

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA A PARTIR DE IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

Isabela Ito Gaspar Gomes¹, David Luciano Rosalen², Paulo Henrique Amorim Silva³

¹ Estudante, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP Jaboticabal, (16) 99253-2598, ito.isabela@gmail.com

² Professor, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

³ Engenheiro Cartógrafo, Geo Agri Tecnologia Agrícola

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A soja (*Glycine max*) possui grande importância no cenário econômico brasileiro. As tecnologias disponibilizadas pelo Sensoriamento Remoto permitem, a partir de sensores terrestres, aéreos ou orbitais, determinar índices de vegetação. Dentre estes, existe o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que apresenta elevada correlação com variáveis agrônomicas, como a produtividade. Neste contexto, esse trabalho objetivou avaliar a viabilidade da obtenção do NDVI, na cultura da soja, a partir de imagens obtidas por um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Para tanto, utilizou-se o VANT eBee da Sensefly, equipado com sensor capaz de registrar as bandas espectrais vermelha e infravermelha próxima; para verificar a qualidade desta determinação, utilizou-se também o sensor terrestre ativo GreenSeeker. Foram gerados os respectivos mapas da distribuição espacial dos valores de NDVI, sendo comparados os valores obtidos pelos sensores terrestre e aéreo, assim como com valores de produtividade obtidos em campo. Os resultados indicaram que a determinação do NDVI a partir de recobrimento aerofotogramétrico mostrou-se viável; porém, em termos gerais os valores encontrados foram inferiores aos determinados pelo sensoriamento terrestre, exigindo que sejam elaborados mais estudos. Também, os valores de NDVI determinados, tanto por plataforma aérea como terrestre foram compatíveis às produtividades encontradas na área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI, VANT, soja.

DETERMINATION OF NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX FROM IMAGENS OBTAINED BY UNMANNED AERIAL VEHICLE

ABSTRACT: The soybean (*Glycine max*) has great importance in the Brazilian economic scenario. The technologies provided by Remote Sensing allow, from terrestrial, aerial or orbital sensors, to determine vegetation indices. Among these, there is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which presents a high correlation with agronomic variables, such as productivity. In this context, this work aimed to evaluate the feasibility of obtaining NDVI, in the soybean crop, from images obtained by an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). In order to do so, we used the UAV Sensefly eBee, equipped with a sensor capable of recording the near red and infrared spectral bands; to verify the quality of this determination, the GreenSeeker active ground sensor was also used. The respective maps of the spatial distribution of the NDVI values were generated, comparing the values obtained by the terrestrial and aerial sensors, as well as with productivity values obtained in the field. The results indicated that the determination of NDVI from aerophotogrammetric coating

was feasible; however, in general terms the values found were lower than those determined by terrestrial sensing, requiring further studies. Also, the NDVI values determined by both aerial and terrestrial platforms were compatible to the productivities found in the study area.

KEYWORDS: NDVI, UAV, soybean.

INTRODUÇÃO

Para se obter safras com elevadas produtividades é necessário um adequado manejo da lavoura. Dessa forma, os produtores buscam novas opções tecnológicas de forma a aprimorar o manejo, aliando redução de custos com maior eficiência, melhorando tanto a qualidade como a produtividade agrícola. Nesse contexto, a Agricultura de Precisão (*Precision Agriculture, Precision Farming ou Site-Specific Crop Management*) foi desenvolvida como um dos caminhos para solucionar problemas e otimizar processos no campo (MANZATTO *et al.*, 1999). Para Capelli (1999), a Agricultura de Precisão possibilita um melhor conhecimento das variáveis envolvidas no processo produtivo pelo produtor rural, permitindo à este a tomada de decisão melhor embasada.

Segundo Tschiedel e Ferreira (2002), a evolução tecnológica proporcionou ao produtor acesso às geotecnologias como *softwares* de geoprocessamento, sistemas de posicionamento global, sensoriamento remoto, dentre outras, que proporcionam à eles uma nova forma de enxergar suas glebas cultivadas, deixando esta de ser vista de forma homogênea, mas sim considerando suas diferenças locais. Dessa maneira, como exemplo, o mapeamento das glebas cultivadas de um imóvel rural pode viabilizar o adequado planejamento para o uso da terra (ROSALEN *et al.*, 2014). Assim, sendo um usuário das tecnologias de Agricultura de Precisão, o produtor rural poderá monitorar cada vez mais a sua “linha de produção”.

