

COMPARAÇÃO DA POROSIDADE TOTAL, GRANULOMETRIA E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE AMOSTRA DE SOLO EM ÁREA FLORESTADA E DE CAMPO

Cristiane Dambrós,
Universidade Federal de Santa Maria/RS
cristianedambros@gmail.com

EIXO TEMÁTICO: RISCOS, SOCIEDADE E FENÔMENOS DA NATUREZA

Resumo

Este trabalho objetiva comparar a porosidade total, granulometria e a condutividade hidráulica do solo em área florestada (*eucalipto*) e de campo (*nativo*), localizadas no município de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul/Brasil. Para a determinação dos índices de porosidade foi utilizado o método proposto por Reinert e Reichert (2006), a coluna de areia, a granulometria foi acurado por peneiramento e pipetagem e a condutividade hidráulica determinado em laboratório através do permeâmetro de carga constante. Destaca-se que a área florestada apresentou na classificação textural um solo arenoso-franco e na área de campo franco-arenosa. Em termos de condutividade hidráulica a área de campo apresentou 0,592 cm/h, já a área florestada apresentou 0,560 cm/h e, a porosidade apresentou maior percentual na área de campo 45,8% e na área florestada 44,7%. Conclui-se que os índices não apresentaram valores discrepantes, isto, provavelmente devido a ocorrência da mesma rocha matriz, estudos referentes às características físicas do solo são fundamentais para aprofundamento de estudos mais abrangentes, como planejamento de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Condutividade Hidráulica, porosidade total, granulometria, solo.

Abstract:

This Report have the objective to compare the total porosity, grain size and the hydraulics conductivity of the ground in wooded area (*eucaliptus*) and of native field, localized in the township of Rosário do Sul, Rio Grande do Sul/Brasil. To the detetermination of the index of porosity that was used the method proposed by Reinert and Reichert (2006), the column of sand, the grain size was accurate by sieve and pipetting and the hydraulic condutivity determinated in laboratory by the parameter of constant charge. Jutting out that the wooded area presentted in the textural classification one field light sandy and in the area of field sandy light. In hidraulic conditivity terms the area of fields present 0.592 cm/h, and the wooded area presented 0,560 cm/h and, the porosity presented a higher percentual in the area of fields 45,8% and the wooded area 44,7%. Concluding, the indexes don't presented standards disparate, that, probably because of the happening of the same matrix rock, searchs referents to the features physics of the ground are crucial to the serious study more comprehensive, like the planning of watershed.

Keywords: hydraulic condutivity, total porosity, grain size, field.

Introdução

Salienta-se que este artigo faz parte de um projeto maior que investiga a capacidade de recarga de água subterrânea. Onde as características de solo são fundamentais como variáveis secundárias para a interpretação e aplicação do método WTF, método este, escolhido para determinação do índice de recarga nas sub-bacias em estudo.

O objeto de estudo está representado em duas sub-bacias hidrográficas, inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, sub-bacia do Rio Uruguai (RS/SEMA, 2004). Estas sub-bacias estão localizadas no município de Rosário do Sul/RS, respectivamente, em uma área de campo nativo contendo 21 hectares e a outra com florestamento de eucaliptos, com área de 85 hectares (Figura 1).

Como as coletas de amostras foram em apenas um em cada sub-bacia, preferiu-se discutir pontualmente e não em âmbito de sub-bacia. Objetivou-se determinar os índices para as variáveis físicas do solo: condutividade hidráulica, porosidade total e granulometria e análise comparativa entre a área de campo e florestada.

