

## Aeração do solo de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos do solo e níveis de tráfego

Fontanela, E.<sup>1</sup>; Reichert, J. M.<sup>2</sup>; Reinert, D. J.<sup>3</sup>; Prevedello, J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, CEP 97105-900, e-mail: [eracildafontanela@yahoo.com.br](mailto:eracildafontanela@yahoo.com.br) (Apresentador), <sup>2</sup>UFSM, e-mail: [reichert@smail.ufsm.br](mailto:reichert@smail.ufsm.br); <sup>3</sup>UFSM, e-mail: [dalvan@ccr.ufsm.br](mailto:dalvan@ccr.ufsm.br); <sup>4</sup>UFSM, e-mail: [juliprev@hotmail.com](mailto:juliprev@hotmail.com)

### Introdução

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando-se diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo. Dentre eles, estão a porosidade total, tamanho e continuidade dos poros (Beutler et al., 2001), a permeabilidade do solo ao ar e a infiltração de água (Castro Filho et al., 1998; Carpenedo; Mielniczuk, 1990; Vezzani, 2001, Reichert et al., 2003). No entanto, a capacidade de aeração e o fluxo de água no solo são fatores relevantes da condição estrutural do solo quanto ao suprimento de ar e água às raízes das culturas, já que o ar e a água são os ocupantes básicos dos espaços vazios. Assim, a curva de retenção de água no solo, caracterizada pela relação existente entre o teor de água no solo e a energia que retém essa água, é uma propriedade fundamental para descrever o processo dinâmico da água e de solutos no solo, bem como a disponibilidade dessa água às plantas. Da mesma forma, a permeabilidade do solo ao ar ( $K_a$ ) é uma propriedade do solo que representa a qualidade do espaço poroso quanto ao processo de fluxo de ar. É considerada como um índice de qualidade estrutural do solo, pois descreve os fatores geométricos dos poros (Corey, 1986). Além disso, é uma medida sensível da compactação do solo entre os atributos físicos testados, como a densidade do solo, a porosidade total, a distribuição do tamanho e continuidade de poros, a estabilidade dos agregados e a resistência à penetração.

O objetivo deste estudo foi verificar a relação entre as características físico-hídricas do solo, ou seja, capacidade de aeração, continuidade de poros e curva característica de água no solo em um Latossolo sob plantio direto contínuo por 13 anos, escarificado em diferentes épocas e níveis de tráfego e mata nativa.

### Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em uma área experimental pertencente à Embrapa Trigo, situada no município de Passo Fundo, RS. O solo em estudo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, (Embrapa, 1999) de textura argilosa (43%).

O experimento foi implantado no ano de 2001, em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As amostras foram coletadas no dia 16 de dezembro de 2006, em um dos blocos, nos diferentes preparos e manejos do solo, com tráfego controlado na área, ou seja, o

maquinário utilizado nas atividades agrícolas se desloca sempre no mesmo trajeto. Assim, existem dois níveis de tráfego: ausência e presença das usuais operações de manejo, onde os maquinários agrícolas propagaram suas tensões. As amostras dos tratamentos com tráfego foram coletadas no centro das tensões. As parcelas principais (6 x 12 m) foram distribuídas conforme os sistemas de preparo do solo, possuindo regiões tanto de alto tráfego como de mínimo tráfego. Os tratamentos de preparo e manejo do solo foram: (i) sistema plantio direto contínuo por 13 anos (PD); (ii) escarificado seis meses antes da coleta (E6); (iii) escarificado doze meses antes da coleta (E12); (iv) escarificado dezoito meses antes da coleta (E18) e nas subparcelas os níveis de tráfego (sem e com tráfego das usuais operações de manejo) e (v) mata nativa (MN).

Na amostragem, a área estava sendo cultivada com soja. Em cada condição de preparo e manejo, nos dois níveis de tráfego, foram coletados dez grupos de amostras com estrutura preservada, na entrelinha da soja, (em anéis volumétricos com 0,06 m de diâmetro e 0,03 m de altura), no centro de duas camadas (0,00 a 0,06; 0,10 a 0,15 e 0,20 a 0,25 m). Os 10 grupos de amostras, sendo 2 amostras de cada tratamento por grupo, foram submetidos aos seguintes potenciais matriciais: -0,004; -0,006; -0,008 e -0,01 MPa em mesa de tensão (Reinert & Reichert, 2006) e -0,03; -0,05; -0,07; -0,1; -0,5 e -1,5 MPa em câmaras de pressão de Richards, para determinação da curva característica de água no solo. Todas as camadas foram coletadas com duas repetições. Assim, foi coletado um total de 540 amostras (5 preparos x 3 camadas x 2 níveis de tráfego x 2 repetições x 10 tensões).

