

USO DO SENSOR AMSR-E PARA DETECÇÃO DA UMIDADE DO SOLO PARA MONITORAMENTO DE ESTIAGENS.

Joao Manuel Trindade Silva¹, Denise Cybis Fontana²

¹CEPSRM, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale, Caixa Postal: 15044, CEP: 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil

(joaoman10@gmail.com), ²CEPSRM (dfontana@ufrgs.br)

Resumo

Informações sobre a umidade do solo são essenciais para monitorar as condições hídricas da superfície e prever secas e estiagens, o que é fundamental para diversos ramos de atividades. Entretanto, este monitoramento requer métodos de detecção direta em grandes áreas, com custo alto e demorado. Sensores sensíveis à energia de micro-ondas têm um grande potencial de uso para esta finalidade, dada a possibilidade de detecção de umidade do solo, de temperatura do solo e de cobertura de vegetação para grandes áreas da superfície terrestre. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de uso das informações fornecidas pelo sensor AMSR-E para fins de monitoramento da umidade do solo no sul do Brasil. Para tanto, as imagens de umidade do solo, coletadas em 2009, foram comparadas aos dados de precipitação pluvial medida em estações pluviométricas de superfície em dois períodos distintos quanto à ocorrência de precipitação pluvial. Os resultados mostraram que os padrões de resposta do sensor à umidade do solo correspondem em grande medida aos padrões de precipitação pluvial, o que, na prática, possibilita relacionar um evento a outro. Houve semelhança de padrões espaciais de umidade do solo com os padrões de molhamento do solo por parte da precipitação pluvial, especialmente no período úmido.

Palavras-Chave: sensoriamento remoto, estiagem, monitoramento.

USING AMSR-E SENSOR FOR DETECTION OF SOIL MOISTURE TO MONITORING DROUGHTS.

Abstract

Information on soil moisture are essential for monitoring the condition of the surface water and predict droughts and dry spells, which is fundamental to many branches of activities. However, this requires monitoring methods for direct detection over large areas, with costly and time consuming. Sensors sensitive to microwave energy has potential use for this purpose, given the possibility of detection of soil moisture, soil temperature and vegetation cover for large areas of the earth's surface. This study aimed to evaluate the possibility of using the information provided by the AMSR-E sensor for monitoring soil moisture in southern Brazil. Therefore, images of soil moisture collected in 2009 were compared to data of rainfall measured in surface rainfall stations in two

distinct periods for the occurrence of rainfall. The results showed that the response patterns of soil moisture sensor to correspond largely to patterns of rainfall, which in practice allows relate one event to another. There were similar patterns of spatial soil moisture patterns with the wetness of the soil by rainfall, especially during the wet season.

Key-words: remote sensing, drought, monitoring.

Introdução

Para fins de monitoramento de secas ou estiagens no Rio Grande do Sul, é importante testar e/ou desenvolver metodologias que permitam obter informações da umidade e da temperatura do solo sobre regiões relativamente grandes, o que caracteriza este fenômeno no Estado. A determinação da umidade do solo utilizando métodos diretos (detectores de umidade no solo) ou indiretos (através dos cálculos de balanços hídricos) demanda tempo e trabalho, tornando-se inviáveis sobre extensas áreas. Logo, a baixa disponibilidade de dados de umidade do solo para grandes áreas, com o nível de precisão e a extensão geográfica necessária para estudos em escala regional, limita o entendimento da interação entre a umidade do solo e a atmosfera. Os métodos atualmente disponíveis de sensoriamento remoto para monitorar essas duas variáveis são de fundamental importância, tanto em escala global como regional, dada a possibilidade de estender as observações esparsas de umidade do solo coletadas em estações terrestres para uma cobertura espacial mais ampla. Enquanto observações nas regiões do infravermelho e do visível do espectro eletromagnético são adequadas para detectar e mapear superfícies úmidas dos solos, sensores de micro-ondas são as ferramentas mais promissoras para obter estimativas quantitativas deste parâmetro, inclusive sobre superfícies vegetadas (DE JEU, 2003).