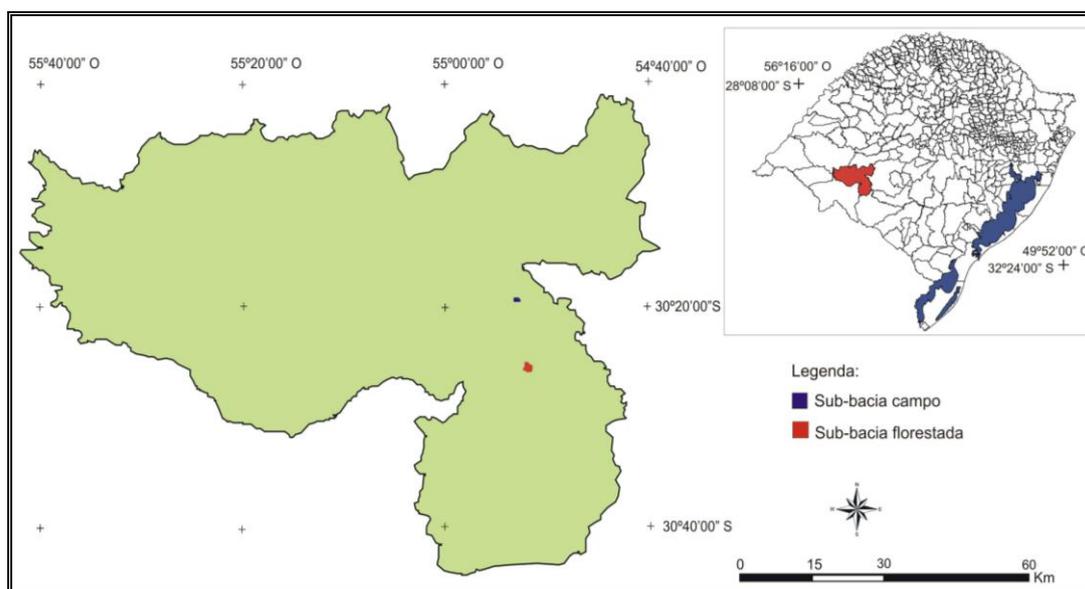


Figura 1: Localização das sub-bacias hidrográficas de campo e florestada no município de Rosário do Sul/RS.

Vale destacar que a sub-bacia com florestamento originalmente tinha vegetação de campo nativo, típico da região pampeana. Nela as principais atividades estão ligadas à criação de gado, utilizando a própria gramínea natural e as pastagens de inverno que, no verão, são substituídas pelas lavouras de soja. Estas localizadas nas áreas mais altas (coxilhas) em quanto que, nas planícies de inundação onde o nível do lençol freático aflora ou está próximo a superfície, estão as lavouras de arroz irrigado.

As sub-bacias hidrográficas representativas estão localizadas na Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, abrangem as unidades litológicas da Bacia Sedimentar do Paraná, originadas durante as Eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica. Esta última foi responsável pela formação dos depósitos aluviais ou sedimentos terciários (RADAMBRASIL, BRASIL, 1986) e (BRASIL/CRPM/2008).

A partir da interpretação da nomenclatura proposta pela CPRM (2008), as duas sub-bacias hidrográficas têm como formação geológica aflorante a Formação Pirambóia, pertencente ao Grupo Passa Dois, do Período Permiano na Era Paleozóica. Esta Formação é diferenciada por apresentar

arenitos de granulometria grossa a fina, geometria lenticular bem desenvolvida, de ambiente continental, com variação lateral, amalgamada, constituída por combinação fácies eólica duna e interduna, fluviais e lacustres (SOARES et al. 2008).

Observando as características morfológicas e geológicas, pode-se enquadrar as áreas em estudo, no tipo Coxilhas¹, segundo a classificação Ab'saber (1970). Segundo Sartori (1979) as Coxilhas da Depressão Periférica, caracterizadas como unidades de relevo com menores cotas altimétricas, que podem variar de 60 metros a 200 metros acima do nível médio do mar. Estas coxilhas podem também ser consideradas divisores de água de pequenas bacias hidrográficas, pois tem como característica morfológica a presença de colinas côncavas – convexas.

Segundo a classificação dos tipos climáticos de Köppen, as duas áreas de estudo estão contidas no tipo Cfa, onde o C corresponde ao tipo *clima temperado úmido quente*, caracterizadas por verões quentes e invernos amenos. A temperatura média do mês mais frio é abaixo de 18°C e superior a -3°C.

Ao analisar a organização do uso do solo presente na sub-bacia hidrográfica de campo, tem-se como característica principal o uso destinado às atividades de pecuária. Neste sentido, os pecuaristas utilizam-se da vegetação natural (gramíneas) para alimentação de seus rebanhos: bovinos, bufalinos, entre outras.