A determinação de índices de vegetação é uma das tecnologias que a Agricultura de Precisão utiliza. Pode ser realizada a partir do uso de sensores ativos ou passivos, executando uma combinação aritmética entre bandas espectrais que evidencie algum componente de interesse.

Dentre os diferentes índices, existe o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), inicialmente proposto por Rouse *et al.* (1973) o qual permite realizar inferências sobre diferentes variáveis agronômicas, como a produtividade. Para Villalba (2012) a determinação do NDVI é uma importante ferramenta para o diagnóstico de fatores limitantes e para o manejo da cultura; também, Jensen (2009) afirma que com o uso do NDVI é possível determinar vários parâmetros da vegetação como a porcentagem de cobertura verde, índice de massa foliar, biomassa e teor de clorofila.

O NDVI pode ser obtido, direta ou indiretamente, por de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais. Em plataforma terrestre, o sensor pode ser acoplado em alguma máquina agrícola ou passado manualmente. Nesse caso, existem equipamentos comerciais que fornecem diretamente os valores de NDVI, registrando-os em dispositivos móveis como coletores/receptores de GNSS com adequada interface. No caso de plataformas aéreas ou orbitais, os sensores também registram a resposta espectral das bandas vermelha e infravermelha, porém a obtenção do NDVI é realizada posteriormente em *softwares* que combinam as respostas espectrais de diferentes imagens, formando uma imagem composta.

Para plataformas aéreas, destaca-se o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), os quais são usados na Agricultura de Precisão desde o final dos anos 90 e inícios dos anos 2000 (BIAGIONI, 2010). Os VANTs são fortes aliados para a gerência de grandes áreas com muita rapidez e praticidade. Equipado com câmeras que geram imagens no espectro visível, ele passa a ser

o "olho do agricultor" sobre a sua cultura (JORGE *et al.*, 2014), possibilitando a obtenção de imagens com elevadas resoluções geométrica e temporal, viabilizando assim a avaliação pragas, falhas de plantio, plantas invasoras, dentre outras. Há também a possibilidade de se obter avaliações do estresse nutricional da lavoura, indicadores fisiológicos e estrutura do dossel das plantas. Para isso, faz-se necessário equipar o VANT com câmera que registre o espectro infravermelho próximo. Essas câmeras ou sensores são denominados de "NIR" (*Near Infrared* - Infravermelho próximo).

Diante disso, a obtenção de NDVI para fins de manejo com a utilização de plataformas aéreas é uma opção interessante, visto a praticidade e rapidez da obtenção de imagens pelo elevado grau de automação do sistema.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a viabilidade da obtenção de valores de NDVI, na cultura da soja, a partir de imagens aéreas coletadas por Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área utilizada pela empresa júnior (CAP Jr) do campus e pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho") Jaboticabal, Estado de São Paulo. Localiza-se próxima a latitude de 21°15'12"S, longitude de 48°17'00" com altitude média de 590 metros e declividade aproximada de 7%. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado de acordo com Andrioli e Centurion (1999). A área experimental era composta de 15,7 ha cultivada em quase sua totalidade com soja (*Glycine max*).

Para fins de caracterização topográfica da área, foi realizado um levantamento do perímetro da área e de suas respectivas subdivisões, que acompanhavam o sistema de curvas de níveis presente. Para esse levantamento foi utilizado receptor GNSS Trimble R6 e coletor de dados Trimble TSC3 operado no método Relativo Semicinemático (MONICO, 2008), obtendo-se qualidade na ordem de centímetros para as coordenadas dos pontos que delimitavam a área de estudo. Os dados obtidos foram pós-processados no *software* Trimble Business Center v.2.8 e posteriormente exportados em formato texto para o *software* TopoEVNv.6 para elaboração do respectivo desenho da área experimental e suas respectivas glebas internas.

A cobertura aerofotogramétrica da área foi realizada utilizando-se um VANT, modelo eBee Ag da SensyFly). Essa aeronave permite alcançar uma acurácia horizontal abaixo de 4 cm com pontos de controle, e de 1 a 5 m sem a utilização de pontos de controle; a aeronave realiza voos com até 970 m de altura.

