

## Índices de vegetação para obtenção de umidade do solo

Sara Maciel Penachio <sup>1</sup>  
Samuel Almeida Santos de Oliveira <sup>1</sup>  
Felipe Nogueira de Sousa Tagliarini <sup>1</sup>  
Ana Clara de Barros <sup>1</sup>  
Célia Regina Lopes Zimback <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp  
Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA  
Fazenda Lageado – Rua José Barbosa de Barros nº 1780  
18610-307 - Botucatu - SP, Brasil  
{sarapenachio, almeidin, felipe\_tagliarini, anaclara\_inha}@hotmail.com;  
czimback@gmail.com

**Abstract.** The remote sensing is a powerful tool in several environmental studies, and the use of satellite images is commonly used to acquire a plenty of climate data. The local of study is the experimental farm, Fazenda Lageado, located in Botucatu city, SP, Brazil, it's area is in the vicinity of 940 ha. For scientific purposes it is important to relate field data to remote sensing data. Vegetation index and water index are a resultant of a raster calculation, in a geographic information system, from different bands of the satellite Sentinel-2A which bands are already corrected. The indices have the capability of measure the photosynthetic activity and the rate of fluid water in the vegetation, the present study has the achievement of finding a significant relation between the soil moisture, obtained as a volumetric proportion of water and water plus soil, at different depths and the index values, if the relation is meaning, then the remote sensing can be used as an indirect way of measurement for soil moisture. The statistical method was the linear regression with the software origin, the p value was the validating parameter used, which indicates the probability that the independent variable explaining the dependent variable has occurred by random effect. This study has showed no significant relation between any simple regression at a 5% of confidence interval, but at 10% confidence the soil moisture at 60 cm explained the NDWI index.

**Palavras-chave:** Sentinel, Remote Sensing, water contente, soil, vegetation index, water index, NDVI, NDWI, Sensoriamento Remoto, teor de água, Solo, índice de água.

## 1. Introdução

O sensoriamento Remoto é uma ferramenta em que se pode obter informações de um objeto à distância, contrastando com as medidas *in situ*, possibilitando a coleta de dados de grandes áreas em um período curto de tempo e com baixo custo (LORENZZETTI, 2015).

Existem diversas maneiras indiretas de se obter umidade do solo, sendo que algumas delas utilizam ondas eletromagnéticas (CHANCELLOR, 1994). Uma maneira recorrente de se obter umidade do solo é por micro-ondas e existem satélites em operação com radiômetros de micro-ondas, possibilitando a determinação de umidade do solo (LORENZZETTI, 2015), contudo as imagens disponibilizadas são de baixa resolução espacial, gerando bons resultados apenas em grandes áreas.

A umidade do solo é importante para descrever as trocas de água e energia na interação entre superfície terrestre e atmosfera. Normalmente são utilizadas micro-ondas de baixa frequência, presentes no sensor AMSR-E, são usadas para obtenção de umidade de solo devido a sua baixa atenuação por nuvens, vegetação e o grande contraste dielétrico entre a água e o solo nestas frequências. A maioria das pesquisas em sensoriamento remoto com micro-ondas, para umidade do solo, faz uso de vários parâmetros como: constante dielétrica, composição do solo, rugosidade do solo e densidade do solo e das partículas (HONG; SHIN, 2011).

Características da superfície do solo, como sua cor e sua cobertura, por exemplo, são fatores que influenciam na temperatura do solo, sendo que o principal fator na determinação da dissipação de calor pelo solo é a sua umidade (HANKS, 1992).

A maneira prática mais comum de se obter a umidade de solos agricultáveis é a razão de massa de água retida no solo pela massa de solo seco, de modo que se coloca uma amostra previamente pesada em estufa com temperatura entre 100°C e 110°C até que a amostra pesada se torne constante e o período comumente usado, para solos pouco e médio argilosos, é de 24 horas na estufa. (CHANCELLOR, 1994).

Uma das possíveis ferramentas para obtenção de umidade instantânea do solo, desenvolvidas e utilizadas globalmente, como forma de monitorar e estudar a cobertura vegetal de uma determinada localidade, são os índices de vegetação. Segundo Jensen (2009), é possível programar algoritmos computacionais que levem em conta as diferentes características espectrais para se caracterizar o uso do solo por alguma cultura ou a condição da mesma. Os índices são medidas radiométricas adimensionais obtidos do comportamento espectral da vegetação, que indicam sua quantidade e sua qualidade. O NDVI e NDWI são exemplos de índices de vegetação.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e do vermelho pela soma dessas reflectividades (ROUSE et al., 1973). O uso dessas bandas dá-se por conta da absorção da clorofila, que ocorre próximo a 0,67  $\mu\text{m}$ . (GAO, 1996). Este índice é capaz de quantificar e atribuir valores de -1 a 1 para a vegetação, ao passo que, nas superfícies que contenham água ou nuvem, esses valores encontram-se menores que 0. (BORATTO; GOMIDE, 2013).

