

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

EFEITOS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO EM
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLOS SOB CULTIVO DE
MACADÂMIA (*Macadamia intesrifolia* Maiden et Betché)

MARCOS GERVASIO PEREIRA

SOB A ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR

EDUARDO LIMA

Tese submetida como
requisito parcial para
a obtenção do grau de
Magister Scientiae em
Agronomia, Área de
concentração em Ciência
do Solo.

ITAGUAÍ, RIO DE JANEIRO

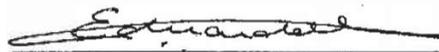
ABRIL DE 1992

EFEITOS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO EM
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLOS SOB CULTIVO DE
MACÂDAMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betcher).

MARCOS GERVASIO PEREIRA

Aprovada em 28/04/92

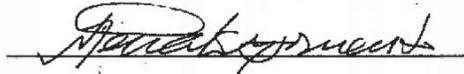
Eduardo Lima



Lúcia Helena Cunha dos Anjos



Renato Álvaro de Mendonça Nascimento



DEDICO:

À minha mãe e irmãos.

À UFRRJ e ao Km 49.

Ao Meu AMOR.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Eduardo Lima, pela amizade, compreensão e orientação.

Aos professores Renato Álvaro de Mendonça Nascimento e Lúcia Helena Cunha dos Anjos, pelo apoio nos momentos críticos, e por toda a orientação dedicada.

Aos amigos, Flávio Oliveira, Frank Neto, Marcelo Martins, Daniel Vidal, Cláudio Almeida, Romário Delbons, Gustavo Nogueira e André Zanela, pela amizade dedicada ao longo dos anos.

Aos colegas de turmas e agregados, Carlos Barradas, Eliane de Oliveira, Ellen de Oliveira, Cristiane Soares, Inês Germano, José Ricardo, Júlio José, Leonardo Collier, Luís Cláudio M. Mattos, Margarita Cecília, Mariza Duarte, Mauro Augusto, Paulo Guilherme (Mococa), Ricardo Pinheiro, Renato de Assis e Silvana Torquato, pela convivência.

A Fazenda Santa Marta e todo seu corpo técnico, pelo suporte.

Aos bolsistas de iniciação científica Marcos Bacis Ceddia e Everaldo Zonta, pelo auxílio nas análises e confecção da tese.

Aos professores Alexandre Ravelli Neto, Teophilo B. Ottoni Filho e Doracy Pessoa Ramos pelo incentivo nas diversas fases de aprendizado.

Aos funcionários do DS e em especial, Helena, Anselmo, Graça e Nilson.

Aos amigos.

Ao CNPq.

BIOGRAFIA

Marcos Gervasio Pereira nasceu à 24 de janeiro de 1965, na cidade do Rio de Janeiro. Graduou-se em Agronomia/Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em março de 1988. Foi monitor da disciplina Fundamentos da Ciência do Solo e bolsista de iniciação científica (CNPq), junto ao Departamento de Solos da UFRRJ durante o período 1987/1988. Ingressou no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRRJ no ano de 1989, sendo bolsista do CNPq durante o período de março de 1989 a agosto de 1991.

ÍNDICE

	Pág.
1- INTRODUÇÃO	01
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1 - A importância da qualidade da água usada para irrigação	03
2.2 - A ação mecânica da água de irrigação	08
2.3 - O efeito residual dos fertilizantes	10
3- MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 - Caracterização geral da área estudada	13
3.2 - Amostragem	15
3.3 - Caracterização analítica	17
3.3.1 - Análises físicas	18
3.3.2 - Análises químicas	20
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 - Propriedades físicas e carbono orgânico	23
4.2 - Propriedades químicas	28
5- CONCLUSÕES	40
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
APÊNDICE	49

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 01 - Médias de argila total nas três áreas e sua variação em profundidade	24
Tabela 02 - Médias de carbono orgânico nas três áreas e sua variação em profundidade	25
Tabela 03 - Médias de densidade real nas três áreas e sua variação em profundidade	26
Tabela 04 - Médias de densidade aparente nas três áreas e sua variação em profundidade	27
Tabela 05 - Médias de VTP% nas três áreas e sua variação em profundidades	28
Tabela 06 - Médias de pH em água nas três áreas e sua variação em profundidade	29
Tabela 07 - Médias de pH em KCl nas três áreas e sua variação em profundidade	30
Tabela 08 - Médias de alumínio nas três áreas e sua variação em profundidade	31
Tabela 09 - Médias de cálcio nas três áreas e sua variação em profundidade	32
Tabela 10 - Médias de magnésio nas três áreas e sua variação em profundidade	33
Tabela 11 - Médias de fósforo nas três áreas e sua variação em profundidade	34
Tabela 12 - Médias de potássio nas três áreas e sua variação em profundidade	35
Tabela 13 - Médias de sódio nas três áreas e sua variação em profundidade	36
Tabela 14 - Média do Valor S nas três áreas e sua variação em profundidade	37
Tabela 15 - Média do Valor V% nas três áreas e sua variação em profundidade	38
Tabela 16 - Média do Valor T nas três áreas e sua variação em profundidade	39

Tabela 17 - Médias de hidrogênio e alumínio nas três áreas e sua variação em profundidade.....	39
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do sistema de amostragem	16
--	----

APÊNDICE

Tabela 18 - Características químicas da água utilizada para a irrigação	52
---	----

RESUMO

EFEITOS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO EM PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLOS SOB CULTIVO DE MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betché).

Em 240 amostras de solo, coletadas a intervalos de 10 cm em 60 minitrincheiras de 40 cm de profundidade, duas para cada uma de 30 árvores de três áreas cultivadas com macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betché), respectivamente com 1, 4 e 7 anos de idade, foram estudadas as diferenças de efeito, sobre as propriedades químicas e físicas do solo, das duas formas de adição de água ao solo que fazem os microaspersores com que a área é irrigada: a) pela superfície, com leve impacto (a montante do microaspersor), e b) por percolação lateral (a jusante do microaspersor).

