


---

AVALIAÇÃO DO PODER DE SUPRIMENTO DE POTÁSSIO  
DE DOZE UNIDADES DE SOLO DOS ESTADOS DO PIAUÍ,  
CEARÁ E RIO GRANDE DO NORTE CULTIVADAS COM CAJUEIRO

C.342440

Maurício Moreira Filho

UFC/BU/ BCT 29/12/1998



R906956 Avaliação do poder de suprimento  
C342440 de pota  
T631.4 M838a



BCT/UFC

CATIVO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Dissertação Submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação  
em Solos e Nutrição de Plantas, como Requisito Parcial para  
Obtenção do Grau de Mestre. Universidade Federal do Ceará.

Fortaleza, 1994

---

5  
631.4  
M838a  
ex. 1

Esta Dissertação foi submetida a julgamento como fazendo parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

---

MAURÍCIO MOREIRA FILHO

Dissertação Aprovada em 16/09/94

---

PROF. LINDBERGUE ARAÚJO CRISÓSTOMO – PH.D.  
Orientador da Dissertação

---

PROF. FERNANDO FELIPE FERREYRA HERNANDEZ – DOUTOR

---

PROF<sup>a</sup> VERA LÚCIA BAIMA FERNANDES – MESTRE

- ii -

UFC/BU/BCT 29/12/1998



R906956  
C342440  
T631.4

Avaliação do poder de suprimento  
de pota

M838a

## AGRADECIMENTOS

Assinalo minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste curso de Mestrado; aos da minha família, pelo apoio e incentivo que recebi neste período; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à EMBRAPA/CNPAT, pelo auxílio financeiro; aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Ciências do Solo, com os quais convivi e muito aprendi.

Registro meus agradecimentos aos professores Fernando Felipe Ferreyra Hernandez e Vera Lúcia Baima Fernandes, pelas críticas e sugestões apresentadas e, de modo especial, ao Dr. Lindbergue Araújo Crisóstomo, Professor Orientador, que na elaboração deste trabalho sempre se mostrou disponível e interessado em discutir o tema, corrigindo as idéias e aperfeiçoando-as.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Classes de Solo .....	3
2.1.1 Areias Quartzosas .....	3
2.1.2 Podzólicos Vermelho Amarelos .....	4
2.1.3 Latossolos Vermelho Amarelos e Vermelho Escuros .....	4
2.1.4 Cambissolos .....	5
2.2 Formas de Potássio no Solo .....	6
2.2.1 Potássio Total .....	6
2.2.2 Potássio Estrutural .....	7
2.2.3 Potássio na Solução do Solo .....	9
2.2.4 Potássio Trocável .....	9
2.2.5 Potássio Não-Trocável .....	11
2.3 Poder de Suprimento de Potássio .....	12
2.4 Equilíbrio entre formas de potássio no solo .....	13
2.5 Fatores que afetam o equilíbrio do potássio no solo .....	15
2.5.1 Tipo de Colóide .....	15
2.5.2 Temperatura .....	15
2.5.3 Umidade .....	15
2.5.4 Reação do Solo e Calagem .....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1 As Classes de Solo .....	17
3.1.1 Areias Quartzosas (solos 1, 2, 3 e 4) .....	17
3.1.2 Podzólico Vermelho Amarelo (solo 5) .....	17
3.1.3 Latossolos Vermelho Amarelos (solos 6, 7, 8 e 9) .....	18
3.1.4 Latossolo Vermelho Escuro Câmbicos (solos 10 e 11) .....	18
3.1.5 Cambissolo (solo 12) .....	18
3.2 Análise do Solo .....	22
3.3 Cultivos Sucessivos .....	22
3.4 Análise da matéria seca .....	23
3.5 Análise Estatística .....	23

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1	Formas de K presentes nos solos .....	24
4.1.1	Areias Quartzosas .....	24
4.1.2	Podzólico Vermelho Amarelo .....	24
4.1.3	Latossolos Vermelho Amarelos .....	26
4.1.4	Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos .....	28
4.1.5	Cambissolo .....	28
4.2	Potássio extraído pelas plantas .....	29
4.3	Suprimento de potássio dos solos (PSK) .....	29
4.3.1	Areias Quartzosas .....	29
4.3.2	Podzólico Vermelho Amarelo .....	30
4.3.3	Latossolos Vermelho Amarelos .....	30
4.3.4	Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos .....	30
4.3.5	Cambissolo .....	31
4.4	Relações entre potássio do solo, extraído pelas plantas, teor de matéria seca e poder de suprimento de potássio .....	32
5	CONCLUSÕES .....	37
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
7	APÊNDICES .....	42

## LISTA DE TABELAS

1 - Classificação, formação geológica e litologia, material originário e localização dos solos utilizados no experimento .....	19
2 - Granulometria do solo e mineralogia da fração areia de doze unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte .	20
3 - Caracterização química de doze unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte .....	21
4 - Valores Médios de Potássio trocável extraído por solução de Mehlich (kt') e $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1N pH 7 (Kt), K extraído com $\text{HNO}_3$ 1N fervente, antes e após os cultivos, K-total antes do cultivo e K extraído do solo por 4 cultivos sucessivos, em 12 solos cultivados com cajueiro .....	25
5 - Reserva de K estimada por extração de $\text{HNO}_3$ 1N fervente e K não-trocável absorvido por cultivos sucessivos de 12 solos, em 3 profundidades .....	27
6 - Equações e coeficientes de correlação entre as variáveis K extraído por extratores químicos, K absorvido pela planta (K-planta), teor de matéria seca (MS) e poder de suprimento de K (PSK) em 35 amostras de solo .....	33

## LISTA DE FIGURAS

- 1 - Relação entre peso de matéria seca da parte aérea das plantas e potássio absorvido pelas plantas ..... 34
- 2 - Relação entre potássio extraído do solo pelo cultivo contínuo e o extraído por solução de Mehlich ..... 35
- 3 - Relação entre potássio extraído pelo cultivo contínuo e o potássio trocável extraído por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  IN pH 7 ..... 35
- 4 - Relação entre o potássio extraído pelo cultivo contínuo e o extraído pelo  $\text{HNO}_3$  IN, com 10 minutos de fervura ..... 36

## RESUMO

Com a finalidade de avaliar o poder de suprimento de potássio, K trocável, K não-trocável, K total e K absorvido pelas plantas foram coletadas amostras nas profundidades 0-25, 25-50 e 50-75cm em doze unidades de solos nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte cultivados com cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). Para a avaliação do K absorvido pelas plantas, vasos triplicados contendo 2Kg de cada amostra foram cultivados com a seqüência milho, tomate, sorgo, milho durante 240 dias. Determinou-se, antes e após os cultivos, o K trocável extraído por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N pH 7,0 e por solução de Mehlich e o K extraído por  $\text{HNO}_3$  1N com fervura por 10 minutos. O K total foi determinado apenas antes dos cultivos.

O K absorvido pelas plantas variou de 1,47 a 52,40mg/100g de solo o que equivaleu a 1,25 e 1,1 vezes, respectivamente, o teor trocável inicial. O K trocável extraído pelo  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N pH 7,0 variou de 1,17 a 48,97mg/100g de solo. O acetato extraiu mais potássio que a solução de Mehlich, mas esta diferença só foi significativa, a nível de 5% de probabilidade, para o grupo formado pelos Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos e Cambissolo. Os teores de K determinados pelo  $\text{HNO}_3$  1N fervente foram de 1,95 a 121,21mg/100g de solo e foram, respectivamente, 1,7 e 2,5 vezes maiores que o K trocável inicial. O K não trocável ( $\text{K-HNO}_3 - \text{K-NH}_4\text{OAc}$ ) variou de 0,59 a 79,28mg/100g de solos enquanto que sua contribuição para os cultivos variou de zero a 13mg/100g de solo. O K total variou de 50,83 a 586,50mg/100g de solo equivalendo, respectivamente, a quantidades 43 e 12 vezes maiores que o K trocável inicial. Os Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos e o Cambissolo apresentaram os teores mais elevados, em valores absolutos, de todas as formas de K analisadas, mas em valores relativos, a contribuição do K não trocável para as plantas (poder de suprimento de K) foi de 100% no Latossolo Vermelho Amarelo (solo 9) e de apenas 25% no Cambissolo (solo 12) evidenciando a importância desta forma em solos de baixa CTC. O K não trocável determinado a partir de  $\text{HNO}_3$  foi, em média, 5 vezes maior que o K absorvido pelas plantas. Os coeficientes de correlação entre os extratores químicos e o poder de suprimento de potássio foram altamente significativos tendo o ácido nítrico apresentado o maior valor.



## ABSTRACT

Samples at the depths of 0-25, 25-50 and 50-75cm were collected in twelve soil units in the States of Piauí, Ceará and Rio Grande do Norte, cropped with cashew (*Anacardium occidentale* L.) for the evaluation of the potassium supplying power, exchangeable K, non-exchangeable K, total K, as well as that of the total potassium absorbed by the plants. The amount of potassium absorbed by plants was evaluated by cropping 2Kg of each soil, the depths being measured in pots, during 240 days, with corn, tomato, sorghum and corn.  $K-NH_4OAc$ , K-Mehlich and K-boiling  $HNO_3$  was measured before and after cropping. Total K was measured only before cropping.

The potassium contents absorbed by the plants ranged from 1,47 to 52,40mg/100g of soil, the initial potassium exchangeable content being equivalent to 1,2 and 1,1 times. The exchangeable potassium supplied by the  $NH_4OAc$  in pH 7,0 ranged from 1,17 to 48,97mg/100g of soil. The ammonium acetate produced more K than the Mehlich's solution in soils 10,11 and 12. The potassium contents determined by the boiling  $HNO_3$  1N ranged from 1,95 to 121,21mg/100g of soil and were, respectively, 1,7 and 2,5 times bigger than the initial exchangeable potassium. The non-exchangeable potassium ( $K-HNO_3 - K-NH_4OAc$ ) ranged from 0,59 to 79,28mg/100g of soil while its cropping contribution ranged from zero to 13,20mg/100g of soil. It was observed that the contribution to the plants of non-exchangeable potassium was 100% in soil 9 and 25% in soil 12. It was further observed that the non-exchangeable potassium determined from the  $HNO_3$  was, on the average 5 times bigger than the non-exchangeable potassium absorbed by the plants. The contents interval of the total potassium ranged from 50,83 to 586,50mg/100g of soil being equivalent, respectively, to the quantities 43 and 12 times bigger than the initial exchangeable potassium.

The correlation coefficients found were of great significance when the chemical extractants were compared among themselves, and these with the potassium supplying power.

A cultura de cajueiro no Brasil concentra-se no Nordeste com aproximadamente 99% da produção total, destacando-se, como produtores, os estados do Ceará (76,8%), Piauí (8,7%) e Rio Grande do Norte (7,3%).

A região litorânea do Estado do Ceará é considerada habitat do cajueiro, estendendo-se, em faixa contínua de largura variável, desde o limite com o Piauí, a oeste, até a fronteira leste com o Rio Grande do Norte (DUQUE, 1980). Os solos desta região são provenientes de material sedimentar do Terciário, pertencentes ao grupo Barreiras apresentando relevo plano e suave ondulado. A textura do solo pode ser arenosa, em todo o perfil ou arenosa superficialmente e, média ou argilosa, nos horizontes subsuperficiais. São geralmente profundos e bem drenados. Nesta região, os solos com maior potencial agrícola para a cultura do cajueiro são os Latossolos Vermelho Amarelos Eutróficos e Distróficos, Podzólicos Vermelho Amarelos Eutróficos e Distróficos. Cultiva-se, também, cajueiros em Areias Quartzosas Distróficas.

Em geral as plantas frutíferas são exigentes em potássio. Assim acontece com o café, abacateiro, laranjeira, macieira, pereira, pessegueiro, abacaxi, videira e com hortaliças de frutos (tomateiro) (MALAVOLTA & CROCOMO, 1982). LEFÈVRE (1973) estudando a fertilização mineral do cajueiro, concluiu que o potássio influencia favoravelmente na produção de castanhas, sobretudo em presença de nitrogênio.

O potássio é um dos macronutrientes exigido pelas culturas em maior proporção. As necessidades desse elemento são muito maiores que as de fósforo sendo da mesma ordem de grandeza que as exigências de nitrogênio, quando se considera as quantidades dos três elementos contidos na planta.

O potássio constitui a maior parte da biomassa da planta e as cinzas dos vegetais contêm-no, juntamente com o cálcio, em grande percentagem. No vegetal vivo, o potássio encontra-se, sobretudo, sob a forma de sais de diversos ácidos minerais e orgânicos. Se bem que este elemento não faça parte das combinações orgânicas permanentes dos tecidos, como o nitrogênio, o fósforo, o cálcio ou o magnésio, as plantas absorvem-no em quantidades apreciáveis. Nos tecidos vegetais está presente sobretudo no suco celular e no estado iônico.

O papel do potássio na planta é variado. Desempenha, especialmente, importante papel como regulador das funções da planta, o que explica a sua maior concentração nos tecidos jovens.

O potássio, é, frequentemente, descrito como o elemento de qualidade para a produção das culturas. Sua ação benéfica revela-se na melhor utilização do nitrogênio, formação de proteínas; tamanho dos grãos, sementes, frutos e tubérculos; coloração e conteúdo de vitamina C no suco das frutas e teor de óleo das sementes (POTAFOS, 1990).

No solo o potássio encontra-se sob quatro formas diferentes: estrutural, não trocável, trocável e na solução do solo. Destas formas, a trocável e a da solução do solo são aquelas que as plantas utilizam de imediato. As demais, poderão ser utilizadas, mas a longo prazo.

As diversas formas de potássio do solo encontram-se em equilíbrio dinâmico, comprovado pelo fato das plantas absorverem mais potássio do que o existente nas formas trocável e solução do solo somadas sem que estas sejam exauridas pelo cultivo contínuo e prolongado do solo. Por outro lado, o potássio solúvel em água adicionado ao solo, não era totalmente recuperado quando da sua extração com acetato de amônio normal pH7. Isto quer dizer que o potássio adicionado ao solo é transformado em outras formas para que o equilíbrio fosse mantido (CRISÓSTOMO, 1970).

Este trabalho teve como objetivos avaliar o poder de suprimento de potássio (quantidade de potássio não trocável absorvida pelas plantas) em solos dos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, cultivados com cajueiro, através de cultivos sucessivos; estudar as relações entre o potássio extraído pelas plantas e por métodos químicos; avaliar as relações dos extratores químicos entre si e com o peso da matéria seca das plantas.

## 2.1. CLASSES DE SOLOS

### 2.1.1 Areias Quartzosas

OLIVEIRA *et alii* (1992) definem as areias quartzosas como solos minerais, casualmente orgânicos na superfície, hidromórficos ou não, geralmente profundos, essencialmente quartzosos, destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos uma profundidade de dois metros da superfície.

Estes solos apresentam a seguinte litologia e cronologia: no Ceará originam-se de arenitos referidos ao Cretáceo, Jurássico, Devoniano Indiviso, Siluro-Devoniano Inferior, de sedimentos arenosos do grupo Barreiras do Terciário e de sedimentos não consolidados do Holoceno; no Rio Grande do Norte, de sedimentos areno-quartzosos da Formação Açú do Cretáceo e do Grupo Barreiras do Terciário.

A fração areia é constituída de 100% de quartzo, em grãos angulosos, subangulosos arredondados, por vezes com incrustações ferruginosas, brancas, avermelhadas, amareladas ou incolores. Podem ser encontrados traços de turmalina, ilmenita, zircão, epidoto, estauroлита e detritos.

Nesta classe de solo, o teor de argila varia de zero a 15% enquanto o teor de silte decresce de 30 a zero %. Apresentam horizonte A moderado ou fraco, raramente proeminente com seqüência de horizontes AC.

São solos pobres em nutrientes, normalmente distróficos, algumas vezes, álicos, baixa capacidade de adsorção de cátions, raramente atingindo 2 cmol(-)/kg na superfície e 0,5 cmol(-)/kg na subsuperfície.

Apesar de não se ter encontrado informações sobre a mineralogia da fração argila, a relação molecular  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , situada ao redor de 2,0, indica tratar-se de minerais de argila do grupo 1:1 (caulinita e óxidos hidratados de ferro e alumínio).

As areias quartzosas ocorrem ao longo da faixa litorânea do Ceará e do Rio Grande do Norte, quer isoladamente, quer em associação com outras classes como os Podzólicos Vermelho Amarelos e Latossolos Vermelho Amarelos (CRISÓSTOMO, 1991).

Devido a suas limitações, os solos desta classe têm uso restrito na agricultura. De um modo geral, são utilizados no cultivo da mandioca, cana-de-açúcar e em reflorestamento com cajueiros.