A aeronave foi equipada com dois tipos de sensores: sensor RGB (Sensor para recobrimento de cores Red-Green-Blue ou Vermelho-Verde e Azul do objeto) - Câmera Canon Elph e sensor NIR - Câmera Canon S110 NIR (Near-infrared) com 12 Mp. A câmera NIR possui sensor sensível a Banda Verde (550 nm), Vermelha (625 nm) e Infravermelha Próxima (850 nm).

O plano de voo foi realizado utilizando-se o *software* eMotion v.2 e foram efetuado somente dois voos na área de estudo, sem a utilização de pontos de controle no terreno. Um voo utilizando a câmera RGB e outro com câmera NIR. A altura de voo foi selecionada com o objetivo de obter uma alta resolução geométrica. O voo foi efetuado 33 dias após a semeadura, com uma altura em torno de 160 m, obtendo-se uma resolução geométrica com cerca de 5 cm. As imagens foram pós-processadas no *software* Terra3D v.4.0 que gerou três mosaicos ortoretificados tanto no

visível (sensor RGB), como no infravermelho (sensor NIR). Também, nesse mesmo *software*, foi gerado o mosaico com o NDVI da área de estudo.

Para a obtenção do NDVI por plataforma terrestre, foi utilizado o sensor ativo GreenSeeker da Trimble (Figura 5) acoplado em um trator via suporte confeccionado especialmente para esse fim pelo Núcleo de Geomática e Agricultura de Precisão - NGAP em conjunto com a oficina de manutenção da FCAV, ambos pertencentes ao Campus da UNESP Jaboticabal. O sensor foi passado na área 37 dias após a semeadura, aproveitando-se um trato cultural realizado na área

Destaca-se que o GreenSeeker é um sensor ativo que proporciona o valor de NDVI diretamente no campo transmitindo essa informação para um dispositivo móvel. No presente trabalho, foi utilizado para essa função o receptor GPS Nomad e o *software* Farm Works Mobil. O GreenSeeker registra a resposta espectral da Banda Vermelha (660 nm) e da banda Infravermelha Próxima (770 nm). Os dados obtidos foram processados no *software* Farm Works Office e posteriormente exportados em formato texto.

Os resultados obtidos no levantamento topográfico, cobertura aerofotogramétrica (VANT) e sensoriamento terrestre (GreenSeeker) foram convertidos em formatos de intercâmbio de dados vetoriais (DXF e *Shapefile*), formato texto e formato matricial *GeoTiff* para serem importados nos *softwares* de geoprocessamento SPRING v.5.3 e Quantum Gis v.2.16. No software SPRING foi obtido o mosaico de NDVI relativo ao sensoriamento terrestre, utilizando-se do método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância, e também foi realizado o fatiamento de ambos mosaicos de NDVI (VANT e sensor terrestre) em classes de 0 a 1 com intervalo de 0,1. No *software* Quantum GIS foi obtida estatística descritiva dos mosaicos de NDVI (VANT e sensoriamento terrestre) e a álgebra entre o mosaico de NDVI do VANT e NDVI do sensor terrestre. Os resultados foram compilados em planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 exibe as áreas não vegetadas na coloração vermelha, com valores de NDVI bem baixos, variando de 0 a 0,1. As áreas com melhor cobertura vegetal possuem coloração azul escura com valores de 0,5 a 0,7. Nota-se que não ocorreram áreas com valores de NDVI acima de 0,7.

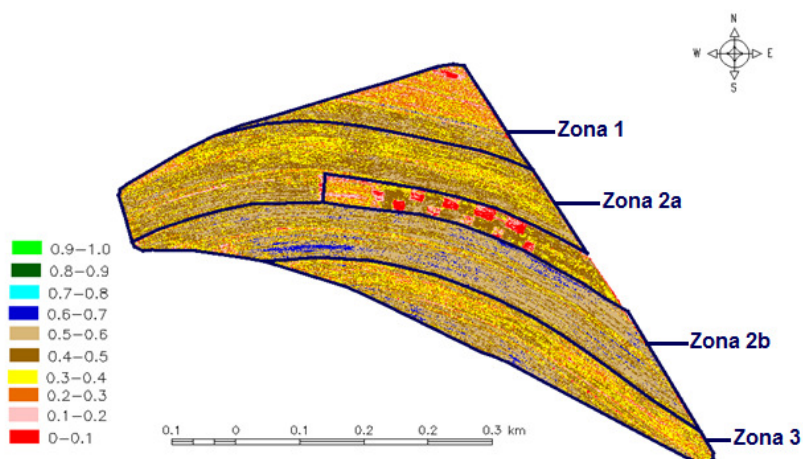


Figura 1: Mosaico ortorretificado com os valores do NDVI classificados em faixas de 0,1 a 1,0 a calculados a partir do mosaico ortorretificado dos valores de NDVI (recobrimento aerofotogramétrico da área de estudo).

