

## Solução de cloreto de amônio como alternativa para extração de K trocável em solos do Rio Grande do Sul<sup>(1)</sup>

Magno Batista Amorim<sup>(2)</sup>; Douglas Antonio Rogeri<sup>(2)</sup>; Clesio Gianello<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho desenvolvido com recursos de projetos de extensão LAS-FAURGS.

<sup>(2)</sup> Estudante de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto AlegreRS; magnoeg@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professor titular do departamento de Solos da Faculdade de Agronomia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**RESUMO:** No Brasil os principais laboratórios de análise de solo utilizam a solução de Mehlich-1 para avaliar o K do solo disponível às plantas. A fundamentação desse método é a semelhança entre seus valores e os obtidos com métodos clássicos que extraem o K trocável do solo e a sua boa relação com o K absorvido pelas plantas. Porém em alguns tipos de solos do sul do Brasil o teor de K-disponível pode estar sendo subestimado pelo Mehlich-1. Em estudo de laboratório foi comparada a capacidade de extração dos métodos Mehlich-1 e  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M em 12 solos do Rio Grande do Sul submetidos a três tempos de agitação e três relações solo:solução. Os resultados foram confrontados com os obtidos pelo extrator  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1M a pH 7. A solução de Mehlich-1 não obteve um bom desempenho contra  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  e  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M apesar dos altos coeficientes de correlação com valores de K consistentemente menores mesmo quando o tempo de extração foi aumentado. A capacidade de extração do método Mehlich-1 foi consideravelmente menor ao aumentar a relação solo:solução da mistura demonstrando perda de força de extração com aumento do poder tampão da mistura. No entanto isso não ocorreu de modo significativo para a solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M indicando que esta pode ser utilizada para estimar o potássio trocável de todos os solos estudados. Sua eficiência para estimar o K disponível para as plantas e por consequência substituir o Mehlich-1 deve ser confirmada por estudos de correlação.

**Termos de indexação:** Mehlich-1 multielementar relação solo:solução.

### INTRODUÇÃO

Os principais laboratórios do Brasil utilizam a solução  $\text{KCl}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$  (M) para a determinação Ca Mg Al e Mn a solução de Mehlich-1 para P K e Na (Embrapa 1997; Tedesco et al. 1995) ou ainda a resina de troca iônica (P K Ca e Mg). Em qualquer das situações há sempre a necessidade de dois procedimentos para a determinação de todos os cátions mencionados. Nenhum dos procedimentos mencionados no entanto, determina toda a

quantidade de K trocável por isso a expressão frequentemente utilizada de K disponível.

O extrator clássico para determinar potássio trocável do solo é a solução de acetato de amônio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 1M a pH 7 cujo princípio é o mecanismo de troca entre o  $\text{K}^+$  e o  $\text{NH}_4^+$  (Nachtigall & Raij 2005; Metson 1956).

Com a modernização dos laboratórios de análise de solo e com a tendência de utilização de equipamentos de determinação multielementar como por exemplo, os de espectrometria de emissão óptica (ICP-OES) é preferível a utilização de soluções que tenham a capacidade de extrair o maior número de elementos evitando assim extrações desnecessárias; que tenham baixo custo de execução e que sejam de fácil implementação substituindo extratores tradicionais (Bortolon et al. 2010). Shuman & Duncan (1990) compararam a solução  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M com os extratores  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1M ( $\text{AcNH}_4$ ) e  $\text{KCl}$  1M na extração de Ca Mg K Al e Na e constataram que o cloreto de amônio pode ser utilizado como extrator único dos cátions trocáveis do solo sendo uma alternativa para extração simultânea de Ca Mg Na K e Al o que pode facilitar os procedimentos de laboratório (Cantarella et al. 2001; Boeira et al. 2004).