De uma maneira geral, não foram encontradas diferenças significativas (a 5%. teste t), mas se notaram na posição montante tendências de diminuição nos teores de argila e matéria orgânica e, em consequência, diminuição do valor T e dos teores de bases e aumento na densidade aparente.

ABSTRACT

This study was realized in three cultivated áreas with (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betcher), respectively 1, 4, and 7 years old. The objective was to verify the effect of two forms of water addition to the soil, both through the use of microsprinklers, in the chemical and physical properties of the soil. The mechanisms of watering were: a) by surface, with low impact (upstream from the microsprinkler), and b) by lateral percolation (downstream from microsprinkler). In 240 soil samples were collected within intervals of 10 cm, in two minitrenches of 40 cm depth, for each one of 30 trees.

In general, there were no differences (t test 5%) between the treatments. However, there were tendencies of reduction of clay and organic matter contents for upstream position, as well as a reduction on the concentration of bases and value T, and an increase of the bulk density of the soil.

1 - INTRODUÇÃO

A crescente necessidade do aumento da produção de alimentos tem forçado o homem a desenvolver uma agricultura de maior produtividade e, como forma de promover-se este aumento, lança-se mão de novas práticas culturais e aperfeiçoam-se as já existentes, e entre estas pode-se destacar a irrigação associada ao uso intensivo de fertilizantes. Entretanto, ainda há carência de informações de pesquisa que venham dar suporte a esse aumento principalmente no que diz respeito ao reconhecimento do solo como fator primordial e, por vezes, limitante à produção agrícola.

Quando os solos são submetidos a cultivos irrigados, normalmente ocorrem modificações de ordem química (Gradwell & Arlidge, 1971; Bouma & Hole, 1971; Amiel et al., 1986), física (Bouma & Hole, 1971; Magaritz & Amiel, 1981) e biológica (Grigor'yev et al., 1982), em um tempo relativamente curto e numa intensidade que varia com a da qualidade e quantidade de água

aplicada (Lewis & Juve, 1956; Longenecker & Lysterley, 1959), do manejo do solo (Longenecker & Lysterley, 1959; Billy & Gerard, 1973), do uso de fertilizantes (Pratt et al., 1956 e Harding et al., 1958) e das características químicas e físicas do solo (Richards et al., 1954; Lewis & Juve, 1956).

Quando os fatores de produção relacionados com o manejo da água e do solo não são conduzidos adequadamente, poderá haver o comprometimento das propriedades do solo, com reflexos na produtividade das culturas.

A Fazenda Santa Marta tem como objetivo principal o cultivo da macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betcher), em sistema de cultura irrigada através do uso de microaspersores. A idade da cultura varia dentro da fazenda, desde talhões com 1 ano até 7 anos de cultivo sob irrigação.

O objetivo deste estudo foi verificar se há diferenças nas alterações físicas e químicas das propriedades do solo (que a irrigação sempre provoca) entre duas formas de adição de água: a) pela superfície, com leve impacto, e b) por percolação lateral. Essas duas diferentes formas de adição correspondem respectivamente à posição do solo em relação ao microaspersor, se a montante (que recebe o impacto da água) ou a jusante (que não o recebe).

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - A importância da qualidade da água usada para a irrigação

Toda a água utilizada para irrigação contém em concentrações variáveis, sais dissociados (Lewis & Juve, 1956 e Thorne & Thorne, 1954) adquiridos durante o período em que a água fica armazenada no solo antes de ser usada para a irrigação. O efeito desses sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados é de grande importância para a manutenção do potencial produtivo do solo e, conseqüentemente, da eficiência da agricultura irrigada (Gardner, 1945; Magistad & Christiansen, 1944 e Haywood & Magistad, 1946).

A formação de solos salinos e sódicos pode ser acelerada pela irrigação e, em tais casos, a salinidade da água funciona como um dos principais fatores de salinização (Harding et al., 1958 e Longenecker & Lysterley, 1959). Os constituintes inorgânicos das águas de irrigação reagem com o solo sob forma iônica, sendo os principais cátions o cálcio, magnésio, sódio e pequenas

quantidades de potássio. Os principais ânions são os carbonatos, bicarbonatos, sulfatos e cloretos, ocorrendo também em pequenas concentrações, nitratos e fluoretos (Richards et al., 1977).

Para determinar-se a qualidade da água de irrigação, utilizam-se basicamente cinco parâmetros: concentração total de sais (salinidade); proporção relativa de sódio, em relação aos demais cátions; concentração de bicarbonatos e carbonatos; concentração de elementos tóxicos; e aspectos sanitários (Richards et al., 1954), sendo os três primeiros parâmetros os mais utilizados.

A concentração total de sais solúveis pode ser expressa em partes por milhão (ppm) ou em relação à condutividade elétrica (C.E.). Em razão da facilidade e rapidez de determinação, o segundo método tornou-se o procedimento padrão, a fim de expressar-se esta concentração para a posterior classificação e diagnose das águas.

O excesso de íons carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) e bicarbonatos (HCO_3^{-}) pode conduzir à precipitação de cálcio e magnésio e, conseqüentemente, promover-se-á um aumento relativo de sódio na solução do solo, uma vez que a solubilidade do carbonato de sódio (Kps 178 g/l a 20°C) é superior a dos carbonatos de cálcio (Kps 0,0131 g/l a 20°C) e magnésio (Eaton, 1954 citado por Lewis & Juve, 1956). Em decorrência dessa precipitação, haverá a remoção dos cátions Ca^{++} e Mg^{++} do sistema deixando os colóides do solo saturados com o íon sódio, promovendo-se assim a alcalinidade.