### 2.1.2 Podzólicos Vermelho Amarelos

A classe dos podzólicos compreende solos minerais não hidromórficos, com horizonte A pouco espesso, sobre um E, seguido de horizonte B textural não plíntico, argila de atividade alta ou baixa, cores vermelhas a amarelas, teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  menores que 11%; são bem desenvolvidos, bem drenados e ácidos. A fertilidade natural destes solos, em geral, é baixa ou média, contudo, podem ocorrer alguns de fertilidade alta. Apresentam como características morfológicas principais: diferença textural marcante entre os horizontes A e B, transição clara a gradual e por vezes difusa entre os horizontes. A estrutura do horizonte B é a de blocos subangulares ou angulares, variando de moderada a forte podendo ou não serem revestidos de películas de argila.

Nos Podzólicos Vermelho Amarelos eutróficos com CTC elevada, a soma de bases pode alcançar 15 a 20  $\text{cmol}(-)/\text{kg}$  de solo e naqueles com CTC baixa, raramente ultrapassa 3 a 5  $\text{cmol}(-)/\text{kg}$ .

Juntamente com os Latossolos Vermelho Amarelos constituem a classe de solo mais comum no Brasil. Os distróficos e os álicos, naturalmente, apresentam restrições quanto à fertilidade, que pode estar acrescida de limitações devidas a outros fatores. Os álicos e com argila de atividade alta requerem quantidades de corretivos relativamente grandes para eliminar a toxidez do alumínio e suprir as plantas com cálcio e magnésio. Os eutróficos podem apresentar como limitação para cultivo as condições de relevo; em sua maior parte, estão relacionados principalmente ao material de origem e/ou a clima mais seco. Os distróficos e álicos são encontrados em ambiente de clima mais úmido (OLIVEIRA *et alii*, 1992)

Os Podzólicos Vermelho Amarelos podem ser originados de sedimentos areno-argilosos do grupo Barreiras do Terciário (JACOMINE, 1973). Em geral, a fração areia do horizonte A destes solos constitui-se de quartzo hialino ou leitoso, por vezes com aderência ferruginosa, algum feldspato potássico (menos de 1%), traços de ilmenita e de turmalina. No horizonte Bt, há predominância de quartzo leitoso, podendo apresentar traços de feldspatos potássicos, turmalina, mica muscovita e ilmenita. Quanto à mineralogia da fração argila, estimada a partir da relação molecular  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , pode-se inferir a presença de minerais do grupo da caulinita (1:1) e óxidos de ferro e alumínio (CRISÓSTOMO, 1991).

Os Podzólicos Vermelho Amarelos, no Ceará, abrigam extensos plantios de cajueiros e outras culturas permanentes.

### 2.1.3 Latossolos Vermelho Amarelos e Vermelho Escuros.

Esta classe é constituída de solos minerais não hidromórficos com horizonte B latossólico, profundos ou muito profundos e seqüência de horizontes A-Bw-C, estrutura pequena, granular com aspecto de maciça porosa ou em blocos subangulares moderadamente desenvolvida. São solos porosos ainda que tenham teores elevados de argila. Textura variada com teores de argila desde 15% até mais de 80%. As diferenças texturais ao longo do perfil são pequenas. Predominantemente distróficos, por vezes álicos mas podem ocorrer representantes eutróficos e ácidos. De um modo geral são bem acentuadamente drenados, contudo, alguns apresentam drenagem moderada e até com tendência a imperfeita.

Alguns solos apresentam baixa fertilidade natural, são reduzidos os teores de bases trocáveis, de micronutrientes e de fósforo e alta concentração de alumínio, nos álicos. Quando muito intemperizados, a retenção de cátions é extremamente baixa, podendo as cargas positivas superarem as negativas. Nesta situação, o solo retém pouco cálcio, magnésio e potássio e, em contrapartida, adsorve os nitratos e os fosfatos (OLIVEIRA *et alii*, 1992). A CTC da fração argila deve ser inferior a 13 cmol(-)/kg de solo.

As características fundamentais destes solos estão relacionadas com a natureza e constituição do seu material de origem. Os latossolos são constituídos de sesquióxidos, argilas silicatadas de retículo 1:1, quartzo e outros minerais silicatados altamente resistentes ao intemperismo. Os Óxidos livres de alumínio, podem ou não estar presentes, como também concreções de óxidos de ferro, manganês, alumínio ou titânio. Os valores de Ki devem ser menores que 2,2 sendo que, normalmente, são encontrados valores menores que 2,0.

Nestes solos, os minerais primários possíveis de decomposição pelo intemperismo estão praticamente ausentes. De modo geral apresentam uma quantidade menor que 4% de minerais intemperizáveis ou menos que 6% de muscovita, na fração areia. Na fração menor que 0,05mm (silte + argila) podem ser encontrados não mais que traços de alofanos ou argilominerais do grupo da esmectita e pequena quantidade de illita (VIEIRA, 1983).

Segundo JACOMINE *et alii*, 1971, 1973 e 1986 estes solos são originados de sedimentos areno-quartzosos, areno- argilosos e arenitos do grupo Barreiras do Terciário, da Formação Sambaíba do Triássico e da Formação Serra Grande do Siluro-Devoniano Inferior.

Tais solos ocorrem em extensas áreas em todo o território brasileiro, mas são pouco expressivos nos estados nordestinos, com exceção da Bahia. De uma maneira geral, são cultivados com frutíferas, culturas de subsistência e pastagens.

#### 2.1.4 Cambissolos

Os solos desta classe são rasos e algumas vezes profundos possuindo seqüência de horizonte A-Bi-C, B incipiente, não plúntico, com textura variando de franco arenosa até argilosa, com teores de silte relativamente elevados. A variação textural ao longo do perfil é pequena naqueles derivados de sedimentos aluviais. O horizonte Bi apresenta normalmente estrutura maciça ou em blocos, fraca ou moderadamente desenvolvida. Quando derivados de rochas como gnaisses, granitos, migmatitos, é comum a presença de relevantes teores (maiores que 4%) de fragmentos intemperizáveis (feldspatos, biotita, augita etc) pelo menos na areia fina.

Estes solos apresentam grandes variações devidas aos diversos materiais de origem e condições climáticas o que torna difícil a sua apreciação conjunta sem se especificar os tipos de cambissolos. Os eutróficos com boa reserva de nutrientes para os cultivos são mais facilmente encontrados quando originados de materiais provenientes de fontes ricas em cálcio e magnésio, sob condições de clima moderadamente seco até semi-árido (OLIVEIRA, *et alii*, 1992). Em geral, apresentam CTC em torno de 13 cmol(-)/kg de solo.

Os Cambissolos da Chapada do Apodi são originados de material proveniente da decomposição do calcário e do arenito calcífero da Formação Jandaíra do Cretáceo Supe-

rior. A mineralogia da fração areia é composta de 78% de quartzo com grãos subangulosos ou subarredondados e superfície fosca, 6% de fragmentos calcários, 16% de nódulos ferruginosos amarelo e vermelho-escuros, traços de rutilo, zircão, turmalina, mica alterada, distênio, epidoto, anfibólio, estauroлита, feldspatos e detritos. A mineralogia da fração argila estimada a partir dos valores  $K_i$ , em geral maior que 2,2 indica a presença de minerais de argila com capacidade de troca de cátions mais elevada e diferente da caulinita e dos óxidos de ferro e alumínio (VIEIRA, 1983).

Os Cambissolos ocorrem em todo o território brasileiro, porém em áreas muito restritas. Na região nordestina, os eutróficos são mais comuns e geralmente são destinados aos cultivos do milho, feijão, algodão e mamona.

## 2.2 FORMAS DE POTÁSSIO NO SOLO

O Potássio no solo encontra-se sob diversas formas quanto à sua disponibilidade para as plantas. MIELNICZUK (1977) considera que o potássio no solo apresenta-se nas seguintes formas: estrutural, contido na matéria orgânica e detritos orgânicos, trocável (várias formas de adsorção) e na solução do solo. RAJ (1982) considerando as transformações que o potássio sofre desde a sua liberação dos minerais, até a sua absorção pelas plantas, classifica-o em não trocável, trocável e em solução. TISDALE & NELSON (1975), segundo o critério de disponibilidade para as plantas, classificam o potássio do solo em relativamente indisponível, lentamente disponível e prontamente disponível. BEAR *et alii* (1944) consideram as seguintes formas: na solução do solo, trocável, fixado e integrando a estrutura dos minerais primários. Por sua vez, RITCHEY (1982) classifica o potássio como: estrutural, temporariamente fixado entre as camadas de argila 2:1, trocável e presente na solução do solo.

As diversas formas de potássio estão em equilíbrio entre si através da solução do solo. Quando o potássio da solução do solo é absorvido pelas plantas ou lixiviado pelas águas de percolação, o equilíbrio é restabelecido pelo potássio trocável. Quando a concentração na solução do solo atinge valores baixos, o equilíbrio é mantido pela liberação do potássio estrutural. No entanto, não há limites nítidos entre estas formas (BEAR, 1944) porque nem todas as formas citadas são passíveis de se caracterizar quantitativamente em laboratório com a exatidão desejada e, a rigor, nenhuma constitui quantidade discreta (NACHTIGALL & VAHL, 1989). Estes autores justificam que a maneira mais prática de classificar o potássio do solo é aquela cujo critério principal é o da solubilidade em diferentes extratores químicos. Sua vantagem é que os resultados obtidos em diferentes locais podem ser comparados entre si.

Estas divisões, que são arbitrárias, servem para definir os tipos de potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas (TISDALE & NELSON, 1975).

### 2.2.1 Potássio Total

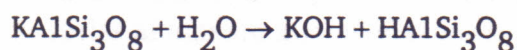
Os teores de potássio total (analisados por digestão com HF) dos solos intemperizados são variáveis. RITCHEY (1982) analisando os diversos latossolos próximos a Brasília, encontrou valores referentes as profundidades de 0-15cm, 15-30cm e 45 a 60cm, variando de

13,4 a 203,7mg K/100g de solo. Porém, na fração argila de um Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, estes valores foram de 350 a 400mg K/100g de solo. O mesmo autor, citando dados resumidos por Black e Weaver, informou que o teor de potássio total em solos mais intemperizados da Planície Costeira sudeste dos Estados Unidos era de 300mg K/100g de solo enquanto que, em seis localidades do Cerrado do Brasil Central, estes valores variavam de 66,4 a 805,3mg K/100g de solo. AYRES (1949) trabalhando em 26 solos havaianos, alguns bastante intemperizados, encontrou valores para potássio total variando entre 158 e 1.212 mg K/100g de solo. Valores entre 211 e 3.949mg K/100g de solo foram encontrados por NACHTIGALL & VAHL (1989) em solos da região sul do Rio Grande do Sul. Contudo, em solos derivados do arenito e de sedimentos arenosos com baixo teor de potássio no material de origem, os teores totais foram de 317 a 352mg K/100g de solo, respectivamente. PREZOTTI & DEFELIPO (1987) determinando as formas de potássio em solos de Minas Gerais, encontraram os seguintes valores, em mg K/100g de solo: 36, 55, 185, 341 para Latossolos Vermelho Escuros; 45, 55 e 85 para Areias Quartzosas; 70, 80, 90, 95, 140 e 150 para Latossolos Vermelho Amarelos. Para sete Latossolos na Costa Rica, MARTINI & SUAREZ (1975) encontraram, em média, 58mg K/100g de solo, para o horizonte A e 43mg K/100g de solo para o horizonte B.

Solos arenosos formados a partir de rochas pobres em feldspatos e micas serão pobres em potássio; esta pobreza será maior se as condições de intemperismo forem mais intensas, como acontece em numerosos Podzólicos e Latossolos (FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987). No entanto, conforme estes autores, o teor de potássio total nos solos não dá maiores informações acerca da sua disponibilidade e da sua dinâmica. Para conhecer estes aspectos é necessário considerar as diferentes formas nas quais este elemento se apresenta no solo e as relações entre as mesmas.

### 2.2.2 Potássio Estrutural

Como a própria denominação sugere, potássio estrutural é o potássio integrante da estrutura de alguns minerais do solo. MIELNICZUK (1977) define potássio estrutural como o potássio integrante das estruturas de minerais primários (micas e feldspatos) e minerais secundários (ilita e vermiculita); estima, ainda, que 90 a 98% do potássio total do solo está sob esta forma. A sua liberação para a solução do solo ocorre mediante intemperização destes minerais e formação de novas estruturas, como: argilo-minerais, óxidos e hidróxidos. RITCHEY (1982) considera que o potássio estrutural ocorre como componente da estrutura de minerais primários, como micas e feldspatos potássicos e somente torna-se disponível quando de sua decomposição. Para NACHTIGALL & VAHL (1989) o potássio estrutural é a fração deste elemento contido na estrutura cristalina de minerais primários e secundários. TISDALE & NELSON (1975) consideram como o potássio estrutural aquele que ocorre nos minerais primários tais como micas e feldspatos e em alguns minerais secundários que mantêm o potássio preso em sua estrutura. Nesta forma cristalina, o potássio é muito pouco solúvel. Estes minerais quando expostos aos vários processos de intemperismo, sofrerão gradual decomposição conforme ilustrado pela equação:

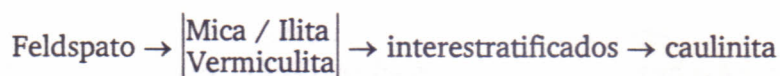




Com esta decomposição ocorre a liberação de íons  $K^+$ , que poderão ser perdidos por lixiviação, absorvidos pelas plantas, mantidos como íons trocáveis nas partículas de argilas ou convertido em uma forma lentamente disponível. Estes autores consideram como fonte de potássio no solo os feldspatos potássicos ( $KAlSi_3O_8$ ), muscovita [ $H_2KAl_3(SiO_4)_3$ ], biotita [ $(H,K)_2(Mg,Fe)_2Al_2(SiO_4)_3$ ] e que a sua disponibilidade nestes minerais obedece à seguinte ordem: biotita > feldspatos potássicos > muscovita. O potássio encontra-se, também, fazendo parte da estrutura cristalina de minerais secundários ou argilo-minerais: illita ou mica hidratada, vermiculita, clorita e minerais interestratificados nos quais dois ou mais dos tipos citados, ocorrem em arranjo ao acaso na mesma partícula.

O tipo de argilo-mineral formado a partir da intemperização de minerais potássicos depende, principalmente, do tipo do material de origem, do tempo de atuação dos processos de intemperização e do ambiente em que ocorreu o processo.

Conforme trabalho de revisão de MIELNICZUK (1977), a maioria dos pesquisadores tem admitido a seguinte seqüência de intemperização dos feldspatos potássicos:



Em ambientes de elevadas temperaturas, precipitações pluviais e boa drenagem, o feldspato de potássio se transformaria diretamente em caulinita (Morais e Berner, citados por MIELNICZUK, 1977).

Em solos com caulinita ou gibbsita como argilo-mineral dominante, espera-se encontrar baixos teores de minerais primários e secundários com potássio em sua estrutura (MIELNICZUK, 1977). Mesmo assim, LOPES (1982) enfatiza a importância destes minerais para o fornecimento de potássio para as plantas, o qual dependerá do teor do elemento na sua estrutura e do grau ou estágio de intemperismo.

LEPSCH (1978) em levantamento pedológico de solos podzolizados de São Paulo (Alfissolos e Ultissolos), encontrou caulinita como mineral dominante na fração argila seguido de menores quantidades de mica, minerais interestratificados 2:1 e montmorilonita. Na fração areia, o quartzo foi o mineral dominante, seguindo-se os feldspatos potássicos e calco-sódicos e minerais pesados e opacos. Das frações estudadas pelo autor o silte foi o que apresentou maiores quantidades de potássio e, apesar do seu pequeno teor, foi a fração responsável pela maior parte deste elemento no solo.

LOPES (1982) estudando a mineralogia das frações argila, silte e areia de solos do Brasil, mostrou que a grande maioria dos solos brasileiros (Latossolos, Podzólicos, Lateritas Hidromórficas e Areias Quartzosas) apresenta a fração argila dominada por caulinita, gibbsita, alofana e goetita, sendo pouco comuns solos com predominância de montmorilonita e micas. As frações mais grosseiras (silte e areia) são dominadas por quartzo, caulinita, gibbsita e amorfos, embora em casos isolados possam aparecer nestas frações feldspatos e micas. Estes dados são indicativos do alto grau de intemperização da maioria destes solos e do baixo potencial de reserva de potássio a médio e longo prazos.

GRIMME (1985) investigando a dinâmica do potássio nos solos tropicais, afirmou que as reservas do elemento naqueles altamente intemperizados são baixas e que a taxa de

liberação de potássio é pequena. Desta forma, não favorece um crescimento ótimo de culturas como por exemplo, milho e inhame.

