

## II-168 – INVESTIGAÇÃO DA NATUREZA E PROPORÇÃO DE ALCALINIZANTES COMBINADOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LAVANDEIRIA INDUSTRIAL

### **Raphael Gomes Cardoso**<sup>(1)</sup>

Graduando em Química Industrial modalidade Bacharelado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Técnico em Química pela Escola Projeção Central de Ensino do Triângulo (Uberlândia).

### **José Pedro Thompson Junior**

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Química/ UFU.

### **Talita Ferreira de Rezende Costa**

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Química/ UFU.

### **Sheila Cristina Canobre**

Professora Doutora do Instituto de Química/ UFU.

### **Fábio Augusto do Amaral**

Professor Doutor do Instituto de Química/UFU.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Piauí, 2936 – Custódio Pereira - Uberlândia - MG - CEP: 38405-244 - Brasil - Tel: (34) 9912-4745  
- e-mail: raphaelgomescardoso@gmail.com

### **RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia experimental que utilizasse classes de taninos em conjunto com alcalinizantes para o tratamento de efluentes de lavanderias industriais. A metodologia experimental de tratamento do efluente provindo de lavanderia industrial, consistiu primeiramente em ajustar o pH inicial do efluente para uma faixa de ótima atuação do coagulante (classes de taninos), do qual a classe Tanfloc SL teve os melhores resultados. Após a adição de taninos se fez necessária a aplicação dos alcalinizantes  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{NaAlO}_2$  em proporções de 1:1, 3:1 e 1:3 (V/V) para que estes atuassem como auxiliares de coagulação, aumentando a eficácia do processo de coagulação e consequentemente do tratamento final. Obteve-se resultados otimizados pelo uso de  $\text{NaAlO}_2$  e  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  como alcalinizantes, fornecendo índices de turbidez numa faixa de 20-60 NTU e volumes de lodos de aproximadamente 300 mL/L de efluente tratado. A adição de alcalinizantes proporcionou melhores condições de coagulação, possivelmente pela compressão da dupla camada elétrica, podendo assim reduzir a repulsão entre os coágulos. Posteriormente, investigou-se a adição de polieletrólitos que atuassem como agentes floculantes para a junção final dos coágulos. Os lodos obtidos foram caracterizados estruturalmente por espectroscopia de infravermelho e difratogramas de raios-X, mostrando a presença majoritária de taninos hidrolisáveis e óxido de cálcio (talco) e carbonato de cálcio (calcita), respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** coagulantes Taninos, Alcalinizantes, Lavanderias Industriais.

### **INTRODUÇÃO**

Desde a metade do século XX, a sociedade tem se mostrado cada vez mais preocupada com o meio ambiente. O homem começou a observar que os pequenos atos por ele cometido contra a natureza e os amplificando em escala global são preocupantes.

Todos os problemas dos quais estamos acostumados a saber pelos meios de comunicação são reflexos deste abuso e da falta de soluções viáveis para que se possa reverter esse quadro alarmante. Sendo assim um desses problemas é a escassez da água, que é primordial a vida e a faz parte de muitas atividades humanas. A água é um recurso natural continuamente contaminada, desde o desenvolvimento agrícola e industrial até a produção de vários bens de consumo atuais<sup>1</sup>.

Portanto tendo em vista que a água é um recurso de tamanha importância em diversas atividades da vida humana e de todos os seres vivos deve-se ter em mente que todas as formas de se preservar e reutilização deste deve ser primordial a qualquer sociedade. Assim as possibilidades de tratamento encontradas devem ser amplamente estudadas e otimizadas para a máxima eficiência de reaproveitamento desse recurso tão importante.

Uma das atividades mais corriqueiras do cotidiano e que despende de um gasto monstruoso de água e o de lavagem de roupas, devido ao processo de lavagem conhecido como várias águas de sabão aonde se tem a utilização em grande escala de água para o enxágüe.