Este sistema de produção rural é típico da região, destacando-se, também, que em suas proximidades, nas áreas pertencentes ao leito maior do rio principal, têm-se o cultivo de arroz irrigado. E, nas áreas de coxilhas, o cultivo da soja e milho e, nos períodos mais frios o cultivo de leguminosas destacando-se a aveia, azevém e a triticale. Estes sistemas produtivos rurais são de extrema importância em âmbito econômico e ambiental no município em que a área de estudo está inserida, o município de Rosário do Sul.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida a campo e em laboratório. As atividades de campo se estruturaram em coletas de amostras de solo, deformadas e não deformadas e, verificação do posicionamento global por GPS.

Nas coletas de amostras de solo com estrutura deformadas, fez-se inicialmente, uma limpeza no local da coleta, retirando-se a vegetação superficial, raízes e qualquer outra matéria estranha presente no solo, para posteriormente iniciar o processo de coleta do solo. As amostras na subsuperfície, utilizaram-se ferramentas simples como, pá, enxada e picareta. Para maiores profundidades utilizou-se trado cavadeira e trado helicoidal.

¹ Coxilhas são formas de relevo bastante homogêneas retratadas de modo geral por colinas suaves, bem arredondadas (RADAMBRASIL, 1986).

A coleta de amostras não deformadas requer maior cuidado, foram retiradas em anéis metálicos com altura de 2 cm e área de 18,08 cm². O processo constitui em introduzir o anel no solo para a retirada da amostra. O excesso de solo foi retirado cuidadosamente para não perder estrutura da amostra.

Após a coleta das amostras, deformadas e não deformadas, foram acondicionadas em sacos de plástico e etiquetadas com informações necessárias para posterior identificação.

As atividades em laboratório ocorreram no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geociências da UFSM, onde foram realizados os ensaios de condutividade hidráulica e de granulometria e no Laboratório de Física do Solo, ensaio de porosidade total.

Determinação da porosidade total

A determinação da porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo, foram realizados no Laboratório de Física do Solo – CCR/UFSM, seguindo metodologia descrita por Reinert e Reichert (2006), a coluna de areia (Figura 2).

As amostras de solo com estrutura não deformada, foram saturadas durante vinte e quatro horas, determinou-se a massa saturada e posteriormente levadas à coluna de areia, aplicando uma tensão de 6 kPa até atingir o equilíbrio entre a água retida da amostra e a tensão aplicada. Nesta tensão, o conteúdo de água retirada da amostra representa a macroporosidade do solo e o volume de água retido representa a microporosidade (OLIVEIRA, 1968).

A seguir, determinou-se a microporosidade que foi obtida pelo conteúdo de água retida na amostra submetida a mesa de tensão com 6 kPa multiplicado pela densidade do solo.

$$U_g = \frac{M_u - M_s}{M_s} \cdot 100 \quad (1)$$

sendo:

M_u – a massa do solo úmido;

M_s – a massa do solo seco a 105°C e;

U_g – o conteúdo gravimétrico de água na amostra.



Figura 21: Equipamento que determina a porosidade, denominado como método da coluna de areia.

1 – coluna de areia em recipiente na forma de cone retangular.

2 – Destaque da parte superior do cone onde ficam organizadas as amostras.

Fonte: <http://w3.ufsm.br/fisicadosolo/>.

Análise granulométrica

A determinação da granulometria segue a rotina padrão do Laboratório de Petrografia e Sedimentologia. O solo foi colocado em bandejas abertas para secagem ao ar livre (Figura 3). Após a secagem do material, o mesmo foi dividido em quatro porções iguais, por meio de equipamento manual que realiza a divisão do material, em quantidades manuseáveis, sem interferência do pesquisador (conhecido como quarteador ou repartidor de amostras). Destas quatro amostras, duas delas foram usadas na determinação do ensaio de granulometria, as outras duas são armazenadas para possíveis repetições do ensaio.



Figura 3: Ilustra as três amostras deformadas coletadas nas áreas de estudo e ao fundo o recipiente para destorroamento do material (solo e/ou rocha) com dois destorroadores e o dessecador.

Separadas as porções, o solo foi é destorroado e realizado o ensaio de granulometria. A determinação das frações areia foi por peneiramento, às peneiras apresentam-se em gradação de tamanho das suas malhas e com um sistema de encaixe, no formato de uma coluna, onde, ao movimentá-las, os grãos são retidos conforme seu tamanho. Normalmente é utilizado uma série de malhas de variação de 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,250mm, 0,125mm e 0,063mm.