MUTSCHER (1985) estudando a mineralogia de solos tropicais, afirmou que aqueles intemperizados perderam muitos de seus minerais primários intemperizáveis, incluindo os silicatos potássicos. Além disto, a fração argila é composta de constituintes de baixa atividade com carga elétrica variável. Na maior parte dos casos domina a caulinita, como silicato secundário com proporções variadas de óxidos cristalinos e amorfos. Normalmente, resíduos de minerais 2:1 estão presentes, mas em pequenas quantidades. Mineralogicamente, os solos altamente intemperizados caracterizam-se por possuir baixo teor de minerais que contêm potássio.

A avaliação do potássio estrutural a partir de análises do solo é feita por diferença entre o teor de potássio total do solo e o teor do potássio extraído por  $\text{HNO}_3$  1N fervente conforme metodologias recomendadas por PRATT (1965).

### 2.2.3 Potássio na solução do solo

Esta forma de potássio é a porção do elemento encontrada na solução do solo na forma iônica (NACHTIGALL & VAHL, 1989). As formas de potássio ligadas à fase sólida do solo estão em equilíbrio com o K-solução. Ocorrendo remoção de potássio da solução do solo, o elemento tende a ser repostado pela sua liberação da fase sólida.

A concentração do potássio da solução do solo é variável e depende do material originário, da quantidade de potássio trocável, do tipo de argila, do teor de umidade do solo, da intensidade de lavagem, da retirada por parte dos vegetais, da espécie e da concentração de outros íons presentes. Para um mesmo solo varia com a estação do ano, com o tipo e estágio da cultura (MELLO *et alii*, 1989). Os mesmos autores afirmaram que dosar o potássio na solução do solo é difícil porque ao se tratar uma amostra úmida a água exerce ação hidrolizante sobre o potássio trocável podendo até solubilizar potássio dos minerais primários.

RAJ (1982) afirmou desconhecer dados sobre potássio na solução de solos brasileiros. Em revisões sobre potássio MIELNICZUK (1977 e 1978) afirmou que tais dados também não são apresentados o que leva à conclusão de sua provável inexistência, desde que se considere a solução do solo nas condições de teores de água existentes em solos cultivados. Como a quantidade de potássio na solução é pequena (estimada em 0,1 a 0,2% do potássio total - MIELNICZUK, 1977), e sua extração é problemática, por esta razão determina-se o potássio da solução juntamente com o trocável (CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970).

O potássio solúvel está prontamente disponível às plantas pois não está sujeito às forças de troca de cátions (REITEMEIER, 1951).

### 2.2.4 Potássio Trocável

O potássio trocável é definido como o potássio que está absorvido aos colóides do solo e que é deslocado por soluções de sais neutros em tempo relativamente curto (Wiklander citado por MELLO *et alii*, 1989). RAJ (1991) considera-o como o potássio que ocorre no solo na forma de cátion trocável. Para NACHTIGALL & VAHL (1989), o potássio trocável é a porção

do elemento que ocorre adsorvido às cargas elétricas negativas dos colóides minerais e orgânicos do solo. Apesar das definições acima parecerem claras e simples, REITEMEIER (1951) considerou que esta forma é difícil de se definir teoricamente e de se determinar experimentalmente devido a pelo menos uma das três razões: (a) a ausência de distinção nítida entre as formas solúvel e trocável, (b) a existência, em alguns solos, de potássio trocável que não é imediatamente extraído pelos reagentes usuais e (c) dissolução do potássio dos minerais do solo pelo extrator.

O potássio trocável é liberado rapidamente porque envolve simplesmente reações de troca na superfície dos colóides (NACHTIGALL & VAHL, 1991b). Os teores trocáveis, em geral, pouco representam em relação aos teores totais. Contudo, em solos muito intemperizados, os trocáveis podem ser a reserva mais importante de potássio disponível (RAJ, 1991). Para BOYER, s.d., apesar de constituir apenas 1 a 2% do potássio total do solo, na maioria das vezes o potássio trocável é a principal forma responsável pelo seu suprimento para as plantas. No entanto, esgotado o potássio prontamente disponível, constituído pelo potássio da solução e pelo trocável, sua concentração assume valores extremamente baixos, iniciando a liberação do potássio estrutural de argilo-minerais e minerais primários (MIELNICZUK & SELBACH, 1978).

O nível mínimo de potássio trocável para a agricultura tropical, em mg/100g de solo, é de 3,91, porém pode variar entre 2,74 e 7,82 dependendo dos tipos de solo e de planta envolvidos. Níveis abaixo de 5,86mg/100g usualmente são considerados inadequados para produções normais (POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE, 1988).

Lopes citado por RITCHEY (1982), estudando sobre resposta à adubação potássica em solos brasileiros, encontrou que as culturas responderam às adições potássicas quando o nível de K extraível estava abaixo de 5,86mg/100g. Analisou, ainda, 518 amostras superficiais coletadas de uma área de 600.000Km<sup>2</sup> do Brasil e concluiu que 85% das amostras apresentaram valores de K extraível inferiores a este nível e que 40% não atingiram a metade deste valor.

No Brasil, pode-se empregar o critério de utilização do potássio trocável para diagnosticar o estado de carência do nutriente, uma vez que, devido ao avançado grau de intemperismo desses solos, a contribuição de outras formas ao potássio disponível é pequena (RAJ, 1981).

MELLO *et alii* (1981), citando dados da Comissão de Solos, constataram que os teores de potássio trocável em solos do Estado de São Paulo, em mg/100g de solo, para diversos podzólicos, variavam entre 1,17 e 19,55 e para vários latossolos os limites ficavam de 1,56 a 30,10. PREZOTTI & DEFELIPO (1987) encontraram os seguintes teores de potássio em mg/100g de solo: em Latossolos Vermelho Escuros, 1,95 a 4,69, em Latossolos Vermelho Amarelos 4,3 a 11,33, nas Areias Quartzosas distróficas de 3,51 a 3,91. CRISÓSTOMO & CASTRO (1970) encontraram em solos cearenses os seguintes valores para potássio trocável, em mg/100g de solo: 3,51 a 21,11 para solos com horizonte B textural e 2,34 para areias vermelhas. MARTINI & SUAREZ (1975) obtiveram, em mg/100g de solo, valores entre 3,5 e 12,6 no horizonte A e 1,3 a 4,6 no horizonte B em latossolos da Costa Rica. AYRES (1949) encontrou em latossolos havaianos teores variando de 11,33 a 63,73 mg/100g de solo.

Para diversos latossolos de Goiás, os teores encontrados variaram entre 0,4 a 7,8mg/100g de solo (RITCHEY, 1982).

A avaliação do potássio trocável do solo é feita, no Laboratório, por diversos extratores: solução de acetato de amônio 1N pH 7, solução de Mehlich (0,05N HCl + 0,025N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), solução de Morgan (NaOAc + HOAc pH 4,8), conforme recomendação de MARTINI & SUAREZ (1975). Além destes, ANDRADE *et alii*, (1978) recomendaram os extratores: Bray 1 (Solução 0,03N NH<sub>4</sub>F + 0,025N HCl), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05N e HNO<sub>3</sub> 0,05N.

Todos estes métodos consideram o critério da solubilidade do potássio em diferentes extratores químicos e destes o método do acetato de amônio 1N pH 7 é o mais amplamente recomendado na bibliografia.

#### 2.2.5 Potássio Não-Trocável

Por convenção, o potássio não trocável é determinado por diferença entre o potássio extraível pelo HNO<sub>3</sub> 1N fervente e o teor de potássio trocável (CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970; MARTINI & SUAREZ, 1975; NACHTIGALL & VAHL, 1989). Considera-se o potássio não trocável uma estimativa da disponibilidade do elemento a médio prazo (MIELNICZUK & SELBACH, 1978). Além do HNO<sub>3</sub> 1N fervente, RAIJ (1991) cita a extração do potássio com tetrafenilborato, por eletro-ultrafiltração e resina trocadora de cátions na forma ácida. A avaliação da disponibilidade de potássio não trocável para as plantas pode ser obtida por cultivos sucessivos do solo, nos quais determina-se a fração do potássio não trocável extraído pelas plantas em determinado tempo de cultivo (BEAR *et alii*, 1944; BRELAND *et alii*, 1950; PRATT, 1951; PEARSON, 1952; LEGG & BEACHER, 1952; CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970; MARTINI & SUAREZ, 1975; MIELNICZUK & SELBACH, 1978; NACHTIGALL & VAHL, 1991a).

A disponibilidade do potássio não trocável depende do tipo dos minerais potássicos do solo (GRIMME, 1985) (micas, feldspatos) e do tamanho das partículas. Geralmente as taxas de liberação são bem pequenas (MARTINI & SUAREZ, 1975; MUTSCHER, 1985) e não favorecem um crescimento ótimo para as plantas. No entanto, SPARKS (1986) trabalhando com solos arenosos encontrou que os mesmos exibiam uma notável habilidade para liberar potássio não trocável. Grande parte desta liberação ocorria na fração areia que continha altas quantidades de feldspatos potássicos.

RAIJ (1991), com base em trabalhos realizados por Crisóstomo & Castro, Oliveira *et alii* e Raij & Quaggio, concluiu que existe contribuição de potássio não trocável na nutrição de plantas em solos brasileiros, embora até o momento não existam critérios aceitos para caracterizar em que situações ele é mais importante. Considera provável que, em solos menos intemperizados e, em camadas mais profundas, seja elevada a probabilidade das formas não trocáveis tornarem-se aproveitáveis pelas plantas. Este autor recomenda um estudo do teor de potássio nas camadas mais profundas do solo, tendo em vista que a camada arável de apenas 20cm pouco representa em relação à profundidade do perfil da maioria dos solos e ao volume de solo que é explorado pelas raízes.

CRISÓSTOMO & CASTRO (1970) obtiveram, em vinte solos cearenses, teores de potássio não trocável variando entre 1,38 e 264,11 com média de 55mg/100g de solo. Em diferentes tipos de solos do Rio Grande do Sul, os teores de potássio não trocável foram de 2,34

a 97,75mg/100g de solo, representando em média 2,1% de potássio total (NACHTIGALL & VAHL, 1989). RICCI *et alii* (1989), em estudo sobre o fornecimento de potássio nas frações texturais em solos altamente intemperizados de Minas Gerais, encontraram valores no intervalo de zero a 34,72mg/100g de solo para potássio não trocável e ordenaram, mineralogicamente, as frações de silte > argila > areia quanto à capacidade de suprimento de potássio. Apesar de apresentar menor valor de K não trocável que a fração silte, a fração argila está presente em maior quantidade, e portanto, se torna a mais importante para a liberação de potássio naqueles solos. Com o objetivo de quantificar a contribuição das formas não trocáveis de potássio para a nutrição de plantas, ROSOLEM *et alii* (1988) utilizaram um Latossolo Vermelho Escuro, de São Paulo, e encontraram valores variando de 7,7 a 15,9mg/100g de solo. Comparando os teores não trocáveis e trocáveis, verificaram que a diferença entre ambos era alta, demonstrando a elevada capacidade daquele solo no suprimento do elemento à médio prazo. Constataram, outrossim, que, em teores de potássio trocável abaixo de 6mg/100g de solo, a planta dependia da liberação de potássio não trocável para a sua nutrição. Em Latossolos da Costa Rica, MARTINI & SUAREZ (1975) encontraram valores, em mg/100g de solo, entre 0,4 a 5,0 enquanto que, para Andossolos, estes limites foram de 1,6 a 24. LEGG & BEACHER (1952) encontraram para solos representativos de Arkansas (USA) teores de 1,2 a 64,3mg/100g de solo para o potássio não trocável.

### 2.3 PODER DE SUPRIMENTO DE POTÁSSIO

Define-se o poder de suprimento de potássio (PSK) do solo como a capacidade deste em fornecer potássio às plantas oriundo das formas trocável e não trocável (Sutton & Seay, 1958 citados por CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970). Em termos quantitativos, ele representa a contribuição do potássio não trocável, ou seja, a parcela desta forma que foi absorvida pelas plantas. Este valor é calculado pela diferença entre o potássio extraído pela parte aérea das plantas e o decréscimo de potássio trocável no solo durante os cultivos (CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970; MIELNICZUK & SELBACH, 1978 e NACHTIGALL & VAHL, 1991A).

O poder de suprimento de potássio dos solos a médio e longo prazos pode ser avaliado por extratores químicos e métodos biológicos. Dentre os métodos biológicos utilizados destacam-se os cultivos sucessivos em vasos, em casas de vegetação e experimentos de longa duração, em campo. Nos cultivos sucessivos em vasos, simula-se o cultivo intensivo do solo até que as plantas deixem de crescer por deficiência de potássio. Avalia-se, então, a quantidade do elemento que foi retirada do solo através de seu teor na matéria seca das plantas. A principal limitação deste método é que a avaliação é feita com base na produção de matéria seca e potássio absorvido e não na base do rendimento em grãos (MIELNICZUK, 1982).

As frações do potássio não trocável, absorvidas pelos vegetais, são de difícil comparação devido às diferentes características das espécies quanto à capacidade de extração de potássio do solo e o grau de exaustão a que o solo foi submetido. Solos submetidos a cultivos intensivos por um período de vários anos sem adubação potássica, sofrerão redução no teor do elemento principalmente da forma trocável e da forma não trocável mais prontamente disponível (MIELNICZUK, 1977). Neste método, as quantidades de solo, número de cultivos, tempo de cultivo, densidade de plantas e espécies cultivadas, são muito

variáveis e dependem dos critérios adotados por cada pesquisador (CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970). Apesar da aparente falta de método padrão, REITEMEIER (1951) estabeleceu algumas afirmativas básicas que regem a liberação do potássio não trocável em solo cultivado: a) a capacidade de suprir potássio não trocável de origem nativa difere consideravelmente entre os diferentes tipos de solo; b) solos com os mesmos teores de potássio trocável diferem bastante nas suas reservas de potássio utilizáveis; c) o potássio fixado é geralmente mais utilizável do que o potássio nativo da forma não trocável; d) ocorre liberação em solos que apresentam alto nível de potássio trocável, sendo mais provável a sua ocorrência quando esse nível é baixo; e) o teor de potássio trocável inicial não constitui bom índice de suprimento de reserva, a não ser que represente o nível de equilíbrio para determinado solo; f) em solos cultivados intensivamente por um determinado tempo, o nível de potássio trocável se reduz a um valor mínimo e constante e toda liberação subsequente se verifica a partir desse nível; g) no mesmo período de tempo as plantas absorvem mais potássio de reserva do que o liberado para a forma trocável, quando o solo é conservado úmido; h) a liberação do potássio em solos ácidos é geralmente aumentado pela calagem.

Os métodos biológicos empregados para a determinação do PSK são muito demorados e não se prestam para trabalhos de rotina. Por outro lado, os métodos químicos são rápidos e mais baratos e vários têm sido propostos empregando ácidos fortes. AYRES (1949) trabalhando com solos do Havaí, encontrou estreita correlação entre o potássio extraído pelas plantas, quando o solo era cultivado intensivamente, e o teor de potássio extraído com  $\text{HNO}_3$  1N fervente. CRISÓSTOMO & CASTRO (1970) encontraram estreitas correlações entre o poder de suprimento de potássio, determinado pelo cultivo contínuo, e o potássio extraído e liberado da forma não trocável pelo ácido nítrico e também com o potássio trocável determinado antes do cultivo. Face a estes resultados, admitem os autores que o poder de suprimento de potássio nos solos por eles estudados, pode ser estimado a partir de qualquer um dos métodos citados.

CRISÓSTOMO & CASTRO (1970) observaram uma grande variação no poder de suprimento de potássio de solos cearenses cujos valores extremos foram, em mg K/100g de solo, de 6,11 a 70,92 com média de 24,96. Estes valores representam, em média, 45% dos teores do potássio não trocável daqueles solos. Contribuições negativas do potássio não trocável encontrados em alguns solos significa que a quantidade de potássio extraída pelas plantas foi menor do que seu decréscimo de potássio trocável durante os cultivos. Em solos do Rio Grande do Sul, NACHTIGALL & VAHL (1991a) encontraram contribuições negativas da ordem de 25 a 28% do potássio extraído pelas plantas. Estes autores verificaram, ainda, contribuições do potássio não trocável para as plantas variando de 1,1 a 84,6% do potássio extraído, equivalente a 0,07 e 25,95mg/100g solo. No mesmo Estado, MIELNICZUK & SELBACH (1978) em estudo similar, observaram que a utilização de potássio nativo não trocável variou entre 1,95 e 3,91 tendo como média 2,74mg/100g solo.