A Tabela 1 exibe os resultados desta classificação em valores numéricos de área, para a área total (menos a área não ocupada pela soja) e separadamente cada uma das zonas estabelecidas.

Tabela 1: Áreas ocupadas pelas diferentes classes de NDVI, obtidos a partir do recobrimento aerofotogramétrico da área de estudo.

NDVI	Áreas (ha)				
	Total	Zona 1	Zona 2a	Zona 2b	Zona 3
0-0,1	0,1447	0,0775	0,0347	0,0194	0,0131
0,1-0,2	0,4883	0,1712	0,1132	0,0729	0,1310
0,2-0,3	1,5687	0,4350	0,3876	0,2180	0,5280
0,3-0,4	3,2491	0,4310	1,3012	0,5966	0,9204
0,4-0,5	4,6452	0,4428	1,9402	1,3792	0,8828
0,5-0,6	3,8577	0,2423	0,7525	2,2395	0,6234
0,6-0,7	0,3222	0,0101	0,0045	0,2555	0,0522
0,7-0,8	0,0005	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
0,8-0,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,9-1,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NDVI médio	0,4225	0,3471	0,4104	0,4798	0,3962

Os dados exibidos pela Tabela 1 indicaram que praticamente não ocorreram valores de NDVI superiores a 0,7 para o sensoriamento realizado a partir de VANT, confirmando a análise visual feita na Figura 1. Considerando a área total cultivada com soja, a faixa de 0,4 a 0,5 foi a que apresentou maior área e a faixa de 0 a 0,1 a menor. Esse fato pode ser explicada pela cultura estar em plena fase vegetativa (V5), já com mais de 30 dias após semeadura, no momento do sensoriamento aéreo. O valor médio de NDVI ficou em torno de 0,4.

Assim como a Figura 1, a Figura 2 exibe as áreas não vegetadas na coloração vermelha, com valores de NDVI bem baixos, indo de 0 a 0,1. As áreas com melhor cobertura vegetal possuem coloração azul escura com valores de 0,5 a 0,7.

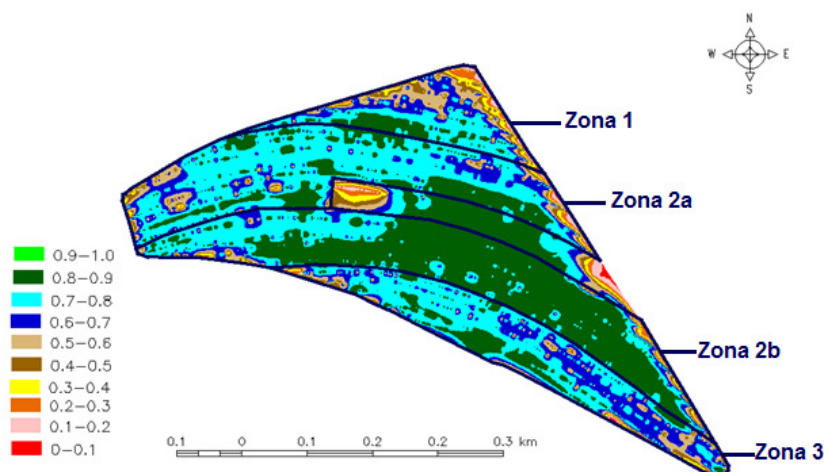


Figura 2: Mosaico ortorretificado com os valores do NDVI classificados em faixas de 0,1 a 1,0 a calculados a partir do mosaico ortorretificado dos valores de NDVI (sensoriamento terrestre da área de estudo).

Assim como na Tabela 1, a Tabela 2 exhibe os resultados da classificação, em valores numéricos de área, para a área total (excluindo a área não ocupada pela soja) e separadamente cada uma das zonas estabelecidas (Zona 1, 2a, 2b e 3).