O presente estudo tem por objetivo avaliar a capacidade de extração de K disponível/trocável das soluções Mehlich-1 e  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 M  $\text{L}^{-1}$  com diferentes tempos de agitação e de decantação e relação solo:solução em solos do Rio Grande do Sul comparativamente ao extrator clássico acetado de amônio 1M a pH 70.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Análise de Solos e de Tecido Vegetal do Depto de Solos-UFRGS. Foram utilizados 12 solos representativos do estado do Rio Grande do Sul os quais foram submetidos à análise química para estimar o K disponível/trocável com diferentes soluções extratoras. As soluções utilizadas foram as de Mehlich-1 e de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M  $\text{L}^{-1}$  com 5, 30 e 60 minutos de agitação e relação solo:solução de 1:5 1:10 e 1:20. Quando se variaram as proporções da mistura solo:solução os tempos de agitação foram de 5 e 30

minutos para as soluções Mehlich-1 e  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M respectivamente por serem considerados tempos-padrão. Os diferentes métodos foram comparados com a solução extratora padrão de  $\text{AcNH}_4$  1M na relação solo:solução de 1:20 e 30 minutos de agitação. Para todos os métodos a mistura solo-solução foi deixada decantar por duas horas após a agitação; em sequência para a solução de Mehlich-1 as amostras foram filtradas e transferidas para frascos de leitura. Para as soluções de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{AcNH}_4$  foram pipetados 5 mL do sobrenadante e adicionados 25 mL de água deionizada e em seguida transferidos para frascos de leitura. A determinação de potássio foi feita por espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Os dados foram comparados pelo teste de linhas de regressão linear sendo os valores dos parâmetros “a” (intersecção) e “b” (declividade) comparados com os valores ideais de 0 (zero) e 1 (um) respectivamente pelo teste do limite de confiança a 95 % (Miller & Miller 2005) aplicando-se ainda o teste “t” entre os pares de médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de potássio extraído pela solução Mehlich-1 foram significativamente diferentes aos obtidos com a solução de acetato de amônio. Os coeficientes angulares das equações de regressão ajustadas entre os extratores Mehlich-1(y) e  $\text{AcNH}_4$ (x) (Figura 1A) foram significativamente diferentes de “1” independente do aumento do tempo de agitação (Quadro 2) indicando que as duas soluções extraem teores diferentes de K do solo o que pode ser atribuído a ocorrência de algum erro sistemático diferente do tempo de agitação uma vez que os coeficientes lineares não diferiram de “0” (Miller & Miller 2005). Provavelmente a solução de Mehlich-1 não tem a mesma força de extração que a do  $\text{AcNH}_4$  principalmente em solos cujo teor de K trocável for elevado ou que tenha altos valores de CTC.

Ao se comparar as médias pelo teste “t” verifica-se diferença significativa apenas para o tempo de 5 minutos ( $\text{AcNH}_4$ -Mehlich-1) com  $t=348$  ( $p<001$ ) (Quadro 2). Para os tempos de agitação de 30 e 60 minutos não houve diferença significativa pelo teste “t” indicando que outro parâmetro pode estar interferindo na capacidade de extração da solução de Mehlich-1. Os resultados corroboram de modo geral os de Zbíral & Nemeček (2005) Hosseinpur & Samavati (2008) e Bortolon et al. (2010) em que é relatada a maior capacidade de extração de  $\text{K}^+$  pelo  $\text{AcNH}_4$  de diferentes solos em relação à solução

Mehlich-1. Uma explicação para o fato é que esta solução não tenha íons  $\text{H}^+$  suficientes para deslocar todas as bases de solos com alto poder tampão o que pode ser observado pela maior dispersão dos pontos principalmente em solos com maiores teores de K trocável o que está diretamente relacionado à maior CTC e poder tampão do solo (Figura 1A).