O parâmetro fundamental medido por sensores de micro-ondas passivos é a temperatura de brilho (T_b), que mede a emissão de micro-ondas térmica. Este parâmetro é fortemente influenciado pelas propriedades dielétricas dos meios de comunicação observados, que são caracterizados pela constante dielétrica complexa ou permissividade.

O sensor AMSR-E (*Advanced Microwave Scanning Radiometer*) é um sensor passivo que detecta energia nos canais 6,9 e 10,7 GHz, os quais permitem a determinação da umidade e da temperatura do solo. Neste intervalo, é possível obter informações da superfície sob intensa nebulosidade, uma vez que as ondas eletromagnéticas na faixa das micro-ondas sofrem pequena atenuação atmosférica e atravessam as nuvens (ULABY et al., 1986). A plataforma que serve de suporte ao sensor AMSR-E é o satélite AQUA da Agência Nacional de Administração Atmosférica e Oceânica (*National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA), o qual circula constantemente a Terra numa órbita muito próxima da direção norte-sul, passando próximo de ambos os pólos, com uma altitude entre 830 km (órbita da manhã) e 870 km (órbita da tarde), e síncrona com o Sol. A órbita da manhã cruza o Equador às 07:30 (horário local), enquanto a órbita da tarde cruza às 13:40 (horário local) (NASA, 2011). Os produtos padrão do AMSR são disponibilizados pelo centro de observação da Terra JAXA *Earth Observation Center* (EOC) e pela NASA desde dezembro de 2003. Os produtos são organizados em diferentes níveis, desde os dados

brutos observados pelo sensor, até o produto do nível 3, no qual a aplicação de algoritmos aprimoram a informação. O principal algoritmo utilizado desenvolvido foi o Koice et al. (2004).

Alguns estudos já foram realizados no sentido de avaliar o uso desse sensor para áreas teste no Japão, nos EUA e na Austrália (DE JEU, 2011). No Brasil ainda são poucos os estudos que utilizaram este sensor (ROSSATO, 2010). Para a região dos cerrados, GIAROLLA (2006) analisou as variações temporais e espaciais da umidade do solo durante a época chuvosa, comparadas com os dados de superfície obtidos através das estações meteorológicas. Verificou-se então que a estimativa da umidade do solo foi mais acurada para a banda C e deu bons resultados no que se refere a áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal.

O Rio Grande do Sul possui um território com características interessantes para estudar o potencial do sensor AMSR-E, uma vez que possui amplas áreas cuja vegetação predominante é de porte baixo (campos) e de relevo pouco acidentado (oeste do Estado). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a possibilidade de uso das informações fornecidas pelo sensor AMSR-E para fins de monitoramento da umidade do solo, a partir da comparação com o padrão de distribuição temporal e espacial da precipitação pluvial.

Material e Métodos

Foram utilizadas imagens AMSR-E do produto no Nível 3, na segunda versão (L3.2), o qual contém dados globais referentes a média diária ou mensal de temperatura de brilho no produto de nível 1B e umidade do solo (*Soil Moisture*), no produto nível 2. Os dados no nível 3 são calculados a partir da média diária ou mensal em cada direção (ascendente ou descendente) e projetados para o sistema estereográfico polar, com elevada resolução temporal (dia, noite) e baixa resolução espacial (0,25 graus ou 25 km de pixel). Os dados de umidade do solo, limitada a cerca de poucos centímetros da superfície, são expressos em unidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$). Este produto é derivado de acordo com os parâmetros do modelo de Superfície LPRM (*Land Parameter Retrieval Model*) e usa o canal dual polarizado (ou 6,925 ou 10.65GHz) para a recuperação de umidade superficial do solo e teor de água da vegetação.

A análise dos dados do sensor AMSR-E foi feita para a porção oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 01), tomando-se dois períodos no ano de 2009, caracterizados por condições hídricas distintas. A delimitação da região para o estudo foi feita considerando três características principais: relevo, bacias hidrográficas e tipos de solo. O tipo de relevo escolhido foi o predominantemente plano, caracterizado por variações suaves nas inclinações das vertentes e, com isso, apresentando menores variações em relação aos tipos de solos e à influência das precipitações pluviais. A delimitação das bacias hidrográficas foi utilizada, uma vez que a bacia hidrográfica estabelece a dinâmica do escoamento da água da precipitação pluvial. Os solos predominantes na área são os latossolos e neossolos, segundo o mapeamento da EMBRAPA/IBGE, 2001.

