ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO POTÁSSIO EM SOLOS QUE RECEBERAM QUANTIDADES VARIÁVEIS DE MINÉRIOS VERMICULÍTICOS

MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Orientador: Prof. Dr. RONALDO I. SILVEIRA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1987

Ao Gilberto, Gilbertinho, Fábio e
ao que está para vir, pela com-
preensão e esperança

Dedico

Aos meus pais
Messias, Elisa e Linda

Ofereço

Aos meus irmãos, cunhados, cunhadas
e sobrinhos

Minha Homenagem

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof.Dr. Ronaldo Ivan Silveira, pela orientação, dedicação e paciência, durante todo o tempo de realização deste trabalho, sem as quais ele teria sido impossível.
- Ao Engº Agrônomo Aracynio Tortolero Araujo, pelo apoio e estímulo.
- Ao Engº Agrônomo Carlos Alberto Oliveira de Matos, pela amizade e auxílio nas análises estatísticas e gráficos.
- Ao Prof. Artur Eduardo P. Toledo pela versão do resumo para o inglês.
- À Profª Elisa Daniel Barbosa, pela revisão dos textos.
- À senhora Nelci Teixeira Maniero, pela datilografia.
- À Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista, pelo apoio e incentivo.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por tudo que foi oferecido durante meus estudos.
- À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos, para a realização do curso.
- A todos os colegas e professores do curso, pelos valiosos ensinamentos.

- A todos que, de uma forma ou de outra, concorreram para a realização deste trabalho.

- E a DEUS, por tudo.

ÍNDICE

Página

RESUMO	
SUMMARY	
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. O potássio no solo	4
2.2. O equilíbrio do potássio no solo	5
2.3. O potássio fixado	6
2.3.1. Aspectos gerais da fixação	6
2.3.2. Fixação e liberação do potássio ...	11
2.3.3. Influência da secagem e umedecimen- to na fixação	13
2.3.4. Influência do tempo e da concentra- ção na fixação	16
2.3.5. Influência do pH na fixação	17
2.3.6. Efeito da CTC na fixação	19
2.3.7. A influência de outros elementos na fixação	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1. Solos	22
3.2. Determinação das características físicas e químicas das amostras	26

3.2.1. Análise granulométrica	26
3.2.2. Análise química de fertilidade das amostras	26
3.3. Análise mineralógica da fração argila	29
3.3.1. Reconhecimento dos minerais de argila	32
3.4. Determinação da capacidade de fixação de potássio pelas amostras	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Efeito na fixação de potássio por doses crescentes de minério vermiculítico de Piauí (A) nas amostras dos solos Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins	40
4.2. Efeito na fixação de potássio causado por doses crescentes de minério vermiculítico de Catalão (B), nas amostras dos solos Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins.	47
4.3. Influência do teor e da natureza de argila na fixação	54
4.4. Influência do pH	57
4.5. Efeito do tempo de contato entre o íon potássio e o solo na fixação	58

4.6. Efeito da quantidade de potássio adicionado na fixação	59
4.7. Influência da umidade e secagem na fixação.	62
5. CONCLUSÕES	63
LITERATURA CITADA	65

LISTA DE TABELAS

	Página
1 - Localização e classificação dos solos a nível de grande grupo	23
2 - Quantidades de solo e minérios vermiculíticos nas amostras	24
3 - Análise granulométrica das amostras	27
4 - Características químicas das amostras de solos	30
5 - Alguns minerais de argila e seus espaçamentos basais respectivos	33
6 - Análise mineralógica da fração argila das amostras	38
7 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Piauí (A) com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias.	47

8 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Podzolizado Lins e Marília, variação Lins e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Piauí (A), com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias	42
9 - Análise de variância para a porcentagem de K fixado pelas amostras com doses crescentes de minério vermiculítico Piauí (A)	44
10 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Catalão (B) com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias	48
11 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Podzolizado Lins e Marília, variação Lins e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Catalão (B), com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias	49

12 - Análise de variância para a porcentagem de K fixado pelas amostras com doses crescentes de minério vermiculítico Catalão (B)	51
13 - Porcentagens relativas da quantidade de K fi- xado pelos tratamentos aos 10 dias de incuba- ção quando comparadas com os tratamentos cor- respondentes aos 20 dias de incubação, desig- nados como índice 100.....	60

LISTA DE FIGURAS

Página

1 - Difratoograma de raio-X da fração argila da amostra 09 (minério vermiculítico de Piauí)	34
2 - Difratoograma de raio-X da fração argila da amostra 17 (minério vermiculítico de Catalão)	35
3 - Difratoogramas de raio-X da fração argila da amostra 01 (Solo latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa)	36
4 - Difratoogramas de raio-X da fração argila da amostra 18 (Solo Podzolizado Lins Marília- variação Lins	37
5 - Curvas de fixação de K para o solo Podzolizado com doses crescentes de minério vermiculítico de Piauí.	45
6 - Curvas de fixação de K para o solo Latossolo com doses crescentes de minério vermiculítico de Piauí.	46
7 - Curvas de fixação de K para o solo Podzolizado com doses crescentes de minério vermiculítico de Catalão	52
8 - Curvas de fixação de K para o solo Latossolo com doses crescentes de minério vermiculítico de Catalão	53

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO POTÁSSIO EM SOLOS QUE RECEBERAM
QUANTIDADES VARIÁVEIS DE MINÉRIOS VERMICULÍTICOS

Candidata: MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI
Orientador: Ronaldo Ivan Silveira

RESUMO

A presente pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Solos da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista, SP e, teve por objetivo avaliar os efeitos da dose de potássio aplicado, do teor de argila e do tempo de contato entre o íon potássio e o solo na fixação do potássio.

Determinou-se a influência de dois minérios vermiculíticos procedentes de Catalão-Goiás e Paulistânia-Piauí, na fixação de potássio em dois solos de textura arenosa, com alta lixiviação de potássio, provenientes do município de Paraguaçu Paulista, classificados como Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins.

As amostras de terra foram coletadas no horizonte Ap, secas ao ar e misturadas com quantidades crescentes dos minérios vermiculíticos que variaram de 1,25 % a 25 % e foram

comparadas com o minério puro, incubados durante 10 e 20 dias, com doses de 50 e 100 ppm de potássio no solo.

Nas amostras de terra e nos minérios vermiculíticos foram feitas análises mineralógicas e em todas as amostras as análises químicas e físicas.

Nas amostras, foi adicionado o potássio e incubadas, por 10 e 20 dias em frascos plásticos, tapados para evitar perda de umidade.

Os resultados da porcentagem de potássio fixado pelos tratamentos foram analisados estatisticamente e, feito o estudo das interações, as seguintes conclusões foram obtidas:

1. O minério vermiculítico de Piauí fixou uma maior quantidade de potássio do que o minério vermiculítico de Catalão.

2. O comportamento dos solos variaram com o minério vermiculítico usado, sendo que o solo Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins, fixou mais potássio do que o Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa quando em mistura com o minério vermiculítico de Piauí e o Latossolo fixou mais quando em presença do minério vermiculítico de Catalão.

3. A porcentagem de potássio fixada pelos solos aumentou com o acréscimo do porcentual do minério vermiculítico de Piauí, até adquirir valores próximos à porcentagem fixada pelo minério puro. Para o minério de Catalão a fixação não variou com a quantidade do minério adicionado.

4. Em todos os tratamentos, a quantidade e a porcentagem fixada aumentou com o tempo de contato, sendo que cerca de 70 % ou mais da fixação ocorreu aos 10 dias de incubação para o minério vermiculítico de Piauí, para o minério de Catalão em torno de 40 a 70 %, o que mostra que o processo tendeu a estabilizar-se entre os períodos estudados de 10 e 20 dias.

5. Dentro de um mesmo tempo de incubação, o potássio fixado, aumentou com a dose de potássio adicionado (50 e 100 ppm), mas o porcentual fixado diminuiu, indicando a saturação das amostras com o ion potássio.

Do exposto acima pode-se concluir que existe uma variação no comportamento dos minérios vermiculíticos em relação à fixação de potássio, provavelmente dependendo de sua origem, composição e granulometria.

THE STUDY OF THE BEHAVIOR OF POTASSIUM IN SOILS THAT RECEIVED
DIFFERENT QUANTITIES OF VERMICULITIC MINERALS.

Candidate: MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Adviser: Ronaldo Ivan Silveira

SUMMARY

The experiment was carried at the Laboratory of Soils of Agricultural College of Paraguaçu Paulista, SP. The objective of this research was to study the effect of potassium levels added, clay amount and effect of time contact between potassium ion and soil in the fixing of potassium.

It was evaluated the effect of two clays minerals the first from Catalão-Goiás and the other from Paulistânia Piauí, on the potassium fixing capacity of two sandy soils, yellow red Podzolic and dark red Latosol, both occurring in the Paraguaçu Paulista municipality.

Quantities varying from 1.25 % to 25 % (weight basis) were thoroughly mixed with samples taken from the Ap horizon of the two soils. Two groups of treatments were prepared, with an application of soluble potassium one at the rate

of 50 and the other at the rate of 100 ppm, and both were in cubated for two different periods, 10 and 20 days.

Both the soil samples and vermiculitic minerals were analysed according to their mineralogical characteristic. The chemical characteristic and the particle size distribution of the sample were also determined.

Potassium was addicionated and incubated for 10 and 20 days in closed plastic recipients, in order to avoid the loss of moisture.

The results obtained were statistically analyzed. The following conclusion were obtained.

1. The vermiculitic from Piauí showed a greater potassium fixing capacity than vermiculit from Catalão.

2. The behavior of soils differed according to the vermiculitic mineral that was added. The yellow red Podzolic fixed more potassium ions than the dark red Latosol, when it was mixed to vermiculitic mineral from Piauí and the dark red Latosol fixed more when it was mixed to vermiculitic mineral from Catalão.

3. The percentage of potassium fixed by the soils increased with the percentage of vermiculitic from Piauí, approaching to the fixing capacity of the pure clay mineral. The vermiculitic from Catalão did not show any variation according to the amount of clay added.

4. The amount and the percentage of fixed potassium increased with the time of incubation of the treatments.

5. For a given incubation period (10 a 20 days) the amount of potassium fixed (ppm) increased with the rate of potassium added, but the fixed potassium percentage decreased, indicating that the samples were probably saturated with the potassium ions.

The ability of fixing potassium of vermiculite minerals varied according to their origin, composition and the particle sizes.

1. INTRODUÇÃO

O potássio é considerado o segundo elemento em concentração na matéria seca das plantas, quando se consideram os nutrientes minerais essenciais.