Quando o solo é irrigado, um equilíbrio entre os sais dissociados na água e o solo tende a ocorrer (Lewis & Juve,

1956) porém, ainda especula-se quanto ao tempo necessário para o estabelecimento deste equilíbrio. Dados de Lewis & Juve (1956), indicam que este processo parece começar após um período de dois anos de manejo, mas trabalhos realizados nas estações experimentais do Arizona (Richards, 1954) constataram que, ao contrário, esse equilíbrio tende a estabelecer-se rapidamente, sendo uma função não só da concentração total de cátions presentes, mas também de seus raios iônicos (Davis, 1945; Mattson & Wiklander, 1940).

A expressão desse equilíbrio é definida como razão de adsorção de sódio (RAS) e é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / v^- (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) / 2$$

com as concentrações expressas em miliequivalentes por litro.

Dentre os vários modelos de classificação da água utilizada para irrigação, o mais utilizado é o baseado na condutividade elétrica, como indicadora do perigo de salinização, e na razão de adsorção de sódio, como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação (Richards, 1954). Juntamente com a salinização, a alcalinização pode provocar efeitos desfavoráveis nas propriedades físicas e químicas do solo, sendo o principal a dispersão dos agregados.

Vários autores mostram haver uma estreita relação entre os íons presentes na água utilizada na irrigação e o efeito destes nas propriedades físicas e químicas dos solos (Felhender e Schainberg, 1974; Yousaf et al., 1987).

Minhas e Sharma (1986), estudando a condutividade hidráulica em solos franco arenosos e franco argilosos, submetidos a

diferentes combinações de razão de adsorção de sódio (RAS) e concentração eletrolítica total (CET), verificaram que os valores de condutividade hidráulica estiveram mais altamente correlacionados com RAS do que com a CET. Os dados da concentração eletrolítica e o conteúdo de argila do efluente d'água aplicada sugerem que a dispersão de argila e o posterior preenchimento dos poros condutores devem ser as principais causas para a redução da condutividade hidráulica nos solos.

Loveland et al. (1987) verificaram que a percentagem de sódio trocável estava correlacionada com a dispersão de argila e como o conteúdo de carbono orgânico, existindo ainda fracas correlações com os conteúdos de potássio trocável, magnésio e carbonato de cálcio.

Miller e Baharuddin (1986) observaram, em estudos feitos com horizontes superficiais de solos submetidos a chuvas artificiais, que a infiltração e perda de solo foram altamente correlacionadas com várias medidas de dispersibilidade em solos. A alta percentagem de argila dispersa parece ter causado um bloqueio à transmissão de água pelos poros e, com isto, houve uma redução na taxa de infiltração do solo, apresentando assim o mesmo comportamento observado em solos sódicos.

Lal & Singh (1974) observaram que a RAS do solo, a percentagem de sódio trocável e o pH do solo apresentam-se estreitamente correlacionados com a RAS da água de irrigação utilizada. A percentagem de sódio trocável aumentou como uma resultante do aumento dos sais presentes na água de irrigação e da RAS do solo, e em consequência disto houve uma diminuição da

condutividade hidráulica. Uma reversão deste quadro, proporcionando um aumento na condutividade hidráulica do solo, pode ser obtido através do uso de água contendo sais que apresentem na sua composição íons flocculantes (Reeve & Bower, 1960; Amin, 1964).

Grigor'yev et al. (1982) e Kukoba e Balyuk (1983) observaram que solos submetidos a cultivos irrigados apresentam maiores teores de matéria orgânica quando comparados aos não-irrigados, devido a condição de anaerobiose que os microorganismos decompositores da matéria orgânica são submetidos (Alexander, 1961).

Amiel et al. (1986), trabalhando com solos submetidos a irrigação, verificaram que a composição do complexo sortivo foi o parâmetro mais sensível para a detecção dos efeitos da irrigação, sendo os íons sódio e magnésio os mais afetados.

2.2 - A ação mecânica da água de irrigação

Aliada às modificações causadas pelas características químicas da água de irrigação cabe ressaltar as alterações nas propriedades físicas do solo, provocadas pela ação mecânica da água, especialmente quando a irrigação por aspersão é utilizada (Kukoba & Balyuk, 1983; Grigor'yev & Kuznetsov, 1986; Shvebs et al., 1988; Makeyeva, 1989).

A destruição da estrutura do solo e sua posterior compactação parece ser uma das principais consequências desfavoráveis, como resultado da má condução do sistema de irrigação (Grigor'yev & Kuznetsov, 1986). Esta destruição pode ocorrer pela ação de dois mecanismos: compressão do ar nos microporos, durante o rápido umedecimento do solo, no qual ocorre a expansão das partículas coloidais, e compressão do ar aprisionado, resultando em uma explosão do agregado (Batey, 1973); e devido à força cinética da gota da água (Donahue et al., 1972).

Kukoba e Balyuk (1983), constataram que a fração dos agregados do solo que parece sofrer maior efeito da ação da irrigação por aspersão, situa-se na faixa de 0,25 a 10 mm, sendo que as maiores reduções ocorreram na faixa de 1 a 3 mm.

Com a destruição dos agregados do solo, as partículas serão eluviadas para as camadas mais profundas e onde houver uma diminuição da força de movimentação da água, haverá a

sedimentação destas partículas ocorrendo assim o entupimento dos poros. Daí por diante, toda água contendo partículas em suspensão que penetrar no solo será filtrada, depositando sua argila acima dos poros inicialmente entupidos (Kukoba e Balyuk, 1983).

Duas consequências são advindas destas modificações: a primeira é o aumento do volume de água na superfície do solo e, em decorrência disto, aumentam-se os riscos de erosão (Grigor'yev et al., 1982). A outra será o impedimento à expansão do sistema radicular, devido à redução do volume de solo potencialmente explorável pelas raízes (Mc Neal et al., 1968, Machado, 1976).

