

Cientific Paper

Resumo

Embora existam muitos meios de se quantificar o conteúdo de água no solo, cada vez mais procura-se um método que interfira menos na mensuração da umidade do solo e que automatize este procedimento com rapidez, porém sem perder a acurácia. Existem poucos trabalhos relacionando o RGB de imagens digitais com a umidade do solo. No entanto, o estudo dessas interações mostra-se promissora e pode adquirir grande importância para desenvolvimento de futuras tecnologias. Este trabalho objetivou o desenvolvimento de uma nova metodologia que utiliza imagens digitais do solo para correlacionar umidade com a cor do solo, fazendo uso de programas de computador. Através dos pixels que formam a imagem, são obtidos os valores de níveis de Vermelho (red), do Verde (green), e do Azul (blue), que são usados em análises de regressão. Estas regressões mostraram que é possível utilizar de imagens de máquinas fotográficas digitais para determinação da umidade do solo.

Palavras Chaves: Manejo de irrigação, Sensoriamento Remoto, Processamento de imagens

Utilização de imagens de câmera fotográfica digital para a estimativa da umidade do solo

Vitor Luiz Medeiros Barros Junior¹

Elias Fernandes Sousa²

Claudio Roberto Marciano³

Using of digital photographic camera for the measure of the soil moisture

Abstract

There is of lots of means of measure the quantity of water in soil, more and more wanted a method than interface fewer at the measurement from the moisture from the soil and that automate this proceeding velocity but without losing the accuracy. There are few other works relating the RGB from digital images with the moisture of soil, however the study the study of these interactions is of great importance for development of future technologies. This study aimed to develop a new methodology that uses digital images of soil moisture to correlate with the color of the soil, using computer programs. Using pixels which compose the image, are found the values of levels of Red (R), Green (G) and Blue (B), which are used in the regression analyses in laboratory. Theses regressions show that is possible to use images of Digital Photographic Camera for measure the soil moisture.

Key words: Irrigation handling, Remote sensing, processing of images

Utilización de imágenes de cámaras digitales para estimar la humedad del suelo

Resumen

Aunque hay muchas formas de medir el contenido de agua en el suelo, se procura cada vez más un método que interfiera menos en la medición de la humedad del suelo y con automoción rápida de este procedimiento, pero sin perder la precisión. Existen pocos estudios que relacionan el RGB de las imágenes digitales con la humedad del suelo. Sin embargo, el estudio de estas interacciones es prometedor, y puede adquirir una gran importancia para el desarrollo de las tecnologías del futuro. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar una nueva metodología que utiliza imágenes digitales de la humedad del suelo que se

Received at: 25/07/14

Accepted for publication at: 16/03/15

1 Aluno Departamento de Agronomia - Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Avenida Alberto Lamego, nº 2000, CEP 28013-602 - Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil. Email: Vitorlmbj@gmail.com.

2 Eng. Agrícola. Prof. Centro de Irrigação e Drenagem -Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Email: efs@uenf.br

3 Eng Agrônomo. Prof. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Solos - Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Email: marciano@uenf.br

correlaciona con el color de la tierra, haciendo uso de programas de ordenador. A través de los píxeles que forman la imagen, se obtienen valores de rojo (red), verde (green), y azul (blue), que se utilizan en análisis de regresión. Estas regresiones mostraron que es posible utilizar imágenes de cámaras digitales para determinar la humedad del suelo.

Palabras clave: gestión del riego, teledetección, procesamiento de Imágenes

Introdução

A disponibilidade de água no solo é um dos principais parâmetros envolvidos na produção agrícola. Como exemplo a correta quantificação do conteúdo de água no solo é de extrema importância para o manejo da irrigação (BERNADO et al., 2005).

Existem vários métodos para medição e estimativa, porém eles se diferem na acessibilidade, no custo, e na dificuldade de manuseio do equipamento pelos técnicos e pelos produtores rurais. Muitos desses métodos são de caráter destrutível, e de lenta aquisição dos dados, sendo o método gravimétrico, considerado método padrão.

Outros métodos têm sido muito estudados para a estimativa da umidade do solo, como sondas de TDR (SOUSA e MATSURA, 2002), Tensiômetros (TEIXEIRA e COELHO, 2005), sondas de nêutrons (REICHARDT et al., 1997), dentre outros. Com o avanço da agricultura, há cada vez mais a necessidade de automação da aquisição de dados, principalmente no que diz respeito aos de umidade do solo.