As produções mais altas são obtidas, quando as exigências de potássio e dos demais nutrientes da planta são totalmente atendidas.

Com o crescente aumento populacional há uma maior demanda de alimentos, fibra e energia e, então a procura de uma produção máxima deve ser o principal objetivo. Para que esta meta seja atingida, a adubação potássica terá um papel cada vez mais importante e, portanto devemos nos aprimorar afim de minimizar as perdas de potássio por lixiviação.

Dentre os nutrientes o potássio é o segundo mais utilizado no Brasil. O consumo de cloreto de potássio em 1985 foi de 1,7 milhão de tonelada, sendo esta demanda atendida inteiramente por importação de adubo. O Brasil constitui-se num dos maiores importadores mundiais de cloreto de potássio e, estima-se que este ano o Brasil aplicará cerca de US\$ 160 milhões nesta importação.

O potássio tem muitas funções na bioquímica e fisiologia da planta. É um ativador enzimático e atua na abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência a seca, geada e salinidade.

Nas partes vegetativas da planta produz uma maior área foliar, maior densidade de clorofila e maior succulência das folhas, sugerindo melhores condições para a fotossíntese (BERINGER, 1982).

O potássio tem sido há muito tempo considerado o elemento de qualidade em nutrição de plantas, pois aumenta o conteúdo de proteína bruta, maior reserva de carboidratos nas plantas, aumenta a produção de óleo, minerais e vitaminas, a qualidade física e a aparência das frutas e verduras.

Em vista do exposto, do alto consumo e da alta lixiviação e, aliado à existência de jazidas de minérios no Brasil, que pode ser utilizado no melhoramento de solos arenosos. com alta lixiviação, modificando suas condições físicas e químicas e, aumentando a retenção de potássio, foi realizado o presente trabalho, em condições de laboratório, com o objetivo de estudar:

1. O efeito na fixação de potássio no solo, causado por doses crescentes de minérios vermiculíticos.
2. A diferença no comportamento de dois minérios vermiculíticos na fixação de potássio.
3. A influência do tempo de contato entre o íon potássio e o solo, na fixação de potássio.
4. A correlação entre os teores de potássio adicionado e a fixação de potássio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O potássio no solo

O potássio total no solo é encontrado em quatro formas de acordo com Ritchey (1979) citado por LOPES (1982), a saber: (a) potássio que ocorre como um componente estrutural de minerais tais como micas e feldspatos potássicos e, que se torna disponível apenas quando estes minerais são decompostos; (b) potássio temporariamente "fixado" entre lâminas de argilas expansivas; (c) potássio facilmente trocável por um sal neutro, não tamponado e dá uma pequena quantidade de potássio presente na solução do solo.

De acordo com Black (1967), citado por BRAGA e YAMADA (1984), as diferentes forças com que o potássio se adsorve aos minerais secundários do solo permitem classificá-lo quimicamente em não-trocável, trocável e solúvel em água. Deses parâmetros, o K trocável, é o mais utilizado no estudo da fertilidade do solo.

Goedert (1973), citado por LOPES (1982), diz ser o potássio total de um solo constituído, principalmente, pelo potássio estrutural (90 a 98 %); o potássio trocável nas diferentes formas contribui para o potássio total com 2 a 8 % e o potássio na solução do solo com 0,1 a 0,2 %.

Tisdale e Nelson (1975), citados por LOPES (1982) classificam as formas de potássio existentes no solo em potássio não disponível; potássio prontamente disponível. O potássio não disponível refere-se ao potássio estrutural dos minerais primários não intemperizados ou ligeiramente intemperizados, minerais secundários (ilita, vermiculita, clorita) e minerais interestratificados em que dois ou mais destes tipos de minerais secundários, ocorrem em arranjo mais ou menos ao acaso, na mesma partícula. O potássio lentamente disponível refere-se àquele potássio disponível (trocável ou em solução), que é "fixado" ou retido entre as camadas de certas argilas expansivas.

2.2. O equilíbrio do potássio no solo

A relação entre o potássio liberado e o potássio fixado, resultando num equilíbrio de várias formas de potássio no solo, tem recebido atenção de muitos pesquisadores. O estágio de intemperização, tipos e quantidades de minerais primários e secundários que contém potássio, tem sido sugerido co

mo fatores que afetam, o nível de equilíbrio de potássio (DOWDY e HUTCHESON, 1963).

Nos solos, a maior parte do potássio disponível é retido na forma trocável no complexo de troca. A atividade dos ions potássio na solução do solo depende primeiramente da quantia de potássio no complexo de troca. Existe uma ampla evidência, mostrando o equilíbrio do solo. Existe, também um equilíbrio entre o potássio trocável e o potássio fixado, sendo este estabelecido mais lentamente. Então a proporção de potássio no estado fixado pode aumentar pelas aplicações repetidas de fertilizantes potássicos e ser reduzido pelos cultivos contínuos, devido a tendência para se manter o equilíbrio (MATTHEWS e BECKETT, 1962).

Segundo DENNIS e ELLIS (1962), a fixação e a liberação de potássio no solo parece ser um processo de equilíbrio. Em experimentos realizados, a fixação aumentou com o aumento de potássio solúvel.

2.3. O potássio fixado

2.3.1. Aspectos gerais da fixação

Tem-se verificado, em numerosos solos, que uma parte do potássio adicionado na forma de um sal solúvel não é recuperada por extração com reagentes usuais de troca catiônica.

ca. Diz-se, neste caso, que o potássio é fixado ou que ocorre o fenômeno de fixação de potássio (GAMA, 1961).

A fixação do potássio tem recebido considerável atenção, devido a importância da disponibilidade do potássio para as plantas. A fixação do potássio é muito influenciada pela mineralogia da argila, e é favorecido pela ocorrência de vermiculita, micas hidratadas e montmorilonitas (ARIFIN et alii, 1973; CARSON e DIXON, 1972; DEMUMBRUM, 1958; DEMUMBRUM e HOOVER, 1958; McLEAN e BRYDON, 1971).

A fixação de potássio é um fenômeno comum, e a intensidade depende da quantidade e da natureza das argilas presentes nos solos (DOWDY e HUTCHESON, 1963; BRADY, (1983) e também da umidade do solo (DEMUMBRUM e HOOVER, 1958).

A fixação de potássio nos solos e a relação com a mineralogia de argila tem sido objeto de numerosas investigações (McLEAN, 1963 e WELTE e NIEDERBUDDE, 1965). A ligação da fixação do potássio tem sido estabelecida com um mineral de argila, a vermiculita (DENNIS e ROSCOE, 1962).

De acordo com BRADY (1983), a vermiculita nos solos fixa uma quantia considerável de potássio. RAFAHI (1980) conclui que existe uma correlação positiva entre o potássio fixado e o conteúdo de vermiculita.

BARSHAD (1954), estudando o mecanismo da fixação do potássio nos solos, verificou que uma grande quantia de potássio era fixado pela vermiculita.

Rich (1968), citado por BITTENCOURT e SAKAI (1975) concluiu que tanto a vermiculita como a mica apresentam cargas de alta seletividade para o K e, dependendo das condições podem fixar o elemento com maior ou menor intensidade.

Van DER MAREL (1954), em trabalhos realizados em solos de Dutch, verificou que as camadas expandidas dos silicatos, cujo espaçamento basal era de 15 ou 16⁰Å, foram os responsáveis pela fixação de potássio nos solos.

ATTOE (1948) em solos de Wisconsin, observou que a fixação é comum, principalmente se houvesse excesso de potássio na solução do solo. STANFORD et alii (1948), fez observações similares.

DENIS E e ELLIS (1962), estudaram a influência de diferentes níveis de potássio adicionado no equilíbrio do potássio na solução do solo, potássio trocável e potássio fixado pela vermiculita e, concluíram que as argilas do tipo 2:1 fixam potássio entre suas lâminas em secagem.

Em presença de vermiculita, de ilita e de outros minerais do tipo 2:1, o potássio de alguns fertilizantes como o cloreto de potássio, torna-se fixado por estes colóides. Os ions potássio se encaixam nas intercamadas das unidades cristalográficas destas argilas expansivas e, tornam-se parte integrante do cristal. Desta forma, este potássio não se acha prontamente assimilável pelos vegetais, atuando assim como um reservatório de potássio assimilável, devido o equilíbrio com as outras formas (BRADY, 1983).

ARIFIN et alii (1973), estudando a fixação de potássio, em diversas argilas, conclui que todas elas mostraram capacidade para fixar o potássio. A quantidade fixada foi positivamente correlacionada com a quantidade de potássio aplicada.

Em pesquisas realizadas em laboratório, Amu (1969) citado por BARBER (1979), encontrou vários solos de Kericho, no Kenya, que fixou 50 % e ocasionalmente 100 % do potássio aplicado para 100 mg kg^{-1} .

DEMUMBRUM (1958), em trabalhos realizados em Mississippi, verificou a presença suficiente de vermiculita para causar a fixação de potássio nestes solos.

Em experimentos realizados, RICHARDS e McLEAN (1963), concluíram que a vermiculita tratada com potássio fixou mais que outros minerais de argila, sendo que houve variações nos tratamentos secos ao ar e em estufas, com a adição de 10 meq K, 62 e 71 % do potássio adicionado foi fixado, respectivamente, para tratamentos secos ao ar e em estufas.

DEMUMBRUM e HOOVER (1958) relataram que a vermiculita seca, em estufa, causou quase 100 % de fixação para 10 meq K/100 g argila.

Existe muita controvérsia, na literatura, sobre o efeito que a fixação do potássio exerce no aproveitamento do potássio no solo. Em muitos casos este fenômeno tem sido visto com certo interesse devido o efeito causado na redução da disponibilidade para as culturas do potássio aplicado como fertilizantes. Entretanto, BRAY e DE TURK (1938) e outros, consideraram esta fixação benéfica, porque o potássio fixado não está sujeito a lixiviação e pode tornar-se disponível às plantas sob condições adequadas.

ATTOE (1948), considerou que o potássio fixado serve como um reservatório de potássio para as plantas, e que esta fixação serve para evitar perdas por lixiviação e prevenir o consumo de luxo pelas plantas.

De acordo com AHMAD e DAVIS (1970), a extensão da fixação e a distribuição do potássio disponível entre a forma trocável e solúvel é importante, pois afeta a eficiência do uso do potássio aplicado como fertilizante.