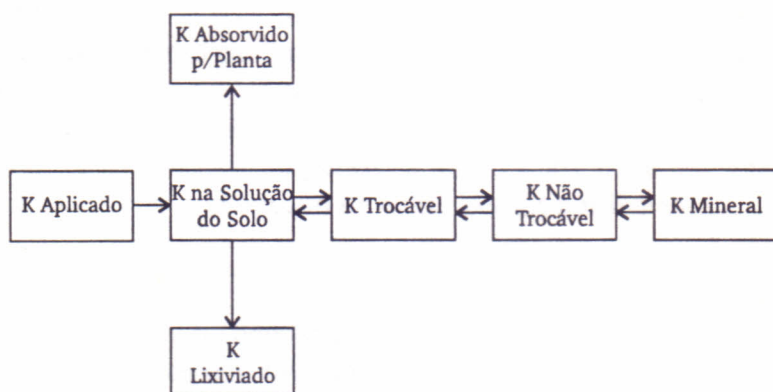
## 2.4 EQUILÍBRIO ENTRE FORMAS DE POTÁSSIO DO SOLO

A existência de equilíbrio entre as diversas formas de potássio do solo foi constatada a partir de observações de que o potássio trocável nunca era completamente exaurido,

quando se submetia um determinado terreno a cultivos sucessivos. Foi observado, também, que as plantas quase sempre absorviam mais potássio do que o existente no solo, por ocasião do plantio, nas formas trocável e solúvel; como a absorção ocorre somente sob essas duas formas, concluiu-se que havia liberação do elemento a partir de outras formas (CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970).

Apenas uma pequena quantidade do potássio total do solo está prontamente disponível para as plantas. O termo disponível não é suficientemente preciso, pois todas as formas de potássio em um solo podem se tornar disponíveis depois de um longo período de tempo (NEMETH, 1982). TISDALE & NELSON (1975) classificaram o potássio do solo como relativamente indisponível ou fixado, lentamente disponível e prontamente disponível. RAJ (1982) as considera como potássio não trocável, trocável e em solução. Muitas outras classificações já foram propostas e todas são concordantes que não há separação nítida entre as formas e que ocorre equilíbrio entre elas.

Pode-se representar, esquematicamente, a dinâmica das formas de potássio do solo, conforme modelo proposto por RAJ (1991):



Por causa da constante remoção do potássio do solo por lixiviação ou por colheita, há uma contínua mas lenta transferência de potássio dos minerais primários para as formas lentamente disponíveis e destas, para as trocáveis. Em outras condições, quando da aplicação de grandes quantidades de fertilizantes potássicos, ocorre reversão para as formas lentamente disponíveis. De acordo com TISDALE & NELSON (1975) as formas indisponíveis constituem 90 a 98% do potássio total do solo, a forma lentamente disponível em 1 a 10% e a prontamente disponível em 1 a 2%. Apesar de constituir apenas 1 a 2% do potássio total, na maioria das vezes, o potássio trocável (prontamente disponível) é a principal forma responsável pelo seu suprimento para as plantas. Como a planta absorve, preferencialmente, o potássio presente na solução do solo, o seu suprimento é governado pelo equilíbrio entre as formas trocável e em solução, e o deslocamento desse equilíbrio para a direita ocorre pela diminuição da concentração do potássio solúvel perto do sistema radicular (YAMADA, 1983).

Nos solos altamente intemperizados com predominância da caulinita e óxidos de ferro e alumínio, que não fixam potássio, o equilíbrio entre potássio não trocável  $\rightleftharpoons$  potássio solu-

ção tende para a direita à medida que se processa a intemperização. Além de ser um processo lento, o intemperismo só ocorre sob concentrações de potássio na solução do solo muito baixas, o que torna inviável uma agricultura lucrativa, quando se conta apenas com esta fonte de suprimento de potássio (YAMADA, 1983). A lentidão desta reposição torna obrigatória, na prática agrícola, o repouso do solo durante vários anos após uma cultura ou a aplicação de adubos potássicos (BOYER, s.d.).

## 2.5 FATORES QUE AFETAM O EQUILÍBRIO DO POTÁSSIO NO SOLO

Embora desconhecidos os mecanismos pelos quais o equilíbrio entre as diversas formas de potássio ocorre, alguns fatores o afetam, como o tipo de colóide, temperatura, umidade e reação do solo.

### 2.5.1 Tipo de colóide

A fixação de potássio ocorre somente em solos que contém argilo-minerais do tipo 2:1 ou ilita. Argilo-minerais do tipo 1:1 não fixam potássio. A matéria orgânica possui alta capacidade de adsorver potássio e outros cátions na forma trocável, mas não os fixa. A fixação é nula nas micas e nas caulinitas, fraca nas montmorilonitas, variável nas ilitas e alta nas vermiculitas (BOYER, s.d.). Nos solos intemperizados, onde predominam caulinita e óxidos hidratados de ferro e alumínio, é desprezível o fenômeno de fixação. Infere-se, portanto, que nos casos de adubação potássica nestes solos, deve haver parcelamento da dosagem recomendada com o propósito de evitar perdas por lixiviação.

### 2.5.2 Temperatura

O efeito da temperatura no equilíbrio do potássio no solo não tem sido muito estudado. Além disso, estes estudos têm revelado resultados aparentemente contraditórios. De modo geral, o aumento da temperatura de amostras de solos tratados em condições de laboratório, resulta no aumento do teor de potássio trocável. Estudos realizados a temperaturas bem mais elevadas do que as encontradas em condições de campo, não permitem a extrapolação dos resultados obtidos (TISDALE & NELSON, 1975).

A secagem e aquecimento de argilas 2:1 conduzem a maior fixação de potássio segundo Black citado por MELLO *et alii* (1989). Isto ocorre devido à penetração do potássio entre as camadas causando a aproximação destas com a eliminação de água contida entre elas. Não havendo desidratação não haverá fixação.

### 2.5.3 Umidade

A secagem de solos em condições de umidade de capacidade de campo conduz, freqüentemente, a um aumento na quantidade de potássio trocável principalmente, quando os níveis do elemento no solo são baixos. O contrário pode ocorrer quando os níveis do elemento forem altos (TISDALE & NELSON, 1975). A alternância entre umedecimento e secagem induzem à fixação ou liberação de potássio dependendo dos níveis do elemento na forma solúvel (MELLO *et alii*, 1989). Quando o teor de potássio está acima de determinado



nível crítico ocorre fixação e quando abaixo desse nível existe liberação (CRISÓSTOMO & CASTRO, 1970). Este mecanismo é importante para a manutenção do potássio disponível às plantas nos solos onde predominam minerais fixadores do elemento.

AYRES (1949) verificou que o armazenamento de solos úmidos por 42 meses, previamente secados ao ar, não produziu mudanças nos níveis de potássio trocável mas, quando houve inicialmente remoção parcial do potássio trocável, resultou em liberação de pequenas quantidades. Mais potássio foi liberado quando todo o potássio trocável foi removido antes. Concluiu, ainda, que a liberação do potássio de solos armazenados úmidos foi mais rápida para solos menos intemperizados do que para aqueles mais intemperizados.

#### 2.5.4 Reação do solo e calagem

O efeito do pH na fixação e liberação do potássio tem sido assunto controverso entre os autores, por muitos anos. Resultados de numerosos experimentos objetivando determinar a relação entre a acidez do solo e a fixação do potássio têm sido completamente contraditórios (TISDALE & NELSON, 1975). Contudo, MELLO *et alii* (1989) relatou que a fixação aumentava com a elevação do pH.

Quando se adiciona calcário a argilominerais saturados com potássio, observa-se a substituição de algum potássio absorvido pelo cálcio. Quanto maior o grau de saturação de cálcio nas argilas, maior a adsorção de potássio da solução do solo. A quantidade de potássio substituída dependerá da natureza e quantidade do calcário adicionado, como também, dos tipos e quantidades dos íons absorvidos às argilas. Por outro lado, quando argilominerais contêm cálcio, hidrogênio, alumínio adsorvidos e adiciona-se potássio, haverá permuta entre os íons potássio e cálcio, porque este é mais facilmente substituído do que o hidrogênio. O cálcio só substitui o hidrogênio e o alumínio com grande dificuldade. Se além deles, a argila contêm adsorvidos potássio, sódio e amônio, estes serão preferencialmente substituídos. Neste caso, haverá perda de potássio para a solução do solo.

Solos com alto grau de saturação de bases perdem menos potássio trocável por lixiviação do que solos com baixo grau de saturação. A calagem é um dos meios pelos quais a saturação de bases dos solos é aumentada e, portanto, diminui a perda de potássio trocável por lixiviação. O potássio pode, ainda, passar para formas indisponíveis mas dependerá da natureza e quantidade de argila e do grau de saturação em potássio.

AYRES (1949) verificou que solos saturados com cálcio liberaram 2,5 vezes mais potássio quando armazenado úmido do que solos saturados com hidrogênio.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará. Para a determinação do poder de suprimento de potássio foram utilizados doze unidades de solos dos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. De cada unidade coletaram-se amostras em três profundidades (0-25, 25-50 e 50-75cm) exceto o Cambissolo do qual coletaram-se somente a 0-25 e 25-50cm. Na Tabela 1 são informados a classificação, formação geológica e litologia, material originário e localização de cada unidade.

### 3.1 AS CLASSES DE SOLO

#### 3.1.1 Areias Quartzosas (solos 1, 2, 3 e 4)

As areias quartzosas são originadas de sedimentos areno-quartzosos do grupo Barreiras. Constituem, também, grupo de solos muito intemperizados, essencialmente arenosos. O teor de areia varia de 81 a 95% enquanto os teores de silte são, em média, 2 e 7% (Tabela 2). A mineralogia de fração de areia é composta de 100% de quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, distênio, estauroлита, ilmenita, zircão, rutilo (Tabela 2). Baseado nas informações de JACOMINE *et alii* (1973) é muito provável que a fração argila seja constituída de minerais de grade 1:1 (caulinita) e de óxidos hidratados de ferro e alumínio. É notória a ausência de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo.

São solos ácidos com pH variando entre 4,1 a 5,8; apresentam baixo teor de matéria orgânica (em média, 0,68%), capacidade de troca de cátions muito reduzida (para os quatro solos e nas três profundidades variou de 0,87 a 1,99cmol(-)/kg – Tabela 3). Portanto, são solos pobres em nutrientes dada a sua natureza essencialmente quartzosa, não dispondo de reservas nutricionais que possam ser liberadas gradativamente.

#### 3.1.2 Podzólico Vermelho Amarelo (solo 5)

O solo em estudo originou-se de sedimentos areno-argilosos e conglomerados do Grupo Barreiras. Solo arenoso com a fração areia variando de 86 a 94%, silte de 1 a 3% e argila de 5 a 11%, classificado como areia (profundidades 0-25 e 25-50cm) e areia franca (profundidade 50-75cm) (Tabelas 1 e 2). A mineralogia da fração areia compõe-se de 100% de quartzo e traços de turmalina, estauroлита, rutilo, mica muscovita, ilmenita, feldspato, zircão (Tabela 2). Com base em amostras de outros Podzólicos Vermelho Amarelos analisados por JACOMINE (1973), LEPSCH (1978) e LOPES (1982) é provável que a fração argila seja composta por minerais do grupo da caulinita (1:1) e óxidos de ferro e alumínio.

Solo ácido, pH 4,9, com baixo teor de matéria orgânica (0,45%) e, com capacidade de troca de cátions de 0,97cmol(-)/kg de solo.

### 3.1.3 Latossolos Vermelho Amarelos (Solos 6, 7, 8 e 9).

Os solos destas unidades são originados de arenitos e sedimentos areno-argilosos (Tabela 1). São solos arenosos com a fração areia variando de 61 a 93% enquanto o teor de argila varia de 3 a 26% (Tabela 2), sendo classificados como areia, areia franca, franco arenoso e franco argilo arenoso.

A fração areia compõe-se de 98 a 100% de quartzo, não apresentando minerais primários fornecedores de potássio. A fração argila dos latossolos, segundo OLIVEIRA (1992), é constituída de sesquióxidos, argilas silicatadas do grupo 1:1, quartzo e outros minerais silicatados altamente resistentes ao intemperismo.

Trata-se de solos com baixo teor de matéria orgânica, variando entre 0,17 a 1,8%, ácidos com pH entre 4,0 e 5,9 e com capacidade de troca de cátions variando de 0,94 a 2,27cmol(-)/kg de solo (Tabela 3).

### 3.1.4 Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos (solos 10 e 11).

Foram formados a partir de sedimentos areno-argilosos do grupo Barreiras. Diferem dos Latossolos Vermelho Amarelos por apresentarem características semelhantes à de um horizonte Bi, na qual o material originário sofreu intemperismo pouco intenso. A fração areia compõe-se de 100% de quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, distênio, rutilo, estauroлита, epidoto, ilmenita, zircão e feldspato (Tabela 2 ).

O percentual de areia encontrado foi de 46 no solo 10 e 66 no solo 11, do silte é de 31 no solo 10 e 14 no solo 11 e a fração argila representa 23% no solo 10 e 20% no solo 11 (Tabela 2). Portanto, os teores de silte e argila são mais elevados comparados aos três grupos de solos já estudados, resultando na classificação textural franco, franco arenoso e franco argilo arenoso.

Considerando a média das três profundidades, o solo 10 possui pH 7 (neutro) enquanto o solo 11 é ácido (pH 5,3), (Tabela 2). O teor de matéria orgânica foi também variável: 1,4% (baixo) no solo 10 e muito baixo no solo 11 (0,48%). O mesmo observou-se com relação à capacidade de troca de cátions, medida em cmol(-)/kg de solo: 10,23 no solo 10 e 3,96 no solo 11.

### 3.1.5 Cambissolo (solo 12)

É originado de calcário do Grupo Apodi (Tabela 1). Possui horizonte Bi, pouco intemperizado. A fração areia é composta de 98% de quartzo, 2% de nódulos ferruginosos, traços de rutilo, zircão, turmalina, mica alterada, distênio, epidoto, anfibólio, estauroлита, feldspato e de fragmentos carbonatados (Tabela 2). A mineralogia das frações silte e argila compõe-se, provavelmente, de minerais com capacidade de troca de cátions elevada, diferentes da caulinita e óxidos de ferro e alumínio. A textura é franco argilosa.

Em média para as duas profundidades estudadas, o cambissolo apresenta pH próximo ao neutro (6,8), baixo teor de matéria orgânica (0,8%) e capacidade de troca de cátions de 11 cmol(-)/kg de solo, a maior das doze unidades em estudo. (Tabela 3).

TABELA 1

CLASSIFICAÇÃO, FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA, MATERIAL ORIGINÁRIO E LOCALIZAÇÃO DOS SOLOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

Solo Nº	Classificação	Formação Geológica e Litologia	Material Originário	Localização
1	Areias Quartzosas	Terciário. Grupo Barreiras Sedimentos	Sedimentos Arenó-Quartzosos	Projeto Serra do Mel-RN. Lote 30 a 50m da estrada
2	Areias Quartzosas	Terciário. Grupo Barreiras Sedimentos	Sedimentos Arenó-Quartzosos	Fazenda Maísa-RN. Rua 7, Av. 23
3	Areias Quartzosas	Terciário. Grupo Barreiras Sedimentos	Sedimentos Arenó-Quartzosos	Fazenda Maísa-RN. Área do Poço 10
4	Areias Quartzosas	Terciário. Grupo Barreiras Sedimentos	Sedimentos Arenó-Quartzosos	Fazenda Belém-CE. Copan
5	Podzólico Vermelho Amarelo	Terciário. Grupo Barreiras	Sedimento Arenó-Argiloso e Conglomerados	Fazenda Capessé-CE a 100m à esquerda Estrada Sede BR-116
6	Latossolo Vermelho Amarelo	Terciário. Grupo Barreiras Sedimentos	Sedimento Arenó-Quartzosos	Projeto Serra do Mel-RN. Lote 17 a 100m da estrada.
7	Latossolo Vermelho Amarelo	Terciário. Grupo Barreiras Sedimentos	Sedimento Arenó-Argiloso	E.E. Pacajus-CE. Área do Experimento de adubação c/Cajueiro Anão
8	Latossolo Vermelho Amarelo	Siluro-Devoniano inferior. Formação Serra Grande	Arenito	Fazenda Capisa-PI. Campo de Cajueiro Anão de 1988
9	Latossolo Vermelho Amarelo	Triássico. Formação Sambaíba	Arenito	Fazenda Itaueira-PI. Campo de Cajueiro Anão
10	Latossolo Vermelho Escuro, Câmbico	Terciário. Grupo Barreiras Sedimento	Sedimento Arenó-Argiloso	Fazenda Maísa-RN. Rua 8, Av. 5
11	Latossolo Vermelho Escuro, Câmbico	Terciário. Grupo Barreiras Sedimento	Sedimento Arenó-Argiloso	Fazenda Maísa-RN. Área do Poço 1
12	Cambissolo	Cretáceo. Grupo Apodi	Calcário	Projeto Apodi-CE. Pivô da Ponte

Fonte: CRISÓSTOMO (1991)