Segundo relata Menezes, estima-se que 10% de toda a água consumida no meio urbano, sejam destinadas as operações de lavagens de roupas<sup>2</sup>. Sendo então esta uma atividade de grande utilidade tanto domestica quanto comercial, se faz importante um estudo sobre a tratabilidade desse tipo de efluente. Ainda conforme Menezes<sup>2</sup>, informações do Sindicato das Lavanderias do Estado de São Paulo, estima a existência de aproximadamente 9000 lavanderias em todo Brasil, sendo este dividido em lavanderias de confecções, hospitalares, hotéis (motéis e restaurantes num mesmo grupo), roupas profissionais, panos industriais e de equipamentos de proteção individual. A grande dificuldade encontrada por este setor atualmente, está em criar-se uma metodologia de tratamento padrão a um efluente que contém uma diversidade de contaminantes, seja estes tanto carga inorgânica como orgânica, além de uma diversidade de corantes e surfactantes.

Portanto, o trabalho em questão se baseia no desenvolvimento de uma metodologia para a tratabilidade de um efluente provindo de uma lavanderia industrial, Alscó Toalheiros do Brasil, unidade Arujá SP, utilizando como reagentes do tratamento físico-químico convencional classes de taninos como coagulante principal, conjuntamente com auxiliares de coagulação como Hidróxido de Cálcio [  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ], Aluminato de Sódio [  $\text{NaAlO}_2$  ] e estes aplicados em soluções.

## OBJETIVOS

Este trabalho teve como foco de estudo a aplicação de classe de tanino em conjunto com alcalinizantes no tratamento de efluentes de lavanderias industriais, para posterior reutilização em demais áreas da indústria ou mesmo descarte obedecendo todas as normas ambientais<sup>3</sup>. Sendo assim foi desenvolvida e aprimorada uma metodologia de tratamento, que aliasse a classe de tanino SL, coagulante orgânico biodegradável, com os alcalinizantes, Hidróxido de Cálcio [  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ], Aluminato de Sódio [  $\text{NaAlO}_2$  ] e suas soluções consorciadas em diversas proporções.

## METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho foi baseado em uma estação de tratamento de efluentes e suas etapas de estabilização, coagulação/floculação e sedimentação. Para isso utilizou-se um equipamento denominado “*jar test*” (Nova Ética, modelo 218) contendo 6 jarros de 2 litros cada e um sistema de agitação que simula em escala laboratorial o que ocorre numa estação de tratamento real.



a)



b)

**Figura 1: a) Foto Ilustrativa do Efluente a) antes e b) após a separação de óleos e graxas.**

As principais etapas otimizadas no tratamento do efluente da lavanderia industrial foi geração de cargas; adequação das faixas de pH; coagulação/floculação e sedimentação/flotação. O tratamento se iniciou com a adição de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10% (v/v) até pH próximo a 2,0.

Em seguida fez-se adequação do pH com NaOH 10% (m/v) para que se pudesse atingir o melhor ponto de atuação de coagulantes/floculantes no tratamento. Como a melhor faixa de atuação da classe de taninos escolhida está entre 4,5 e 8,0 foi determinado que nesta etapa pH fosse ajustado em 5,0.

A próxima etapa, de total importância é a da coagulação, na qual foram adicionadas diversas classes de taninos (TANFLOC SG, TANFLOC SL e TANFLOC SS), compostos fenólicos, de peso molecular suficientemente elevado, contendo um número suficiente de grupos hidroxila ou outros grupos adequados, de forma a possibilitar a formação de complexos estáveis com proteínas e outras macromoléculas<sup>4</sup>, para que haja a redução de forças eletrostáticas de repulsão que mantêm as partículas separadas em suspensão, criando condições para que houvesse a união das mesmas formando coágulos.

A etapa posterior foi a adição dos alcalinizantes  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{NaAlO}_2$  e suas soluções consorciadas de 1:1, 3:1 e 1:3 todas em solução 10%, sendo os auxiliares de coagulação do trabalho. Estes foram adicionados até pH próximo a 6,0, 6,5 e 7,0 para que se observasse os melhores resultados.