As amostras foram saturadas por capilaridade as quais foram equilibradas nas tensões citadas anteriormente. Após o equilíbrio para cada tensão, as amostras foram submetidas à determinação da condutividade do solo ao ar ( $K_l$ ) e, em seguida, foram secadas em estufa para determinação da densidade do solo ( $D_s$ ).

Para obtenção da curva de retenção de água (CRA) no solo, as amostras foram equilibradas a diferentes potenciais matriciais em mesa de tensão e em placas porosas de Richards. No ajuste das CRAs, empregou-se o modelo sugerido por van Genuchten (1980), utilizando-se o programa computacional SWRC (Soil Water Retention Curve).

A permeabilidade ao ar do solo ( $K_a$ ) foi obtida pela determinação da condutividade ao ar ( $K_l$ ), medida em um permeâmetro de carga constante. O princípio da metodologia é baseado na quantificação do fluxo de ar que passa pela amostra de solo, mantendo-se um gradiente de pressão constante. A medição no aparelho é composta pelas seguintes etapas: existe uma diferença de pressão de 1 hPa; o fluxo de ar é então regulado por uma válvula de precisão, o que torna possível a medida do ar que passa pelos fluxímetros, os quais vão de uma escala de 0,1 L min<sup>-1</sup> até 10 L min<sup>-1</sup>; assim que o ar passa pela amostra faz-se a leitura no respectivo fluxímetro. Com a quantidade de ar medida que passa pela amostra, a condutividade ao ar,  $K_l$  (cm s<sup>-1</sup>) é determinada como:  $K_l = \rho_l g \frac{\Delta V l}{\Delta t \Delta p A}$  e a

permeabilidade ao ar  $K_a$  (μm<sup>2</sup>) foi calculada pela condutividade ao ar ( $K_l$ ),  $K_a = K_l \frac{\eta}{\rho_l g}$  onde  $\rho_l =$