TABELA 2 – GRANULOMETRIA DO SOLO E MINERALOGIA DA FRAÇÃO AREIA DE DOZE UNIDADES DE SOLO CULTIVADOS COM CAJUEIRO NOS ESTADOS DO PIAUÍ, CEARÁ E RIO GRANDE DO NORTE

Solo Nº	Profundidade	Areias	Silte	Argila	Mineralogia (Areias)
	.... cm ....	..... % .....			
1 AQ	0-25	95	2	3	100% de quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, distênio, estauroлита, zircão, rutilo
	25-50	81	3	6	
	50-75				
2 AQ	0-25	94	2	4	100% de quartzo, traços de turmalina, estauroлита, distênio, ilmenita, nódulos de ferro
	25-50	89	4	7	
	50-75				
3 AQ	0-25	95	1	4	100% de quartzo, traços de turmalina, estauroлита, rutilo, nódulos ferruginosos, ilmenita, distênio, zircão, epidoto, anfíbolio
	25-50	90	1	9	
	50-75	84	3	13	
4 AQ	0-25	94	1	5	100% de quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, rutilo, ilmenita, distênio
	25-50	94	1	5	
	50-75	94	1	5	
5 PV	0-25	94	1	5	100% de quartzo, traços de turmalina, estauroлита, rutilo, mica muscovita, ilmenita, feldspato, zircão
	25-50	90	3	7	
	50-75	86	3	11	
6 LV	0-25	93	3	4	100% de quartzo, traços de nódulos de ferro, turmalina, distênio, ilmenita, rutilo
	25-50	88	5	7	
	50-75	88	3	9	
7 LV	0-25	92	5	3	100% de quartzo, traços de turmalina, estauroлита, rutilo, mica muscovita, zircão, distênio, ilmenita
	25-50	85	5	10	
	50-75	87	5	8	
8 LV	0-25	79	5	16	100% de quartzo, traços de turmalina, rutilo, ilmenita, estauroлита, zircão, nódulos ferruginosos
	25-50	66	8	26	
	50-75	71	7	22	
9 LV	0-25	70	8	22	99% de quartzo, 1% de nódulos argilo-ferruginosos, traços de turmalina, rutilo, zircão, ilmenita
	25-50	62	13	25	
	50-75	61	13	26	
10 LE	0-25	50	25	25	100% de quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, distênio, rutilo, estauroлита, epidoto e ilmenita
	25-50	46	32	22	
	50-75	41	36	23	
11 LE	0-25	76	10	14	100% de quartzo, traços de turmalina, rutilo, distênio, estauroлита, feldspato, zircão
	25-50	55	23	22	
	50-75				
12 Ce	0-25	43	30	27	98% de quartzo, 2% de nódulos ferruginosos, traços de rutilo, zircão, turmalina, mica alterada, distênio, epidoto, anfíbolio, estauroлита, feldspato, fragmento carbonato
	25-50	34	32	34	

Fonte: CRISÓSTOMO (1991)

TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS

Solo N°	Prof.	pH	C	P	Ca++	Mg++	K+	Na+	Al+++	H+Al+++	CTC
	cm	...	%...	mg/kg	cmol(+)/kg						cmol(-)/kg
1 AQ	0-25	4,6	0,17	1	0,40	0,20	0,04	0,12	0,20	0,40	1,36
	25-50	4,4	0,14	1	0,30	0,10	0,03	0,11	0,30	0,70	1,54
	50-75	4,1	0,42	1	0,30	0,10	0,03	0,11	0,40	0,70	1,64
2 AQ	0-25	4,6	0,29	1	0,30	0,10	0,05	0,11	0,20	0,40	1,16
	25-50	4,3	0,20	1	0,20	0,05	0,04	0,10	0,20	0,50	1,09
	50-75	4,6	0,26	1	0,30	0,10	0,07	0,10	0,20	0,40	1,27
3 AQ	0-25	5,8	0,31	24	0,60	0,40	0,09	0,11	0,10	0,20	1,50
	25-50	4,8	0,20	40	0,30	0,10	0,06	0,10	0,20	0,50	1,26
	50-75	4,7	0,18	62	0,40	0,30	0,06	0,10	0,20	0,50	1,56
4 AQ	0-25	4,5	0,37	4	0,60	0,40	0,09	0,10	0,20	0,80	2,19
	25-50	4,4	0,14	4	0,50	0,20	0,07	0,10	0,20	0,40	1,47
	50-75	4,5	0,06	4	0,40	0,10	0,07	0,10	0,10	0,20	0,97
5 PV	0-25	5,1	0,34	1	0,40	0,20	0,07	0,10	—	0,20	0,97
	25-50	4,9	0,35	1	0,40	0,20	0,07	0,10	—	0,20	0,97
	50-75	4,9	0,11	1	0,20	0,10	0,08	0,15	0,20	0,50	1,23
6 LV	0-25	5,6	0,27	1	0,30	0,10	0,14	0,10	0,20	0,30	1,14
	25-50	4,3	0,28	1	0,30	0,10	0,15	0,10	0,20	0,40	1,25
	50-75	4,5	0,10	1	0,30	0,10	0,04	0,10	0,20	0,40	1,14
7 LV	0-25	5,9	0,35	4	1,10	0,70	0,12	0,15	—	0,20	2,27
	25-50	5,0	0,32	1	0,20	0,50	0,24	0,16	0,30	1,10	2,50
	50-75	4,8	0,19	2	0,10	0,50	0,20	0,16	0,40	1,00	2,36
8 LV	0-25	4,0	0,59	3	—	0,40	0,08	0,15	0,50	1,60	2,73
	25-50	4,4	0,39	2	—	0,30	0,06	0,15	0,50	1,10	2,11
	50-75	4,2	0,39	2	—	0,50	0,50	0,16	0,60	1,10	2,86
9 LV	0-25	4,2	1,07	2	0,10	0,40	0,08	0,12	0,60	1,60	2,90
	25-50	4,0	0,62	1	—	0,10	0,14	0,13	0,70	1,30	2,37
	50-75	4,1	0,36	1	—	0,30	0,06	0,13	0,60	0,80	1,89
10 LE	0-25	6,6	1,48	2	8,50	1,20	0,79	0,12	—	—	10,61
	25-50	7,2	0,50	1	6,80	2,40	0,80	0,15	—	—	10,15
	50-75	7,2	0,41	1	8,40	0,60	0,79	0,14	—	—	9,93
11 LE	0-25	6,2	0,66	121	2,40	0,90	0,51	0,14	—	0,20	4,15
	25-50	4,8	0,50	107	1,40	0,80	0,82	0,18	0,20	0,90	4,30
	50-75	5,0	0,29	3	1,30	0,70	0,67	0,19	0,10	0,80	3,76
12 Ce	0-25	7,0	0,47	22	8,80	1,70	0,07	0,40	—	—	10,97
	25-50	6,7	0,52	1	6,90	2,80	1,12	0,26	—	—	11,08

Fonte: CRISÓSTOMO (1991)

### 3.2 ANÁLISE DO SOLO

As análises de caracterização física e química foram feitas em TFSA, adotando-se os procedimentos da EMBRAPA (1979).

Antes e após os cultivos sucessivos foram determinados os teores de potássio trocável (Kt) usando o extrator de Mehlich HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N, (EMBRAPA, 1979) e o NH<sub>4</sub>OAc 1N pH 7 (PRATT, 1965) e K não trocável com HNO<sub>3</sub> 1N fervente (K-HNO<sub>3</sub>) (PRATT, 1965). Os teores de potássio não trocável (Knt) foram estimados pela diferença entre K-HNO<sub>3</sub> e Kt e o teor de potássio total (KT) dos solos antes do primeiro cultivo pelo método do HF descrito por PRATT, 1965.

### 3.3 CULTIVOS SUCESSIVOS

Para avaliação da disponibilidade dos nutrientes do solo foi utilizada a técnica dos cultivos sucessivos e prolongados. Este método biológico não é rotineiro por ser demorado. No presente estudo procurou-se estabelecer relações entre o método biológico e os químicos pois, estes últimos, são rápidos e práticos.

Foram transferidos 2kg de solo de cada profundidade amostrada, em triplicata, para potes de plástico com capacidade para 2 litros.

Duas semanas antes do primeiro plantio, foram aplicados à superfície do solo, em cada vaso, nutrientes em solução e água destilada para manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo. Esta condição foi mantida durante todo o cultivo. As doses de nutrientes, em Kg/ha e formas, foram: N = 200 (uréia), P = 500 (fosfato de sódio monobásico), Ca = 500 (Cloreto de cálcio), Mg = 300 (carbonato básico de magnésio), S = 100 (sulfato de sódio), Cu = 10 (sulfato de cobre), Zn = 20 (sulfato de zinco), Fe = 50 (sulfato ferroso amoniacal), Mn = 40 (sulfato manganoso), Mo = 10 (molibdato de sódio), B = 10 (tetraborato de sódio), conforme recomendação de MARTINI & SUAREZ, 1974. No segundo cultivo os vasos receberam as mesmas doses de N e P.

Foram realizados quatro cultivos sucessivos, com duração total de 240 dias, sendo que, no primeiro plantio utilizou-se milho (*Zea mays* L.) por um período de 40 dias; no segundo, tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) com duração de 36 dias; no terceiro, sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) por 55 dias; no quarto, milho, durante 45 dias. Entre o primeiro e o último cultivo houve 64 dias de intervalo com a finalidade de secagem, destorroamento e adubação do solo.

Em todos os cultivos, após a germinação das sementes, efetuou-se o desbaste deixando-se 6 plantas por vaso e o tempo de colheita foi determinado em função da severidade dos sintomas de deficiências de potássio, o que foi notado já a partir do primeiro cultivo.

A utilização de mais de um tipo de cultura deveu-se ao fato das mesmas possuírem diferentes capacidades de exaustão de nutrientes, sendo o tomate a mais exigente em potássio e sorgo a menos exigente (GARGANTINI, 1963; GARGANTINI & BLANCO, 1963; HAAG, 1978).

A contribuição do potássio não trocável para as plantas foi calculada pela diferença entre o potássio absorvido pela parte aérea das plantas e o decréscimo do potássio trocável do solo durante os cultivos sucessivos conforme CRISÓSTOMO & CASTRO (1970).

### **3.4 ANÁLISE DA MATÉRIA SECA**

Após cada colheita da parte aérea das plantas, o tecido foi seco em estufa a 70°C até atingir peso constante, pesado (produção de matéria seca) e moído em moinho equipado com peneira de 20 malhas por polegada.

O teor de potássio na matéria seca foi determinado por fotometria de chama no extrato de agitação da matéria seca com HCl 1N conforme recomendação de Miyazawa *et alii*, 1984.

### **3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O ensaio obedeceu ao modelo de delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Realizou-se a análise da variância e o teste F para as variáveis matéria seca e teor de potássio absorvido das plantas e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As relações entre as variáveis avaliadas foram analisados por correlação linear simples. Os valores de r foram transformados em z e feita a análise através da estatística z para verificação de diferenças entre os coeficientes de correlação obtidos.

Os tratamentos constituíram-se das doze unidades de solo considerada a média das profundidades e repetições de cada unidade.



#### 4.1 FORMAS DE K PRESENTES NOS SOLOS

##### 4.1.1 Areias Quartzosas

Na Tabela 4 são apresentados os teores de potássio total dos solos; em média, este valor foi de 100mg/100g de solo para as quatro unidades estudadas. O solo 4 apresentou teor mais elevado (196,47), média das três camadas. Nos solos nº 1 e 3, o teor médio foi de 76mg/100g e no solo 2 foi de 51 mg/100g.

PREZOTTI & DEFELIPO (1987) encontraram para as areias quartzosas de Minas Gerais teores semelhantes, que variaram de 45 a 85mg/100g para o potássio total.

O potássio não trocável ( $K-HNO_3 - K-NH_4OA_c$ ) variou entre 0,78 e 3,13, com média de 1,52 mg/100g (Tabela 4). Nesta classe de solo, os teores mais elevados de potássio não trocável foram encontrados na camada de 0-25cm.

Os níveis de potássio trocável, avaliados pelo acetato de amônio, variaram de 1,36 (solo 1) a 3,71mg/100g (solo 4), Tabela 4, e estão muito abaixo de 5,86mg/100g de solo considerados como limite para produções normais nos trópicos (POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE, 1988).

Estes valores estão muito próximos aos encontrados por PREZOTTI & DEFELIPO (1987) para Areias Quartzosas de Minas Gerais (3,51 a 3,91 mg/100g de solo) e aos encontrados por CRISÓSTOMO & CASTRO (1970) em areias vermelhas do Ceará (2,34 mg/100g de solo).

Conforme observado nos Latossolos Vermelho Amarelos, cujos teores estão próximos aos encontrados nas Areias Quartzosas, a participação da forma não trocável, no total absorvido pelas plantas, foi maior do que a trocável (Tabela 5). No Cambissolo (solo 12) e no Latossolo Vermelho Escuro (solo 10), com maiores teores de potássio em todas as formas, esta participação foi, em média, apenas de 21%. Este fato está de acordo com uma das afirmativas enunciadas por REITEMEIER (1951): "ocorre liberação de potássio nativo da forma não trocável em solos que apresentam alto nível de potássio trocável; mas, é mais provável sua ocorrência quando este nível é baixo, para evitar drástica redução no vigor das plantas".

##### 4.1.2 Podzólico Vermelho Amarelo

As informações constantes na Tabela 3 evidenciam pobreza deste podzólico quanto à fertilidade, embora possua médio teor de potássio total que, em média das três camadas, foi de 228mg/100g, valor muito mais elevado do que os das Areias Quartzosas. A presença de traços de muscovita e feldspato na mineralogia da fração areia do Podzólico justifica, provavelmente, este teor (Tabelas 3 e 4).

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE POTÁSSIO TROCÁVEL (Kt') EXTRAÍDO POR SOLUÇÃO DE MEHLICH E NH<sub>4</sub>OAC 1N pH7(Kt), K EXTRAÍDO COM HNO<sub>3</sub> 1N FERVENTE ANTES E APÓS OS CULTIVOS, K-TOTAL (EXTRAÍDO POR HF) ANTES DO CULTIVO E K EXTRAÍDO DO SOLO POR 4 CULTIVOS SUCESSIVOS (K-PLANTA), TEOR DE MATÉRIA SECA (MS), EM 12 SOLOS PLANTADOS COM CAJUEIRO

Solo Profundidade	cm	K antes cultivo			K-Total	K depois cultivo			K extraído pelas plantas	MS/ vaso
		Kt' Mehlich	Kt NH4OA	K-HNO3		Kt'	Kt	K-HNO3		
		mgK/100g Solo								g
1 AQ	0-25	1,46	2,05	3,91	63,53	1,17	1,36	2,60	2,24	12,70
	25-50	1,07	1,36	2,34	59,62	0,97	1,36	2,60	1,81	11,10
	50-75	0,97	1,66	3,12	101,66	0,97	1,46	3,12	1,73	11,15
	Média	1,17	1,69	3,12	74,94	1,04	1,39	2,77	1,93	11,65
2 AQ	0-25	1,75	2,34	3,51	49,85	1,23	1,36	2,08	2,18	11,85
	25-50	1,37	1,56	2,73	50,83	1,27	1,56	2,34	1,95	11,13
	50-75	1,37	1,56	2,34	52,78	1,37	1,27	2,34	1,90	11,42
	Média	1,50	1,82	2,86	51,15	1,29	1,40	2,25	2,01	11,46
3 AQ	0-25	2,05	2,34	5,47	86,01	1,46	1,56	3,51	2,69	13,95
	25-50	1,75	2,54	4,30	66,46	1,88	1,49	2,86	2,65	12,90
	50-75	2,05	2,44	3,51	79,17	1,10	1,62	3,38	2,72	14,26
	Média	1,95	2,44	4,43	77,21	1,48	1,56	3,25	2,69	13,70
4 AQ	0-25	3,32	3,71	6,25	190,61	1,10	1,43	2,60	4,11	16,58
	25-50	2,34	2,93	4,30	169,10	1,23	1,75	2,86	3,04	12,71
	50-75	2,34	2,93	3,91	299,71	1,36	1,75	4,43	2,84	12,73
	Média	2,67	3,19	4,82	196,47	1,23	1,64	3,30	3,33	14,00
5 PV	0-25	1,46	2,05	4,69	244,37	1,36	1,95	4,69	2,13	12,87
	25-50	1,56	2,34	4,69	224,82	1,17	1,30	3,91	2,55	13,18
	50-75	1,56	2,24	5,47	215,05	0,97	1,30	3,91	2,48	14,43
	Média	1,53	2,21	4,95	228,08	1,17	1,52	4,17	2,39	13,49
6 LV	0-25	3,32	3,91	6,64	90,90	1,36	1,43	3,12	3,52	15,43
	25-50	2,15	2,93	5,08	80,15	1,17	1,69	3,38	2,91	13,90
	50-75	1,56	2,15	3,91	86,02	1,36	1,36	4,43	2,45	13,26
	Média	2,34	3,00	5,21	85,69	1,30	1,49	3,64	2,96	14,19
7 LV	0-25	3,12	3,71	5,86	75,26	1,46	1,66	2,73	4,01	19,07
	25-50	6,94	8,40	10,94	107,52	1,56	2,47	3,38	7,35	18,31
	50-75	6,06	7,03	10,16	93,84	1,75	1,88	2,60	6,23	16,98
	Média	5,37	6,38	8,99	92,21	1,59	2,00	2,90	5,86	18,12
8 LV	0-25	1,95	2,24	3,91	55,71	1,10	1,43	2,08	2,82	14,39
	25-50	0,78	1,36	1,95	77,22	1,17	1,36	1,56	1,48	11,08
	50-75	0,78	1,17	1,95	65,49	1,17	1,17	1,56	1,47	11,14
	Média	1,17	1,59	2,60	66,14	1,15	1,32	1,73	1,92	12,20
9 LV	0-25	1,75	1,95	3,51	61,58	0,87	1,95	2,08	2,33	12,17
	25-50	1,17	1,36	2,34	60,60	0,78	1,30	2,08	1,80	12,85
	50-75	1,17	1,36	2,34	50,83	1,07	1,36	2,34	1,61	11,32
	Média	1,36	1,56	2,73	57,67	0,91	1,54	2,17	1,91	12,11
10 LE	0-25	24,63	39,88	105,57	581,64	4,94	9,18	63,60	38,53	55,63
	25-50	23,26	41,93	121,21	552,28	5,27	11,20	69,33	36,13	48,35
	50-75	20,91	38,12	107,52	586,50	4,36	9,97	70,90	35,26	48,11
	Média	22,93	39,98	111,43	573,47	4,86	10,12	67,94	36,64	50,69
11 LE	0-25	19,94	27,85	36,36	278,58	2,47	3,71	13,18	22,84	40,09
	25-50	26,97	39,88	49,65	249,26	2,60	5,27	17,72	36,92	41,95
	50-75	22,67	36,65	43,01	229,71	1,75	3,45	17,72	26,39	41,95
	Média	23,19	34,79	43,01	252,52	2,38	4,14	16,42	28,72	41,32
12 Ce	0-25	30,68	48,97	108,69	513,18	5,34	9,77	65,94	52,40	59,18
	25-50	12,51	26,39	73,89	337,23	2,92	7,49	60,21	25,84	54,01
	Média	21,60	37,68	91,29	425,21	4,13	8,63	63,08	39,12	56,59