2.3.2. Fixação e liberação do potássio

A fixação de potássio pelos solos tem recebido considerável atenção, devido seus efeitos na disponibilidade do potássio para as plantas e, tem sido demonstrado que a fixação e a liberação do potássio estão diretamente relacionadas com a mineralogia de argila dos solos. Segundo JOFFE e LEVINE (1946), desde que a fixação do potássio em solos é um fenômeno comum, o problema da liberação do elemento disponível é também de grande importância.

Segundo RICHARDS e McLEAN (1963), o mineral de argila pode variar consideravelmente na extensão da fixação e liberação de potássio, de acordo com as condições sob as quais foi desenvolvido.

A magnitude da fixação e da liberação de potássio parece estar diretamente relacionado com a mineralogia da argila. (DOWDY e HUTCHESON, 1963).

REITEMEIR (1951), sugeriu que a fixação ou a liberação do potássio pode ocorrer em solos secos. Geralmente, a fixação ocorre, quando os níveis iniciais de potássio trocável são altos e a liberação ocorre quando os níveis iniciais são baixos.

Cook e Hutcheson (1960), citados por DOWDY e HUTCHESON (1963), em estudos realizados em seis amostras de solo seco ao ar, mostraram que houve liberação de potássio, quando o solo foi lavado com solução neutra de acetato de amônio 1N e o nível de potássio trocável menor que 0,5 meq K/100 g solo, e que houve a fixação quando o nível de potássio trocável era maior que 0,5 meq K/100 g solo.

BRAY e DE TURK (1938), em pesquisas realizadas com solos de Illinois, onde o teor de potássio trocável era baixo, concluiu que poderia haver fixação de potássio original ou adicionada, e que os solos, cujos teores de potássio trocável eram altos, poderia haver liberação do potássio.

Resultados discordantes foram obtidos por SCOTT et alii (1957). Eles mostraram que para ocorrer a fixação do potássio era necessário um alto nível do mesmo, e que com um nível inicial de potássio trocável baixo houve a liberação do elemento.

Com experimentos realizados em vasos, Bartholomeu e Jansen (1931), citados por JOFFE e LEVINE (1946), observaram que parte do potássio não disponível, foi mais tarde utilizados pelas plantas.

O conteúdo de potássio trocável, fixação, o teor de potássio nas culturas e a porcentagem de recuperado foi estudado em cultura de cevada por ATTOE (1948). Este concluiu que cerca de 76 % a 98 % do potássio aplicado foi recuperado pelas culturas, durante dois anos de cultivo, embora uma considerável quantia de potássio tenha sido fixado. Com base nestes resultados, concluiu ser o potássio fixado um processo não totalmente prejudicial, embora ocorra uma redução temporária no potássio disponível. Este potássio fixado seria então considerado como um reservatório.

2.3.3. Influência da secagem e umedecimento na fixação

Tem sido estabelecido por diversos autores que o processo de fixação do potássio no solo varia de acordo com o secamento e umedecimento do solo. VOLK (1934), concluiu que embora a fixação possa acontecer em solo úmido, ela dá-se sobretudo em condições de secagem. REITEMEIR (1951), sugeriu que a fixação e a liberação de potássio pode ocorrer em solos secos.

RANEY e HOOVER (1946), estudaram a fixação do potássio em solos de Susguhama, Mississippi e observaram que a fixação foi incrementada com o secamento dos solos, e que alta concentração de potássio na solução do solo favoreceu a fixação.

De acordo com WEAR e WHITE (1951), é um assunto controvertido se o secamento do solo ou do mineral de argila é necessário ou não para que haja a fixação. Entretanto, numerosos trabalhos mostram que pequenas quantias de potássio são fixadas em solos ou mineral de argilas umedecidos. A quantia de potássio fixada sob esta condição é pequena, comparado com a quantidade fixada quando o complexo de troca é saturado com potássio e o solo ou mineral de argila é seco.

Em experimentos realizados por SCOTT et alii (1957), observaram que quando uma quantidade média de cloreto de potássio foi adicionada, ocorreu a fixação ou a liberação do potássio, dependendo do nível de umidade do solo e, concluiu que para estabelecimento de um equilíbrio de potássio no solo é importante definir o grau de secamento do mesmo. Isto indicou então que um solo pode ter diferenças no equilíbrio sobre diferentes condições de umidade.

Em solos de Ontário, MATHEUS e SHERRELL (1960), notaram que a constante de equilíbrio era de $1,11 \pm 0,12$ % de potássio sacurando o complexo de troca sem considerar o tipo de

solo. Observaram que solos secos fixaram potássio, se o percentual de saturação em potássio era maior de 1,11 e liberaram se o percentual de saturação era menor do que 1,11.

Numerosos trabalhos têm associado a fixação e a liberação de potássio para diferentes níveis de umidade com a presença de certos minerais de argila. DEMUMBRUM e HOOVER (1958), relataram que a vermiculita fixa grande quantidade de potássio adicionado sob condições de umidade, e que teve uma fixação adicional com o secamento.

MARTINI e SUAREZ (1977), trabalharam com ciclos sucessivos de umidade e secamento, em solos da Costa Rica, concluíram que quando os solos foram incubados sob contínua condição de umidade favoreceu a fixação do potássio trocável, e que quando incubados sob ciclos de umidade e secamento, resultou numa liberação do potássio não trocável.

A secagem do solo, mesmo em temperatura inferior a 100°C , pode intensificar a fixação pelo aumento da concentração de potássio, na solução do solo em torno da partícula de argila MIELNICZUK (1982).

2.3.4. Influência do tempo e da concentração na fixação

Em experimentos conduzidos por Von AMBERGER et alii (1974), em vasos, por um período de três anos, foi evidenciado a influência do tempo na quantidade de potássio fixado. Concluíram que a maior parte do potássio adicionado foi fixado imediatamente dentro de poucas semanas após a aplicação. A quantidade de potássio trocável não aumentou, marcadamente, até que uma aplicação mais alta de potássio fosse realizada, e o potássio trocável aumentou significativamente com uma redução na fixação.

AHMAD e DAVIS (1970), conduziram pesquisas com solos de Trinidad e verificaram que os valores de potássio fixado flutuou de mês para mês, mas a análise de variância indicou que em ambos os tempos a concentração de potássio adicionada foi altamente significativa, causando a fixação. Apesar da fixação aumentar com a concentração, em percentual, a fixação teve tendência para decrescer com o aumento da concentração.

Segundo BARBER (1979), todos os solos mostram uma tendência de aumento na quantidade de potássio fixado com o incremento na taxa de potássio aplicado e a fixação aumentou com o aumento no conteúdo de argila dos solos.

2.3.5. Influência do pH na fixação

Na literatura, encontra-se relatos de que a adição de calcário no solo estimula a fixação do potássio. Macintire et alii (1936), citado por JOFFE e LEVINE (1947), verificando o efeito do cálcio e do magnésio, concluíram que a adição de calcário aumentou a fixação.

HARRIS (1937), relatou que o óxido de cálcio hidratado aumentou a quantidade de potássio fixada, e além disso uma maior fixação ocorreu com valores de pH mais alto. Observações semelhantes foram feitas por Gilligan (1938), citado por JOFFE e LEVINE (1947), onde a fixação de potássio aumentou com o aumento da saturação em cálcio e aumento do pH.

AYRES (1941), em estudos realizados em solos da Costa Hilo, Havai, mostrou que mais potássio entram para o complexo de troca com o aumento do pH, então mais potássio é disponível para a fixação e conseqüentemente mais potássio é fixado.

Estudando o potássio em três solos do Estado de São Paulo BITTENCOURT e SAKAI (1975), concluíram que a adição de CaCl_2 ou de Ca(OH)_2 aos solos de uma maneira não uniforme ocasiona uma maior liberação de potássio, e notaram um efeito mais pronunciado do pH sobre o deslocamento de potássio das

formas trocáveis do que, propriamente, do poder de substituição do cálcio.

De acordo com MIELNICZUCK (1982), os solos ácidos, mesmo com minerais do tipo 2:1, fixam menos potássio devido à formação de depósitos de hidróxidos de Al ou Fe entre as camadas, o que impede até certo ponto o fechamento destas. Esta conclusão confirma os resultados obtidos por STANFORD (1947), onde observou que a presença de H, Fe e Al em solos ácidos, sob condições de umidade, diminuía a fixação de potássio.

A presença de hidróxido de alumínio ou ferro nas intercamadas poderá inibir a fixação de potássio pelas argilas do solo, mas poderá permitir a remoção de potássio das posições das cunhas por cations de tamanho semelhante como o NH_4 (RICH, 1960).

Duchanfour (1970), citado por RAFAHI (1980) e BRADY (1974), mostrou que uma elevação no pH e a abundância de calcário nos solos, favorecia a fixação.

2.3.6. Efeito da CTC na fixação

Há uma certa evidência da influência da CTC na fixação do potássio. Truog e Jones (1938), citados por JOFFE e LEVINE (1947), relataram que o decréscimo na capacidade de troca catiônica foi equivalente à quantia de potássio fixado. Entretanto, isto não foi evidenciado pelos trabalhos de JOFFE e KOLODNY (1938), que encontraram, em geral, uma redução na capacidade de troca, quando a fixação ocorreu, mas não notaram uma equivalência entre este decréscimo e a fixação.

ARIFIN et alii (1973), em pesquisas realizadas em diversos solos dos Estados Unidos, estudando a capacidade de fixação das argilas, onde a fixação variou de 1.135 mg K/100 g até 2.225 mg K/100 g, concluíram que em alguns solos não houve correlação entre a fixação de potássio e a CTC, e que em outros solos a fixação foi duas ou três vezes maior do que a CTC, e em outros foi menor que a CTC. Então não pode com estes experimentos estabelecer uma correlação entre fixação e CTC.

AHMAD e DAVIS (1970), trabalhando com solos de Trinidad, concluíram que os solos começaram a fixar potássio para uma concentração de potássio equivalente a 3 % da CTC, e isto não foi condizente com os resultados obtidos por MOSS (1963), onde foi necessário 62 % de saturação em potássio no complexo de troca para que houvesse a fixação.

2.3.7. A influência de outros elementos na fixação

Tem sido muito destacado a influência de outros íons na fixação do potássio. É conhecida a afinidade dos íons potássio e NH_4 no fenômeno da fixação estando, geralmente, estabelecido que estes íons são fixados pelo mesmo mecanismo. (REITMEIER, 1951; STANFORD e PIERRE, 1946; HANWAY et alii, 1957). A fixação prévia de NH_4 pode contrariar ou mesmo anular a fixação de potássio. STANFORD e PIERRE (1946), em estudos realizados num solo franco-argilo-limoso, mostraram que as quantida - des de potássio fixado em amostras contendo níveis diferentes de amônio fixado, eram inversamente proporcionais a estes ní - veis.