Além das imagens convencionais utilizadas no sensoriamento remoto orbital, pode-se utilizar imagens oriundas de máquinas fotográficas digitais para a estimativa da umidade do solo, apenas correlacionando os níveis de cores R (vermelho) G (verde) B (azul) com a umidade do solo. Partindo do fato de que quando molhado o solo muda de cor, quantificando a cor indiretamente pode-se estimar o conteúdo de água. Até o momento não existem trabalhos desse gênero no Brasil, porém esta técnica mostra-se promissora e tem merecido alguns estudos no exterior, como por exemplo, os trabalhos de LIHUA et al. (2005); PERSSON, (2005a). Além da utilização dos níveis RGB para a estimativa da umidade do solo, alguns autores têm utilizado esses níveis para estimar a quantidade de carbono orgânico e a quantidade de ferro nos solos (ROSSEL et al., 2008) e analisar a qualidade da cor da superfície dos alimentos (YAM e PAPADAKIS, 2004). A metodologia de coleta e análise de dados dessa técnica ainda não está bem definida. Na aquisição dos dados da imagem podem ser utilizados diferentes softwares, e nas análises dos dados têm sido utilizadas redes neurais como também a mediana dos dados de RGB (PERSSON,

2005b). O presente trabalho teve como objetivo estimar a umidade do solo em laboratório, utilizando imagens e fazendo uso de programas de computador para análise e aquisição de seus dados.

Material e Métodos

O solo utilizado no experimento, foi coletado na Estação Evapotranspirométrica do Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Norte Fluminense -Darcy Ribeiro, localizada na da PESAGO- RIO, situada no Município de Campos dos Goytacazes RJ (21°44'47.11" S e 41°18'24.04" W).

O solo foi coletado em profundidades diferenciadas, divididas em camadas de cinco centímetros, obtendo-se seis profundidades diferentes do solo. São elas: 0 a 5 ; 5 a 10 ; 10 a 15 ; 15 a 20 ; 20 a 25 e 25 a 30 cm. Cada camada passou por uma análise de constituição granulométrica pelo método da pipeta (EMBRAPA 1997) e teve o conteúdo de carbono orgânico determinado com Dicromato de potássio por colorimetria pelo método descrito por ANDERSON e INGRAN (1996).

Essas camadas foram colocadas em placas de Petri, com três repetições para cada camada totalizando 18 placas de petri. Com os solos divididos por camadas nas placas de Petri, secou-se em estufa à 105 oC durante 24h. Após secagem, pesou-se as 18 placas de Petri em balança eletrônica de precisão. Esse peso foi estabelecido como o peso do solo com umidade zero. Logo após, foram realizados ciclos de umedecimento e secagem ao ar livre. Umedecia-se o solo e tirava-se a foto com o auxílio de uma máquina fotográfica digital de marca HP Photosmart M307. Para que a única fonte de luz no momento da fotografia fosse proveniente do "flash" da máquina fotográfica, utilizou-se um tubo de papelão com altura de 1 metro e 20 cm de diâmetro esse tubo teve seu interior forrado por papel alumínio para aumentar a capacidade do "flash" iluminar o solo. A amostra era disposta em uma extremidade do tubo e a máquina fotográfica em outra. A extremidade onde a máquina era colocada foi adaptada para que não houvesse fuga da luz do "flash". As fotos eram tiradas em intervalos de 8 horas.

A cada foto tirada, a placa de Petri com

o respectivo solo era pesada, obtendo-se assim a umidade do solo correspondente para aquela placa e a foto. Esses ciclos de umedecimento e secagem foram realizados em três repetições para criar uma base de dados significativa. De posse das fotos, estas eram analisadas por intermédio do software Image J, de domínio público. Por meio desse software foram extraídos das fotos os pixels que formam a imagem do solo. Cada pixel é formado pelas cores vermelha, verde e azul, formando assim o RGB do pixel. Para analisar a imagem, foi selecionada uma área de 75 X 75 pixels, o que corresponde a 5625 pixels com seus respectivos RGBs. Os dados dos pixels, foram transferidos para uma planilha do software Excel (Microsoft, USA 2002), onde foram dispostos os níveis de RGB e calculados os valores das interações RG, RB, GB e RGB. Utilizando o mesmo programa, realizou-se uma análise da média interna dos níveis de cor e suas interações, retirando-se os 25% dos valores mais dispersos. Os valores de R, G, B, RG, RB, GB, RGB, obtidos com a média interna, foram relacionados através de uma regressão linear simples (Equação 01), com a umidade do solo que era conhecida para cada foto.