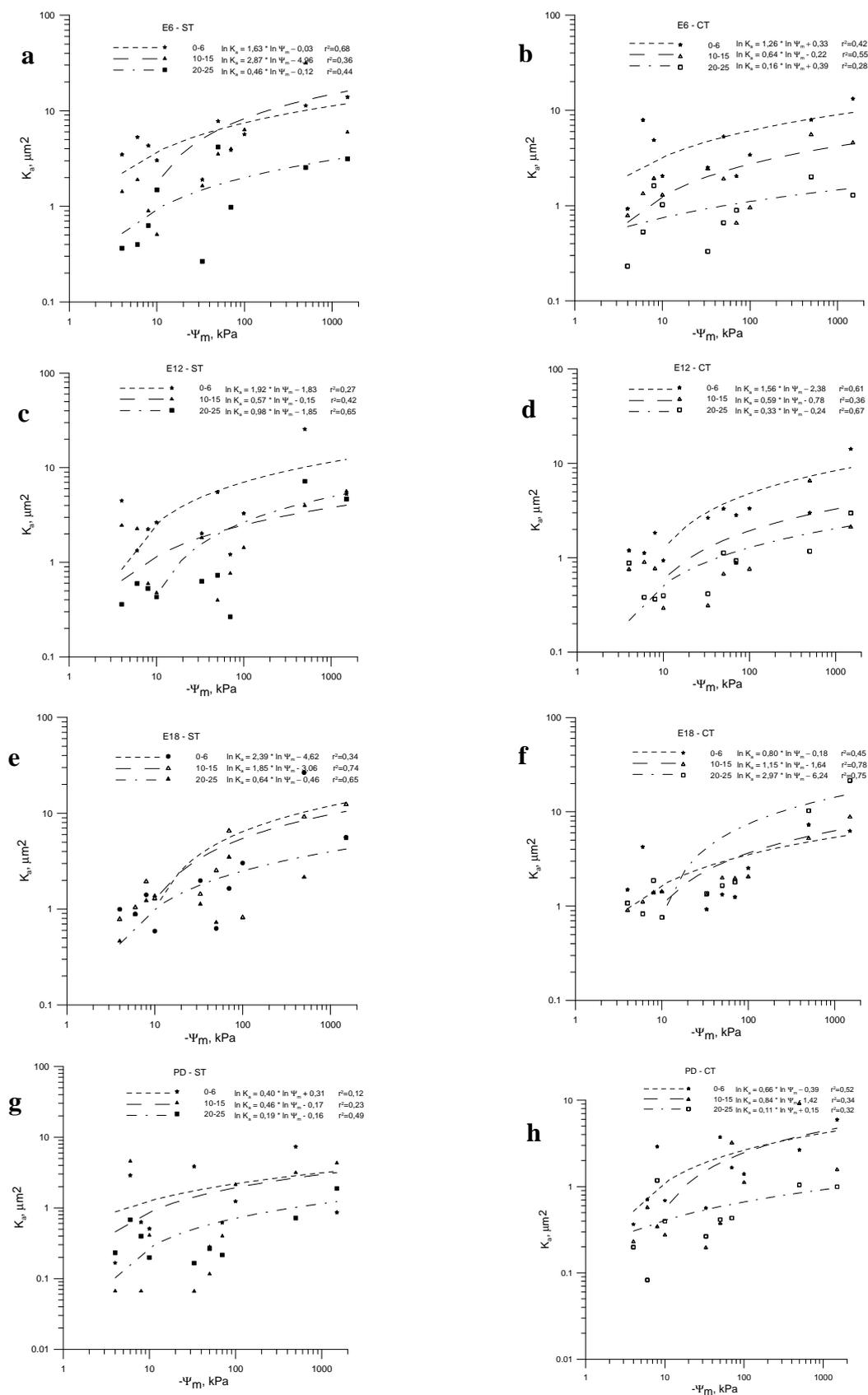
densidade do ar na hora da medição ( $\text{kg m}^{-3}$ );  $g$  = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m s}^{-2}$ );  $\Delta V$  = quantidade de ar que passa pela amostra no  $\Delta t$  ( $\text{m}^3$ );  $l$  = altura da amostra (m);  $\Delta p$  = pressão do ar que passa pela amostra;  $A$  = área superficial do anel ( $\text{m}^2$ );  $\eta$  = viscosidade do ar ( $\text{g s}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ).

O espaço aéreo ou porosidade de aeração ( $\epsilon_a$ ) foi calculado como a diferença entre a porosidade total e o conteúdo volumétrico de água em cada potencial mátrico específico. A porosidade obstruída ( $\epsilon_b$ ) e o índice de continuidade de poros ( $N$ ) foram estimados conforme Ball et al. (1988). A  $K_a$  e  $\epsilon_a$  foram relacionados por um modelo exponencial, também modificado por Ball et al. (1988), como segue  $\log(K_a) = \log(M) + N \log(\epsilon_a)$  onde  $M$  e  $N$  são parâmetros empíricos.

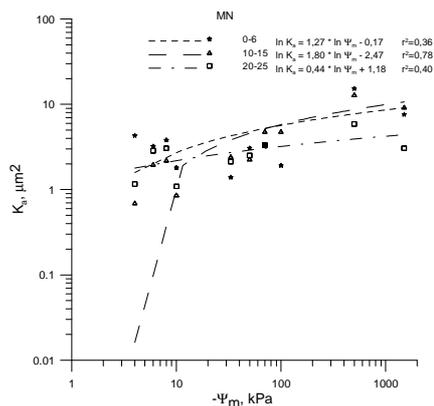
### Resultados e discussão

A permeabilidade do solo ao ar apresentou elevada variabilidade amostral em todos os manejos do solo estudados e em todas as camadas (figuras 1 e 2). O maior incremento da  $K_a$  ocorreu nos maiores  $\psi_m$ , quando ocorre a drenagem dos poros maiores e a macroporosidade do solo favorece a passagem do ar, confirmando a relevância dos macroporos na permeabilidade ao ar. Diminuindo o  $\psi_m$  para -33 kPa e, posteriormente, para -100 kPa, a seqüência lógica de esvaziamento de poros que permitiram a passagem do ar e aumento da  $K_a$  se manteve, mas com menor variação.