Acrescido a este fato, haverá a impossibilidade da solubilização dos nutrientes e uma deficiência aguda de oxigênio, a qual diminuirá radicalmente a eficiência do metabolismo dos nutrientes. Desta forma, estes não poderão ser absorvidos e metabolizados de maneira satisfatória à necessidade vegetal (Mc Neal et al., 1968).

Durante a irrigação por aspersão promove-se um aumento no número de ciclos naturais de umedecimento e secagem do solo, favorecendo à formação de uma camada compactada superficial (Kukoba & Balyuk, 1983). A rápida passagem do estado seco para o úmido favorece a dispersão e posterior compactação do solo. Embora ocorra predominantemente nas camadas superiores do solo, este processo, pode estender-se aos horizontes inferiores, porém com menor intensidade (Grigor'yev & Kuznetsov, 1986). Apesar de a compactação nos horizontes inferiores ocorrer de uma maneira mais lenta, ela é irreversível, pois estes não são usualmente revolvidos no preparo do solo.

2.3 - O efeito residual dos fertilizantes

A adubação mineral contínua, além de contribuir para o aumento da salinidade em solos irrigados (Thorne & Thorne, 1954; Pratt et al., 1956 e Harding et al., 1958) pode provocar mudanças nas características químicas do solo e, conseqüentemente, no equilíbrio dos nutrientes, acarretando problemas de ordem nutricional para as culturas (Harding et al., 1958 e Black, 1968). Isto deve-se principalmente ao uso de fertilizantes sem que haja a avaliação do efeito residual das adubações anteriores.

Aumento e diminuição dos valores de pH têm sido observados em função da natureza do fertilizante aplicado (Harding et al., 1958 e Black, 1968), criando-se assim condições para a imobilização de alguns nutrientes e liberação de outros, tendo em vista que a disponibilidade de muitos nutrientes esta condicionada à reação do solo (Black, 1968).

Pratt et al. (1956) e Harding et al. (1958) observaram que o sulfato de amônio provocou um acentuado decréscimo no pH do solo quando este foi submetido a adubações por um período de vinte e oito anos. Estes menores valores de pH são atribuídos à ação acidificante do fertilizante amoniacal utilizado (Tisdale & Nelson, 1969), comportamento este também constatado por Pereira e Cordeiro (1987), para Vertissolos, cultivados durante dezessete anos e submetidos à irrigação. Verifica-se porém que este efeito

acidificante dos fertilizantes nitrogenados pode ser neutralizado pelos íons que estão dissociados na água de irrigação (Pereira & Siqueira, 1979).

Embora seja importante a implantação de programas que visem estabelecer a magnitude e durabilidade dos efeitos do calcário e dos adubos por um determinado período de tempo, a maioria dos estudos conduzidos residem na avaliação desses efeitos residuais sobre a produção das culturas, ficando relegado a segundo plano o conhecimento das modificações nas propriedades do solo, decorrentes da aplicação do calcário (Scholles et al., 1978). Os poucos estudos realizados concentram-se principalmente sobre dois nutrientes: cálcio e fósforo (Abrão e Grimm, 1975).

Apenas uma pequena percentagem do fósforo adicionado como fertilizante é removido pelas culturas ou perdido por lixiviação. Segundo Miller (1955), somente de 5 a 15% do fósforo adicionado é aproveitado pelo primeiro cultivo. Trabalhos realizados na Estação Experimental de Ohio informam que os vegetais recuperam 12,3% no primeiro ano, 8,9% no segundo ano e 7,1% no terceiro ano, totalizando uma recuperação de 28,3% do fósforo adicionado. A reação inicial do fósforo no solo é rápida, ocorrendo a transformação de parte do fósforo dos adubos em fósforo ligado aos óxidos de alumínio e ferro (Boyer, 1985). O acúmulo de fósforo no solo seria uma decorrência desta reação e isso explicaria o efeito residual praticamente nulo da adubação fosfatada no terceiro e sobretudo no quarto ano após a adubação.

A calagem pode apresentar um efeito residual por muitos anos. Camargo et al. (1982) verificaram que, sete anos após a

aplicação de calcário em um Podzólico Vermelho-Amarelo, havia ainda efeito considerável do corretivo; isto indica que este efeito poderia prolongar-se ainda por muitos anos. Freitas & Raij (1974) estimaram que o efeito residual de 10 t/ha de calcário aplicado em Latossolo poderia estender-se até dez anos. Siqueira (1973) relata que os efeitos residuais do calcário sobre o rendimento da soja e propriedades químicas do solo (pH e alumínio) têm durado dois anos e estimam que estes efeitos podem alcançar períodos ainda maiores.

Grimm & Eltz (1972), estudando o efeito da aplicação de calcário em um Latossolo, verificaram que o pH do solo tende a aumentar até cerca de nove meses após sua aplicação, passando a declinar a partir daí, não sendo observado aumento no teor de alumínio trocável até dezesseis meses após esta aplicação.

As principais modificações que ocorrem nas propriedades químicas do solo devido ao efeito residual do calcário são no pH, nos teores dos elementos tóxicos (alumínio e manganês), nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e na mineralização da matéria orgânica (Scholles et al., 1978).

Dentre as propriedades físicas do solo, parece ser a textura uma das mais importantes no controle do efeito residual do calcário aplicado ao solo. Moscheler et al. (1960) verificaram que o declínio do pH, após atingir um valor máximo, foi bem mais lento nos solos de textura argilosa quando comparado aos de textura arenosa, estando este fato diretamente relacionado com a capacidade tampão do solo.

Quanto aos outros elementos, poucos estudos conclusivos têm sido realizados, visando avaliar seus efeitos residuais nas propriedades físicas e químicas dos solos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização geral da área estudada

A Fazenda Santa Marta, de propriedade da SIMAB AGRÍCOLA S.A., localiza-se no Município de Piraí-RJ, situado entre os meridianos 43° e 44° a oeste do Greenwich e os paralelos de 22° e 23° de latitude sul, em uma região de relevo movimentado, caracterizando-se pelo domínio de topografia ondulada e forte ondulada, com vales estreitos encaixados.