STANFORD e PIERRE (1947), trabalhando em solos de Iowa, encontraram correlação significativa entre a capacida - de de fixação do íon potássio e do íon amônio em estado de umi - dade. Barshad (1948), citado por WEAR e WHITE (1951), em seus experimentos mostrou que somente parte do potássio adsorvido pe - la vermiculita foi substituído pelo íon amônio.

DENNIS e ELLIS (1962), estudaram a fixação e o equilíbrio de potássio pela vermiculita saturada com sódio e cálcio, e concluíram que o potássio solúvel em água foi muito grande e o potássio trocável menor para o sistema saturado com

cálcio. Para um dado nível de potássio, a quantidade de potássio fixada foi muito maior, quando o cálcio foi o cation complementar.

Foi demonstrado o efeito do ânion acompanhante na fixação do potássio. DE TURK et alii (1943) demonstraram que a fixação é incrementada, quando KH_2PO_4 era adicionada ao solo ao invés do KCl. Já AHMAD e DAVIS (1970), concluíram que a fixação não foi significativamente afetada pelos anions Cl ou PO_4 , mas quando se usou SO_4 e NO_3 resultou comparativamente numa menor fixação. O KNO_3 foi associado com uma maior concentração de potássio solúvel em água.

Um outro elemento importante do solo, que tem mostrado efeitos na fixação do potássio, é a matéria orgânica. Gourley e Wanter (1939); Sturgis e Moore (1939) e Walker e Sturgis (1940), citados por JOFFE e LEVINE (1947), conduziram experimentos em condições de campo e, concluíram que a matéria orgânica exerce efeito depressivo na fixação. Isto pode ser explicado com base na competição entre a matéria orgânica e a fração mineral dos solos para os cations trocáveis, neste caso o potássio. Devido a sua alta CTC, a matéria orgânica compete e desvia uma quantia considerável de potássio da fração mineral.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solos

Foram utilizadas amostras do horizonte superficial (Ap) de dois solos, do município de Paraguaçu Paulista, SP compreendido entre as coordenadas geográficas médias de: latitude $22^{\circ}24'53''S$, longitude $50^{\circ}34'35''W$ e altitude 505 m.

Os solos empregados foram coletados, de uma camada de 0-20 cm de profundidade evitando-se obter amostras de áreas adubadas ou que tenha sido submetidas a outras práticas culturais.

As amostras foram secadas ao ar e passadas através de peneiras de 2 mm de malha.

A classificação dos solos assim como sua localização são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Localização e classificação dos solos a nível de grande grupo.

Número da amostra	Localidade	Ordem	Grande Grupo (Comissão de Solos)
01	Paraguaçu Paulista	Oxissol	Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa (LVE-fase arenosa)
18	Paraguaçu Paulista	Alfissol	Podzolizado de Lins e Marília, variação Lins (SPLM-variação Lins)

Utilizou-se dois minérios de argila de grade 2:1, com predominância de vermiculita, um procedente do município de Catalão, estado de Goiás, e outro do município de Paulistânia, estado do Piauí. Os minérios foram finamente moídos e passados através de peneira 270 com 0,053 mm de abertura.

Os dois solos receberam quantidades variáveis dos minérios vermiculíticos, obtendo-se amostras homogeneizadas para cada dosagem de solo e minério. Os teores das misturas acham-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidades de solo e minérios vermiculíticos nas amostras.

Número da amostra		Solo e minério vermiculítico %
01	100 %	LVE - fase arenosa
02	98,75 %	LVE + 1,25 % min. vermiculítico A
03	97,50 %	LVE + 2,50 % min. vermiculítico A
04	95,00 %	LVE + 5,00 % min. vermiculítico A
05	90,00 %	LVE + 10,00 % min. vermiculítico A
06	85,00 %	LVE + 15,00 % min. vermiculítico A
07	80,00 %	LVE + 20,00 % min. vermiculítico A
08	75,00 %	LVE + 25,00 % min. vermiculítico A
09	100 %	minério vermiculítico A
10	98,75 %	LVE + 1,25 % min. vermiculítico B
11	97,50 %	LVE + 2,50 % min. vermiculítico B
12	95,00 %	LVE + 5,00 % min. vermiculítico B
13	90,00 %	LVE + 10,00 % min. vermiculítico B
14	85,00 %	LVE + 15,00 % min. vermiculítico B
15	80,00 %	LVE + 20,00 % min. vermiculítico B
16	75,00 %	LVE + 25,00 % min. vermiculítico B
17	100 %	minério vermiculítico B
18	100 %	SPLM - variação Lins
19	98,75 %	SPLM + 1,25 % min. vermiculítico A
20	97,50 %	SPLM + 2,50 % min. vermiculítico A

Continua

Tabela 2 - Continuação

Número da amostra	Solo e minério vermiculítico	
		%
21	95,00 %	SPLM + 5,00 % min. vermiculítico A
22	90,00 %	SPLM + 10,00 % min. vermiculítico A
23	85,00 %	SPLM + 15,00 % min. vermiculítico A
24	80,00 %	SPLM + 20,00 % min. vermiculítico A
25	75,00 %	SPLM + 25,00 % min. vermiculítico A
26	98,75 %	SPLM + 1,25 % min. vermiculítico B
27	97,50 %	SPLM + 2,50 % min. vermiculítico B
28	95,00 %	SPLM + 5,00 % min. vermiculítico B
29	90,00 %	SPLM + 10,00 % min. vermiculítico B
30	85,00 %	SPLM + 15,00 % min. vermiculítico B
31	80,00 %	SPLM + 20,00 % min. vermiculítico B
32	75,00 %	SPLM + 25,00 % min. vermiculítico B

A - minério vermiculítico de Paulistânia, Piauí.

B - minério vermiculítico de Catalão, Goiás.

3.2. Determinação das características físicas e químicas das amostras

3.2.1. Análise granulométrica

As amostras de terra após receberem quantidades variáveis do minério foram analisadas no laboratórios de Solos do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", sendo utilizado o método da pipeta descrito por KILMER e ALEXANDER (1949), empregando-se como dispersante uma solução de hexametáfosfato de sódio a 5 %. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

3.2.2. Análise química das amostras para fins de fertilidade

A reação do solo (pH) foi determinada potenciométricamente em suspensão 1:2,5 de solo com CaCl_2 0,01 M e H_2O ; o carbono orgânico pelo método de Walkley e Black, como descrito por JACKSON (1976); a matéria orgânica, pela multiplicação do teor de carbono orgânico pelo fator 1,724; o fósforo solúvel pelo método colorimétrico após extração com H_2SO_4 0,05 N ; o potássio trocável foi determinado por fotometria de chama, após extração com H_2SO_4 0,05 N; o cálcio e o magnésio trocáveis por titulação com EDTA 0,01 M após extração com KCl 1 N; o alumínio trocável por titulação com NaOH 0,02 N, após extração com KCl 1 N; a acidez potencial por titulação com NaOH 0,02 N, após ex-

Tabela 3 - Análise granulométrica das amostras.

Número da amostra	Argila	Areia total	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte
01	9,6	80,0	0,1	1,1	20,8	46,6	11,4	10,4
02	10,7	79,3	0,1	1,2	19,9	46,5	11,6	10,0
03	11,0	78,5	0,2	1,1	20,0	46,6	10,6	10,5
04	11,3	77,7	0,0	1,1	19,9	45,9	10,8	11,0
05	11,6	73,3	0,0	0,9	19,2	42,6	10,6	15,1
06	11,8	69,0	0,0	0,7	17,8	40,2	10,3	19,2
07	11,5	66,9	0,0	1,1	17,7	38,7	9,4	21,6
08	11,6	69,0	0,2	0,9	17,3	38,0	12,6	19,4
09	14,7	51,5	0,0	0,3	0,5	28,8	21,9	33,8
10	11,6	80,4	0,1	1,2	22,7	45,9	10,5	8,0
11	11,8	78,2	0,2	1,1	20,7	45,2	11,0	10,0
12	12,4	77,3	0,0	1,1	20,9	45,1	10,2	10,3
13	13,1	72,7	0,2	1,3	19,4	42,9	8,9	14,2
14	13,7	69,5	0,2	0,9	19,3	41,6	7,5	16,8

Continua

Tabela 3 - Continuação.

Número da amostra	Argila	Areia total	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte
15	14,1	65,2	0,1	0,9	17,3	39,1	7,8	20,7
16	14,8	62,7	0,1	0,9	17,5	35,8	8,4	22,5
17	15,4	58,9	0,0	1,1	11,3	35,9	10,6	25,7
18	6,0	84,7	0,0	0,3	4,9	62,5	17,0	9,3
19	6,3	82,0	0,2	0,2	5,2	65,2	11,2	11,7
20	6,8	80,3	0,1	0,2	5,9	64,4	9,7	12,9
21	8,4	79,1	0,2	0,3	4,8	59,1	14,7	12,5
22	8,6	78,1	0,0	0,3	4,0	59,0	14,8	13,3
23	9,4	72,6	0,0	0,2	4,2	53,7	14,5	18,0
24	10,3	68,5	0,2	0,2	3,6	57,7	6,8	21,2
25	11,2	65,7	0,2	0,3	3,5	53,8	7,9	23,1
26	4,8	82,2	0,2	0,2	4,6	68,8	8,4	13,0
27	6,4	81,3	0,2	0,3	5,3	62,5	13,0	12,3
28	6,8	80,9	0,2	0,2	4,9	62,0	13,6	12,3
29	6,9	77,9	0,2	0,3	5,0	61,4	11,0	15,2
30	7,3	73,0	0,2	0,2	4,5	59,7	8,4	19,7
31	8,4	69,8	0,2	0,2	4,4	57,7	7,3	21,8
32	8,6	67,7	0,4	0,2	4,3	51,4	11,4	23,7

tração com acetato de cálcio 1 N, pH 7,0, de acordo com CATANI e JACINTHO (1974). A CTC ao pH 7,0 resultou da soma de cátions trocáveis (S) mais a acidez potencial ($H + Al$). A saturação em bases pela divisão da soma de bases pela CTC, multiplicada por 100. Os resultados das análises são apresentadas na Tabela 4.

3.3. Análise mineralógica da fração argila

Na determinação mineralógica das argilas silica-
tadas das amostras de solo e dos minérios, procedeu-se confor-
me os métodos discutidos por JACKSON (1956).

Utilizou-se 30 g de TFSA da amostra, as quais foram submetidas a diferentes tratamentos até a obtenção das argilas cristalinas, em condição de serem analisadas por difratometria de raio-X.