A quantidade de potássio não trocável foi de 2,74 mg/100g de solo (média para as três profundidades), valor próximo aos encontrados nas Areias Quartzosas (Tabela 5).

Os níveis de potássio trocável variaram de 2,05 a 2,34 mg/100g (Tabela 4) e equivalem à metade da quantidade limite (5,86) para produções normais nos trópicos (Potash and Phosphate Institute, 1988).

Comparando-se os teores trocável e solúvel encontrados (2,05 a 2,34 mg/100g) com os dos solos com horizonte B textural investigados por CRISÓSTOMO & CASTRO (1970 - de 3,51 a 21,11 mg/100g) no Ceará e com os encontrados por MELLO (1981) de 1,17 a 19,55 mg/100g nos Podzólicos de São Paulo, verificou-se a diversificação dos podzólicos quanto à fertilidade.

#### 4.1.3 Latossolos Vermelho Amarelos

Estas unidades de solo apresentam baixos teores de nutrientes e reduzida capacidade de retenção de cátions (Tabela 3). Quadros semelhantes foram descritos por MIELNICZUK (1977), LEPSCH (1978), LOPES (1982) e MUTSCHER (1985), quando estudaram a mineralogia e o intemperismo de solos tropicais.

Os dados referentes às formas de K presentes nos solos antes e depois dos cultivos encontram-se na Tabela 4. O potássio total variou entre 50,83 e 107,52, com média de 75,42 mg/100g de solo para as três profundidades investigadas, teores semelhantes aos encontrados nas Areias Quartzosas mas inferiores ao do Podzólico. Esses valores assemelharam-se aos encontrados por MARTINI & SUAREZ (1975) em latossolos da Costa Rica, e por PREZOTTI & DEFELIPO (1987) em latossolos de Minas Gerais, mas inferiores aos que RITCHEY (1982) encontrou para os latossolos do Distrito Federal. No entanto, o teor de potássio total não fornece informações acerca da sua disponibilidade e da sua dinâmica. Para isso é necessário avaliar as diferentes formas nas quais o elemento se apresenta no solo e a relação entre as mesmas (FASSBENDER & BORNEMISZA, 1987).

O potássio não trocável, calculado pela diferença entre o potássio extraído por ácido nítrico 1N fervente e potássio extraído pelo acetato de amônio, variou entre 0,59 e 3,13, com média de 1,75 mg/100g de solo, valor próximo aos das Areias Quartzosas e menor que o do Podzólico. Estes valores assemelharam-se aos encontrados por MARTINI & SUAREZ (1975) para latossolos da Costa Rica (0,4 a 5mg K/100g do solo). Os teores mais elevados foram encontrados na camada 0-25cm, diminuindo nas demais, exceto o solo 7, que se apresentou inversamente (Tabela 4).

Os teores trocáveis variaram entre 1,17 a 8,4, com média de 3,13 mg/100g de solo para as três profundidades (Tabela 4). Os maiores teores foram observados na camada 0-25cm, diminuindo à medida que aumenta a profundidade, exceto o solo 7, que, na camada superficial, apresentou o menor teor (Tabela 4). Estes valores equipararam-se aos encontrados por PREZOTTI & DEFELIPO (1987) em Minas Gerais, por MARTINI & SUAREZ (1975) na Costa Rica e por RITCHEY (1982) em Goiás; mas foram inferiores quando comparados com os latossolos havaianos (AYRES, 1949).

TABELA - 5 POTÁSSIO NÃO TROCÁVEL (KNT), PODER DE SUPRIMENTO DE K (PSK) E SUA CONTRIBUIÇÃO SOBRE O TOTAL ABSORVIDO PELAS PLANTAS EM 12 SOLOS PLANTADOS COM CAJUEIRO

Solo	Profundidade cm	Knt (1)		PSK (2)	100 PSK/K-Planta %
		mg/100g			
1 AQ	0-25	1,86	1,55		69
	25-50	0,98	1,91		100
	50-75	1,46	1,53		88
	Média	1,43	1,63		86
2 AQ	0-25	1,17	1,20		55
	25-50	1,17	1,95		100
	50-75	0,78	1,61		85
	Média	1,04	1,58		80
3 AQ	0-25	3,13	1,91		71
	25-50	1,76	1,60		60
	50-75	1,07	1,90		70
	Média	1,98	1,80		67
4 AQ	0-25	2,54	1,83		45
	25-50	1,37	1,86		61
	50-75	0,98	1,66		58
	Média	1,63	1,78		55
5 PV	0-25	2,64	2,03		95
	25-50	2,35	1,51		59
	50-75	3,23	1,54		62
	Média	2,74	1,69		72
6 LV	0-25	2,73	1,04		30
	25-50	2,15	1,67		57
	50-75	1,76	1,66		68
	Média	2,21	1,45		52
7 LV	0-25	2,15	1,96		49
	25-50	2,54	1,42		19
	50-75	3,13	1,08		17
	Média	2,60	1,48		28
8 LV	0-25	1,67	2,01		71
	25-50	0,59	1,48		100
	50-75	0,78	1,47		100
	Média	1,01	1,65		90
9 LV	0-25	1,56	2,33		100
	25-50	0,98	1,74		97
	50-75	0,98	1,61		100
	Média	1,17	1,89		99
10 LE	0-25	65,69	7,93		20
	25-50	79,28	5,40		15
	50-75	69,40	7,11		20
	Média	71,45	6,78		18
11 LE	0-25	8,51	-1,30		0
	25-50	9,77	2,31		6
	50-75	6,36	-6,81		0
	Média	8,21	0,77		2
12 Ce	0-25	59,72	13,20		25
	25-50	47,50	6,94		27
	Média	53,61	10,07		26
Média Geral	—	11,25	2,28		57

(1) Calculado por  $K-HNO_3 - K-NH_4OAc$

(2)  $PSK = K-Planta - \text{decrécimo do não trocável pelo cultivo}$

Com exceção do solo 7, profundidades 25-50 e 50-75cm os latossolos estudados possuem teores de potássio trocáveis abaixo de 5,86 mg/100g de solo, avaliados pelo acetato de amônio antes dos cultivos, níveis considerados inadequados para produções normais em agricultura tropical pelo POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE (1988). Pela classificação adotada no Laboratório de Análises de Solo e Água do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, os teores trocáveis das Areias Quartzosas, do Podzólico Vermelho Amarelo e dos Latossolos Vermelho Amarelos são considerados baixos (menores que 45 ppm), exceto o solo 7, profundidades 25-50 e 50-75 cm, classificado como teor médio (45-90 ppm).

#### 4.1.4 Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos

Os teores de potássio total, em média para as três profundidades e expressos em mg/100g de solo, foram de 573,47 no solo 10 e 252,51 no solo 11 (Tabela 4). PREZOTTI & DEFELIPO (1987) encontraram 36, 55, 185 e 341 mg/100g de solo para Latossolos Vermelho Escuros em Minas Gerais. O solo 10 apresentou valores de potássio total muito acima dos demais, enquanto o do solo 11 equivaleu ao do Podzólico Vermelho Amarelo.

O teor de potássio não trocável, em mg/100g de solo, foi de 71,15 para o solo 10 e 8,21 para o solo 11, em média das três profundidades. Estes valores mais elevados, em relação ao dos solos já discutidos, explicam-se, provavelmente, pelos maiores teores de silte e argila, pois a disponibilidade do elemento depende da quantidade e do tipo das partículas minerais do solo (GRIMME, 1985). ROSOLEM *et alii* (1988) encontraram teores de 7,7 a 15,9 mg de K/100g de solo em um Latossolo Vermelho Escuro de São Paulo.

A quantidade de potássio trocável foi, em média para os dois solos e nas três profundidades, de 37,38 mg/100g de solo (Tabela 4). Nesta forma de potássio, os valores estavam muito próximos: 39,97 no solo 10 e 34,79 no solo 11. Relativamente às quantidades de potássio não trocável dos dois solos, estes foram muito diferentes (71,15 e 8,21 respectivamente). Isto está de acordo com uma das afirmativas enunciadas por REITEMEIER (1951) sobre a liberação do elemento nesta forma: "O teor de potássio trocável inicial não constitui bom índice do suprimento de reserva, a não ser que represente o nível de equilíbrio para determinado solo".

Como estes solos apresentam altos teores de potássio em todas as formas e que na fração areia estão presentes minerais altamente resistentes ao intemperismo, com exceção de traços de feldspatos, é possível que as frações silte e argila sejam compostas de muscovita, biotita, feldspatos potássicos e de outros minerais do grupo 2:1.

#### 4.1.5 Cambissolo

O teor de potássio total foi de 513,18 na primeira camada e de 337,23 mg/100g de solo na segunda (Tabela 4). A quantidade média de potássio não trocável para as duas foi de 53,61mg/100g de solo. Nas formas trocáveis os teores foram de 48,97 na primeira profundidade e 23,39mg/100g na segunda, classificados como altos teores (> 90 ppm).

Pode-se observar que os valores das diversas formas de potássio foram duas vezes maiores na profundidade de 0-25cm, aproximadamente, com exceção da forma não trocável, cujos valores estiveram muito próximos numa e noutra (tabelas 4 e 5).

Com relação às demais unidades estudadas, os teores encontrados no Cambissolo foram muito superiores, em todas as formas, exceto o solo 10 (Latossolo Vermelho Escuro Câmbico), cujos valores estiveram muito próximos. Visto que na fração areia destas duas unidades encontram-se somente traços de feldspatos e mica alterada, é possível que a fração argila seja constituída por minerais do grupo 2:1.

## 4.2 POTÁSSIO EXTRAÍDO PELAS PLANTAS

Os teores de potássio extraídos pelas plantas, durante os quatro cultivos sucessivos, encontram-se na Tabela 4. Nas Areias Quartzosas, os teores, expressos em mg K/100 g de solo e em média das profundidades investigadas, foram de 1,93 no solo 1, 2,01 no solo 2, 2,69 no solo 3 e 3,33 no solo 4. No Podzólico Vermelho Amarelo este valor foi de 2,38. Nos Latossolos Vermelho Amarelos houve maior variação: 1,91 no solo 9, 1,92 no solo 8, 2,96 no solo 6 e 5,86 no solo 7. Não considerando o solo 7 as outras três unidades apresentaram valores muito próximos. Teores mais elevados foram encontrados na camada 0-25 cm, diminuindo com o aumento da profundidade, exceto o solo 7 que se apresentou inversamente. Nos Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos, os valores foram 28,72 (solo 11) e 36,64 (solo 10) enquanto que no Cambissolo foi de 39,12. Nesta última unidade, registrou-se a maior quantidade de K absorvida pelas plantas (52,40) na camada 0-25cm, equivalendo a 21 vezes o valor médio encontrado nas Areias Quartzosas. Estas comparações foram válidas, pois os solos foram submetidos aos mesmos períodos de cultivos e culturas, ou seja, ao mesmo grau de exaustão. A remoção de potássio representou, em percentagem do potássio total do solo, 9% para as unidades 10, 11 e 12 e 5% para as demais. A relação K-planta/K-NH<sub>4</sub>OAc foi de 93% para os solos 10, 11 e 12 e 104% para os outros.

Os solos que apresentaram menores remoções foram os mesmos que apresentaram menores teores trocáveis e totais (Tabela 4).

## 4.3 SUPRIMENTO DE POTÁSSIO DOS SOLOS (PSK)

### 4.3.1 Areias Quartzosas

Em média dos quatro solos estudados e profundidades, o PSK foi de 1,70mg/100g superior ao valor médio do potássio não trocável (Knt = 1,52). Isto foi devido aos maiores valores do PSK nos solos 1,2 e 4, nos quais as plantas, provavelmente, absorveram o elemento proveniente da forma estrutural. Embora com valores menores que o Kt inicial, as formas não trocáveis foram responsáveis por 72% do potássio absorvido nos quatro cultivos (Tabelas 4 e 5), contra 28% das formas trocáveis. Para os solos 1,2 e 3 com menores teores de potássio trocável e total, este valor foi de 77% contra 55% no solo 4, possuidor dos maiores teores do elemento.

O ácido nítrico extraiu uma quantidade maior (3,81) que o PSK (1,70). Este equivaliu a 45% daquele valor (Tabelas 4 e 5).

#### 4.3.2 Podzólico Vermelho Amarelo

Nesta unidade o valor do PSK foi de 1,69mg/100g de solo representando 61% do teor do potássio de reserva (Knt = 2,74). A exemplo do que se observou nas Areias Quartzosas, as formas não trocáveis foram responsáveis por 72% do potássio absorvido pelas plantas nos cultivos sucessivos (Tabelas 4 e 5), enquanto que as trocáveis contribuíram apenas com 28% da absorção total. Isto pode ter ocorrido em razão do fato de que nestas duas unidades de solos os níveis de potássio trocável encontravam-se bem abaixo do valor de 5,86mg/100g de solo, valor considerado limite para produções normais nos trópicos pelo POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE (1988). ROSELEM *et alii* (1988), em São Paulo, constataram que em teores de potássio trocável abaixo de 6mg/100g de solo, a absorção de K pela planta dependeu da liberação de potássio não trocável para sua nutrição, mas não informou o quanto representou em relação à absorção total. Comparando-se os teores trocáveis encontrados (2,05 a 2,34 mg/100g) com os dos solos com horizonte B textural investigados por CRISÓSTOMO & CASTRO (1970) (de 3,51 a 21,11mg/100g) no Ceará e com os encontrados por MELLO (1981) de 1,17 a 19,55mg/100g nos Podzólicos de São Paulo, verificou-se a diversificação dos podzólicos quanto ao seu poder de suprimento de K.

O PSK representou, apenas, 34% da quantidade de potássio extraída pelo ácido nítrico (4,95mg/100g), Tabelas 4 e 5.

#### 4.3.3 Latossolos Vermelho Amarelos

Para os quatro solos desta unidade, o PSK (1,62mg/100g) equivaleu a 92% da reserva de potássio (Knt = 1,75). As formas não trocáveis contribuíram, sobre o total absorvido pelas plantas, com 52% no solo 6, 90% no solo 8, 99% no solo 9 e apenas com 28% no solo 7, que apresentou os maiores teores de potássio em todas as formas. Observou-se que as três unidades investigadas possuíam baixa CTC (Tabela 3) e que nas mesmas a contribuição das formas não trocáveis foram muito superiores a das trocáveis, embora RALJ (1991) considere que estas possam ser a reserva mais importante para solos muito intemperizados. A importância da contribuição das formas não trocáveis havia sido comprovada em outros tipos de solos por CRISÓSTOMO & CASTRO (1970), OLIVEIRA *et alii* (1971), ROSELEM *et alii* (1988) e NACHTIGALL & VAHL (1989).