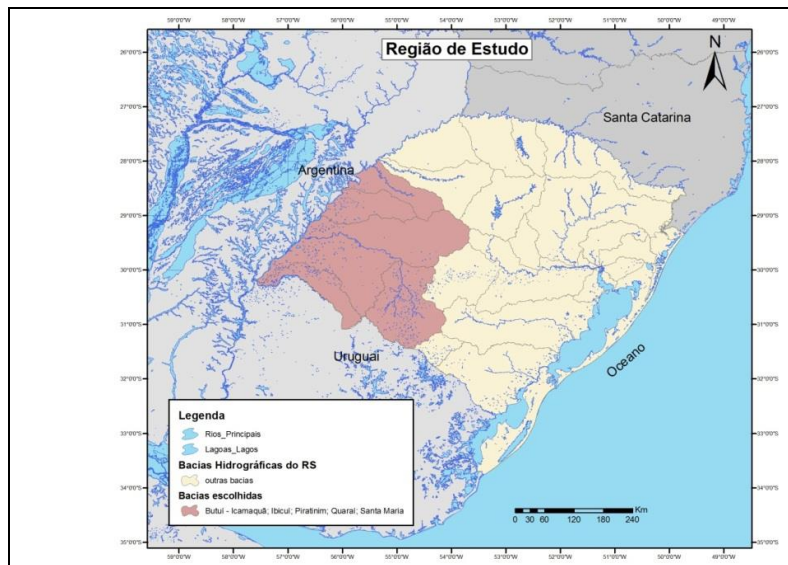


Figura 01 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul salientada a área de estudo – Fonte: DRH, 2010.

Foram selecionadas 17 estações pluviométricas espalhadas na região de estudo, com informações diárias de precipitação pluvial. Uma vez que dados diretos de umidade do solo não estavam disponíveis para a área e período de estudo, os dados de precipitação pluvial foram utilizados para definir os períodos de úmidos e secos. Foram construídos mapas de isolinhas para a precipitação pluvial, através de interpolação espacial, pelo método do cálculo ponderado da distância inversa (sigla em inglês IDW), para os dias que possuíam cobertura do sensor sobre todo o território gaúcho. Para estes dias foram geradas imagens de umidade do solo a partir da conversão dos dados de formato HDF para formato Geotiff no software ERDAS, versão 8.4, representadas em unidades de volume de água no solo (m^3/m^3). Foram utilizados dados do sensor resultantes na sua maioria de passagens ascendentes do satélite para poder considerar o território completo do Rio Grande do Sul.

Inicialmente, a análise do padrão temporal da umidade, em função do molhamento do solo provocado pela precipitação pluvial, foi feita para os pixels onde as estações pluviométricas se localizavam, para os períodos secos e úmidos, desconsiderando-se, na análise, os dados faltantes. Foram feitas análises de correlação de forma simultânea e com defasagem de um dia entre a precipitação pluvial ocorrida e a umidade do solo resultante, utilizando todos os dados por estação. Foi feita, ainda, a análise de correlação entre os dados de umidade do solo dos pixels sobre as estações que apresentaram padrões de precipitações pluviais similares para verificar a tendência do sensor em detectar a umidade de acordo com a precipitação pluvial.

Resultados e Discussão

No mês de abril, foram observados dois eventos isolados com ocorrência de precipitação pluvial na maior parte das estações (dias 4 e 5 e dias 19 e 20), sendo que o restante do mês não apresentou evento algum. No mês de novembro, a precipitação pluvial ocorreu na maior parte das estações pluviométricas e com diversos eventos ao longo do mês. Além da diferença na distribuição temporal, os totais de precipitação pluvial também foram muito distintos. Em abril, a maior