Os tratamentos constaram da remoção dos sais solúveis e cations bivalentes trocáveis com uma solução tampão de acetato de sódio 1 N pH 5,0. A matéria orgânica e os óxidos de manganês livres foram removidos com peróxido de hidrogênio a 30 % e para remoção dos óxidos de ferro livres empregou-se ditionito, citrato e bicarbonato de sódio que agem como redutor, quelante e tampão, respectivamente.

Tabela 4 - Características químicas das amostras de solos.

Número da amostra	pH H ₂ O	pH CaCl ₂ 0,01 ² M	M.O.	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺³	H+Al	S	CTC	V %
01	6,4	5,1	1,03	0,40	0,12	1,44	0,50	0,10	3,00	2,06	5,06	40,71
02	7,1	6,3	1,02	0,42	0,24	2,08	2,00	0,09	2,33	4,32	6,65	64,96
03	7,3	6,9	0,93	0,45	0,32	2,68	2,29	-	2,53	5,29	7,82	67,64
04	7,8	7,3	0,87	0,48	0,50	3,45	4,02	-	2,53	7,97	10,50	75,90
05	7,7	7,5	0,90	0,50	0,70	5,25	7,68	-	2,36	13,63	15,99	85,24
06	7,8	7,6	0,93	0,58	0,74	6,45	11,17	-	2,32	18,36	20,68	88,78
07	7,9	7,7	0,98	0,60	0,90	7,57	14,93	-	2,56	23,40	25,96	90,13
08	7,9	7,7	0,88	0,66	0,90	9,00	19,58	-	2,32	29,48	31,80	92,70
09	7,9	7,4	0,40	0,50	1,38	21,13	75,00	-	0,86	97,51	98,37	99,12
10	6,6	5,6	0,88	0,47	0,08	1,57	0,85	0,10	3,12	2,50	5,62	44,48
11	6,4	5,6	1,10	0,55	0,08	1,41	1,35	0,10	3,32	2,84	6,16	46,10
12	6,5	6,0	1,08	0,67	0,10	1,43	3,40	0,10	3,64	4,93	8,57	57,52
13	6,6	6,3	1,08	0,77	0,12	1,49	5,70	0,10	3,78	7,31	11,09	65,91
14	6,7	6,4	1,10	0,80	0,13	1,46	7,76	0,09	3,52	9,35	12,87	72,64
15	6,8	6,6	1,08	0,81	0,14	1,60	7,90	0,09	3,64	9,64	13,28	72,59
16	7,0	6,7	0,98	0,81	0,15	1,50	9,44	0,08	3,25	11,09	14,34	77,33

Continua

Tabela 4 - Continuação.

Número da amostra	pH H ₂ O	pH CaCl ₂ 0,01 ^M	M.O.	PO ₄ ³⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺³	H + Al	S	CTC	V
												%
e.mg/100 g de solo												
17	7,3	6,9	0,82	0,77	0,21	1,92	36,14	0,08	1,90	38,27	40,17	95,27
18	4,8	4,3	0,56	0,17	0,20	0,83	0,25	0,19	2,40	1,28	3,68	34,78
19	6,4	5,8	0,67	0,26	0,36	1,34	1,37	0,08	3,58	3,07	6,65	46,16
20	6,6	6,4	0,67	0,31	0,46	1,92	2,62	0,08	3,20	5,00	8,20	60,97
21	7,3	7,0	0,72	0,37	0,73	2,86	4,16	0,08	3,10	7,75	10,85	71,42
22	7,5	7,3	0,70	0,49	1,08	4,30	7,69	0,07	2,36	13,07	15,43	84,70
23	7,8	7,5	0,72	0,57	1,24	5,52	12,83	0,05	2,30	19,59	21,89	89,49
24	7,8	7,6	0,72	0,60	1,57	6,50	15,58	0,03	1,16	23,65	24,81	95,32
25	7,8	7,7	0,70	0,61	1,60	8,24	19,90	0,03	1,10	29,74	30,84	96,43
26	5,6	5,0	0,75	0,36	0,20	0,84	0,95	0,18	2,40	1,99	4,39	45,33
27	6,0	5,2	0,72	0,47	0,21	0,92	1,29	0,18	2,70	2,42	5,12	47,26
28	7,2	5,7	0,77	0,64	0,22	0,93	2,30	0,13	2,60	3,45	6,05	57,02
29	7,3	6,0	0,70	0,72	0,23	0,85	5,80	0,10	2,70	6,88	9,58	71,81
30	7,6	6,2	0,72	0,79	0,23	0,90	6,20	0,07	2,58	7,33	9,91	73,96
31	7,5	6,4	0,72	0,80	0,23	1,00	8,26	0,05	2,56	9,49	12,05	78,75
32	7,6	6,6	0,72	0,83	0,23	1,09	10,56	0,05	2,56	11,88	14,44	82,27

Para a dispersão e fracionamento das amostras separou-se as partículas maiores de 50μ (fração areia total) com um tamis de 0,05 mm de malha, utilizando como dispersante uma solução de carbonato de sódio pH 9,5. Deixou-se sedimentar o silte de acordo com a Lei de Stokes (TEIXEIRA MENDES, 1972) para depois sifonar a fração argila.

A fração argila obtida da amostra, foi saturada com potássio ou magnésio para a análise qualitativa. Procedeu-se a sucessivas lavagens com água, etanol e acetona até a eliminação total do cloreto. Posteriormente uma certa porção de argila saturada transferiu-se para lâminas de vidro no caso das amostras saturadas com potássio, foram aquecidas a 350°C e 550°C durante duas horas. As amostras saturadas com magnésio foram glicoladas (glicerol a 10 % em solução alcoólica).

As lâminas saturadas com potássio a temperatura ambiente e as aquecidas (350°C e 550°C), bem como as saturadas com magnésio (glicoladas), foram irradiadas no aparelho de raio-X tubo de cobalto no intervalo de $2-32^{\circ} 2 \theta$.

3.3.1. Reconhecimento dos minerais de argila

Uma vez obtidos no aparelho de raio-X os difratogramas das amostras, a temperatura ambiente, aquecidas e glicoladas, foi feita a identificação dos minerais componentes da

fração argila mediante a determinação dos espaços interplanares (distância basal). Na Tabela 5 ilustram-se os valores obtidos para alguns minerais de argila submetidos a diversos tratamentos de acordo às especificações de Lucas et alii (NEVES, 1968).

Tabela 5 - Alguns minerais de argila e seus espaçamentos basais respectivos.

Minerais	Espaçamentos basais				
	Saturação com K			Satura- ção com Mg gli- colada	Outros es- paçamentos saturação com K
	Natural (25 ⁰ C)	Aquecido			
		350 ⁰ C	550 ⁰ C		
Caulinita	7,2 Å	7,2 Å	-	7,2 Å	3,5 Å
Ilita	10 Å	10 Å	10 Å	10 Å	5,0-3,3 Å
Montmorilo- nita	12-14 Å	10 Å	10 Å	17 Å	5,1-3,05 Å
Vermiculita	12-14 Å	10 Å	10 Å	14 Å	5,0-3,2 Å

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam-se os difratogramas das amostras de argila e dos solos após ter sido submetidas aos diversos tratamentos e irradiações com raio-X.

Figura 1 - Difratoograma de raio-X da fração argila, da amostra 09 (minério vermiculítico de Piauí).

figura 2 - Difratoograma de raio-X da fração argila da amostra 17 (minério vermiculítico de Catalão).

Figura 3- Difractogramas de raio-X da fração argila da amostra 01 (Solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa).

Figura 4 - Difrátogramas de raio-X da fração argila da amostra 18
(Solo Podzolizado Lins-Marília-variação Lins).

Os resultados obtidos da mineralogia da fração argila das amostras, baseados na identificação dos respectivos difratogramas são dados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise mineralógica da fração argila das amostras.

Número da amostra	Amostra	Minerais de argila contidos (x)				
		Cauli-nita	Vermiculita	Ili-ta	Clorita Vermicul.	Muscovita
01	Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa (LVE-fase arenosa)	X			X	
09	Min. vermiculítico de Paulistania - Piauí (A)		X		X	X
17	Min. vermiculítico de Catalão-Goiás (B)	X	X	X		
18	Solo Podzolizado de Lins e Marília-var. Lins (SPLM)	X		X		

3.4. Determinação da capacidade de fixação de potássio pelas amostras

Foram transferidas 5 g de cada amostra de terra para frascos plásticos de 100 ml de capacidade e adicionou-

se 2 ml de uma solução contendo 125 e 250 ppm de potássio na forma de cloreto de potássio, resultando nas concentrações finais de 50 e 100 ppm de K no solo. As soluções foram distribuídas de modo uniforme às terras, procurando umedecê-las por igual. Para cada tratamento foram feitas quatro repetições e uma testemunha, a qual foi somente umedecida com água destilada.

Os frascos foram tapados, para evitar evaporação e as amostras incubadas por períodos de 10 e 20 dias. Após o período de incubação foram adicionadas às amostras 100 ml de H_2SO_4 0,05 N (solução extratora) e agitadas 20 minutos em agitador horizontal circular, conforme o método de CATANI e JACINTHO, 1974, e lidas no fotometro de chama.

- Cálculo do potássio fixado

A fixação de potássio foi calculada através da seguinte fórmula de acordo com BARBER (1979).

$$K \text{ fixado} = A - (B - C)$$

A = K em ppm aplicado ao solo

B = K em ppm obtido após incubação (tratamento)

C = K em ppm originário do solo (testemunha).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito na fixação de potássio causado por doses crescentes de minério vermiculítico de Piauí (A) nas amostras dos solos Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins

As médias das quantidades de potássio fixada pelas amostras com teores variáveis de minério vermiculítico de Piauí, expressas em ppm e suas respectivas porcentagens, estão contidas nas Tabelas 7 e 8.

Os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8, mostram um acréscimo na capacidade de fixação de potássio pelas amostras dos dois solos, quando o teor do minério aumentou. Observa-se que a quantidade de potássio fixado cresceu em valores absolutos (ppm) e em valores relativos (% fixada).

Tabela 7 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Piauí (A) com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias.