A região apresenta clima designado por Köppen de CWb, clima mesotérmico com verões brandos e chuvosos, não sendo afetada pela influência litorânea, nem pelas chuvas, que são abundantes durante todo o ano. A temperatura média anual é da ordem de 20,2°C., com meses mais quentes em janeiro e fevereiro, 22,8 e 23,3°C respectivamente. O mês mais frio é julho com 16,1°C. A amplitude térmica anual está na faixa de 7°C. A precipitação média anual é de 1620 mm, e o trimestre de maior pluviosidade

vai de dezembro a fevereiro, havendo a maior precipitação em janeiro. Os meses mais secos são julho e agosto.

Nas áreas de preservação, podem ser observados restos da mata secundária, do tipo floresta tropical subperenifólia, além de vegetação arbustiva como: taquarinha, sapuva e guatambri (Brasil, 1958).

As áreas cultivadas com macadâmia localizam-se em relevos mameliformes esculpados em substrato granito-gnáissico Pré Cambriano, situando-se as árvores escolhidas no terço médio das encostas.

Os solos estudados foram classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelo, e são relativamente homogêneos.

3.2 - Amostragem

Cada uma das árvores das três áreas cultivadas com macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betcher), respectivamente com 1, 4 e 7 anos de idade é irrigada por dois microaspersores de 20 cm de altura, dispostos a montante das árvores e alimentado por uma tubulação interna provinda de lagos artificiais. O microaspersor é fixo e lança água de 30 cm de altura por um arco de círculo de aproximadamente 180°.

De cada um dos três talhões, foram selecionadas 10 árvores. Em cada uma delas, foram abertas ao longo da linha de maior declividade do terreno, duas minitrincheiras de 40 cm de profundidade, uma a montante e outra a jusante do microaspersor (Figura 1), ambas sob a projeção da copa.

Em cada minitrincheira, foram coletadas amostras correspondentes a estratos de 10 cm de espessura (isto é, de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm). Com isso, obtiveram-se 240 amostras de solo, que foram submetidas às análises químicas e físicas que se discrimina a seguir.

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e a testes comparativos de médias, para 5% de significância.

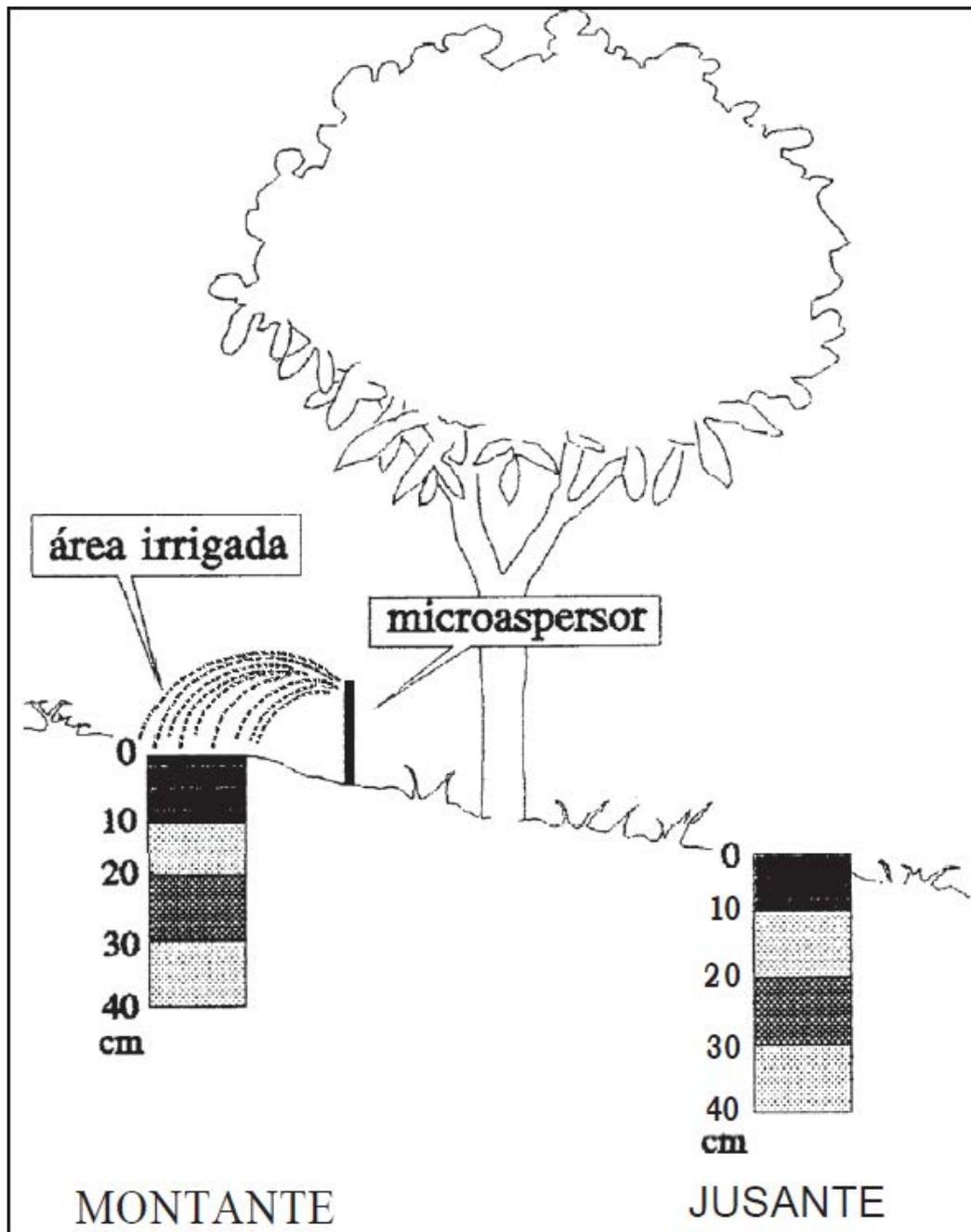


Figura 1. Diagrama do sistema de amostragem

3.3 - Caracterização analítica

A descrição detalhada dos métodos analíticos está contida no Manual de Métodos de Análises de solos (EMBRAPA/SNLCS, 1979). Outros procedimentos usados e que não estão assinalados nesse Manual são descritos de forma resumida e citadas as devidas referências.