Nos Latossolos Vermelho Amarelos, o PSK representou 33% da quantidade de potássio extraída pelo ácido nítrico (4,88 mg/100g de solo), Tabelas 4 e 5.

#### 4.3.4 Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos

No solo 10, o PSK foi de 6,78mg/100g equivalendo a apenas 9% da reserva de potássio (Knt = 71,45; Tabela 5). No solo 11, os valores do PSK foram negativos, nas profundidades 0-25 e 50-75 cm, significando que as quantidades absorvidas pelas plantas foram menores do que o decréscimo do potássio trocável durante os cultivos. No solo 10, a contribuição das formas não trocáveis, na nutrição das plantas, foi de apenas 18%, enquanto no solo 11 estas formas contribuíram com 6% na camada 25-50cm (Tabela 5).

O PSK representou 6% da extração de K pelo ácido nítrico (111,43mg/100g) no solo 10, e de 5% na camada 25-50cm no solo 11 (49,65mg/100g, Tabelas 4 e 5).

#### 4.3.5 Cambissolo

A quantidade de 10,07mg/100g para o PSK do Cambissolo, maior valor médio dentre as unidades investigadas, equivaleu a 19% do potássio de reserva (Knt = 53,61; Tabela 5). As formas não trocáveis representaram 26% do total absorvido pelas plantas. Apesar de inferior à média do Knt do solo 10 (71,45), no Cambissolo houve a maior absorção de potássio da forma não trocável, 13,20mg/100g, na profundidade de 0-25cm (Tabela 5). A este valor correspondeu a maior quantidade de potássio absorvida pelas plantas: 52,40mg/100g de solo, na mesma profundidade (Tabela 4). Entre 25-50cm, a absorção da forma não trocável foi de 6,94mg/100g, próximo da metade de 13,20; na mesma proporção diminuiu o potássio, extraído nos cultivos (25,84 mg/100g), Tabela 4. Nesta unidade, ocorreram os maiores valores absolutos do PSK mas pequenas contribuições relativas das formas não trocáveis (Tabela 5). Valores aproximados foram observados nos Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos que, juntamente com o Cambissolo, formaram o grupo de solos possuidores das maiores CTCs e menos intemperizados.

O exame conjunto das médias dos solos investigados evidencia que as formas não trocáveis contribuíram com 75% do total absorvido pelas plantas, nos solos 1,2,3,4,5,6,8 e 9, mais intemperizados e de baixas CTCs; nos solos 7,10,11 e 12, com as maiores CTCs, as formas trocáveis foram a principal fonte do elemento.

A exemplo do que se observou nas demais unidades, o ácido nítrico extraiu uma quantidade de potássio muito maior (91,29mg/100g) que o PSK (10,1mg/100g), Tabelas 4 e 5. Considerando as médias obtidas para os doze solos, o PSK e o Knt representaram 10% e 51% do K-HNO<sub>3</sub>, respectivamente. Este fato havia sido observado por vários autores: GARMAN (1957), CRISÓSTOMO & CASTRO (1970), MIELNICZUK & SELBACH (1978) e NACHTIGALL & VAHL (1991a).

Constatou-se, também, que no conjunto das cinco unidades investigadas, o potássio não trocável extraído pelo ácido nítrico (Knt) é constituído por uma quantidade de potássio muito maior que o potássio não trocável absorvido pelas plantas (PSK), indicando uma baixa utilização do potássio de reserva.

No presente estudo, foram utilizadas plantas de crescimento rápido e ciclo curto. Nestas condições, as formas mais lentamente disponíveis de potássio não foram capazes de manter uma concentração na solução do solo, suficientemente alta, para manter um bom desenvolvimento das culturas (MIELNICZUK & SELBACH, 1978). Notou-se, já a partir do primeiro cultivo, sintomas de deficiência de potássio, nos solos 1 a 10. Este foi o principal fator que determinou a época de colheita em cada cultivo. Fato semelhante foi observado por CRISÓSTOMO & CASTRO (1970).

A análise de variância constatou que as cinco unidades de solos investigadas apresentaram diferenças significativas no poder de suprimento de potássio ao nível de 1% de probabilidade, avaliadas pelo potássio absorvido pelas plantas. O teste de Tukey mostrou,



ao nível de 5% de probabilidade, comportamento semelhante dos seguintes solos: 1º - 10 e 12, com suprimento médio de 45mg K/100g; 2º - 11 com 23mg K/100g; 3º - 4, 6 e 7 com 4mg K/100g, 4º - 1, 2, 3, 5, 6, 8 e 9 com 2mg K/100g. Chegou-se a resultados semelhantes, quando a análise de variância foi feita com os dados de peso da matéria seca da parte aérea das plantas (Apêndice II).

Estas duas variáveis apresentam alta correlação ( $r = 0,97^{**}$ ) e são ajustadas pela equação nº 15 da Tabela 6, Fig. 4.

Considerando que o método de cultivos sucessivos é muito demorado, o poder de suprimento de potássio pode ser estimado a partir dos valores do potássio não trocável liberado pelo ácido nítrico 1N com fervura por 10 minutos (equação nº 16, Tabela 6).

#### **4.4 RELAÇÕES ENTRE POTÁSSIO DO SOLO, EXTRAÍDO PELAS PLANTAS, TEOR DE MATÉRIA SECA E PODER DE SUPRIMENTO DE POTÁSSIO**

As equações de regressão e os respectivos coeficientes de correlação e de determinação das variáveis estudadas encontram-se na Tabela 6. Os coeficientes de correlação obtidos foram significativos ao nível de 1%, exceto o PSK x K-Mehlich, que foi significativo a 5% de probabilidade.

Foram altamente significativos os coeficientes de correlação entre K-NH<sub>4</sub>OAc e K-Mehlich ( $r = 0,99^{**}$ ), K-Mehlich e K-HNO<sub>3</sub> ( $r = 0,93^{**}$ ), K-NH<sub>4</sub>OAc e K-HNO<sub>3</sub> ( $r = 0,93^{**}$ ). Uma vez que o número de solos utilizados foi elevado ( $n = 35$ , Tabela 5) e que a distribuição dos valores e a dispersão foram boas, pode-se admitir com segurança que as equações são confiáveis. Essa observação também é válida para as demais relações.

O K-Mehlich, K-NH<sub>4</sub>OAc e K-HNO<sub>3</sub> apresentaram estreita relação com o K total (K-HF), Tabela 6, equações 3, 5 e 6. Segundo MARTINI (1966), altos coeficientes de correlação se devem à semelhança do material de origem dos solos. Exceto o Cambissolo (Solo 12) de origem calcária, as demais unidades originaram-se de sedimentos arenosos (Tabela 1).

A equação 4 da Tabela 6 indica que o HNO<sub>3</sub> extraiu, além do potássio trocável, uma quantidade de potássio não trocável definida como potássio de reserva a médio prazo conforme CRISÓSTOMO & CASTRO (1970).

O potássio extraído pelas plantas correlacionou-se significativamente com o potássio trocável extraído pela solução de Mehlich,  $r = 0,98^{**}$ , fig. 1. O coeficiente angular maior do que 1 e o valor "a" próximo de zero da equação K-Planta = 1,5088 K-Mehlich - 0,2814 (Tabela 6) indicam que a planta extraiu uma quantidade Kt maior do que a solução de Mehlich.

Quando o teor de potássio trocável extraído pelo NH<sub>4</sub>OAc 1N pH 7 foi comparado com o absorvido pelas plantas, obteve-se um valor de  $r = 0,99^{**}$ , cuja equação era de K-Planta = 0,91158Kt + 0,2861, fig. 3, indicando que sua capacidade de extração de K está mais próxima à da planta, quando comparada com o extrator de Mehlich.

TABELA 6 – EQUAÇÕES E COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS K EXTRAÍDO POR EXTRATORES QUÍMICOS, K ABSORVIDO PELA PLANTA (K-PLANTA), TEOR DE MATÉRIA SECA (MS) E PODER DE SUPRIMENTO DE K (PSK) EM 35 AMOSTRAS DE SOLO

Equação N°	Variáveis		Equações	r
	Y	X		
1	K-NH4OAc	K-Mehlich	$Y = 1,6491 x - 0,6410$	0,99**
2	K-HNO3	K-Mehlich	$Y = 3,5090 x - 2,0078$	0,89**
3	K-HF	K-Mehlich	$Y = 14,3929 x + 76,8879$	0,82**
4	K-HNO3	K-NH4OAc	$Y = 2,2072 x - 1,4834$	0,94**
5	K-HF	K-NH4OAc	$Y = 9,0436 x + 79,1373$	0,86**
6	K-HF	K-HNO3	$Y = 4,1602 x + 83,8386$	0,93**
7	K-Planta	K-Mehlich	$Y = 1,5088 x + 0,2814$	0,98**
8	K-Planta	K-NH4OAc	$Y = 0,9158 x + 0,2961$	0,99**
9	K-Planta	K-HNO3	$Y = 0,3710 x + 1,8716$	0,94**
10	K-Planta	K-HF	$Y = 0,0767 x - 3,4268$	0,87**
11	MS	K-Mehlich	$Y = 1,5968 x + 10,6568$	0,95**
12	MS	K-NH4OAc	$Y = 0,9830 x + 11,1220$	0,97**
13	MS	K-HNO3	$Y = 0,4065 x + 12,6303$	0,95**
14	MS	K-HF	$Y = 0,0843 x + 6,7716$	0,87**
15	K-Planta	MS	$Y = 17,7203 x - 181,2363$	0,97**
16	PSK	K-HNO3	$Y = 0,0546 x + 1,0798$	0,65**
17	PSK	K-HF	$Y = 0,0116 x + 0,2404$	0,62**
18	PSK	K-Planta	$Y = 0,1208 x + 1,0690$	0,56**
19	PSK	K-PMS	$Y = 0,1032 x + 0,0643$	0,53**
20	PSK	K-NH4OAc	$Y = 0,0902 x + 1,3181$	0,45**
21	PSK	K-Mehlich	$Y = 0,1357 x + 1,3496$	0,41*

1 – Teores de K em mg/100g de solo.

2 – Teores de matéria seca da planta em g MS/2Kg de solo.

O acetato extraiu mais Kt do que a solução de Mehlich em todas as amostras antes dos cultivos. Esta diferença não foi significativa, ao nível de 5% de probabilidade, para o conjunto das 12 unidades de solo. Foi significativa, entretanto, para o grupo formado pelos Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos (Solo 10 e 11) e Cambissolo (Solo 12) (Apêndice I).

Segundo NACHTIGALL & VAHL, (1991a) o coeficiente de correlação relativamente alto entre o K-planta e o K-trocável pode não representar a relação verdadeira entre K-trocável e o suprimento de potássio para as plantas em cultivos sucessivos. Em trabalho similar, verificaram que, na maioria dos solos por eles investigados, mais de 50% do potássio absorvido o foi durante o primeiro cultivo, e isso pode ter aumentado o grau de correlação entre a absorção total e o K-trocável.

A relação entre o potássio absorvido pelas plantas e o potássio extraído pelo  $\text{HNO}_3$  apresentou um coeficiente de correlação  $r = 0,94^{**}$  ( $\text{K-planta} = 0,371\text{K-HNO}_3 + 1,8716$ , fig. 4). O coeficiente angular desta equação indica que a planta absorveu uma quantidade muito menor de potássio do que a quantidade que foi extraída do solo pelo ácido. Em média, para todos os solos, a planta absorveu 45% do potássio extraível pelo  $\text{HNO}_3$  (Tabela 4).

NACHTIGALL & VAHL (1991b), no Rio Grande do Sul, encontraram o valor de 26% para a relação K-planta/K- $\text{HNO}_3$  enquanto que para CRISÓSTOMO & CASTRO (1970), no Ceará, esta relação chegou a 53%.

Os valores maiores encontrados no Ceará podem indicar menor quantidade de potássio extraído nos solos cearenses estudados como consequência do menor teor de K destes, ou ainda, devido a diferenças quanto à mineralogia dos solos. Nos solos mais ricos em nutrientes, 12 e 10, e menos intemperizados, a relação K-planta/K- $\text{HNO}_3$  do solo foi de 36% enquanto em solos mais pobres e mais intemperizados, 1, 2 e 6, a relação foi de 64% (Tabela 4).

O extrator  $\text{HNO}_3$ , embora tenha apresentado alta correlação com o potássio absorvido, pode superestimar a reserva de potássio disponível às plantas de crescimento rápido (NACHTIGALL & VAHL, 1991a). Em trabalho similar, estes autores verificaram que mais de 50% do potássio absorvido ocorreram durante o primeiro cultivo.

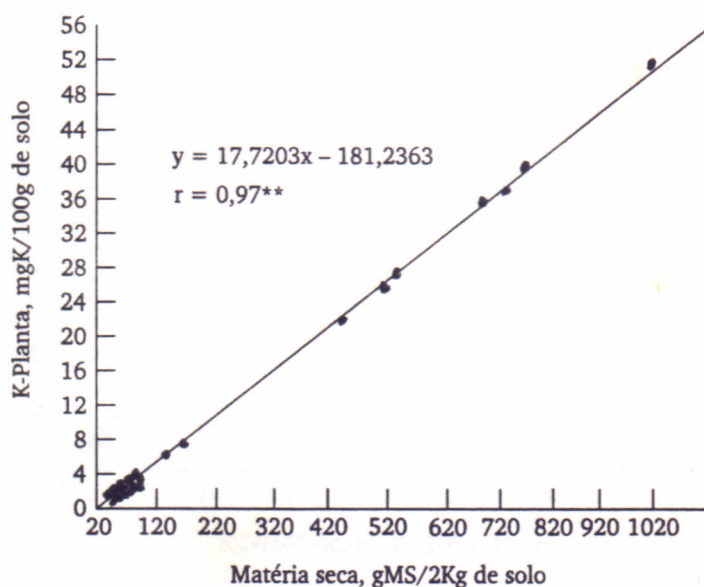


Figura 1 – Relação entre peso de matéria seca da parte aérea das plantas e potássio absorvido pelas plantas

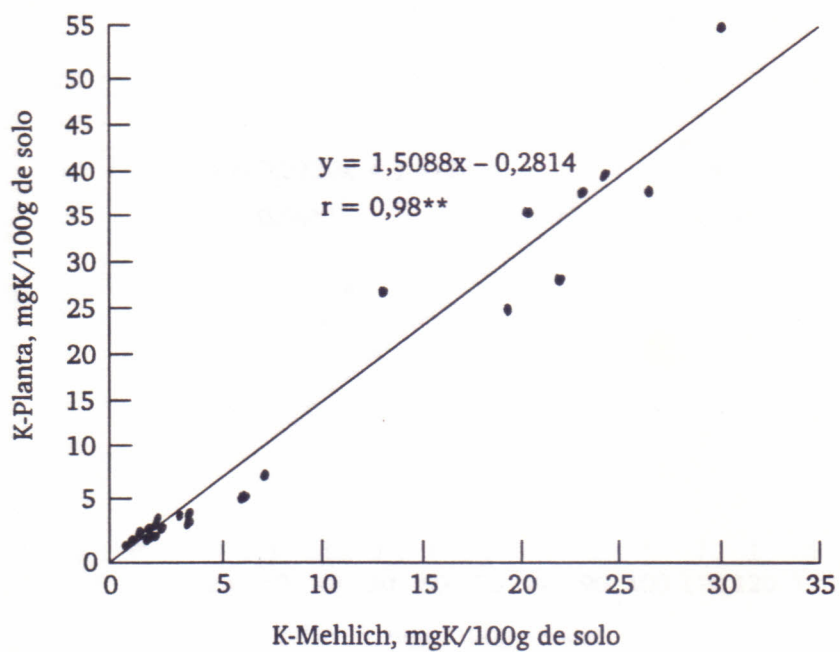


Figura 2 – Relação entre potássio extraído do solo pelo cultivo contínuo e o extraído por solução de Mehlich