precipitação pluvial foi de 42 mm em Cacequi, enquanto que em novembro foram observados valores superiores a 100 mm em diversos dias e estações pluviométricas. Na análise dos dados para o período seco, verificou-se que os valores de umidade do solo seguem padrões de comportamento que parecem não estar associados às precipitações pluviais ocorridas no período. As razões da baixa relação entre a precipitação pluvial e a umidade do solo em abril podem estar relacionadas a diversos fatores. Num período seco, com poucos eventos e com baixos valores de precipitação pluvial, a amostragem pode não ter sido significativa, dado que os eventos de precipitação pluvial observados na estação pluviométrica podem ter sido localizados e não impactado a umidade do solo como um todo na área do pixel. O contrário também pode ter ocorrido, com precipitações em áreas onde não havia estação pluviométrica. O horário de ocorrência da precipitação pluvial pode ainda introduzir ruído na relação, ou seja, a precipitação pluvial pode ter ocorrido após o horário de passagem do satélite. Para o período seco, apesar da dificuldade de se estabelecer relação entre a precipitação pluvial ocorrida e a umidade do solo resultante, foi possível verificar a existência de correlação entre a umidade do solo de estações onde houve comportamentos similares da precipitação pluvial (Tabela 1). Nestes casos, o coeficiente de correlação variou de 0,510 (Granja Umbu e São Carlos) a 0,929 (Bossoroca e Fazenda), mostrando, portanto, que a estimativa do sensor mostra coerência espacial.

Tabela 01 – Coeficientes de correlação entre a umidade do solo no período seco (abril de 2009) e úmido (novembro de 2009) entre estações pluviométricas com padrões de precipitação pluvial similares:

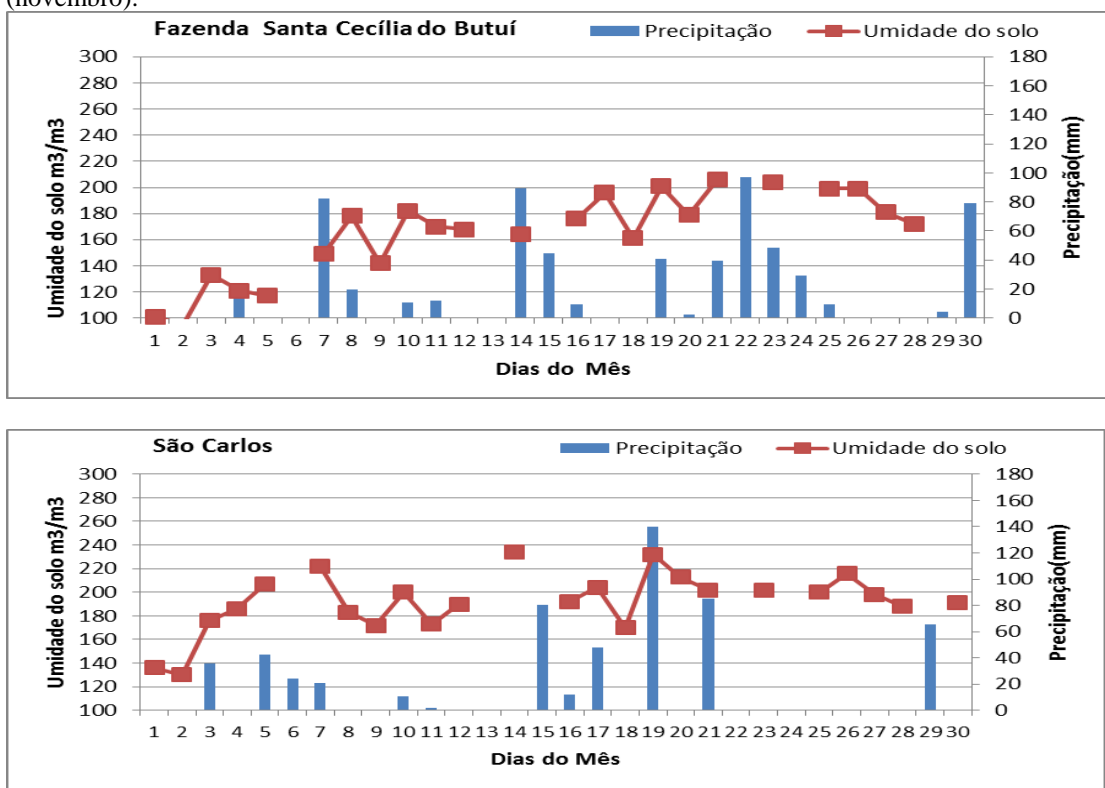
Estações pluviométricas	Coeficiente de Correlação
<i>Período seco</i>	
Cacequi/Granja Umbu	0,777*
Jacaqua/Jaguari	0,912*
Rosário do Sul/São Carlos	0,623*
Granja Umbu/São Carlos	0,510*
Cacequi/São Carlos	0,796*
Alegrete/Bossoroca	0,831*
Bossoroca/Fazenda	0,929*
<i>Período úmido</i>	
Manoel Viana/Passo da Cachoeira	0,920*
Jaguari/Manoel Viana	0,870*
São Carlos/Caty	0,755*
Alegrete/São Carlos	0,810*