O índice de água por diferença normalizada (NDWI) é uma ferramenta do sensoriamento remoto que obtém informações da quantidade de água presente na planta. Para isso são utilizadas duas bandas do infravermelho próximo, que captam a alta reflectância das copas das árvores que possuem água e uma menor reflectância das copas que não possuem água. Ele é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio pela soma dessas mesmas reflectividades (GAO, 1996). Os valores variam de -1 a 1, onde a maior parte dos solos apresentam valores baixos e os valores das plantas contendo água são maiores.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência da utilização de imagens de satélite

com melhor resolução associadas à aplicação do NDVI e o NDWI para a detecção de umidade do solo na Fazenda Lageado, Botucatu – SP.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A Fazenda experimental Lageado encontra-se no município de Botucatu, nas coordenadas 22°52'20" latitude sul e 48°26'37" Longitude Oeste. A área possui 940,4 ha que inclui os departamentos e administração (CARVALHO, 1983), como também os locais de atividades agrícolas (Figura 1).

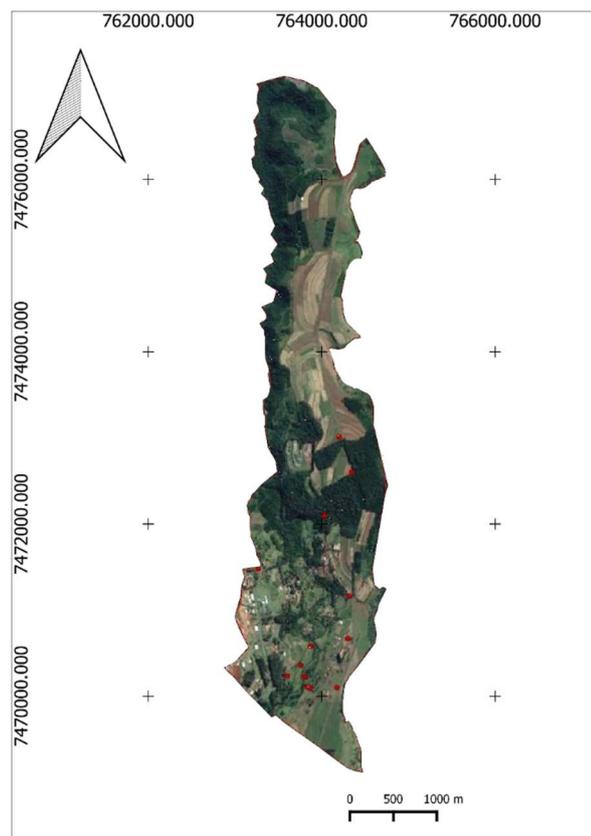


Figura 1. Distribuição dos pontos amostrais na área de estudo.

Para Carvalho et al. (1983), existem oito tipos de solo na Fazenda Lageado, sendo estes atualizados segundo a classificação da Embrapa (2013): NVd1– Nitossolo Vermelho, textura argilosa ou muito argilosa; RLd – Neossolo Litólico substrato basalto; LVd – Latossolo Vermelho, textura média; LVdf1 – Latossolo Vermelho férrico, textura argilosa; LVdf 2– Latossolo Vermelho férrico, textura média/argilosa; LVdf3 – Latossolo Vermelho transição para NVd- Nitossolo Vermelho textura média; NVd2 –Nitossolo Vermelho transição para Latossolo Vermelho, textura média/argilosa; RYbd - Neossolo Flúvico – mal drenado – Unidade de Mapeamento Lavapés, todos distróficos.

### 2.2 Coleta de dados no campo

Para a obtenção de amostras representativas foram escolhidos 16 pontos distribuídos ao longo da Fazenda, sendo que para cada tipo de solo foram coletadas amostras em dois pontos diferentes. Em cada ponto com coordenadas conhecidas foram retiradas duas amostras, uma a 20 centímetros e outra a 60 centímetros de profundidade. Com o auxílio de um castelo, foram

utilizados anéis de 2,5 cm de altura x 5,0 cm de diâmetro para as amostras de solo.