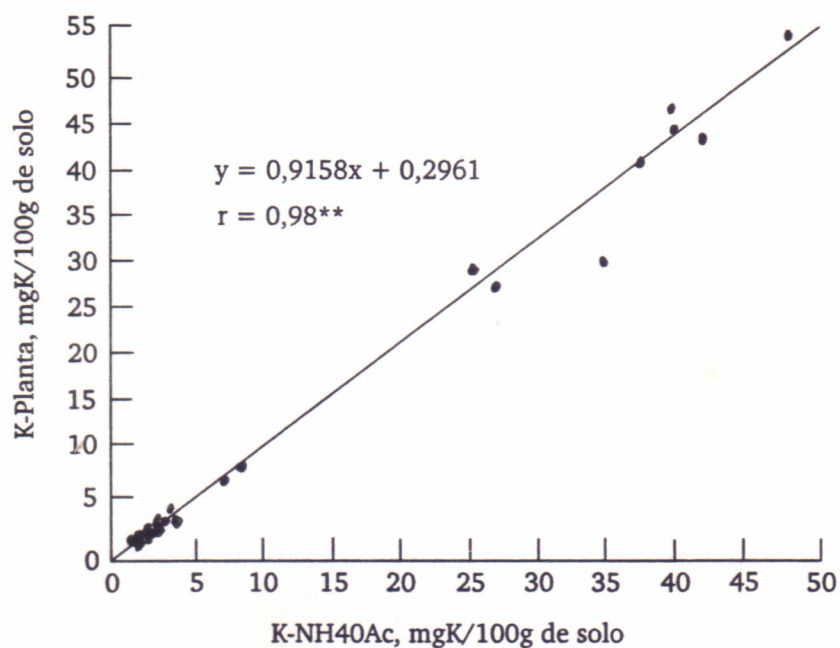


Figura 3 – Relação entre potássio extraído pelo cultivo contínuo e o potássio trocável extraído por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  IN pH 7

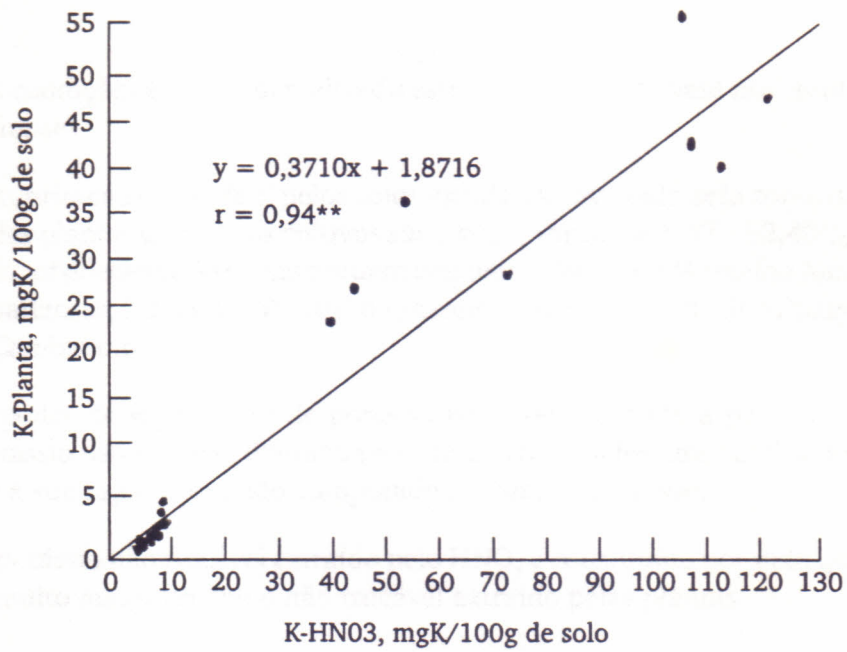


Figura 4 – Relação entre potássio extraído pelo cultivo contínuo e o extraído pelo  $\text{HNO}_3$ IN, com 10 minutos de fervura

Para as condições em que foi realizado este trabalho e com base nos resultados alcançados, conclui-se:

1. O suprimento total de K pelos solos estudados, avaliado pela soma do K extraído pelas plantas durante os cultivos sucessivos, variou de 1,47 a 52,40mg K/100g de solo, obedecendo à seguinte ordem crescente: Podzólico Vermelho Amarelo, Areias Quartzosas, Latossolos Vermelho Amarelos, Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos e Cambissolo.
2. O poder de suprimento de potássio pode ser estimado a partir dos valores do potássio não trocável liberado pelo  $\text{HNO}_3$  1N, com fervura por dez minutos, devido à sua rapidez quando comparado ao cultivo contínuo.
3. O potássio não trocável extraído pelo  $\text{HNO}_3$  é constituído por uma quantidade de K muito maior do que o não trocável extraído pelas plantas.
4. O potássio não trocável contribuiu com 75% do total absorvido pelas plantas nos solos de baixa CTC (AQ, PV e LV), e, naqueles com CTC mais elevada (LE e Ce), sua contribuição foi de 15%.
5. Os extratores químicos analisados em função dos teores de potássio extraídos, correlacionam-se, significativamente a 1% de probabilidade.
6. Os extratores químicos correlacionam-se positiva e significativamente a nível de 1% de probabilidade com o potássio extraído pelas plantas, com o seu teor de matéria seca da parte aérea e com o poder de suprimento de K (PSK), exceto a relação PSK x Mehlich significativa a 5%.
7. O acetato de amônio 1N pH7 extraiu mais potássio trocável do que a solução de Mehlich, nos Latossolos Vermelho Escuros Câmbicos e Cambissolo.

- ANDRADE, F. P.; DEFELIPO, B. V.; BRAGA, J. M. ALVAREZ, V. V. H. Teste de Extratores para Potássio em Quatro Solos da Região Pré-Amazônica Maranhense. **Rev. Bras. Ci. Solo** 2:200-204, Campinas, 1978.
- AYRES, A. S. – Release of Non-Exchangeable Potassium in Hawaiiin Sugar Cane Soils. University of Hawaii, **Technical Bulletin** N° 9, Honolulu, 1949.
- BEAR, F. E.; PRINCE, A. L. e MALCOM, J. L. – The Potassium – Supplying Powers of 20 New Jersey **Soils. Soil Sci.** 58:139-149. 1944.
- BOYER, J. – O Potássio nos Solos Tropicais. São Paulo, Instituto da Potassa, Programa Especial Brasil, s.d. sp. (**Informações Agrônomicas**).
- BRELAND, H. L.; BERTRAMSON, B. R. e BORLAND, J. W. – Potassium Supplying Power of Several Indiana **Soils. Soil Sci.** 70:237-247, 1950.
- CRISÓSTOMO, L. A. – **Avaliação da Fertilidade em Dez Unidades de Solo Cultivadas com Cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte**, Fortaleza, UFC, Tese Professor Titular, 1991.
- CRISÓSTOMO, L. A. e CASTRO, A. F. – Poder de Suprimento de Potássio de Solos da zona Fisiográfica de Baturité, Ceará, Brasil. Turrialba, São José, 20(4):425-433, 1970.
- DUQUE, G. – **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas**. Escola Superior de Agricultura de Mossoró/Fundação Guimarães Duque, 3ª Ed. 1980.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro. 1979.
- FASSBENDER, H. W. e BORNEMISZA, E. – **Química de Suelos con Enfasis en Suelos de América Latina**. Instituto Interamericano de Cooperación para La Agricultura, San Juan, Costa Rica, 1987, 420p.
- GARGANTINI, H. e BLANCO, H. G. – Marcha de Absorção de Nutrientes pelo Tomateiro, **Bragância**, Campinas, 22(56):693-714, 1963.
- GARGANTINI, H.; GARCIA BLANCO, H.; ROMANO GALLO, J.; NÓBREGA, S. A. – Absorção de Nutrientes pela Batatinha. **Bragância**, Campinas, 22:267-290, 1963.
- GRIMME, H. – The Dynamics of Potassium in the soil – Plant System. In: **Potassium in The Agricultural Systems of The Humid Tropics**. Proceedings of the 19<sup>th</sup> Colloquim of The International Potash Institute. Bangkok, 1985.
- HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. – Nutrição Mineral de Hortaliças: XXXII – Marcha de Absorção dos Nutrientes pelo Tomateiro destinado ao Processamento Industrial. **Anais** da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 35:243-269, 1978.

- JACOMINE, P. K. T.; SILVA, F. B. R.; FORMIGA, R. A.; ALMEIDA, J. C.; BELTÃO, V. A.; PESSOA, S. C. P. e FERREIRA, R. C. – **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, Convênio MA/DNPEA/SUDENE/DRN, 1971, 531p.
- JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; e MEDEIROS, L. A. R. – **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Recife, Convênio MA/DNPEA/SUDENE/DRN, 1973, 2v, 809p.
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C.; PESSOA, S. C. P. BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R.; LOPES, O. F. e MEDEIROS, L. A. R. – **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro. Convênio EMBRAPA/SNLCS/SUDENE. 1986. 2v, 782p.
- LEFÈVRE, A. – La Fertilisation Minerale de L'Anacardier, **Fruits**, Oct. 1973, vol. 28, n° 10, pp. 691-697.
- LEGG, J. O. e BEACHER, R. L. – The Potassium Supplying Power of Representative Arkansas Soils. **Soil Science Society Proceedings**, 16:210-214, 1952.
- LEPSCH, I. F.; ROTTA, C. L. e VALADARES, J. M. A. S. Mineralogia, Classificação e Formas de Potássio em Solos de Estação Experimental de Pindorama, SP. **Rev. Bras. Ci. Solo** 2:68-73, 1978.
- LOPES, A. S. – Mineralogia do Potássio em Solos do Brasil. In: Potássio na Agricultura Brasileira. **Anais**. Londrina, Fundação IAPAR; Piracicaba; Instituto Internacional da Potassa, 1982.
- MALAVOLTA, E. e CROCOMO, O. J. – O Potássio e a Planta. In: Potássio na Agricultura Brasileira: **Anais**, Ed. T. Yamada. Instituto do Potássio e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa: Piracicaba; Fundação IAPAR, Londrina, 1982.
- MARTINI, J. A. – Caracterización del estado del potasio em seis suelos de Panama. **Fitotecnica Latinoamericana**, 3 (1 e 2):163-186, 1966.
- MARTINI, J. A. e SUAREZ, A. – Potassium Status of Some Costa Rican Latosols and Andosols and their Response to Potassium Fertilization Under Greenhouse Conditions. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, vol. 39, 1975.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A. e KIEHL, J. C. – **Fertilidade do Solo**, 3ª ed., São Paulo, Nobel, 1989.
- MIELNICZUK, J. – Avaliação da Resposta das Culturas ao Potássio em Ensaio de Longa Duração – Experiências Brasileiras. In: Potássio na Agricultura Brasileira. **Anais**, Londrina; Fundação IAPAR, Piracicaba; Instituto Internacional da Potassa, 1982.
- MIELNICZUK, J. – Formas de Potássio em Solos do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**. Campinas, 1:55-61, 1977.
- MIELNICZUK, J. – O Potássio no Solo; **Boletim Técnico** 2, 4ª ed., Institutos do Potassa (EUA-Suíça), Piracicaba, 1982.
- MIELNICZUK, J. e SELBACH, P. A. – Capacidade de Suprimento de Potássio de Seis Solos do Rio Grande do Sul; **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 2:115-120, 1978.



- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. e BLOCH, M. F. M. – Avaliação de Métodos com e sem Digestão para Extração de Elementos em Tecidos de Plantas. **Ciência e Cultura**, 36(11); 1953-1958, Novembro, 1984.
- MUTSCHER, H. Relationship between mineralogy of Soil and Assessment of Potassium availability. In: **Potassium in the Agricultural Systems of the Humid Tropics**. Proceedings of the 19<sup>th</sup> Colloquium of the International Potash Institute. Bangkok, 1985.
- NACHTIGALL, G. R. e VAHL, L. C. – Formas de Potássio em Solos da Região Sul do Estado do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 13:7-12, 1989.
- NACHTIGALL, G. R. e VAHL, L. C. – Dinâmica de liberação de Potássio dos solos da região Sul do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 15:43-47, 1991b.
- NACHTIGALL, G. R. e VAHL, L. C. – Capacidade de Suprimento de Potássio dos Solos do Rio Grande do Sul; **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 15:37-42, 1991a.
- NEMETH, K. – Métodos de Análise de Potássio do Solo e sua Interpretação. In: Potássio na Agricultura Brasileira: **Anais**; Ed. T. Yamada Etal, Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa; Londrina, Fundação IAPAR, 1982.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T. e CAMARGO, M. N. – **Classes Gerais de Solos do Brasil: Guia Auxiliar para seu Reconhecimento**. Jaboticabal, FUNEP, 1992, 201p.
- OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A. E. & BEATY, M. T. – Potassium removed from Southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 35:763-7.
- PEARSON, R. W. – Potassium – Supplying Power of Eight Alabama Soils. **Soil Sci.** 74:301-309, 1952.
- POTAFOS – POTÁSSIO: **Necessidade e Uso na Agricultura Moderna**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato; Trad. B.V. Raij, Piracicaba, 1990.
- POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE – Better Crop International, Atlanta, Vol. 4 N° 2, December, 1988.
- PRAET, P. F. – Potassium Removal From Iowa Soils by Greenhouse and Laboratory Procedures. **Soil Sci.** 72:107-117. 1951.
- PRAET, P. F. – Potassium. In: Blackç. A. ed. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 2 pg 1019-1030.
- PREZOTTI, L. C. e DEFELIPO, B. V. – Formas de Potássio em Solos do Estado de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 11:109-114, 1987.
- RAIJ, B. Van – Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: Potássio na Agricultura Brasileira, Londrina, 1982. **Anais**, Piracicaba, 1982. p. 67-76.
- RAIJ, B. V. – **Fertilidade do Solo e Adubação**, Ed. Ceres/Potafos, Piracicaba. 1991.
- RAIJ, B. V. – **Avaliação da Fertilidade do Solo**. Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa. Piracicaba, 1981.
- RAIJ, B. V. & QUAGGIO, J. A. – Disponibilidade de Potássio em solos para capim braquiária cultivado em solos. **Bragância**, Campinas, 43:531-9, 1984.

- REITMEIER, R. F. – Soil Potassium. **Advances in Agronomy**. 3:113-164. 1951.
- RICCI, M. S. F.; DEFELIPO, B. V.; COSTA, L. M. e RESENDE, S. B. – As Frações Granulométricas do Solo como Reserva de Potássio para as Plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, 13:181-186, 1989.
- RITCHEY, K. D. – **O Potássio nos Oxissolos e nos Ultissolos dos Trópicos Úmidos**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato. Instituto Internacional da Potassa, 1982.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. e RIBEIRO, D. B. O. – Formas de Potássio no Solo e Nutrição Potássica da Soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 12:121-125, 1988.
- SPARKS, D. L. – Potassium Release from Sandy Soils. In: **Nutrient Balances and the Need for Potassium**, Proceedings of the 13th IPI Congress, Reims/France, august 1986.
- TISDALE, S. L. e NELSON, W. L. – **Soil fertility and fertilizers**. 3ª ed. New York, Macmillan Publishing, 1975, 694 p.
- VIEIRA, L. S. e VIEIRA, M. Z. F. – **Manual de Morfologia e Classificação de Solos**, Ed. Agronômica CERES Ltda, São Paulo, 2ª ed., 1989.
- YAMADA, T. – Uso Eficiente do Fertilizante Potássico, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, Nº 23, Setembro/1983.

# 7

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE K EXTRAÍDO POR SOLUÇÃO DE MEHLICH E ACETATO DE AMÔNIO EM 12 UNIDADES DE SOLO.

A) ANVA para solos 1 a 12

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	0,1084	0,1084	0,36ns
Resíduo	22	6,5227	0,2964	
Total	23	6,6311		

B) ANVA para solos 1 a 9

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	1,30	1,30	0,64ns
Resíduo	16	32,54	2,03	
Total	17	33,84		

C) ANVA para solos 10 a 12

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	871,72	871,72	21,01**
Resíduo	14	580,78	41,48	
Total	15	1.452,50		

### APÊNDICE 2 – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA E TESTE DE TUKEY PARA: A) K-PLANTA E B) PESO DA MATÉRIA SECA DE 4 CULTIVOS SUCESSIVOS EM 12 UNIDADES DE SOLO.

a) K-Planta

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	11	8,7818	0,7983	371,30**
Resíduo	24	0,0516	0,0021	
Total	35	8,8334		

Teste de Tukey (=5%)

m<sub>12</sub>m<sub>10</sub>m<sub>11</sub>m<sub>4</sub>m<sub>7</sub>m<sub>6</sub>m<sub>8</sub>m<sub>3</sub>m<sub>9</sub>m<sub>1</sub>m<sub>2</sub>m<sub>5</sub>

- Obs.:** 1 -  $m_{1,2,3,4,\dots,12}$  = médias dos solos 1,2,3,...12, registrados na Tabela 4.  
 2 - Médias unidas pela mesma barra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

b) Peso da matéria seca: ANVA

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	11	9.950,17	904,56	314,08**
Resíduo	24	69,26	2,88	
Total	35	10.019,43		

Teste de Tukey (=5%)

$\underline{m_{12}m_{10}m_{11}m_7m_4m_6m_8m_3m_5m_1m_9m_2}$

- Obs.:** Médias unidas pela mesma barra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.