Em estudo realizado por Schønning (2005), a permeabilidade do solo ao ar foi exponencialmente relacionada com a macroporosidade. Essa variação pode ser relacionada com a variação da densidade do solo devido à utilização de distintos anéis para cada tensão equilibrada da curva de retenção de água, demonstrando que pequenas variações na densidade do solo, nas diferentes camadas, contribuíram para variação mensuráveis na permeabilidade do solo ao ar. Além disso, o baixo número de repetições (quatro) impossibilitou a detecção e descarte dos valores discrepantes nas análises e, ainda, os poros observados nas amostras de solo sejam oriundos de raízes decompostas e da atividade de minhocas ou de outros organismos da biota do solo. No estudo realizado por Dörner (2005), a permeabilidade do solo foi favorecida pelo aumento da atividade biológica, pois possibilitou um fluxo preferencial de ar e água através das galerias produzidas pelos organismos do solo. Provavelmente, após a mobilização do solo ocorreu o processo de reconsolidação resultante da chuva e dos ciclos de umedecimento e secagem. Assim, no intervalo de tempo entre a escarificação e a amostragem para a determinação da permeabilidade do solo ao ar, devem ter ocorrido a reconsolidação do solo e o rearranjo do espaço aéreo do mesmo, tornando-o menos condutivo. Além disso, nos preparos escarificados, o uso do escarificador possivelmente tenha rompido os poros contínuos, implicando em mudança na estrutura do solo e diminuindo a  $K_a$ .



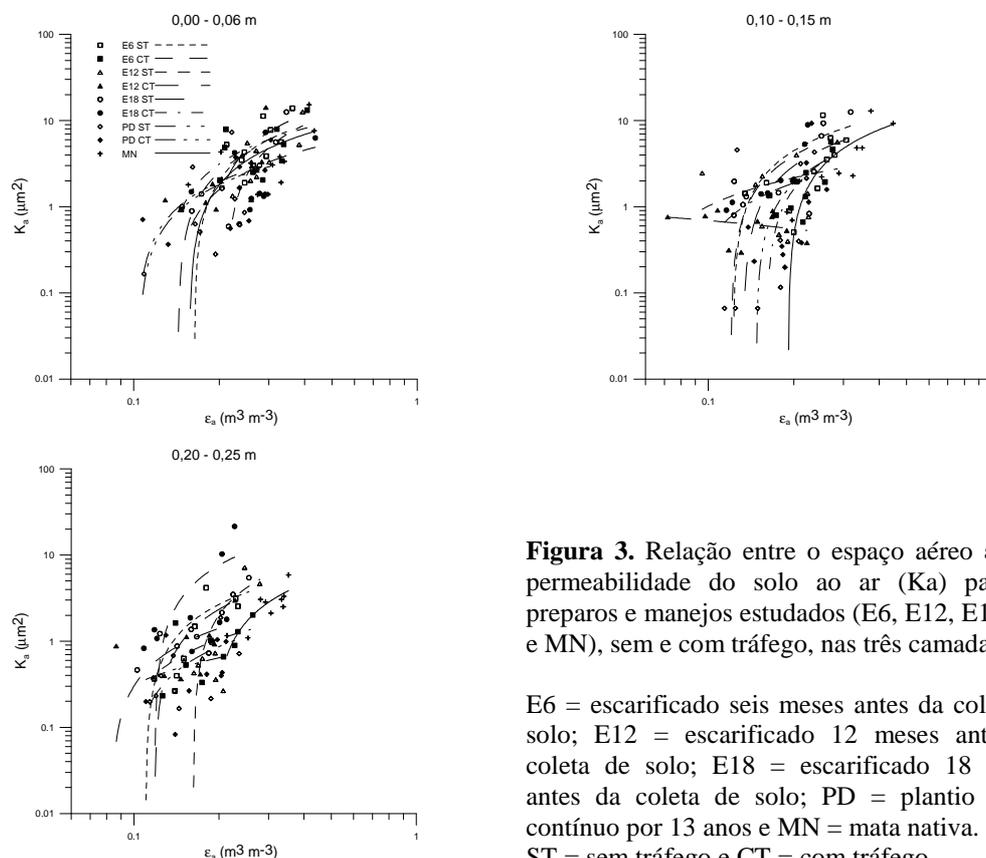
**Figura 1.** Relação entre a permeabilidade do solo ao ar ( $K_a$ ) e o potencial matricial ( $\Psi_m$ ), em três camadas do solo sob preparo escarificado seis meses (E6), (a) sem tráfego (ST) e (b) com tráfego (CT), 12 meses (E12), (c) ST e (d) CT, 18 meses (E18) antes da coleta, (e) ST e (f) CT e plantio direto contínuo por 13 anos (PD), (g) ST e (h) CT.