Após a coleta os anéis foram fechados com tampa para que não se perdesse umidade. Em seguida os anéis foram pesados e levados a esfufa, onde ficaram durante o período de 24 horas a 105°C e pesados quando retirados. As amostras foram coletadas no dia 09 de Setembro de 2016. Através de amostras de campo e laboratório foi obtida a umidade de campo pelo método gravimétrico seguido do método volumétrico, através das Equações 1 e 2.

$$\text{Umidade Gravimétrica} = \frac{\text{massa de água}}{\text{massa de sólidos secos}} = \text{Kg /Kg} \quad (1)$$

$$\text{Umidade Volumétrica} = \text{Umidade Gravimétrica} \cdot \frac{\text{densidade do solo}}{\text{densidade da água}} = \text{m}^3/\text{m}^3 \quad (2)$$

### 2.3 Obtenção da imagem de satélite

A imagem de satélite foi obtida na página do Land Viewer e corresponde ao Satélite Sentinel 2A que foi lançado em 23 de junho de 2015. O sensor é o MSI (*multi-spectral instrument*) o qual possui 13 bandas. Sua resolução espacial é de 10 metros para as bandas do visível e infravermelho próximo, 20 metros para as bandas red-edge/shortwave- infrared e 60 metros para três bandas de correção atmosférica. Sua resolução temporal é de cinco dias. A imagem corresponde a data de 16 de setembro de 2016.

### 2.4 Aplicação dos índices na imagem

Dentro do QuantumGis, que é um programa que trabalha com dados de informações geográficas, aplicou-se os dois algoritmos específicos para a obtenção dos índices de vegetação e água, segundo a equação 3 e 4:

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad (3)$$

$$\text{NDWI} = \frac{\rho_{ivp} - \rho_{ivm}}{\rho_{ivp} + \rho_{ivm}} \quad (4)$$

onde: NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, em que  $\rho_{iv}$  e  $\rho_v$  são valores referente aos comprimentos de onda do Infravermelho próximo e vermelho; NDWI = Índice de Água por Diferença Normalizada, em que  $\rho_{ivp}$  e  $\rho_{ivm}$  são valores referente aos comprimentos de onda do infravermelho próximo e infravermelho médio.

## 3. Resultados e Discussões

A aplicação dos índices gerou-se os seguintes mapas conforme a Figura 2.

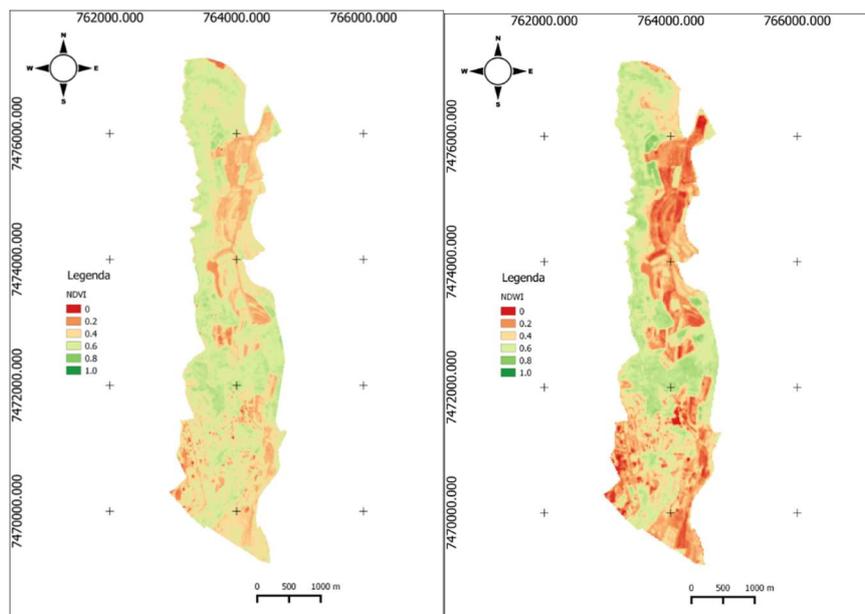


Figura 2. NDVI e NDWI aplicados à área de estudo.

### 3.1 Levantamento de dados e regressões

Com os dados de umidade de campo e com a aplicação dos índices de vegetação, foi elaborada a Tabela 1 com os dados de campo de umidade referente à cada coordenada em duas profundidades diferentes, ou seja, correlacionou-se os dados de umidade com os valores médios de um conjunto de 9 pixels obtidos no mapa de cada índice.

Tabela 1. Valores de umidade e valores médios dos pixels próximos aos das coordenadas e profundidades.