As determinações foram feitas na terra fina secada ao ar (TFSA), e em amostras indeformadas. A exceção das determinações e expressões dos resultados de densidade aparente e porosidade total, os demais resultados estão expressos em TFSE (terra fina secada em estufa, a 105°C).

3.3.1 - Análises físicas

Terra Fina

As amostras das camadas estudadas nas minitrincheiras foram secadas ao ar, destorroadas e separadas por tamisação em peneira de malha de 2,0 mm, recolhendo-se o material que passou na peneira.

Umidade residual e fator "f"

Determinada pela secagem da TFSA em estufa a 105°C o fator "f" foi obtido dividindo-se o peso da amostra (TFSA) pelo peso da amostra seca a 105°C.

Composição Granulométrica

Dispersão com NaOH 1N e agitação em baixa rotatividade durante 16 horas, segundo modificação apresentada por Rezende (1979). O teor de argila total foi determinado na suspensão pelo método da pipeta (Day, 1965). As frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação em peneira de malha de 0,2 e 0,053 mm, respectivamente. O silte foi obtido por diferença.

Os diâmetros das partículas foram considerados segundo a classificação adotada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos e Santos, 1982).

Argila dispersa em água

Determinada pelo método apresentado acima para argila total, utilizando-se água destilada para a dispersão.

Grau de flocculação

Calculado segundo a fórmula:

$$GF = \frac{\% \text{ argila total} - \% \text{ argila dispersa em água}}{\% \text{ argila total}} \times 100$$

Densidade real (g/cm³)

Determinada pelo método do picnômetro, segundo Black (1965).

Densidade aparente (g/cm^3)

Determinada pelo método do anel de Kopecky

Volume total de poros

Calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{VTP\%} = 1 - (\text{densidade aparente/densidade real}) \times 100$$

3.3.2 - Análises Químicas

pH em água e KCl 1 N

Determinados potenciométricamente na suspensão solo-líquida de 1:2,5, com tempo de contato de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.

Carbono Orgânico

Determinado pelo método de Walkley Black citado por Jackson (1970), que se baseia na oxidação da matéria orgânica por solução de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,4N, em meio sulfúrico, com aplicação de calor externo, através de fervura branda. O excesso de dicromato de potássio foi medido por titulação com sulfato ferroso amoniacal $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1 N, obtendo-se assim o carbono total.

Fósforo assimilável

Extraído com solução de HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N (Norte Carolina) e dosado por colorimetria, após a redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto.

Potássio e sódio trocáveis

Extraídos com solução de HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N (Norte Carolina) na proporção 1:10 e determinados por fotometria de chama.

Acidez extraível

Extraída com solução de acetato de cálcio N, ajustada a pH 7,0 na proporção 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,025N. O hidrogênio extraível foi obtido pela diferença entre H⁺ + Al⁺⁺⁺ e alumínio extraível.

Cálco e magnésio trocáveis

Extraídos com solução de KCl 1N na proporção 1:10. O cálcio mais o magnésio foram determinados pelo método complexométrico com coquetel tampão pH 10 e titulação com EDTA 0,025N. O cálcio determinado com KOH 10% e murexida, titulado com EDTA 0,025N. O magnésio foi obtido por diferença.

Alumínio extraível

Extraído com solução de KCl 1N na proporção 1:10 e determinado por titulação com NaOH 0,025N.

Valor S

Calculado pela fórmula:

$$\text{Valor S} = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Valor T (capacidade de troca de cátions - CTC).

Obtido pela soma do valor S + Acidez extraível (H + Al)

Valor V (Percentagem de saturação de bases)

Calculado pela fórmula:

$$V\% = (\text{Valor S} / \text{Valor T}) \times 100$$

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Propriedades físicas e carbono orgânico

Os teores de argila total e sua variação em profundidade são apresentados na Tabela 1. Foram comparados cultivos de macadâmia com 1, 4 e 7 anos de idade em amostras provenientes dos setores jusante e montante. Pode-se observar que os teores de argila total, com exceção das profundidades de 30-40 cm na área de um ano e 20-30 cm na área de 7 anos, apresentam a tendência de serem sistematicamente maiores na posição montante, indicando isto a possível ocorrência de perdas de argila por superfície nesta posição e talvez a translocação da fração coloidal para as camadas mais profundas.

TABELA 1 : Médias de argila total nas três áreas e sua variação em profundidade.

		ARGILA TOTAL							
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40		
posição	J	M	J	M	J	M	J	M	
ANO									
1	44a	39a	45a	41a	49a	40a	42a	52a	
4	32a	31a	37a	36a	42a	37a	42a	39a	
7	39a	35b	40a	38a	39a	41a	41a	40a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J = posição jusante; M = posição montante

Através do exame da Tabela 2, observa-se que as perdas de carbono orgânico ocorrem em magnitudes variáveis em todas as camadas e, em decorrência destas perdas, houve sensíveis modificações nas propriedades dependentes deste parâmetro.

As quantidades de carbono orgânico, encontradas nas posições montante e jusante, não diferiram entre si conforme pode ser analisado na Tabela 2, e estes teores são sempre reduzidos, inferiores a 1% indicando que as práticas culturais usadas estariam contribuindo para a redução do nível de matéria orgânica nas duas áreas estudadas.