Amostra nº	Tempo de incubação = 10 dias				Tempo de incubação = 20 dias			
	K adicionado=50 ppm		K adicionado= 100 ppm		K adicionado=50 ppm		K adicionado=100 ppm	
Trata- mento	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado
01	4,06 a	8,12	6,16 a	6,16	5,03 a	10,06	8,06 a	8,06
02	13,83 ab	27,66	19,84 ab	19,84	16,76 ab	33,52	25,71 b	25,71
03	18,72 bc	37,44	28,64 bc	28,64	26,54 bc	53,08	33,53 bc	33,53
04	20,67 bc	41,34	32,55 bcd	32,55	29,47 bc	58,94	41,35 cd	41,35
05	24,58 bc	49,16	35,48 cde	35,48	34,33 c	68,66	51,12 de	51,12
06	25,56 bc	51,12	45,26 def	45,26	35,33 c	70,66	62,85 ef	62,85
07	26,54 bc	53,08	49,17 ef	49,17	36,31 c	72,62	72,63 f	72,63
08	28,49 c	56,98	51,12 f	51,12	36,31 c	72,62	74,58 f	74,58
09	30,45 c	60,90	53,08 f	53,08	38,27 c	76,54	76,54 f	76,54

C.V. = 15,12 %

D.M.S. = 14,34 ppm K (Tuckey 5 %).

Tabela 8 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Podzoliza do Lins e Marília, variação Lins e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Piauí (A), com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias.

Amostra nº Trata- mento	Tempo de incubação = 10 dias				Tempo de incubação = 20 dias			
	K adicionado=50 ppm		K adicionado=100 ppm		K adicionado=50 ppm		K adicionado=100 ppm	
	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado
18	0,00a	0,00	0,00 a	0,00	0,00a	0,00	0,00a	0,00
19	18,72b	37,44	25,71 b	25,71	22,63b	45,26	29,62 b	29,62
20	22,63b	45,26	27,66 b	27,66	26,54bc	53,08	33,53 b	33,53
21	24,58b	49,16	29,62 bc	29,62	28,49bc	56,98	37,44 bc	37,44
22	26,54b	53,08	33,53 bcd	33,53	30,45bc	60,90	41,35 bcd	41,35
23	27,51b	55,02	37,44 bcd	37,44	32,40bc	64,80	49,17 cd	49,17
24	28,49b	56,98	41,35 cd	41,35	34,36bc	68,72	53,08 d	53,08
25	30,45b	60,90	44,28 d	44,28	36,31c	72,62	68,72 e	68,72
9	30,45b	60,90	53,08 d	53,08	38,27c	76,54	76,54 e	76,54

C.V. = 14,39 %

D.M.S. = 12,77 ppm K (Tuckey 5 %).

A análise de variância dos tratamentos apresentada na Tabela 9, revelou um efeito significativo da argila adicionada, do tempo de contato e da dose de potássio adicionada sobre a porcentagem de potássio fixada. Para o estudo das interações, efetuou-se o desdobramento das mesmas. Pode-se observar que as interações duplas foram significativas.

Dos dados das Tabelas 7 e 8, pode-se observar que a argila vermiculítica de Piauí (A) teve um grande efeito nivelador nas quantidades de potássio fixada, quando as amostras apresentaram maiores teores do minério, aproximando-se das porcentagens fixadas pelo minério puro. Pode-se observar que o solo Podzolizado sem a adição do minério não fixou potássio, mas com a adição de minério houve uma maior fixação quando comparado com o solo Latossolo.

As ilustrações gráficas dos tratamentos com os solos Podzolizados e Latossolo são mostradas pelas Figuras 5 e 6, onde as porcentagens de potássio fixado em função do teor de minério vermiculítico de Piauí adicionado estão representa-

Tabela 9 - Análise de variância para a porcentagem de K fixado pelas amostras com doses crescentes de minério vermiculítico Piauí (A).

Causas da variação	G.L.	Latossolo		Podzolizado	
		QM	F	QM	F
Blocos	3	5,93	0,23ns	85,33	4,10**
Tempo (T)	1	4032,46	154,03**	2083,99	100,10**
Dose de argila (A)	8	3455,01	131,97**	3321,23	159,52**
Dose de K (K)	1	11123,57	424,89**	5545,16	266,34**
T x A	8	122,29	4,67**	104,21	5,01**
K x A	8	483,17	18,46**	359,17	17,25**
T x K	1	394,75	15,08**	358,32	17,21**
T x K x A	8	49,47	1,89ns	43,52	2,10*
Tratamento	35	1383,72	52,85	1103,21	52,98
Resíduo	105	26,18		20,82	
Total	143				

* Significativo a 5 %

** Significativo a 1 %.

Figura 5 - Curvas de fixação de K para o solo Podzolizado com doses crescentes de minério vermiculítico de Piauí

Figura 6 - Curvas de fixação de K para o solo Latossolo com doses crescentes de minério vermiculítico de Piauí.

dos, sendo as equações de regressão de segundo grau com altos valores para r .

As curvas apresentadas (Figuras 5 e 6), mostram um comportamento semelhante no mesmo solo quando submetidos aos diferentes tratamentos. Verifica-se que a variação na fixação com as doses maiores de vermiculita de Piauí, foi pequena e nas doses menores a variação na fixação de potássio foi maior.

Nota-se que a fixação aumentou em valores absolutos (ppm) com o aumento na quantidade de potássio e, com o aumento no tempo de incubação.

4.2. Efeito na fixação de potássio causado por doses crescentes de minério vermiculítico de Catalão (B), nas amostras dos solos Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e Podzolizado de Lins e Marília -variação Lins

As médias das quantidades de potássio fixada com teores variáveis de minério vermiculítico de Catalão, expressas em ppm e suas respectivas porcentagens, acham-se nas Tabelas 10 e 11.

Os resultados apresentados mostram que a fixação de potássio pelas amostras dos solos, quando o teor de minério aumentou, não variou. Observa-se que a quantidade de potássio

Tabela 10 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Catalão (B) com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias.

nº Trata- mento	Tempo de incubação = 10 dias			Tempo de incubação = 20 dias		
	K adicionado=50 ppm			K adicionado=50 ppm		
	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado
1	4,06a	8,12	6,16a	5,03a	10,06	8,06a
10	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,80	13,98a
11	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,80	13,98a
12	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,90	13,98a
13	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,80	13,98a
14	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,80	13,98a
15	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,80	13,98a
16	6,99a	13,98	10,07a	10,90a	21,80	13,98a
17	18,72b	37,44	25,71b	22,63b	45,26	37,44b

C.V. = 31,17 %

D.M.S. = 10,22 ppm K (Tuckey 5 %).

Tabela 11 - Resultados do ensaio de fixação de potássio obtidos da incubação do solo Podzalizado Lins e Marília, variação Lins e quantidades variáveis de minério vermiculítico de Catalão (B), com dois níveis de potássio aos 10 e 20 dias.

nº Tratamento	Tempo de incubação = 10 dias				Tempo de incubação = 20 dias			
	K adicionado=50 ppm		K adicionado=100 ppm		K adicionado=50 ppm		K adicionado=100 ppm	
	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado	ppm K fixado	% K fixado
18	0,00 a	0,00	0,00 a	0,00	0,00 a	0,00	0,00 a	0,00
26	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
27	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
28	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
29	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
30	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
31	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
32	3,08 a	6,16	6,16 a	6,16	6,99 a	13,98	10,07 a	10,07
17	18,72 b	37,44	25,71 b	25,71	22,63 b	45,26	37,44 b	37,44

C.V. = 37,78 %

D.M.S. = 8,48 ppm K (Tuckey 5 %).

fixada permaneceu constante, tanto em valores absolutos (ppm), quanto em valores relativos (% fixada).

A análise de variância apresentada na Tabela 12 revelou um efeito significativo da argila adicionada, de tempo de contato e da dose de potássio adicionada. Para o estudo das interações, efetuou-se o desdobramento das mesmas. Pode-se observar que apenas a interação da dose de potássio e argila adicionada foi significativa.

Confrontando os teores de potássio fixado pelos solos com os fixados pelo minério puro, verifica-se que os solos fixaram uma quantia bem menor, e que o solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa, possui uma capacidade de fixação maior do que o solo Podzolizado de Lins e Marília, variação Lins.

As ilustrações gráficas dos tratamentos com os solos Podzolizado e Latossolo são mostradas pelas Figuras 7 e 8, onde as porcentagens de potássio fixado em função do teor de minério vermiculítico de Catalão aplicado estão representadas, sendo a equação de regressão de segundo grau com valores altos para r .

As curvas das Figuras 7 e 8 mostram que a fixação de potássio foi maior no solo Latossolo e que aumentou de

Tabela 12 - Análise de variância para a porcentagem de K fixado pelas amostras com doses crescentes de minério vermiculítico Catalão (B).

Causas da variação	G.L.	Latossolo		Podzolizado	
		QM	F	QM	F
Blocos	3	6,13	0,46ns	13,31	1,44ns
Tempo (T)	1	596,17	44,86**	550,37	59,63**
Dose de argila (A)	8	505,80	38,06**	813,46	88,13**
Dose de K (K)	1	545,22	41,02**	468,29	50,74**
T x A	8	10,59	0,80ns	15,29	1,66ns
K x A	8	27,75	2,09*	34,07	3,69**
T x K	1	8,51	0,64ns	6,80	0,74ns
T x K x A	8	18,51	1,39ns	6,79	0,74ns
Tratamento	35	161,46	12,15	228,07	24,71
Resíduo	105	13,29		9,23	
Total	143

Figura 7 - Curvas de fixação de K para o solo Podzolizado com doses crescentes de minério vermiculítico de Catalão.

Figura 8 - Curvas de fixação de K para o solo Latossolo com doses crescentes de minério vermiculítico de Catalão.

acordo com o aumento na dose de potássio e com o tempo de incubação.

Admite-se que a fixação do potássio está relacionada com várias características do solo. Pretende-se neste trabalho discutir a fixação, tomando como base o teor e a natureza da argila e, correlacionando-os com os fatores pH e cálcio, capacidade de troca de cation, condições de umidade e secagem dos solos.

Observando as tabelas 3 e 4, que apresentam as características físicas e químicas das amostras, nota-se um efeito de diluição ou de concentração nas características do solo original, provocadas pelo aumento do teor de argila adicionada. O aumento de pH nas amostras com doses crescentes de vermiculita é consequência do minério, que apresenta um pH alcalino, associado a elevados teores de Mg, que acarreta um aumento na CTC e na porcentagem de saturação em bases nas amostras.

4.3. Influência do teor e da natureza de argila na fixação

Numerosos trabalhos têm mostrado uma influência positiva do teor e da natureza da argila na fixação. A mineralogia de argila tem sido relatada como um importante fator para a fixação de potássio nos solos. DENNIS e ROSCOE (1962), relata

ram que a fixação tem correlação positiva com a presença de vermiculita.