Com o tamanho das partículas separadas determinou-se a massa seca ao ar em balança de precisão. Ao final do ensaio de granulometria, os valores foram convertidos em porcentagem e enquadrados no triangulo de classificação da textura dos solos, com a definição da curva granulométrica.

O material passante nas peneiras, silte e argila, foram avaliadas por sedimentação. Seguindo o método da pipeta, o solo foi colocado em provetas com água juntamente com um dispersante (4,79% do peso total) para realizar a dispersão das partículas de argila. No início do ensaio a solução do solo + dispersante é agitada na proveta, o método segue a velocidade de sedimentação, necessitando que a pipetagem ocorra em tempos e profundidades diferentes, segundo a Lei de Stokes.

As alíquotas coletadas foram colocadas em cápsulas, onde secados em estufa a 105°C até massa constante. Retiradas da estufa foram para o dessecador e determinada a massa em balança de precisão. Este ensaio é determinado por percentuais, onde, nestas condições, um solo pode ter de 0 a 100% de frações de areia, silte e argila.

Destaca-se que pesquisadores como Vieira (1975); Azevedo e Dalmolin (2006) desconsideraram a presença de matéria orgânica e outras partículas maiores do que 2 mm.

A partir das informações sobre a granulometria das amostras pode-se determinar a textura do solo, segundo a proporção relativa dos componentes: areia, site e argila. A determinação da textura do solo das áreas em estudo obedeceu a classificação textural adotada pela Sociedade Brasileira de Ciências do Solo.

Ensaio de condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica saturada é uma técnica que tem por objetivo identificar o movimento da água no solo e sua importância em um sistema de drenagem. Sua determinação pode ser pelo método de campo ou de laboratório. Neste trabalho optou-se pelo método de laboratório – permeâmetro de carga constante (DANIEL, 1994), que assim deteve-se na sua explicação.

Na obtenção das amostras, seguiram-se as normas da Determinação da densidade do solo com o emprego do cilindro de *UHLAND*. No método de laboratório foram utilizadas amostras de solo não deformadas, garantindo a estrutura natural do solo (Figura 4). Os procedimentos iniciaram com a obtenção das amostras com um cilindro cortante, com massa e dimensões conhecidas, sendo cravado

no solo. Posteriormente, as amostras foram envolvidas em sacos plásticos e depositadas em recipiente para encaminhamento ao laboratório.



Figura 4: Amostras do material coletado em campo, onde foram conservadas suas características estruturais (amostras não deformadas), necessárias para os ensaios de condutividade hidráulica e de porosidade total.

O coeficiente de condutividade hidráulica foi calculado pela equação 3:

$$k = \frac{Q \cdot L}{h \cdot A} = \frac{V \cdot L}{h \cdot A \cdot t} \quad (3)$$

sendo:

k = permeabilidade [cm/s]; V = volume [cm³]; L = comprimento [cm];

h = diferença de nível [cm]; A = área da amostra [cm²]; t = tempo [s]

Em laboratório as amostras necessitaram de cuidadoso processo de retirada do excesso de material, para a preservação da amostra dentro do anel, envolveu-se em um dos lados um tecido fixado com um elástico. Posteriormente, transferiram-se as amostras a um recipiente com água, em um período de 24 (vinte e quatro) horas, para saturação das mesmas.

Nesta análise, a amostra é submetida a uma carga hidráulica constante durante o ensaio (permeâmetro de nível constante) pelo fato do laboratório não dispor de um permeâmetro, realizou-se algumas adaptações (Figura 5). A água percolada foi coletada em béqueres e medida em proveta graduada de 100 ml.



Figura 5: Imagem do permeâmetro adaptado, com estruturas de madeira e garrafas de vidro como reservatórios de água, notar a presença das amostras indeformadas e de béquer como recipiente coletor da água percolada.

A cada intervalo de 30 minutos, determinou-se a quantidade de água percolada no material. O tempo do ensaio teve duração de 5 horas e 30 minutos. O coeficiente de permeabilidade é determinado pelo volume de água que percola a amostra por unidade de tempo. A quantidade de água é determinada com proveta graduada, determinando-se a vazão (Q). Este permeâmetro é muito utilizado para solos de granulação grossa (solos arenosos).