Ao se modificar a proporção solo:solução do método Mehlich-1 de 1:10 para 1:5 (Figura 1B) a capacidade extrativa diminuiu, o coeficiente angular de apenas 0.44 confirma a perda de força pela solução ao se aumentar o poder tampão da mistura, uma vez que com mais solo a solução terá mais elementos para extrair. No entanto verificou-se que o procedimento inverso ou seja, diminuindo a relação solo:solução (1:20) a solução de Mehlich-1 extraiu mais potássio do solo aumentando o parâmetro “b” da reta de regressão para 0.81 (Figura 1B) porém ainda distante de “1” (Quadro 1). O teste “t”, para as médias, indica diferença significativa na capacidade de extração dos métodos apenas para a relação solo:solução 1:5  $t=3,23$  ( $p<0,01$ ) mostrando que com o aumento da solução de Mehlich-1 na mistura a capacidade de extração de K do solo aumenta (Quadro 1). Contudo esse procedimento não pode ser adotado, pois alteraria os valores de fósforo extraível do solo.

A relação entre a extração de K pelas soluções de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{AcNH}_4$  é mostrada na figura 1C para os tempos 5, 30 e 60 minutos. Os valores de intersecção da linha de regressão não diferem significativamente de “0” (Quadro 2) para os tempos de 5 minutos indicando que as duas soluções não diferiram quanto à extração de K trocável para os solos estudados. Porém, a declividade foi diferente de “1” o que indica a ocorrência de algum tipo de erro sistemático (Miller & Miller 2005). Para o tempo de agitação de 30 e 60 minutos com a solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (Figura 1C) os parâmetros “a” (intersecção) e “b” (declividade) não diferiram de zero e um respectivamente (Quadro 2) podendo ser usado tanto o tempo de agitação de 30 quanto ou de 60 minutos. Resultados que foram confirmados pelo teste “t” com  $t=119$  e  $102$  ( $p<0,01$ ) indicando que o erro observado anteriormente foi corrigido com o aumento do tempo de agitação.

Quando a relação solo:solução aumentou para 1:10 e 1:5 não se observou diferença significativa entre as soluções extratoras (Figura 1D) sendo que os coeficientes angulares e lineares não foram diferentes dos valores ideais de “0” e “1” respectivamente (Quadro 1), indicando que se pode diminuir a solução na mistura sem prejudicar o desempenho da solução extratora o que pode representar uma significativa economia de reagentes e efluentes para os laboratórios de solo.



Os resultados demonstram que a solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M para os tempos de agitação de 30 e 60 minutos e relações solo:solução 1:5, 1:10 e 1:20 não apresentou diferença significativa na extração de K trocável nos solos estudados em relação à solução padrão de acetato de amônio 1 M com coeficientes de correlação muito próximos a "1" (Quadro 1) e desempenho superior à solução de Mehlich-1.

### CONCLUSÕES

A solução Mehlich-1 não foi eficiente na extração de potássio disponível do solo extraindo menos potássio que a solução padrão de 1M de  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

A solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 M foi eficiente na extração de  $\text{K}^+$  trocável do solo podendo ser utilizado como extrator deste cátion do solo substituindo a solução de Mehlich-1.