A fixação do potássio tem sido relacionada com a presença de minerais do tipo 2:1 (JOFFEE e LEVINE, 1947; PAGE e BAVER, 1941; STANFORD, 1948).

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 e na Tabela 6, verifica-se a composição mineralógica dos minérios vermiculíticos e dos solos, notando a presença de caulinita em ambos os solos e no Latossolo a ocorrência de clorita-vermiculita e no Podzolizado a ilita. Nos minérios vermiculíticos observou-se uma variação na mineralogia, sendo que no minério vermiculítico de Piauí, constatou-se a presença de diversas argilas principalmente vermiculita, muscovita e clorita-vermiculita e no minério vermiculítico de Catalão observou-se a presença da caulinita, vermiculita e ilita.

ARIFIN et alii (1973), em experimentos realizados em solos dos Estados Unidos, concluíram que a diferença na fixação do potássio foi devido provavelmente à presença ou ausência de micas específicas nas argilas. As micas intemperizadas podem ter algumas zonas em cunha, consideradas altamente seletivas para o potássio e a presença dessas zonas altamente seletivas diminuem de acordo com a sequência de intemperização: mica → ilita → vermiculita → montmorilonita.

DOWDY e HUTCHESON, relataram a importância da illita na fixação de potássio. STANFORD (1947), relatou que a montmorilonita fixou menos potássio quando úmida e a illita fixou uma quantia maior. Segundo MOSS e COULTER, a caulinita fixa menos potássio do que a montmorilonita.

Neste trabalho, verificou-se uma variação na fixação nos dois minérios vermiculíticos, sendo que no minério de Piauí a fixação foi maior do que no de Catalão, e isto prova - velmente deve ser devido a variação na composição mineralógica.

Diversos mecanismos tem sido propostos para explicar a fixação do potássio. PAGE e BAVER(1941), propuseram uma teoria, que explica a fixação em vazios nos minerais de argila 2:1. WEAR e WHITE (1951), concluíram que quando o complexo de troca é saturado com íons potássio, estes são presos por forças atrativas nos octaedros e tetraedros.

RICH e BLACK (1964), relataram a presença de muitas zonas em forma de cunha nas argilas 2:1, as quais são consideradas altamente seletivas para o potássio. O efeito dessas zonas na fixação ou na seletividade para o potássio, foi determinada pelos seus números e posição no cristal de argila. Se a zona estiver localizada na extremidade da partícula a porcentagem de potássio fixada será pequena, mas se ocorrer dentro da partícula, isto poderá resultar maior quantidade de potássio fixado.

REEUWIJK e VILLIERS (1968), postularam um mecanismo de "peneira", para explicar a fixação, segundo o qual os íons de potássio hidratados, tornam-se fixados pela oclusão nesses poros.

4.4. Influência do pH

Para a reação do solo, existe uma correlação positiva e significativa entre o pH e as porcentagens de potássio fixado. Na tabela 4, nota-se aumento no pH com o aumento no teor de argila, em consequência do minério, que apresenta um pH alcalino.

STANFORD (1948), sugeriu existir uma relação entre o pH e a fixação. Ele conduziu experimentos, onde o pH variou de 3,8 a 9,8 com adição de NaOH. Os dados obtidos mostraram que as variações no pH foram acompanhadas por efeitos expressivos na fixação, sendo que em pH 9,0 foi verificado uma máxima fixação. Estes resultados sugerem que íons H^+ que ocupam posições dentro do cristal de argila, com a elevação do pH são neutralizados e isto facilita a entrada do íon K dentro de posições no cristal de argila.

Diversos outros autores como Van REEUWIJK e VILLIERS (1968); Duchaufour (1970), citado por RAFAHI (1980), observaram que uma elevação no pH e a abundância de calcário, nos

solos favoreceram a fixação. HARRIS (1937), relatou o efeito positivo do óxido de cálcio hidratado na fixação do potássio, devido a elevação do pH. Isto mostrou que com o aumento do pH ocorreu a liberação de zonas antes ocupadas pelo Al, Fe e H, que favoreceram então a fixação do potássio.

4.5. Efeito do tempo de contato entre o íon potássio e o solo na fixação

Os dados apresentados nas Tabelas 7, 8, 10 e 11, mostram que a fixação de potássio cresce com o aumento no tempo de contato entre as amostras de solo e o íon potássio adicionado, tanto em valores absolutos, quanto em valores relativos (porcentagem de potássio fixado).

A análise estatística revelou, para todos os tratamentos, um teste F significativo, indicando a influência positiva do período de incubação no processo de fixação.

As Figuras 5, 6, 7 e 8, representando as porcentagens de potássio fixado pelos solos com teores variáveis de minérios, nas duas doses de potássio e nos dois tempos de incubação, ilustram as curvas dos tratamentos incubados em tempos diferentes, indicando variação, na porcentagem de potássio fixado, no período de 10 e 20 dias, mas sempre mostrando que a curva de maior fixação corresponde aos tratamentos com 20 dias de incubação.

Verifica-se que ao estabelecer um índice 100 para as quantidades de potássio fixado aos 20 dias de incubação, que aos 10 dias já havia sido fixado para o minério vermiculítico de Piauí, aproximadamente 70 % da quantidade final e para o minério vermiculítico de Catalão variou de 40 a 70 % da quantidade final. Estes valores relativos, para todos os tratamentos são apresentados na Tabela 13.

Os resultados obtidos concordam com outros trabalhos, os quais estudam os fatores, que afetam a fixação, onde se demonstram que a maior parte do potássio adicionado foi fixado em pouco tempo.

AMBERGER et alii (1974), através de experimentos realizados em vasos, por um período de três anos, concluíram que a maior parte do potássio foi fixado dentro de poucas semanas, após a aplicação.

4.6. Efeito da quantidade de potássio adicionado na fixação

Os resultados deste trabalho, contidos nas Tabelas 7, 8, 10 e 11, mostram que com o acréscimo das doses de potássio adicionadas ao solo, a fixação aumentou em valores absolutos (ppm de K fixado), mas diminuiu em valores relativos (% de K fixado) e no solo Podzolizado de Lins e Marília, variação Lins, com o minério vermiculítico de Catalão (B), a fixação au-

Tabela 13 - Porcentagens relativas da quantidade de K fixado pelos tratamentos aos 10 dias de incubação quando comparadas com os tratamentos correspondentes aos 20 dias de incubação, designados como índice 100.

Amostras (% de minério adicio- nado)	Minério vermiculítico Piauí (A)				Minério vermiculítico Catalão (B)			
	Latossolo		Podzolizado		Latossolo		Podzolizado	
	K adicio- nado 50 ppm	K adicio- nado 100 ppm	K adicio- nado 50 ppm	K adicio- nado 100 ppm	K adicio- nado 50 ppm	K adicio- nado 100 ppm	K adicio- nado 50 ppm	K adicio- nado 100 ppm
0,00	80,7	76,4	0,00	0,0	80,7	76,4	0,0	0,0
1,25	82,5	77,1	82,7	86,8	64,1	72,0	44,0	61,1
2,50	70,5	85,4	85,2	82,5	64,1	72,0	44,0	61,1
5,00	70,1	78,7	86,2	79,1	64,1	72,0	44,0	61,1
10,00	71,6	69,4	87,1	81,0	64,1	72,0	44,0	61,1
15,00	72,3	72,0	84,9	76,1	64,1	72,0	44,0	61,1
20,00	73,1	67,7	82,9	77,9	64,1	72,0	44,0	61,1
25,00	78,4	68,5	83,8	64,4	64,1	72,0	44,0	61,1
100,00	79,5	69,3	79,5	69,3	82,7	68,6	82,7	68,6

mentou em valores absolutos, mas permaneceu igual em valores relativos.

Ao estudar-se o efeito das doses de K aplicado, a análise estatística revelou um efeito altamente significativo, indicando sua influência no fenômeno de fixação.

Em experimentos realizados AHMAD e DAVIS (1970), em Trinidad, observaram uma influência altamente significativa da concentração de potássio adicionado na fixação. Nas Tabelas 7, 8, 10 e 11, observa-se que a fixação aumentou com o teor de potássio adicionado, mas em termos percentuais houve um decréscimo na fixação. Isto concorda com os dados de AHMAD e DAVIS (1970), os quais em seus experimentos observaram que apesar da fixação aumentar com a concentração, em percentual, a fixação teve tendência para decrescer com o aumento na concentração de potássio adicionado. Dados similares foram obtidos por VOLK (1934), onde a fixação aumentou, rapidamente, com o aumento na concentração de potássio.

Para explicar a influência da quantidade de potássio adicionado, no fenômeno da fixação, tem-se relacionado com a tendência que o potássio possui para manter o equilíbrio no solo. Uma adubação de potássio solúvel causa um aumento no potássio trocável e não trocável, que seria fixado em zonas na estrutura dos minerais 2:1.

4.7. Influência da umidade e secagem na fixação

Muitos experimentos têm comprovado o efeito da umidade e secagem na fixação de potássio.

RANEY e HOOVER (1946), observaram a fixação em solos de Susquehamna, Mississippi, e observaram que a fixação aumentou com o secamento dos solos.

DEMUMBRUM e HOOVER (1958), relataram que a vermiculita seca, em estufa, fixou quase 100 % para 10 me K/100 g de argila.

Em experimentos realizados em solos de Miami e Hagerstown, VOLK (1934), conclui que praticamente não ocorreu fixação de potássio sob condições de secamento, mas que na condição de umedecimento e secagem a fixação aumentou.

Neste trabalho, as amostras foram incubadas em frascos e os mesmos foram tapados para evitar a perda de umidade, não havendo então um processo de secamento das amostras mas, segundo diversos autores, o secamento causa um aumento no teor de potássio fixado; provavelmente se tivéssemos trabalhado com condição de umedecimento e secamento a porcentagem de potássio fixado teria sido maior.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados no presente trabalho, foram obtidas as seguintes conclusões:

1. O minério vermiculítico de Piauí (A) fixou uma maior quantidade de potássio do que o minério vermiculítico de Catalão (B). O solo Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins, quando em mistura com o minério de Piauí, fixou mais potássio do que o solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa.

2. Para o minério vermiculítico de Catalão (B) o solo Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa fixou mais potássio do que o Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins.

3. A fixação aumentou com o aumento no teor de argila até se aproximar da fixação no minério puro, tanto em valores absolutos (ppm) como em valores relativos (porcentagem) para o minério vermiculítico de Piauí (A) e, no minério vermiculítico de Catalão (B) não houve variação na fixação.

4. Aumentando a dose de potássio de 50 ppm para 100 ppm, para um mesmo tempo de incubação a quantidade de potássio fixado cresceu em valores absolutos (ppm), mas diminuiu em valores relativos (porcentagem).