$$U = a + bR + cG + dB + eRG + fRB + gGB + hRGB$$

em que;

U – umidade do solo, % b.u.;

R – nível da cor vermelha do pixel;

G – nível da cor verde do pixel;

B – nível da cor azul do pixel;

a, b, c, d, e, f, g, h – coeficientes de ajuste da regressão.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, pode-se observar a composição granulométrica e o conteúdo de carbono orgânico em cada camada do solo. Na Tabela 2 são apresentados os resultados das regressões lineares das seis camadas utilizadas para a estimativa da umidade, observou-se boa estimativa frente às características do RGB e suas interações. Pode-se observar também abaixo os gráficos obtidos com as análises de regressão (Figura 1).

Pode-se observar que os melhores valores de R² encontrados foram nas camadas superficiais do solo (0 a 15 cm), ou seja, nas camadas C₁, C₂, C₃, podendo indicar que o conteúdo de água no solo estimado pelo método, pode ser sensível à quantidade de carbono orgânico presente na camada, visto que estas três camadas são as que apresentam maiores quantidades de carbono orgânico, como demonstra a Tabela 1. Uma outra evidência da importância do conteúdo de carbono orgânico na estimativa da umidade do solo foi observado na camada C₄ (15 a 20 cm), em que observa-se o pior valor de R² encontrado (0,695) e a menor quantidade de carbono orgânico também é encontrada nessa camada. Esses resultados divergem dos encontrados por PERSSON (2005b), que encontrou melhor correlação dos níveis de cor e umidade, quando a amostra utilizada possuía baixa quantidade de carbono orgânico. Nas camadas C₅ (20 a 25 cm) e C₆ (25 a 30 cm), observa-se uma melhora na estimativa do modelo, acompanhando também o aumento de carbono orgânico nessas camadas.

Tabela 1. Composição granulométrica e conteúdo de Carbono orgânico nas camadas de solo analisadas.

Camadas	Composição granulométrica			Carbono Orgânico (% peso)
	Argila (% peso)	Areia (% peso)	Silte (% peso)	
C ₁	12,72	81,30	5,98	1,49
C ₂	22,15	73,81	4,04	1,22
C ₃	21,71	75,27	3,05	0,83
C ₄	24,12	71,15	4,73	0,40
C ₅	27,18	66,58	6,24	0,73
C ₆	31,31	65,15	3,5	0,74

onde: C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ e C₆ são respectivamente as camadas de : 0 a 5 ; 5 a 10 ; 10 a 15 ; 15 a 20 ; 20 a 25 e 25 a 30 cm

Tabela 2. Valores de coeficientes de ajuste do modelo proposto, a significância das variáveis e o coeficiente de determinação para cada camada analisada.

Camadas	Coeficiente de ajuste do modelo proposto								R ²
	a (inter.)	b (R)	c (G)	d (B)	e (RG)	f (RB)	g (GB)	h (RGB)	
C ₁	-84,23*	0,633753	5,098963	4,3051	-0,064*	0,023325	-0,20**	0,00144**	0,824
C ₂	-206,9**	3,1621**	4,593955	11,3753	-0,076*	-0,1012	-0,20**	0,00208**	0,835
C ₃	-194,1**	3,8777**	1,625038	13,454**	-0,057	-0,12859	-0,19**	0,00204**	0,861
C ₄	-128,7	1,667632	8,421248*	-5,8934	-0,12**	0,177507	-0,102*	-0,00001	0,695
C ₅	-197,24	2,08653	7,965466*	3,3187	-0,092*	0,040227	-0,20**	0,001226	0,714
C ₆	-7,081	0,561652	0,506198	18,736*	-0,016	-0,18184	-0,23**	0,00229*	0,807

- Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade; Sem asterístico - sem significância.