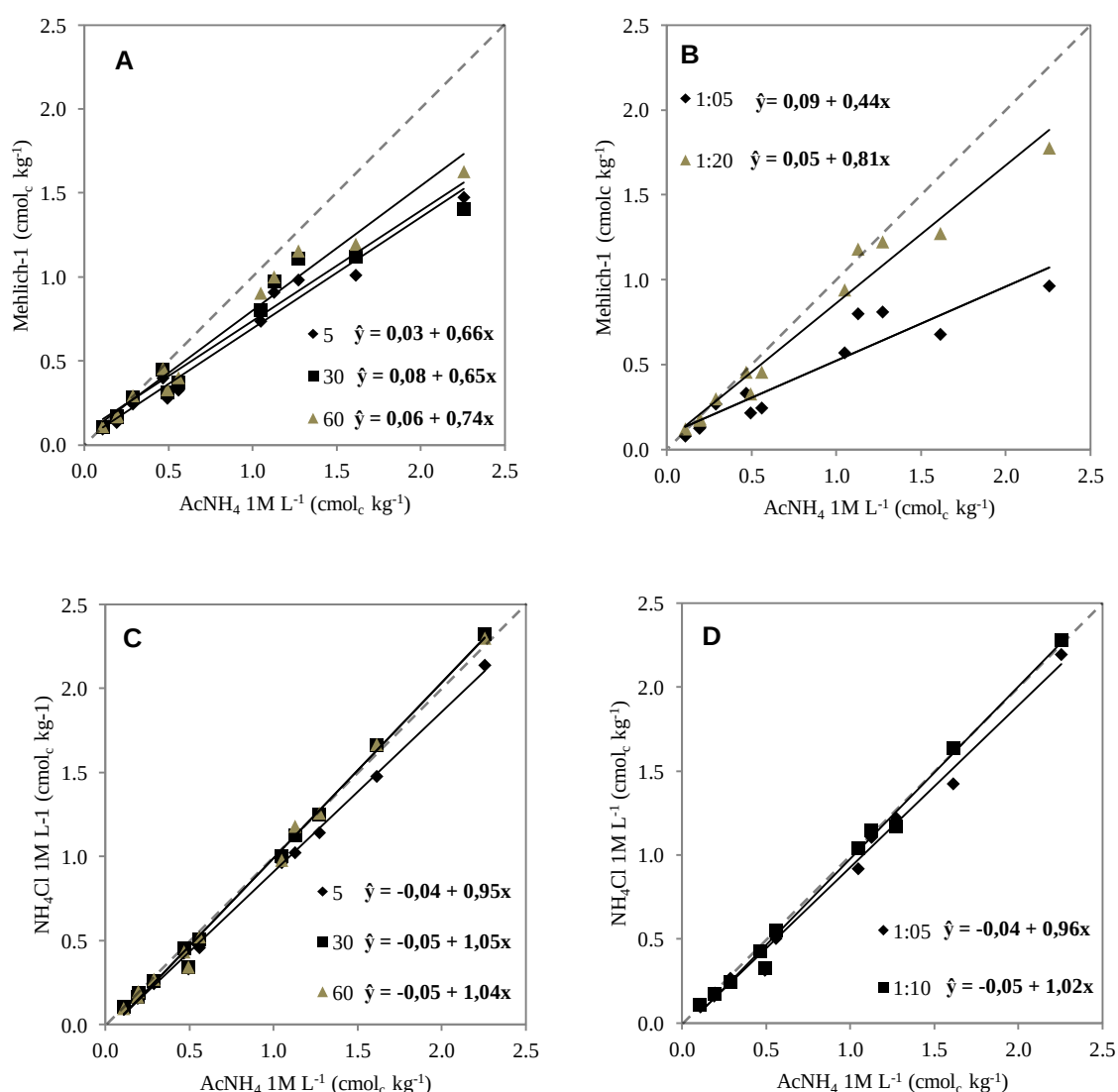
### REFERÊNCIAS

- BOEIRA R. C.; RAIJ B. V.; SILVA A. S. E MAXIMILIANO V. C. B. Extração simultânea de alumínio cálcio magnésio potássio e sódio do solo com solução de cloreto de amônio. R. Bras. Ci. Solo 28:929-936 2004
- BORTOLON L.; GIANELLO C.; SCHLINDWEIN J. A. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do sul do Brasil estimada por métodos multielementares. R. Bras. Ci. Solo 34:1753-1761 2010.
- CANTARELLA H.; RAIJ B. van; COSCIONE A.R. E ANDRADE J.C. Determinação de alumínio cálcio e magnésio trocáveis em extrato de cloreto de potássio. In: RAIJ B. van; ANDRADE J.C.; CANTARELLA H. E QUAGGIO J.A. eds. Análise química para avaliação da fertilidade em solos tropicais. Campinas Instituto Agrônomo 2001. 285p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro 1997. 212p. (Embrapa – CNPS. Documentos 1).
- HOSSEINPUR A.R. & SAMAVATI M. Evaluation of chemical extractants for the determination of available potassium. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 39:1559-1570 2008.
- MEHLICH A. Determination of P Ca Mg K Na and  $\text{NH}_4$  by North Carolina soil testing laboratories. Raleigh University of North Carolina 1953. 4p.
- METSON A.J. Methods of chemical analysis for survey samples. Wellington D.S.I.R. 1956. 207p. (Soil Bureau Bulletin 12)
- MILLER J.C. & MILLER J.N. Statistics and chermometrics for analytical chemistry. 5th ed. Pearson Education Limited 2005. 268p.
- NACHTIGALL G.R. & RAIJ B.van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA T. & ROBERTS T.L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba POTAFOS.2005. p. 93-118.
- SHUMAN L.M. & DUNCAN R.R. Soil exchangeable cations and aluminum measured by ammonium chloride potassium chloride and ammonium acetate. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 21:1217-1218 1990.
- TEDESCO M.J.; GIANELLO C.; BISSANI C.A.; BOHNEN H. & VOKWEISS S.J. Análise de solo plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre Universidade Federal do Rio Grande do Sul 1995. 174p. (Boletim Técnico 5)
- ZBÍRAL J. & NEMEC C. Comparison of Mehlich-2 Mehlich-3 CAL Schachtschabel 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  and aqua regia extractants for determination of potassium in soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 36:795-803 2005.