A floculação sendo a etapa final do tratamento químico do efluente é responsável por unir os coágulos formados na coagulação, assim formando flocos de tamanhos relativamente grandes que facilitassem sua remoção, por flotação ou sedimentação. Nessa etapa foram utilizados polieletrólitos (polímeros originários de proteínas e polissacarídeos de natureza sintética, de massas moleculares geralmente muito elevadas) aniônicos, catiônicos e não iônicos. Os de maior massa molecular são adequados para a floculação, pois estabelecem ligações entre partículas pequenas dispersas na água, facilitando sua aglutinação. Dependendo do tipo de grupo ionizável na unidade manométrica, um polieletrólito pode ser considerado catiônico, aniônico ou anfólio<sup>5</sup>. No presente trabalho foi utilizado um polieletrólito com caráter aniônico, já que em testes preliminares os melhores resultados quanto à redução do índice de turbidez e volume de lodo formado foram obtidos com sua utilização, sugerindo excesso de cargas positivas no efluente.



**Figura 2: a) Foto ilustrativa de ensaio após a etapa de sedimentação.**

Ao final, testes de espectroscopia de infravermelho e difratogramas de raios-X foram realizados para avaliar se após o tratamento se o lodo gerado ainda continham resíduos de difícil tratabilidade, sendo assim necessária a deposição final adequada do mesmo.

É importante ressaltar que os ensaios apresentados são a continuação de um longo trabalho envolvendo apenas a aplicação de classes de taninos como coagulantes agindo separadamente no tratamento. Devido à ineficiência do mesmo, fez-se necessário a utilização de auxiliares de coagulação para que se alcançassem resultados superiores aos conseguidos sem adição de alcalinizantes. Sem a utilização destes alcalinizantes os resultados obtidos eram de faixas de turbidez que iam de 600-300 NTU e volumes de lodo entre 500-350 mL, ou seja, ainda muito longe do desejado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

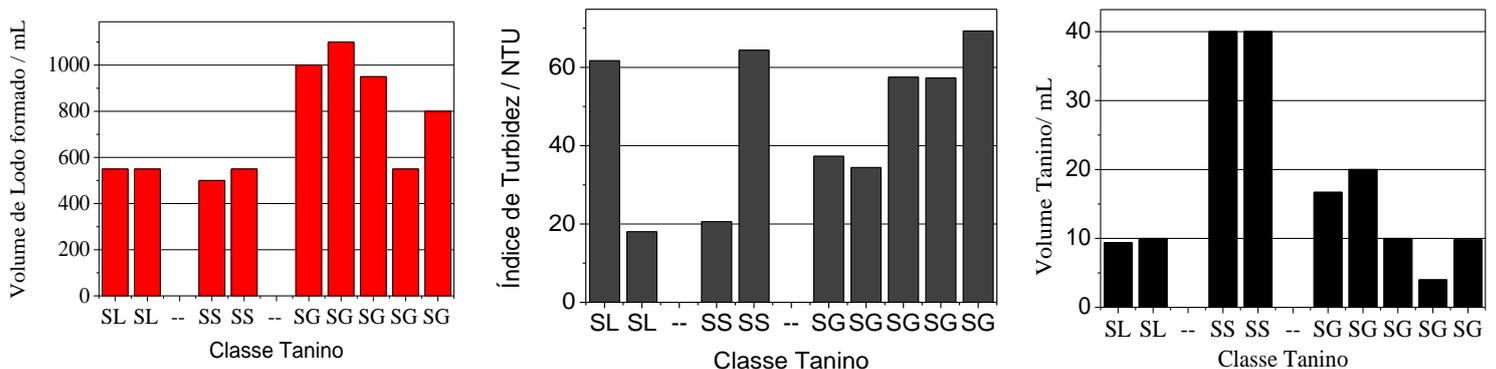
O efluente provindo de lavanderia industrial utilizado no trabalho apresentava inicialmente índices de turbidez elevados de aproximadamente 1638 NTU e coloração roxa escura. O pH inicial de tal efluente estava aproximadamente em 2,0, pois este já havia passado pela etapa acidificação para quebra de óleos e graxas que pudessem estar contidos no efluente.