Os teores de carbono orgânico tendem a apresentar-se sempre menores na posição montante, o que em princípio parece ser um resultado inconsistente, pois sendo mais úmido este ambiente o processo de mineralização da matéria orgânica deveria ocorrer de

uma maneira mais lenta, favorecendo a manutenção de teores mais elevados desta nesta posição (Alexander, 1961). Uma hipótese para os menores valores seria que o carbono orgânico estaria sendo removido do sistema, em conjunto com a argila, sob a forma de complexo argila-húmus, ou que a remoção da argila diminui a superfície capaz de complexar a matéria orgânica, já que os colóides raramente migram em estado isolado, mas sim sob a forma de complexos coloidais dispersos, ferro-silícicos, ferro-húmicos ou argilo-húmicos (Costa, 1973).

TABELA 2: Média de carbono orgânico nas três áreas e sua variação em profundidade.

CARBONO ORGÂNICO								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO								
1	0,96a	0,95a	0,84a	0,84a	0,75a	0,58a	0,70a	0,56a
4	0,78a	0,77a	0,53a	0,57a	0,54a	0,39a	0,44a	0,42a
7	0,72a	0,72a	0,57a	0,55a	0,46a	0,51a	0,45a	0,41a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M = posição montante.

Estas reduções nos teores de carbono orgânico resultam em alterações nas propriedades interdependentes desta variável. Por exemplo, pode-se verificar que os valores de densidade real tendem a apresentar-se mais elevados na posição montante (Tabela 3). Os valores de densidade real na camada superficial situam-se na faixa de 2,59 a 2,66 g/cm³, havendo o aumento destes valores

em profundidade, o que deve estar relacionado com os teores de carbono orgânico e argila total.

TABELA 3: Médias de densidade real nas três áreas e sua variação em profundidade.

		DENSIDADE REAL			
PROF. (cm)		0 - 10		10 - 20	
POSIÇÃO		J	M	J	M
ANO		g/cm ³			
1		2,61a	2,65a	2,70a	2,74a
4		2,60a	2,63a	2,69b	2,75a
7		2,59a	2,66a	2,64a	2,68a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente, student 5%.

J= posição jusante; M= posição montante

A densidade aparente, outra variável dependente dos teores de carbono orgânico, sofreu um aumento dos seus valores em função das alterações nas concentrações de carbono (Tabela 2). A camada superficial (0-10 cm) sempre apresentou os menores valores de densidade aparente e estes devem estar sendo condicionados ao maior teor de matéria orgânica desta camada em relação as demais. Na camada imediatamente subjacente (10-20 cm), ocorre um aumento da densidade aparente, relacionado com a diminuição do teor de matéria orgânica e ao aumento da pressão exercida pelas camadas superiores.

As duas camadas apresentam comportamento similar quando comparadas as posições montante e jusante. Embora não seja constatada diferença significativa, pode-se verificar que os

maiores valores de densidade aparente (Tabela 4) situaram-se na posição montante, demonstrando que as perdas de carbono orgânico atuam diretamente sobre esta propriedade.

TABELA 4: Médias de densidade aparente nas três áreas e sua variação em profundidade.

DENSIDADE APARENTE				
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20	
POSIÇÃO	J	M	J	M
ANO	g/cm^3			
1	1,32a	1,37a	1,35a	1,43a
4	1,45a	1,48a	1,46a	1,52b
7	1,33a	1,41a	1,39a	1,42a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente, student 5%.

J= posição jusante; M= posição montante

Em todas as camadas, o volume total de poros (VTP%) tem distribuição inversamente proporcional àquela verificada para a densidade aparente. O volume total de poros varia de 44 a 50% e, com exceção da área de sete anos, estes valores não diferem entre si com o aumento da profundidade. Entretanto, pode-se observar que a posição montante tende a apresentar uma redução no volume total de poros, fato este que também está diretamente relacionado com as reduções de carbono orgânico. A destruição dos agregados do solo, devido à ação mecânica da água, e à posterior translocação de argila e preenchimento dos poros pode estar

também contribuindo para a redução da porosidade total (Kukoba & Balyuk, 1983; Grigor'yev & Kuznetsov, 1986; Makeyeva, 1989).

TABELA 5: Médias de VTP% nas três áreas e sua variação em profundidade.

POROSIDADE TOTAL				
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20	
	J	M	J	M
ANO				
1	50a	47a	50a	47a
4	44a	47a	46a	44a
7	49a	47a	46a	46a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente, student 5%.

J = posição jusante; M = posição montante

Em decorrência das perdas de carbono orgânico e de argila, haverá modificações na composição do complexo sortivo da posição montante.

4.2 - Propriedades químicas

Pelos dados da Tabela 6, pode-se verificar que o pH sofreu pequenas alterações em função da utilização do solo. Estes valores são sempre reduzidos, diminuindo em profundidade, situando-se na faixa de acidez extrema a forte, e variam de 3,8 a 5,0. Os menores valores de pH tendem a situar-se na posição montante, indicando que a irrigação deve estar promovendo um aumento na taxa de lixiviação das bases do solo. As maiores

diferenças são observadas nos talhões com 4 anos, para todas as profundidades.

TABELA 6: Médias de pH em água nas três áreas e sua variação an profundidade.

pH em água								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
posição	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO								
1	4,6a	4,6a	4,5a	4,3a	4,1a	4,1a	4,7a	4,0a
4	5,0a	4,6b	4,6a	4,3b	4,6a	4,2b	4,6a	4,2b
7	4,8a	4,9a	4,5a	4,0a	4,2a	4,0a	4,2a	3,9a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M = posição montante.