De posse destas informações houve o prosseguimento dos estudos direcionados à análise e discussão dos resultados obtidos neste trabalho.

Resultados e discussões

Granulometria

Para o ensaio granulométrico foram coletadas amostras superficiais de solo nas duas áreas em estudo, as amostras deformadas foram coletadas na superfície, retirando os excessos de matéria orgânica.

O ensaio determinou que o percentual das frações areia, silte e argila que definem a textura do solo. E, a partir destas informações foi possível realizar a classificação textural das amostras, seguindo a classificação proposta pela *United States Department of Agriculture - USDA*, adotada pela Sociedade Brasileira de Ciências do Solo - SBCS.

Destaca-se que a amostra de solo da área florestada apresentou valores na fração areia bastante próximos, resultando na mesma classificação textural, arenoso-franco. Já a amostra de solo da área de campo apresenta concentração mais elevada de fração fina (argila e silte) em relação às demais, resultando na classificação textural franco-arenosa. Estes materiais originam-se da rocha matriz que constitui os arenitos da Formação Pirambóia CPRM (2008).

Tabela 2: Escala granulométrica com seus respectivos diâmetros e determinação da classificação textural das amostras.

Fração	Diâmetro (mm)	(% amostras)	
		Solo (campo)	Solo (floresta)
Areia grossa	0,6 a 2,0	1,467	0,117
Areia média	0,2 a 0,6	17,763	14,022
Areia fina	0,06 a 0,2	61,028	72,893
Silte	0,002 a 0,06	7,571	6,263
Argila	< 0,002	12,169	6,704
Classificação textural		Franco-arenoso	Arenoso-franco

O ensaio de granulometria também permitiu construir a curva granulométrica. Esta indica a porcentagem cumulativa qual a variabilidade na distribuição granulométrica das amostras. Portanto, sucintamente, pode-se afirmar que as amostras analisadas apresentam uniformidade nas respostas dos ensaios. Esta condição da curva indica que as três amostras apresentam características texturais semelhantes, provavelmente oriundas do processo de paleodeposição. Salienta-se que esta condição que as curvas apresentam é característica de material arenoso fino, que compõe a maior fração da matriz. Sua granulometria apresenta-se uniforme entre 80 e 90% do material das amostras.

Ressalta-se a importância de se conhecer as características granulométricas do solo ou da rocha, pois estas são responsáveis pela capacidade de armazenamento e transmissividade de água.

Condutividade hidráulica

Realizou-se ensaio de condutividade hidráulica carga constante em laboratório, em amostras não deformadas saturadas.

Na Tabela 3, apresenta-se os valores obtidos para cada material percolado. Heath (1983) apresenta uma ampla faixa de variabilidade da condutividade hidráulica em arenitos, da ordem de 10^{-5} a 1 m/d. E que esta depende do tamanho e do arranjo das aberturas transmissoras de água (poros) e das características dinâmicas do fluido (água), tais como, viscosidade cinemática, densidade e a intensidade do campo gravitacional.

Por outro lado, os valores em ambos os solos avaliados apresentaram valores bastante próximos, devido à inexistência de litificação/estratificação, o que favorece uma maior percolação do líquido no meio poroso.

A determinação do coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica de cada amostra, deu-se empregando a Equação 2, sendo que os resultados estão contidos na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios de condutividade hidráulica saturada para solo e rocha da sub-bacia hidrográfica de campo nativo e do solo da sub-bacia hidrográfica florestada.

	Campo	Floresta
K (cm/h)	0,592	0,562
K (cm/s)	$1,644 \times 10^{-4}$	$1,561 \times 10^{-4}$

Observando os resultados granulométricos, percebe-se que há maior concentração de grãos do tamanho areia fina. Deste modo, destaca-se que os valores médios de ensaios de condutividade hidráulica realizados por Fetter (1988, *apud* CABRAL, 2008), apresentam dados médios que variam entre 10^{-3} a 10^{-5} cm/s. Os resultados obtidos para a condutividade hidráulica saturada, em materiais sedimentares porosos, concordam com os valores da literatura.