Os dados exibidos pela Tabela 2 indicam que ocorreram valores de NDVI superiores a 0,7 para o sensoriamento realizado a partir de sensor terrestre, confirmando a análise visual feita na Figura 2. Para a classe de 0,9 a 1,0 praticamente não ocorreram valores. Considerando a área total cultivada com soja, a faixa de 0,8 a 0,9 foi a que apresentou maior área e a faixa de 0 a 0,1 a menor. O valor médio de NDVI ficou em torno de 0,7. Dessa forma nota-se que o sensor terrestre gerou, de forma geral, valores de NDVI superiores aos obtidos através do sensoriamento aéreo.

Tabela 2: Áreas ocupadas pelas classes de NDVI, obtidos a partir do sensoriamento terrestre da área de estudo.

NDVI	Áreas (ha)				
	Total	Zona 1	Zona 2a	Zona 2b	Zona 3
0 - 0,1	0,0157	0,0071	0,0064	0,0006	0,0077
0,1 - 0,2	0,0625	0,0616	0,0370	0,0140	0,0077
0,2 - 0,3	0,0679	0,0875	0,0481	0,0351	0,0297
0,3 - 0,4	0,0772	0,1010	0,0573	0,0422	0,0556
0,4 - 0,5	0,0929	0,1405	0,0894	0,0596	0,1107
0,5 - 0,6	0,1016	0,2696	0,2311	0,1077	0,2415
0,6 - 0,7	0,0905	0,3412	0,5834	0,2466	0,7742
0,7 - 0,8	0,2380	0,5498	2,4508	1,2185	1,4081
0,8 - 0,9	0,6450	0,2725	1,0422	3,0820	0,5109
0,9 - 1,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Médias	0,6738	0,6249	0,7278	0,7918	0,7008

A Tabela 3 exhibe as diferenças entre os valores obtidos no sensoriamento terrestre com relação aos obtidos pelo sensoriamento aéreo, em valores numéricos de área, para a área total (menos a área não ocupada pela soja) e separadamente para cada uma das zonas estabelecidas (Zona 1, 2a, 2b e 3).

Tabela 3: Diferenças de áreas ocupadas pelas classes de NDVI, entre os valores obtidos pelo sensoriamento terrestre e pelo recobrimento aerofotogramétrico.

NDVI	Áreas (ha)				
	Total	Zona 1	Zona 2a	Zona 2b	Zona 3
0 - 0,1	-0,1536	-0,0703	-0,0283	-0,0188	-0,0055
0,1 - 0,2	-0,1268	-0,1096	-0,0763	-0,0589	-0,1233
0,2 - 0,3	-0,1029	-0,3476	-0,3395	-0,1829	-0,4983
0,3 - 0,4	-0,1901	-0,3300	-1,2438	-0,5544	-0,8648
0,4 - 0,5	-0,4135	-0,3024	-1,8508	-1,3196	-0,7722
0,5 - 0,6	0,0192	0,0273	-0,5214	-2,1318	-0,3819
0,6 - 0,7	0,0901	0,3311	0,5789	-0,0089	0,7221
0,7 - 0,8	0,2380	0,5498	2,4508	1,2180	1,4081
0,8 - 0,9	0,6450	0,2725	1,0422	3,0820	0,5109
0,9 - 1,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Médias	0,3516	0,2778	0,3174	0,3120	0,3045

Os dados apresentados pela Tabela 3 indicaram claramente que de forma geral os valores de NDVI obtidos pelo sensoriamento terrestre foram superiores aos obtidos pelo sensoriamento aéreo, apresentando um valor médio de diferença em torno de 0,3. Dessa forma, aparentemente detectou-se uma diferença de 0,3 para mais do valor de NDVI obtido pelo sensoriamento terrestre com relação ao valor de NDVI obtido no sensoriamento aéreo. Como essa diferença foi relativamente uniforme, não gerou um erro de classificação das áreas; a ordem de valores dos NDVIs médios para as quatro zonas da área de estudo foi a mesma, para ambos os sensoriamentos.

A Tabela 4 exibe as produtividades médias encontradas para cada uma das zonas da área de estudo e os respectivos valores dos NDVIs médios dos sensoriamentos aéreo e terrestre.

Tabela 4: Produtividade das zonas da área de estudo e respectivos valores de NDVI médios obtidos pelos sensoriamentos aéreo e terrestre.