-C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ e C₆ são respectivamente as camadas de : 0 a 5 ; 5 a 10 ; 10 a 15 ; 15 a 20 ; 20 a 25 e 25 a 30 cm

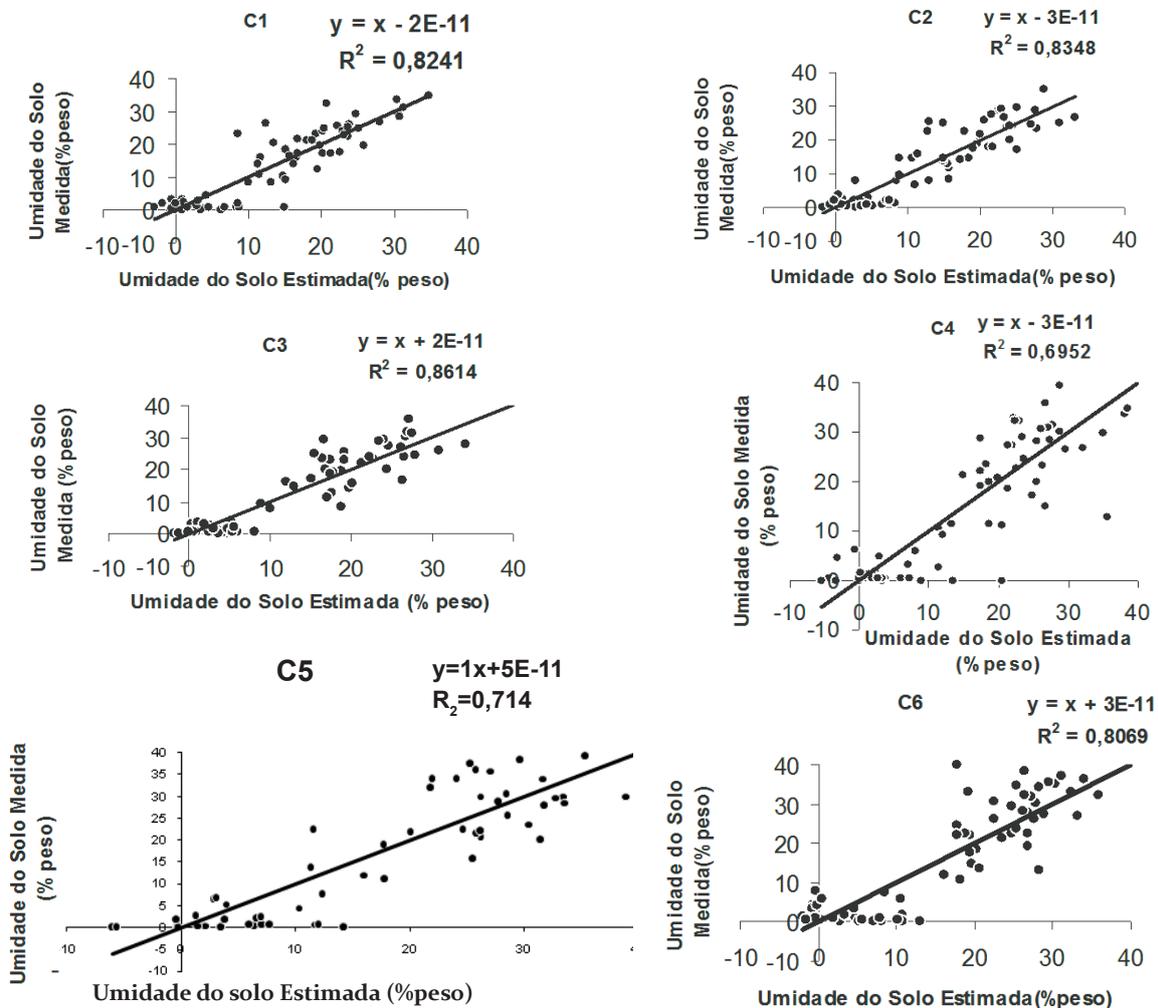


Figura 1. Gráficos de correlação entre a umidade do solo estimada pelos modelos propostos e a umidade do solo medida pelo método gravimétrico, para camadas de solo individualmente (C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ e C₆) respectivamente as camadas de : 0 a 5 ; 5 a 10 ; 10 a 15 ; 15 a 20 ; 20 a 25 e 25 a 30 cm.

No entanto vale salientar que não apenas o conteúdo de carbono orgânico interfere no modelo, visto que na camada C_1 (0 a 5 cm), observa-se a maior quantidade deste, mas não é esta a camada que possui melhor valor de R^2 , demonstrando assim que há interações ente argila, areia, silte, e carbono orgânico, esta constatação está de acordo com Persson (2005b), que achou altos coeficientes de correlação ($r^2 = 0,9898$) em areia fina, mostrando que a areia pode interferir no modelo, assim pode-se observar que a camada C_1 é a que também possui maior teor de areia, comprovando que há uma interação não elucidada da areia com a argila.