**Quadro 1 - Intervalos de confiança (95 %) dos coeficientes lineares (a) angulares (b) e de correlação (r) das curvas de regressão linear obtidos nas comparações entre os extratores**

| Nutriente | Extrator <sub>(Tempo)</sub>                                    | ICa <sub>(p &lt; 0,05)</sub> | ICb <sub>(p &lt; 0,05)</sub> | T                  | r    |
|-----------|----------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|------|
| K         | M-1 <sub>(5)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)                   | -0,04; 0,11                  | 0,58; 0,74                   | 3,48**             | 0,99 |
| K         | M-1 <sub>(30)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)                  | -0,03; 0,19                  | 0,55; 0,76                   | 2,68 <sup>ns</sup> | 0,97 |
| K         | M-1 <sub>(60)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)                  | -0,03; 0,14                  | 0,65; 0,82                   | 2,70 <sup>ns</sup> | 0,99 |
| K         | M-1 <sub>(1:5)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)                 | -0,03; 0,20                  | 0,32; 0,55                   | 3,23**             | 0,93 |
| K         | M-1 <sub>(1:20)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)                | -0,05; 0,15                  | 0,71; 0,91                   | 2,16 <sup>ns</sup> | 0,98 |
| K         | NH <sub>4</sub> Cl <sub>(5)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)    | -0,08; -0,01                 | 0,91; 0,99                   | 5,75**             | 0,99 |
| K         | NH <sub>4</sub> Cl <sub>(30)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)   | -0,10; -0,01                 | 1,00; 1,09                   | 1,19 <sup>ns</sup> | 0,99 |
| K         | NH <sub>4</sub> Cl <sub>(60)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)   | -0,10; 0,01                  | 0,99; 1,09                   | 1,02 <sup>ns</sup> | 0,99 |
| K         | NH <sub>4</sub> Cl <sub>(1:5)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x)  | -0,09; 0,03                  | 0,90; 1,02                   | 3,62**             | 0,99 |
| K         | NH <sub>4</sub> Cl <sub>(1:10)</sub> (ŷ):AcNH <sub>4</sub> (x) | -0,10; 0,01                  | 0,97; 1,08                   | 1,70 <sup>ns</sup> | 0,99 |

M-1= Mehlich-1 AcNH<sub>4</sub>= acetato de amônio 1M L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>Cl= cloreto de amônio 1M L<sup>-1</sup>. \*\* significativo (p < 0,01)



**Figura 1 – Relação entre as quantidades de potássio extraído pelas soluções NH<sub>4</sub>Cl 1M e Mehlich-1 em três períodos de agitação e duas relações solo:solução e a quantidade extraída pela solução de AcNH<sub>4</sub> 1M a pH 7,0. A linha tracejada indica a relação 1:1 (ou seja, os pontos de dados localizados quando houvesse 100% de conformidade entre os métodos). A equação para a linha de regressão de cada parâmetro é indicada acima dentro dos gráficos.**