**Figura 2.** Relação entre a permeabilidade do solo ao ar ( $K_a$ ) e o potencial matricial ( $\Psi_m$ ), em três camadas sob mata nativa.

A permeabilidade do solo ao ar foi relacionada com o espaço aéreo do solo, conforme mostra a Figura 3 para as três camadas (0,00 a 0,06 m; 0,10 a 0,15 m e 0,20 a 0,25 m). De maneira geral, nas três camadas, todos os preparos e manejos do solo apresentaram relação positiva do  $\epsilon_a$  com a  $K_a$ . Resultados similares também foram obtidos por Dörner (2005) quando relacionou  $K_a$  com  $\epsilon_a$  na direção vertical e horizontal. Em ambas as direções, a relação foi positiva, sendo que a direção horizontal apresentou maior relação na camada de 0,10 a 0,15 m.

As medidas da estrutura do solo requerem um conhecimento da relação entre a permeabilidade ao ar com a porosidade de aeração. De acordo com Ball & Smith (1991), ambas não são bem relacionadas porque a permeabilidade ao ar é muito sensível aos macroporos e galerias formadas pela atividade biológica



**Figura 3.** Relação entre o espaço aéreo  $\epsilon_a$  e a permeabilidade do solo ao ar ( $K_a$ ) para os preparos e manejos estudados (E6, E12, E18, PD e MN), sem e com tráfego, nas três camadas.

E6 = escarificado seis meses antes da coleta de solo; E12 = escarificado 12 meses antes da coleta de solo; E18 = escarificado 18 meses antes da coleta de solo; PD = plantio direto contínuo por 13 anos e MN = mata nativa. ST = sem tráfego e CT = com tráfego.

## Conclusões

A maior permeabilidade do solo ao ar foi observada na camada superficial do solo onde há maior presença de macroporos e em solo com menor potencial matricial.

A permeabilidade ao ar foi positivamente relacionada com o espaço aéreo do solo. O tráfego tornou o solo menos permeável ao ar, afetando a continuidade e distribuição de tamanho de poros.

## Literatura Citada

- BALL, B. C.; O'SULLIVAN, M. F.; HUNTER, R. Gas diffusion, fluid flow and derived pore continuity indices in relation to vehicle traffic and tillage. **Journal of Soil Science**, v. 39, n. 3, p. 327-339, sept. 1988.
- BALL, B. C.; SMITH, K. A. Gas movement. In: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. (ed.). **Soil Analysis: Physical Methods**. 3rd ed., Madison: Marcel Dekker, 1991, p. 511-549.
- BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167-177, jan./mar. 2001.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 527-538, jul./set. 1998.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, jan./abr. 1990.
- COREY, A. T. Air Permeability. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis – Part I – Physical and Mineralogical Methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, 1986, p. 1121-1136.
- DÖRNER, J., **Anisotropie von Bodenstrukturen und Porenfunktionen in Böden und deren Auswirkungen auf Transportprozesse im gesättigten und ungesättigten Zustand**. 2005. Ph. D. Thesis. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian Albrechts University, Kiel.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília - DF: EMBRAPA - Embrapa Produção de Informação. 1999. 412 p
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 26, p. 26-48, jul./dez. 2003.
- 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.
- SCHØNNING, P. et al. Pore characteristics and hydraulic properties of a sandy loam supplied for a century with either animal manure or mineral fertilizers. **Soil Use and Management**, v. 21, p. 265 – 275. 2005.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 3, p. 892-898, nov. 1980.
- VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001, 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.