*Coeficientes de correlação significativos a 99% de probabilidade pelo teste $-t$.

Para o período úmido, observaram-se precipitações pluviais mais intensas e constantes ao longo do período, em praticamente todas as estações. Observou-se, ainda, que a umidade do solo

parece acompanhar ou dar resposta às precipitações pluviiais ocorridas. Em várias estações percebe-se a elevação da umidade do solo após eventos de precipitação pluvial, em especial nas estações Fazenda Santa Cecília e São Carlos, que são mostradas na Figura 2. A análise estatística relacionando as precipitações pluviiais e os índices de umidade do solo detectados no pixel sobre a área da estação para todo o conjunto dos dados mostrou um coeficiente de correlação de 0,443. Este coeficiente não é significativo, porém positivo, como seria esperado. De maneira geral, observa-se que grande parte dos picos de umidade coincide com os picos de precipitação pluvial, mas com alguma defasagem temporal.

Figura 2 - Transcurso da precipitação pluvial e da umidade do solo em duas estações analisadas no período úmido (novembro).



Nas análises do período úmido (novembro de 2009), constatou-se que as correlações resultantes das análises com defasagem de 1 dia foram mais elevadas, especialmente quando se relacionou a precipitação pluvial ocorrida com a variação da umidade do solo (Tabela 2). Em 9 das 12 estações pluviométricas avaliadas, foram observados coeficientes de correlação significativos superiores a 0,621. A quase totalidade das correlações mostrou sinal positivo, indicando que as ocorrências de eventos de precipitação pluvial causam variação positiva de umidade do solo no dia seguinte, como esperado. Já quando a análise foi feita usando os dados de umidade do solo com defasagem em relação à precipitação pluvial, o coeficiente de correlação diminuiu em relação à análise dos dados simultâneos, assumindo valores negativos em quase todas as estações pluviométricas. Isso, em parte, pode ser explicado pela hora da coleta do sensor, que nem sempre coincidiu com a coleta da umidade. A sensibilidade do sensor e o algoritmo utilizado para filtrar a influência da precipitação pluvial sobre o sinal estimado pode alterar a resposta da umidade do solo à precipitação pluvial do dia anterior (NJOKU,2008).

Tabela 2 – Coeficientes de correlação entre os dados de precipitação pluvial e umidade do solo (observada e variação) coletados simultaneamente e com defasagem de um dia para o período úmido (novembro de 2009).

Estações pluviométricas	Coeficiente de correlação Simultâneo		Coeficiente de correlação Defasagem de 1 dia	
	Umidade do solo	Varição da umidade do solo	Umidade do solo	Varição da umidade do solo
Alegrete	0,305	0,339	0,288	-0,294
Barra do Quaraí	0,341	-0,310	-0,445	-0,830*
Bossoroca	-0,096	-0,419	0,472	0,621*
Cacequi	0,125	-0,070	-0,519	0,801*
Caty	0,819	-0,264	-0,590	0,833*
Faz Sta Cecília Butuí	-0,365	-0,752	-0,188	0,712*
Itaqui	-0,450	-0,727	-0,298	0,377
Jaguari	-0,479	-0,741	-0,340	0,862*
Manoel Viana	0,056	0,037	0,204	0,944*
Passo da Cachoeira	-0,268	-0,159	-0,465	0,855*
Samburá	-0,543	-0,776	0,211	0,651*
São Carlos	0,608	-0,625	0,100	0,086