Zona	Produtividade (kg ha ⁻¹)	NDVI médio (sensor aéreo)	NDVI médio (sensor terrestre)
1	2.821	0,3471	0,6249
2a	4.007	0,4104	0,7278
2b	4.043	0,4798	0,7918
3	3.514	0,3962	0,7008

Os dados exibidos pela Tabela 4 indicaram que os valores de NDVI, tanto para o sensoriamento aéreo, como para o terrestre, acompanharam as respectivas produtividades médias, isto é, as zonas mais produtivas, tiveram valores de NDVI mais elevados.

CONCLUSÕES

A determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) a partir de recobrimento aerofotogramétrico via VANT, utilizando-se de sensores que operam na banda infravermelha próxima, mostrou-se viável; os valores encontrados foram inferiores aos determinados pelo sensoriamento terrestre, exigindo que sejam elaborados mais estudos para

verificar essa questão. Os valores de NDVI determinados, tanto por plataforma aérea como terrestre foram compatíveis às produtividades encontradas na área de estudo.

REFERÊNCIAS

ANAC. Perguntas e Respostas - Situação Atual. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/rpas/>>. Acesso em 10jan. 2017.

ANDRIOLI, I; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-4, 1999.

ARAÚJO, J. C.; MOLIN, J. P.; VETTORAZZI, C. A. Uso de fotografias aéreas coloridas 35 mm na avaliação de produtividade de grãos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p. 695-703, 2004.

BIAGIONI, L. G. **Utilização de veículos aéreos não tripulados pela polícia militar ambiental do Estado de São Paulo**. 2010. 250 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública) - Centros de Altos Estudos de Segurança "Cel. PM TERRA" da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2010.

CAPELLI, N. L. **Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo**. Campinas: LIE/DMAQAG/FEAGRI/UNICAMP, 1999. Disponível em <<http://wwwbases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/capelli.docem>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

EMBRAPA. Tecnologia em mecanização no Brasil: equipamentos e sistemas para o futuro. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO PARA PROSPECÇÃO DE DEMANDAS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL, 1997, Sete Lagoas. Disponível em: <<http://wwwbases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/seminario.doc>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2.ed.São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 101p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2.ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604p.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2014. cap. 8.

JUNGES, A. H. ; ALVES, G.; FONTANA, D. C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007.

LIU, W. T. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2007. 865p.

MANZATTO, C. V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. Rio de Janeiro:Embrapa Solos, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte 1: o que é e estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n.2, p. 97-107, 1997.

- MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte 2: diagnóstico, aplicação localizada e considerações econômicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.108-121, 1997.
- MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão**: o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. 83 p.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008. 476p.
- POVH, F. P.; MOLIN, J. P. ; GIMENEZ, L.M. ; PAULETTI, V. ; MOLIN, R. ; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p.1075-1083, 2008.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.16, p.81-90, 2005.
- ROSALEN, D. L. Veículo aéreo não tripulado - VANT. In: BELARDO, G.C.; CÁSSIA, M. T.; SILVA, R. P. de. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, 2015.
- ROSALEN, D. L.; CONTIERO, R.; ALVARENGA, B.; TELES, C. A. P. Mapeamento de glebas agrícolas utilizando-se do posicionamento GNSS por ponto simples cinemático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2014. **Anais...** São Pedro: SBEA, 2014.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwaveeffect) of natural vegetation**. Greenbelt: NADA/GSFC, 1973. 371 p. (Type III Final Report).
- SANTOS, R. B. **Metodologias para a geração e atualização de mosaicos de fotos aéreas no Projeto ARARA. 2004**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- SENSYFLY. **eBee-Brochure**. Ecublens: Parrot, 2014. 12 p.
- SCHUELLER, J.K. A Review and integrating analysis of Spatially-Variable Crop Control of crop production. **Fertilizer Research**, The Hague, v.33, p.1-34, 1992.
- TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n. 1, fev. 2002. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/87493.pdf>> . Acesso em: 21 jun. 2016.
- VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011.
- VILLALBA, E. O. H. **Estado nutricional do milho avaliado por espectroscopia óptica no Paraguai**. 2012. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- WIEDA, R., BORGELT, S. T. **Geostatistical analysis of plant nutrients from sample nested grids**. St. Joseph: ASAE, 1993. 14p. (Paper MCR93-131).