Além das características físicas do solo, as características cromáticas encontradas nas imagens do solo, também permitem tecer algumas hipóteses a respeito do modelo proposto de estimativa de umidade do solo. Na tabela 2, observa-se que a melhor interação cromática foi encontrada na interação GB (verde e azul), com significância do modelo a 1% de probabilidade nas camadas C_1 , C_2 , C_3 , C_5 e C_6 , e significância de 5% de probabilidade do modelo na camada C_4 , similar com os resultados encontrados por LIHUA et. al., que encontraram um alto coeficiente de correlação do nível de cor G (verde).

Na interação cromática entre as três cores (RGB), observou-se uma significância de 1% de probabilidade do modelo, quando analisadas as camadas C_1 , C_2 , C_3 , mostrando que na análise dos dados, torna-se interessante interpolar os resultados dos níveis de RGB.

Na camada C_6 , a interação destas três cores obteve significância de 5% de probabilidade, enquanto na camada C_5 não foi significativa essa interação apesar de o teor de carbono orgânico dessa camada está muito próximo da camada C_6 . De qualquer maneira observa-se também na interação

dessas três cores que ela tende a acompanhar o conteúdo de carbono orgânico no solo, e este pode interferir na estimativa de umidade do solo, de forma ainda não bem elucidada. Observando-se o nível de cor R (vermelho), pode-se constatar uma significância de 1% de probabilidade nas camadas C_2 e C_3 , mostrando que de alguma forma essa camada foi sensível a esse nível de cor, iguais aos resultados obtidos por PERSSON (2005a).

Analisando somente os níveis de cor G (verde) podemos observar apenas significância de 5% de probabilidade nas camadas C_4 e C_3 , porém na interação cromática RG (vermelho e verde) observa-se que ela foi significativa a 1% de probabilidade para a camada C_4 , e significativa a 5% de probabilidade para as camadas C_1 , C_2 e C_3 mostrando que as interações entre os níveis de cores não podem ser descartadas.

Conclusões

- 1- É possível estimar a umidade do solo utilizando imagens de máquina fotográfica digital.
- 2- A interação GB (verde e azul) apresentou-se significativa em todas as camadas.
- 3- Os constituintes granulométricos e de carbono orgânico interferem no modelo.
- 4- São necessários mais estudos para entender as interações entre as partículas existentes no solo, o conteúdo de água e a relação destes com a luz da máquina fotográfica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor, à FAPERJ pelo apoio financeiro e aos funcionários da Estação Evapotranspirométrica da UENF.

Referências

- ANDERSON, J.M., INGRAM, J.S.I. Tropical soil Biology and Fertility. 2. ed. Wallingford: Cob. Internacional, 221p. (1993) BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 7 ed. Viçosa, editora UFV, 611p. 2005.
- EMBRAPA (1997) Manual e métodos de análises de solo. 2º ed., rev. Atual. Rio de Janeiro. CNPS, 212p.
- LIHUA Z.; MINZAN L.; JIANYING S.; NING T. XIJIE Z. Estimation of soil moisture with aerial images and hyperspectral data. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vol. 6, p. 4516- 4519; 25-29 July 2005.
- PERSSON M. Estimating surface soil moisture from soil color using image analysis. Vadose Zone J.; Vol. 4, p. 183-198, 2005a
- PERSSON, M. Accurate dye tracer concentration estimations using image analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. p.69: 967-975 2005b.

Applied Research & Agrotechnology v8 n2 may/aug. (2015)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

Barros Jr. et al. (2015)

REICHARDT, K; PORTEZAN, O; BACCHL, O.O.S.; OLIVEIRA, J.C.M. ; DOURADO NETO, D; PILOTTO, J.E.; CALVACHE, M. Neutron probe calibration correction by temporal stability parameters of soil water content probability distribution. *Sci. agric.*, Piracicaba, 54(número especial), p. 17-21, junho 1997.

SOUZA C.F.; MATSURA, E.E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.1, p.63-68, 2002.

TEIXEIRA A.S.; COELHO, S.L. Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.367-376, maio/ago. 2005.

VISCARRA ROSSEL R. A.; FOUAD Y.; WALTER C. Using a digital camera to measure soil organic carbon and iron contents *Biosystems Engineering* 100; p. 149-159, 2008.

YAM, K. L.; PAPADAKIS, S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*. v. 61, p. 137-142, 2004.