Segundo resultados prévios, a classe de tanino escolhida foi a TANFLOC SL, na qual esta forneceu resultados de remoção de índice de turbidez superiores quando comparados a aplicação de taninos de classes SG e SS. Esta classe em específico obteve os melhores resultados, fornecendo menores índices de turbidez e volumes de lodo gerado, também sendo perceptível uma maior quantidade de flocos formados na etapa de coagulação no efluente provindo da lavanderia industrial como pode ser visualizado na Figura 3.



**Figura 3: a) Foto ilustrativa de ensaio com a utilização de Tanfloc SL.**

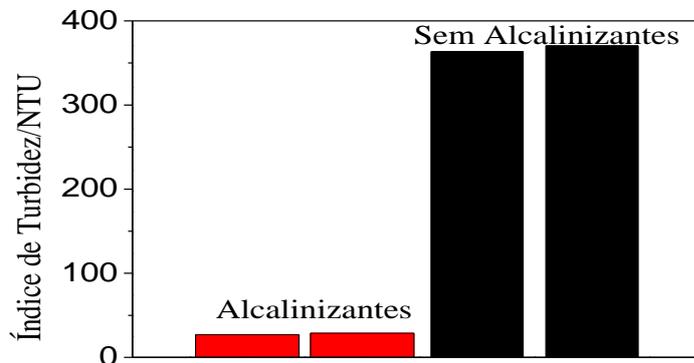
A Figura 4 demonstra tais dados para a escolha do TANFLOC SL.



**Figura 4: a) Volume de Lodo formado por classe de tanino, b) Índice de Turbidez por classe de tanino, c) Volume de Tanino por classe de tanino.**

A Figura 5 demonstra a necessidade da aplicação dos alcalinizantes para uma otimização do tratamento final, quanto a percentual final de remoção de índice de turbidez, pois sem a utilização deste a media dos resultados encontrados estão na faixa de 400 NTU sendo que com a alcalinização os resultados obtidos são 4 vezes menores. Isto ocorre devido a uma desestabilização na camada difusa de maneira que a mesma, para restabelecer seu equilíbrio, reduz sua espessura, eliminando a estabilização eletrostática. Por fim, as camadas

difusas (composta por íons em dupla camada que englobam a partícula) se juntam, ocorrendo a coagulação da partícula possibilitando assim uma maior eficiência na coagulação<sup>6</sup>.



**Figura 5: Gráfico comparativo sobre a necessidade de aplicação de alcalinizantes no tratamento de efluente de lavanderia industrial.**

A partir da escolha do coagulante e sabendo da necessidade da aplicação dos alcalinizantes, os primeiros testes realizados foram utilizando o  $\text{NaAlO}_2$  10% (Aluminato de Sódio) como alcalizante, após a etapa de coagulação com o Tanino TANFLOC SL devido a sua capacidade de adição de cargas ao efluente, no qual os resultados otimizados estão na Tabela 1.

**Tabela 1: Resultados otimizados utilizando  $\text{NaAlO}_2$  10% como alcalinizante.**

pH final	[Tanino SL] 10% (ppm)	[ $\text{NaAlO}_2$ ] (ppm)	[Poli-eletrólito] (ppm)	Índice Turbidez (NTU)	$V_{\text{lodo}}$ (mL)
6,0	750	500	0,8	30,0	280
6,5	750	690	0,8	60,8	250
7,0	750	900	0,8	80,0	250

Podemos ver que a utilização de  $\text{NaAlO}_2$  como alcalizante aplicado até pH 6,0 gera um efluente com índice de turbidez menor e com formação de lodo compacta e de rápida sedimentação.