Porosidade total

Uma vez que a relação entre as aberturas (vazios) e o volume total de um solo ou rocha é referida como sua porosidade Heath (1983) selecionou alguns materiais. Dentre estes estimou para as aberturas primárias em um solo cerca de 55%, enquanto que em uma areia cerca de 25% de aberturas primárias. Ainda considerou um arenito semiconsolidado constituído por 10% de aberturas primárias. Os valores de porosidade total apresentado na Tabela 3 estão de acordo com os dados da literatura.

Tabela 3: Dados obtidos no ensaio de porosidade realizando-se uma repetição.

Amostras	Porosidade Total (cm ³ /cm ³)	Macroporosidade (cm ³ /cm ³)	Microporosidade (cm ³ /cm ³)
Solo – campo	0,463	0,173061954	0,290026029
	0,453	0,164366783	0,28918456
Solo – floresta	0,505	0,168293634	0,337428735
	0,389	0,106585968	0,283294283

O valor médio de rendimento específico das amostras de solos avaliados pode relacionar-se a uma maior homogeneidade da matriz constituída pela fração areia fina. Em ambas as amostras avaliadas a retenção específica elevada, deve associar-se a ocorrência de microporos e este as porcentagens das frações de silte + argila.

Considerações

Estudos referentes à compreensão da dinâmica que envolve as características do solo, são necessárias para compreensão sistêmica das dinâmicas do ambiente, neste caso para a comparação entre duas áreas que apresentaram uso do solo diferenciadas.

Em termos metodológicos, este trabalho partiu de uma metodologia quantitativa baseada em uma abordagem sistêmica, na tentativa de entender os elementos e suas relações. Aplicação das técnicas adotadas para a determinação dos índices. Quanto à granulometria, foi possível a classificação textural, onde, a área florestada apresentou na classificação textural um solo arenoso-franco e na área de campo franco-arenosa. Em termos de condutividade hidráulica a área de campo apresentou 0,592 cm/h, já a área florestada apresentou 0,560 cm/h e, a porosidade apresentou maior percentual na área de campo 45,8% e na área florestada 44,7%.

Destaca-se que pelo fato de apresentar a inserção de florestas de eucaliptos, não significa que irá ocorrer significativas alterações nestas características. Verificou-se que entre as duas áreas não houve significativa discordância em relação aos aspectos físicos do meio, o que garantiu capacidade de infiltração similar. Considerou-se como diferencial o tipo de cobertura florestal que poderá favorecer a infiltração, mas também na evapotranspiração.

Referências

- AB'SABER, A. N. **Províncias Geológicas e Domínios Morfológicos no Brasil**. São Paulo: IGE-USP, 1970.
- AZEVEDO, A. C. de; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e ambiente: uma introdução**. Santa Maria: Ed. Pallotti, 2006.
- BRASIL/CPRM, 2008. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br>>. Acesso: 10 maio 2010.
- CABRAL, J. da S. P. Movimento das águas subterrâneas. In.: FEITOSA, F.A.C. et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Organização e coordenação científica: – 3. ed. ver. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.
- DANIEL, D. E. **State-of-the-Art: Laboratory Hydraulic Conductivity Tests for Saturated Soils, Hydraulic Conductivity and Waste Contaminant Transport in Soil**, ASTM, Philadelphia. 1994.
- HEATH, R. C. **Hidrologia básica de água subterrânea**. United States Geological Survey Water-Supply Paper. Traduzido por Mario Wrege e Paul Potter, IPH/UFRGS. Porto Alegre. 1983.
- OLIVEIRA, L. B. Determinação da macro e microporosidade pela “mesa de tensão” em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 197-200, 1968.

RADAMBRASIL. **Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, nov./dez., 2006.

RIO GRANDE DO SUL. SEMA, 2004. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/>. Acesso em: 23 de abril de 2010.

SARTORI, M. G. **O Clima de Santa Maria: do regional ao urbano.** Dissertação de Mestrado, Dep. de Geografia da Fac. de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1979.

SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; HOLZ, M. Heterogeneidades hidroestratigráficas no Sistema Aquífero Guarani. **Revista Brasileira de Geociências**, 38(4): 598-617, dez. de 2008. Disponível em: http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol38_down/3804/9972.pdf. Acesso em: 25 de julho de 2011.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do Solo.** Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 1975.