5. Para o minério vermiculítico de Piauí (A) , em torno de 70 % de potássio foi fixado nos 10 dias de incubação, quando comparados com a porcentagem fixada, aos 20 dias , independente do teor adicionado e da porcentagem de argila presente no solo e para o minério de Catalão (B) em torno de 40 a 70 % foram fixados aos 10 dias.

6. Observou-se que existem variações no comportamento dos minérios vermiculíticos (2:1) em relação à capacidade de fixação de potássio, dependendo de sua origem, mineralogia e granulometria.

LITERATURA CITADA

- AHMAD, N. e C.E. DAVIS, 1970. Forms of potassium fertilizers and soil moisture content on potassium status of a Trinidad soil. Soil Science. Baltimore, 109(2): 121-126.
- ALBRECHT, W.A., 1943. Potassium in the soil colloid complex and plant nutrition. Soil Science, Baltimore. 55: 13-21.
- ARIFIN, H.P.F. e K.H. TAN, 1973. Potassium fixation and re-constitution of micaceous structures in soils. Soil Science. Baltimore, 116(1): 31-35.
- ATTOE, O.J., 1948. Fixation and recovery by oats of potash applied to soils. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 13: 112-115.

- AYRES, A.S., 1941. Sorption of potassium and ammonium by soils as influenced by concentration and the degree of base saturation. Soil Science. Baltimore, 51: 265-272.
- BAJWA, I., 1980. Soil clay mineralogies in relation to fertility management: Effect of soil clay mineral compositions on potassium fixation under conditions of Witland rice culture. Plant Analysis. New York, 11(10): 1019-1027.
- BAJWA, M.I. 1981. Soil beidellite and its relation to problems of potassium fertility and poor response to potassium fertilizers. Plant and Soil. The Hague, 62: 299-303.
- BARBER, R.G., 1979. Potassium fixation in some Kenyan soil. Journal of Soil Science. Oxford, 30: 785-792.
- BARSHAD, I. Cation exchange in micaceous minerals: I. Replaceability of the interlayer cations of vermiculite with ammonium e potassium ions. Soil Science. Baltimore, 77: 463-472. 1954.
- BITTENCOURT, V.C. e I. SAKAI, 1975. Lixiviação do potássio nativo de solos tropicais. Boletim Científico do CENA. Piracicaba, 27: 1-21.

BRADY, N.C., 1983. Colóides do solo: sua natureza e significação prática. In: _____. Natureza e Propriedades do Solo. 6ª ed.. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos S/A. p. 73-113.

BRAGA, J.M. e J. YAMADA, 1984. Uso eficiente de fertilizantes potássicos. In: ESPINOZA, E. & OLIVEIRA, A.J. (eds.). Anais do Simpósio Sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília, p. 291-321.

BRAY, R.H. e E.E. DE TURK. The release of potassium from non-replaceable forms in Illinois soil. Proceedings of Soil Science of America. Madison, 3: 101-106.

CARMO, A.J.B., 1986. Fertilizantes e matérias-primas: preços, produção e consumo de 1980 a 1985. Fertilizantes-IPT; São Paulo, 8(2): 1-5.

CARSON, C.D. e J.B. DIXON, 1972. Potassium selectivity in certain montmorillonitic soil clays. Proceedings of Soil Science of America. Madison, 36: 838-843.

CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Avaliação da fertilidade do solo métodos de análise. Piracicaba, Livrocere, 61 p.

DEMUMBRUM, L.E., 1958. Potassium fixation as affected by mineralogy in some soils derived from argillaceous chalk.

Soil Science. Baltimore, 86: 276-281.

DEMUMBRUM, L.E. e C.D. HOOVER, 1957. Potassium release and fixation as influenced by illite and vermiculite, as single minerals and in mixtures. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 21: 498-501.

DEMUMBRUM, L.E. e C.D. HOOVER, 1958. Potassium release and fixation related to illite and vermiculite as single minerals and in mixtures. Proceeding of Soil Science Society of America. Madison, 22: 222-225.

DENNIS, E.J. e R. ELLIS JUNIOR, 1962. Potassium ion fixation, equilibria, and lattice changes in vermiculite. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 26: 230-233.

DE TURK, E.E.; L.K. WOOD e R.H. BRAY, 1943. Potash fixation in corn belt soils. Soil Science. Baltimore, 55: 1-12.

DOWDY, E. e T.B. HUTCHESON, 1963. Effect of exchangeable potassium level and drying on release and fixation of potassium by soils as related to clay mineralogy. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 27: 31-34.

FERTILIZANTES, 1987. O Estado de São Paulo. São Paulo, 16 set. 1987, nº 1668, Suplemento Agrícola, p. 9.

GAMA, M.V., 1961. Sobre o método de Volk para a avaliação da capacidade de fixação de potássio dos solos. Agronomia Lusitana. Lisboa, 23: 116-128.

HARRIS, H.C., 1937. Effect of lime on the availability and the fixation of potash in soil. Soil Science. Baltimore, 44: 265-275.

JACKSON, M.L., 1956. Soils chemical analysis. Advanced course. Madison, Wis., Univ. of Wis. 991 p.

JACKSON, M.L., 1976. Analiseses quimica del suelos. 3ª ed., Barcelona, Omega. 662 p.

JOFFE, J.S. e L. KOLODNY, 1936. Fixation of potassium in soils. Proceeding of Soil Science Society of America. Madison, 1: 187-192.

JOFFE, J.S. e L. KOLODNY, 1938. The effect of alternate drying wetting on the base-exchange complex with special reference to the behavior of the potassium ion. Proceeding of Soil Science Society of America. Madison, 3: 107-111.

JOFFE, J.S. e A.K. LEVINE, 1946. Fixation of potassium in relation to exchange capacity of soils: I. Release of fixed potassium. Soil Science. Baltimore, 62: 411-420.

JOFFE, J.S. e A.K. LEVINE, 1947. Fixation of potassium in relation to exchange capacity of soils: III - Factors contributing to the fixation process. Soil Science. Baltimore, 63: 241-247.

KILMER, V.J. e V.T. ALEXANDER, 1949. Methods of making mechanical analysis of soil. Soil Science. Baltimore, 68: 15 - 26.

LOPES, A.S., 1982. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T. Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fósforo. Instituto Internacional da Potassa. p. 51-65.

MARTINI, J.A. e A. SUAREZ, 1947. Potassium supplying and fixing capacity of some Costa Rica Latosols and Andosols determined by successive cropping, extractions, and incubations. Soil Science. Baltimore, 123(1): 37-47.

- MATTHEUS, B.C. e G.G. SHERRELL, 1960. Effect of drying on exchangeable potassium of Ontario soils and the relation of exchangeable potassium to crop yield. Canadian Journal of Soil Science. Ottawa, 40: 35-41, 1960.
- MATTHEUS, B.C, e P.H.T. BECKETT, 1962. A new procedure for studying the release and fixation of potassium ions in soil. Journal of Agricultural Science. Great Britain, 58: 59-64.
- MIELNICZUK, J., 1982. O potássio no solo. Boletim Técnico nº 2. 2ª ed. Piracicaba, SP. Instituto da Potassa e do Fósforo. Instituto Internacional da Potassa. 78 p.
- MOSS, P., 1963. Some aspects of the cation status of soil moisture. I. The ratio law and soil moisture content. Plant and Soil. The Hague, 18: 99-113.
- MOSS, P. e J.K. COULTER, 1964. Potassium status of volcanic soils. Journal of Soil Science. Oxford, 15: 297.
- NEVES, L.E., 1968. Estudo prático de argila por difratometria de raio-X. Boletim Técnico da Petrobras. Rio de Janeiro, 11: (1): 123-135.

PAGE, J.B. e L.D. BAVER, 1939. Ionic size in relation to fixation of cations by colloidal clay. Proceedings of Soil Science Society of America. 4: 150-155.

RAFAHI, H., 1980. Properties physico-chimiques et mineralogiques des sols Bruns calcaires de L'Iran, retrogradation du Potassium. Canadian Journal of Soil Science. Ottawa, 60: 119-126.

RANEY, W.A. e C.D. HOOVER, 1946. The release of artificially fixed potassium from a kaolinitic and montmorillonitic soil. Proceeding of Soil Science Society of America. Madison, 11: 231-237.

REITEMEIER, R.F., 1951. Soil potassium. Advances in Agronomy. 3: 113-159.

RICH, C.I. Aluminum in interlayers of vermiculite. Proceeding of Soil science Society of America. Madison, 24:26:32. 1960.

RICH, C. I e W.R. BLACK, 1964. Potassium exchange as affected by cation size, pH, and mineral structure. Soil Science Baltimore, 97: 384-390.

RICHARDS, G.E. e E.O. McLEAN, 1963. Potassium fixation and release by clay minerals and soil clays on wetting and drying. Soil Science. Baltimore, 95(5): 308-314.

SCOTT, A.D.; J.J. HANWAY e E.M. STICKNEY, 1957. Soil potassium moisture relations. Proceeding of Soil Science Society of America. Madison, 23: 498-501.

STANFORD, G., 1947. Fixation of potassium in soils under moist conditions and on drying in relation to type of clay mineral. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 12: 167-171.

STANFORD, G. e W.H. PIERRE, 1946. The relation of potassium fixation and ammonium fixation. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 11: 155-160.

TEIXEIRA MENDES, A.C., 1972. Identificação das argilas do solo por difração do raio-X. Piracicaba. ESALQ, USP, 34 p.

Van DER MAREL, H.W., 1954. Potassium fixation in Dutch soils: mineralogical analyses. Soil Science. Baltimore, 69: 261-271.

Van REEUWIJK, L.P. e J.M. VILLIERS, 1968. Potassium fixation by amorphous aluminosilica gels. Proceedings of Soil Science Society of America. Madison, 32(2): 238-240.

VOLK, N.J., 1934. The fixation of potash in difficultly available form in soils. Soil Science. Baltimore, 37: 267-287

Von AMBERGER, A.; R. GUTSER e K. TEICHER, 1974. Kaliumernahrung der Pflanzen und kaliumdynamek auf kaliumfixierendem baden. Plant and Soil. The Hague, 40: 269-284.

WEAR, J.I. e J.L. WHITE, 1951. Potassium fixation in clay minerals as related to crystal structure. Soil Science. Baltimore, 71(1): 1-14.

WELTE, E. e E.A. NIEDERBUDDE, 1965. Fixation and availability of potassium in loess derived and alluvial soils. Journal of Soil Science. Oxford, 16: 116-120.