Em seguida foram feitos testes utilizando  $\text{Ca(OH)}_2$  (Hidróxido de Cálcio) como alcalinizante após a etapa de coagulação onde os dados otimizados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Resultados otimizados utilizando  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  10% como alcalinizante.**

pH final	[Tanino SL] 10% (ppm)	$[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ (ppm)	[Polieletrólito] (ppm)	Índice Turbidez (NTU)	$V_{\text{lodo}}$ (mL)
6,0	750	150	0,8	12,2	200
6,5	750	180	0,8	18,5	200
7,0	750	340	0,8	25,0	200

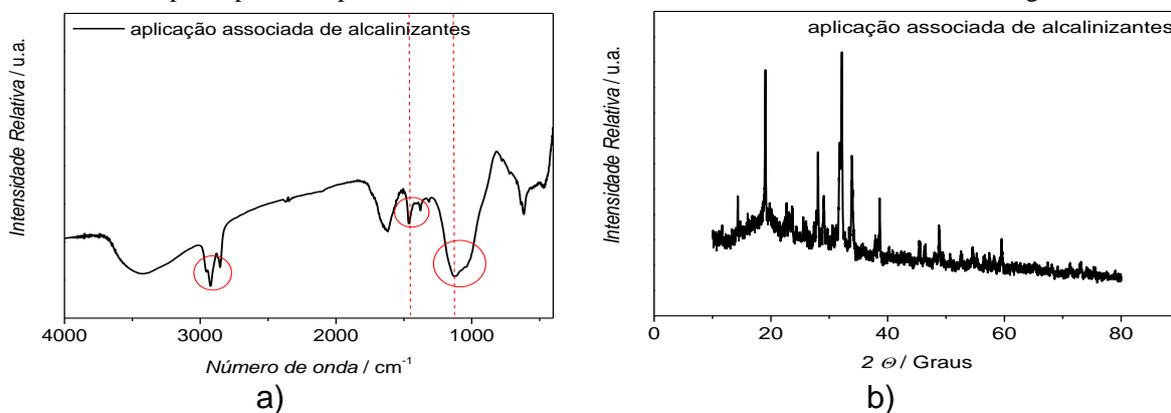
Com a utilização de Hidróxido de Cálcio como alcalinizante, verificou-se lenta sedimentação do lodo formado, mas com um volume de lodo final menor ao comparado aos testes com  $\text{NaAlO}_2$ . Desta forma, resolveu-se investigar o uso dos alcalinizantes já testados simultaneamente em diferentes proporções de mistura onde os dados otimizados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Resultados otimizados utilizando  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{NaAlO}_2$  a 10% como alcalinizante em diferentes proporções.**

Proporções	[Tanino SL] 10% (ppm)	$[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ $[\text{NaAlO}_2]$ (ppm)	[Polieletrólito] (ppm)	Índice Turbidez (NTU)	$V_{\text{lodo}}$ (mL)
1:1	750	500	0,8	60,4	300
3:1	750	250	0,8	20,3	250
1:3	750	360	0,8	27,9	300

A partir dos resultados podemos concluir que na proporção de 3:1 de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para  $\text{NaAlO}_2$  obteve-se menores volumes de lodo formado e uma redução no índice de turbidez maior. Quando aplicados desta forma, verificou-se a formação de flocos compactos de sedimentabilidade lenta. A partir dos resultados otimizados podemos considerar que a utilização de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (Hidróxido de Cálcio) gera um resultado satisfatório em relação tanto a índice de turbidez quanto a quantidades de lodo formado em pH próximos a 7,0. Infelizmente tal técnica deixaria um residual final de  $\text{Ca}^{2+}$  ao efluente, conferindo a este maior dureza total.