Coordenadas		Umidade Volumétrica a 20 cm de profundidade	Umidade Volumétrica 60 cm de profundidade	NDWI	NDVI
X	Y	cm <sup>3</sup> água /cm <sup>3</sup> solo	cm <sup>3</sup> água /cm <sup>3</sup> solo	Média	Média
764231	7472990	0.235498386	0.23509095	0.273	0.426
764375	7472592	0.220219512	0.159715168	0.372	0.508
764073	7472083	0.222256695	0.313929942	0.670	0.600
764073	7472083	0.250777261	0.323504704	0.670	0.600
763307	7471443	0.099618262	0.092284402	0.329	0.488
763867	7471317	0.307207237	0.370563637	0.497	0.556
764366	7471175	0.336950113	0.360785157	0.438	0.550
764353	7470692	0.237943006	0.23509095	0.302	0.407
763931	7470577	0.250777261	0.27766808	0.484	0.505
763821	7470356	0.42740105	0.327782788	0.477	0.544
763669	7470234	0.358136819	0.391750343	0.442	0.494
763869	7470228	0.085969134	0.224497597	0.582	0.586
763869	7470228	0.078024119	0.287650278	0.582	0.586
764240	7470127	0.32146752	0.239980189	0.283	0.440
763897	7470112	0.242424809	0.257499966	0.529	0.503

763927      7470101      0.333486902      0.252407007      0.458      0.496

A partir dos dados da Tabela 1, no programa Origin, obtiveram-se as regressões lineares com os valores médios de cada coordenada (para cada índice) como variável dependente e com os valores de umidade de campo como variável independente, assim como os valores de 'p' que representam a probabilidade desta relação ter ocorrido ao acaso. Em um intervalo de confiança de 95%, o valor de 'p' deve ser menor que 0.05 para assim mostrar que essa correlação não foi ao acaso. Neste estudo, todas as regressões tiveram valores de 'p' superiores à 0.05 conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Valores estatísticos para as regressões lineares,  $y = a + b \cdot x$ , onde y é a variável dependente e x a variável independente.

Parâmetros e indicadores	Umidade 20 cm x NDWI	Umidade 20 cm x NDVI	Umidade 60 cm x NDWI	Umidade 60 cm x NDVI
A	0.51582	0.54854	0.26143	0.43541
B	-0.21584	-0.12166	0.73676	0.304
R <sup>2</sup>	-0.1684	-0.19876	0.4525	0.39098
P	0.53301	0.46054	0.07843	0.13429

#### 4. Conclusões

Através da análise estatística é possível observar, para um intervalo de confiança de 10%, que é significativa a correlação entre o NDWI e a umidade a 60 cm, mostrando o potencial deste índice para a análise de umidade em profundidade, principalmente em florestas ou culturas de raízes profundas, sendo assim, se o estudo fosse feito em áreas florestadas a significância seria maior.

Para este estudo foram selecionados pontos amostrais em diferentes usos e tipos de solos, o que cria uma diversidade de fatores influentes nos valores dos índices. Desta forma, para um melhor delineamento dos métodos e verificação da existência de uma influência real da umidade nos valores dos índices (quando outras variáveis estão próximas de constante) é necessário um estudo no qual as outras variáveis do conjunto amostral sejam uniformes. Nota-se que as regressões com umidade a 60 cm tiveram menor valor de 'p' e que traz uma perspectiva otimista para um estudo mais detalhado com maior intervalo de confiança e melhores valores de r<sup>2</sup>.

#### Referências Bibliográficas

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7345-7352.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado Estação Experimental "Presidente Médici"**. Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP, Botucatu, n. 1, 1983. 95 p.

CHANCELLOR, W.J. Soil Physical Properties. In: CHANCELLOR, W. J. (Coord.). **Advances in Soil Dynamics**. St Joseph: Books & Journals, 1994. v. 1, cap. 2, p. 37-38.

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA**. Sistema Brasileiro De Classificação De Solos. 3.ed. Brasília - DF, 2013. 342 p.

GAO, B. C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from

space. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 58, p. 257-266, 1996.

HANKS, R.J. **Applied Soil Physics: Soil Water and Temperature Applications**. 2 ed. Castletown: Springer-Verlag, 1992. 159 p.

HONG, S.; SHIN, I. A physically-based inversion algorithm for retrieving soil moisture in passive microwave remote sensing. **Journal of Hydrology**, Republic of Korea, v. 405, n.1, p. 24-30, 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. 1 ed. São José dos Campos: Parentese, 2009. 598 p.

Land Viewer. Disponível em: < [https://lv.eosda.com/?s=Sentinel2&b=SWIR2,SWIR1,Red5&lat=-22.82112&lng=-48.28011&z=11&id=S2A\\_tile\\_20160917\\_22KGV\\_0&ir=88,3043,177,4206,621,2124](https://lv.eosda.com/?s=Sentinel2&b=SWIR2,SWIR1,Red5&lat=-22.82112&lng=-48.28011&z=11&id=S2A_tile_20160917_22KGV_0&ir=88,3043,177,4206,621,2124)>. Acesso em: 13.out.2016.

LORENZZETTI, J.A. **Pricípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Blucher, 2015. 293p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: THIRD ERTS SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, DC. **Anais...** Washignton, DC: NASA, p. 309-317.