review. **Catena**, v. 65, n. 1, p. 2-18, Jan. 2006. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.10.005>.