O lodo gerado foi secado em estufa a  $40^\circ\text{C}$  por 72 h para eliminação total de umidade e caracterizado estruturalmente por espectroscopia de infravermelho e difratometria de raios X, mostrados na Figura 6.



**Figura 6: a) Espectro de infravermelho e b) difratograma de Raios X do lodo gerado após tratamento físico-químico.**

Pode se inferir pela presença de grupos funcionais (hachurados em vermelho) que estes podem ser característicos de estrutura de taninos hidrolisáveis, confirmando a presença majoritária destes no lodo final. Os difratogramas de raios X apresentaram estrutura cristalina composta majoritariamente por óxido de cálcio (talco) e carbonato de cálcio (calcita)<sup>7</sup>. Nenhuma variação significativa foi observada, seja pelo uso de diferentes alcalinizantes, ou pelas naturezas distintas dos mesmos. Sendo assim estes são considerados rejeitos de classe 1, podendo assim serem descartados em aterros sanitários sem maiores problemas ou utilizados em outras áreas como na construção civil na produção de tijolos por exemplo.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O uso de classes de taninos consorciadas ao uso de alcalinizantes no tratamento de efluentes provindo de lavanderias industriais é recomendado e com um grau satisfatório de eficiência em termos de percentual final de remoção de índice de turbidez e volume de lodo gerado.

Os alcalinizantes apresentaram bons resultados tanto em questões como percentual final de remoção de índice de turbidez e menores volumes de lodo formado.

A aplicação de do alcalinizante  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  se mostra bastante eficaz, mas que deve ser usado com bastante cuidado sempre realizando testes sobre a dureza total do efluente tratado antes do descarte e/ou reuso.

A aplicação de alcalinizantes em soluções consorciadas nas proporções de 3:1 e 1:3 de ambas as espécies obtiveram os menores resultados quanto a índice de turbidez final, sendo então possível de ser usada em grande escala, adaptando-se a escolha do reagente em maior proporção ao qual for mais economicamente viável.

Pelas análises dos espectros de infravermelho e dos difratogramas de raios-X pode-se verificar que o lodo formado final não representava nenhum risco ao meio ambiente assim podendo ser descartado em aterros sanitários e ou utilizados em outras áreas com a da construção civil.

## AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG processo APQ 2279-10), ao Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV/UFU), à TANAC e à empresa AlSCO Toalheiros do Brasil (fornecedora do efluente de sua planta instalada em Arujá, SP).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 [http://www.brasildasaguas.com.br/brasil\\_das\\_aguas/importancia\\_agua.html](http://www.brasildasaguas.com.br/brasil_das_aguas/importancia_agua.html) - (acesso em 19/01/2012).
- 2 MENEZES, J.C.S.S. "Tratamento e Reciclagem de um efluente de lavanderia industrial" Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, UFRS, Porto Alegre, 2005p.
- 3 CETESB; Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Nova técnica sobre tecnologia de controle – Indústria Têxtil – NT -22. São Paulo, 1992, 31p.
- 4 JORGE, F. C.; BRITO, P.; PEPINO, L.; PORTUGAL, A.; GIL, H.; COSTA, R. P. Aplicações para as Cascas de Árvore e para os Extractos Taninosos: Uma Revisão. In: WOODTECH – Consultoria e Intermediação Tecnológica para as Indústrias dos Produtos Florestais, 2001. Departamento de Engenharia Química. Universidade de Coimbra: Silva Lusitana - EFN, Lisboa, Portugal, 2001. vol. 9, n.2. p. 225 – 236.
- 5 VANACÔR, R. N. Avaliação do Coagulante Orgânico Veta Organic utilizado em Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 6 ZABEL 1984, apud AISSE et al. Aplicabilidade da flotação por ar dissolvido no pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios 2001.
- 7 MENEZES, J.C. Tratamento e Reciclagem do Efluente de uma Lavanderia Industrial. Dissertação (Mestrado em Engenharia de –Área de Concentração Tecnologia Mineral/Metalurgia Extrativa) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGEM). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.