*Coeficiente de correlação significativo a 99% de probabilidade pelo teste - t

Na análise dos dados de precipitação pluvial relacionados ao sinal da variação da umidade do solo, verificou-se que, em algumas estações, como Barra do Quaraí, Alegrete, Fazenda Santa Cecília do Butuí, Itaqui, Samburá e São Carlos, na maior parte das vezes em que ocorreu precipitação pluvial, houve um incremento da umidade do solo. Percebe-se também (Tabela 1) que a correlação entre a precipitação pluvial e a umidade do solo é maior quando a análise foi feita somente nas estações pluviométricas que mantinham correspondência aos períodos de precipitação pluvial em novembro (Tabela 1). Da mesma forma como foi mencionado nas análises para o período seco, estes coeficientes de correlação evidenciam a regularidade do dado estimado pelo sensor. Em resumo, a análise temporal pode dar uma boa idéia da proximidade de comportamento da umidade do solo estimada pelo sensor AMSR-E, quando analisada num conjunto de dados e considerando os fatores intervenientes sobre a relação entre a umidade real e a estimada.

Conclusões

Existe associação entre os padrões de variação temporal da umidade do solo e da precipitação pluvial ocorrida, o que ficou demonstrado através dos coeficientes de correlação significativos para a maioria das estações avaliadas.

Os padrões de distribuição espacial da umidade do solo são similares e consistentes com os padrões espaciais de precipitação pluvial, especialmente no período chuvoso, quando os coeficientes de correlação entre a umidade do solo e a precipitação pluvial ocorrida, na maioria das estações observadas, são significativos, permitindo afirmar que existe resposta do sensor à umidade do solo nesta condição.

No período seco, apesar das diferenças substanciais entre a precipitação pluvial ocorrida e os dados medidos para algumas estações pluviométricas, existe correlação entre os dados de umidade do solo coletados pelo sensor para as estações que apresentaram o mesmo comportamento pluviométrico.

Pode-se, portanto, caracterizar os dados do sensor AMSR-E como dados de percepção do comportamento da umidade em grandes áreas da superfície terrestre.

Referências

ANA - Agência Nacional de Águas. **Rede hidrometeorológica**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

DE JEU, R. A. M. **Retrieval of land surface parameters using passive microwave remote sensing**. 2003. 122 f. Thesis (Doctorate) - Vrije Universiteit, Amsterdam, 2003.

DE JEU, R.; DRAPER, C. S. **Remotely sensed soil moisture over Australia from AMSR-E**. Disponível em: <<http://users.monash.edu.au/~username/>>. Acesso em: 15 mar. 2011

GIAROLLA, A. **Estimativa remota de umidade superficial de solos do cerrado: possibilidades e futuro**. Brasília: EMBRAPA, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística & EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2001. **Mapa de Solos do Brasil**. Escala 1: 5.000.000, Rio de Janeiro.

JACKSON, T. J. Measuring surface soil moisture using passive microwave remote sensing. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 7, p. 139-152, 1993.

KOIKE, T., Y. NAKAMURA, I. KAIHOTSU, G. Davva, N. Matsuura, K. Tamagawa e H. Fujii, Desenvolvimento de um micro-ondas Advanced Scanning Radiometer (AMSR-E) Algoritmo de Umidade do Solo e da Água e Vegetação. Conteúdo da **Annual Journal of Hydraulic Engineering**, JSCE, vol. 48(2), pp217-222, 2004. 48 (2), pp217-222, 2004.

NASA. <<http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/AMSR/>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

NJOKU, Eni. 2008, atualizado diariamente. **AMSR-E/Aqua Daily L3 superfície Soil Moisture, parâmetros interpretativos**, e QC-EASE Grades V002, [lista das datas dos dados utilizados]. Boulder, Colorado EUA: Centro Nacional de Dados de Gelo e Neve. A mídia digital. 2008.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Relatório anual de recursos hídricos 2008**. Porto Alegre: Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2008 <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

ROSSATO, Luciana. **ESTIMATIVA DA UMIDADE SUPERFICIAL DO SOLO A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO POR MICROONDAS PASSIVA SOBRE A AMÉRICA DO SUL**. 2010. 300 f. Tese (Doutorado) - Curso de Meteorologia, Inpe, São José Dos Campos, 2010.