Os valores de pH em KCl sempre foram menores que os de pH em água (Tabela 7). O pH em KCl varia entre 3,8 a 4,4 e apresenta-se na mesma faixa de acidez observada para o pH em água. Estes resultados são ratificados pelos teores de alumínio (Tabela 8), que se apresentaram sempre elevados, em todas as profundidades, na posição montante.

TABELA 7: Médias de pH em KCl nas três áreas e sua variação em profundidade.

pH em KCl								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO								
1	4,0a	4,0a	3,9a	3,8a	3,9a	3,9a	3,9a	3,9a
4	4,4a	4,2a	4,0a	3,8b	4,0a	3,9a	3,9a	3,9a
7	4,3a	4,2a	3,8a	3,8a	3,8a	3,8a	3,8a	3,8a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J = posição jusante; M = posição montante.

Os altos teores de alumínio que esta área apresenta irão afetar o crescimento do sistema radicular da cultura (Adams & Lund, 1966; Pavan & Bingham, 1982), além de propiciar um meio desfavorável para o anabolismo vegetal (Foy & Brown, 1964; Segalen, 1973). Aliado a estas consequências, estes teores de alumínio poderão tornar a cultura carente em cálcio e fósforo, e em contrapartida poderá ser aumentada a absorção das formas de manganês (Boyer, 1985).

TABELA 8: Média de alumínio nas três áreas e sua variação em profundidade.

ALUMÍNIO								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
posição	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO	meq/100g							
1	0,95a	1,05a	1,37a	1,69a	1,58a	1,40a	1,65a	1,69a
4	0,29b	0,63a	1,10a	1,02a	0,78a	1,12a	1,13a	1,29a
7	0,85a	0,76a	0,98a	1,48a	1,58a	1,57a	1,57a	1,85a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M= posição montante.

Os teores de cálcio (Tabela 9) apresentaram-se baixos, inferiores a 2,0 meq/100g, sendo sempre superiores na camada superficial e diminuindo em profundidade. Os menores valores situam-se na posição montante. Observa-se ainda que os maiores teores de cálcio ocorreram no talhão de quatro anos, independente da posição estudada. O comportamento do cálcio o diferencia dos demais elementos, que apresentam seus maiores valores na área de sete anos, e é explicado pela incorporação recente de cálcio ao solo (Apêndice) sob a forma de nitrato de cálcio.

TABELA 9: Média de Cálcio nas três áreas e sua variação em profundidade.

		CÁLCIO							
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40		
posição	J	M	J	M	J	M	J	M	
ANO	meq/100g								
1	1,70a	1,03a	0,64a	0,53a	0,73a	0,57a	0,69a	0,59a	
4	1,96a	1,48a	1,17a	0,97a	1,259	0,96a	1,02a	0,93a	
7	1,77a	1,45a	1,15a	0,75a	0,86a	0,78a	0,76a	0,74a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J = posição jusante; M= posição montante.

Apresentando comportamento similar ao cálcio, o magnésio (Tabela 10) teve os seus maiores valores nas áreas de quatro e sete anos. Devido à sua maior mobilidade, pode-se verificar que, sob diferentes tempos de irrigação, ocorreu o acúmulo deste íon nas camadas subsuperficiais.

TABELA 10: Média de magnésio nas três áreas e sua variação em profundidade.

MAGNÉSIO								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO	meq/100g							
1	0,77a	0,49b	0,62a	0,60a	0,38a	0,32a	0,42a	0,38a
4	0,72a	0,69a	0,70a	0,60a	0,85a	0,60a	0,78a	0,37b
7	0,90a	0,80a	0,68a	0,55a	0,73a	0,53b	0,83a	0,40b

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M= posição montante.

Como pode ser observado, existe uma correlação entre os valores de pH e os principais constituintes do complexo sortivo (cálcio e magnésio). A posição montante, que apresenta os menores valores de pH (água e KCl), tende a apresentar os menores valores de cálcio e magnésio, indicando que estes devem estar sendo removidos do sistema por lixiviação; em contrapartida, pode ser verificado nesta área o aumento dos teores de alumínio trocável.

Os teores de fósforo (Tabela 11) mostram-se reduzidos, inferiores a 5 ppm, não havendo diferenças significativas entre as posições. Não foram observadas variações em profundidade, mostrando isto que o fósforo não se movimentou neste solo, comportamento este esperado diante a baixa mobilidade deste elemento (Köpfer et al. 1953).

TABELA 11: Média de fósforo nas três áreas e sua variação em profundidade.

FÓSFORO								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO	ppm							
1	4,0a	3,0a	3,0a	3,0a	2,0a	2,0a	2,0a	2,0a
4	4,0a	3,0b	4,0a	3,0b	3,0a	2,0a	3,0a	2,0a
7	4,0a	4,0a	2,0a	2,0a	3,0a	1,0b	3,0a	2,0a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M = posição montante.

Os solos estudados apresentam como principais componentes da fração argila a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio (Anjos & Pereira, 1988), os quais contribuem para que tais solos tenham uma alta capacidade em adsorver fósforo (Fassbender, 1984; Bonh et al., 1985; Sposito, 1989). Esta característica concorre para que uma grande parte do fósforo, oriundo das adubações, fique retido na camada arável, com uma conseqüente redução de sua disponibilidade.

Aliado a isto, os altos teores de alumínio que este solo apresenta poderão diminuir a disponibilidade do fósforo, devido à combinação dos íons fosfato com o alumínio, promovendo a formação de compostos de baixa solubilidade (Lindsay & Moreno, 1960; Pratt, 1966; Braga, 1973; Fassbender, 1984; Bohn et al., 1985; Sposito, 1989; Raij, 1991).

Com relação ao potássio trocável (Tabela 12), observou-se

que a área cultivada por sete anos, para diferentes posições, apresentou valores mais altos que as demais áreas estudadas. Estes teores mais elevados surgem em decorrência do emprego de fertilizantes potássicos. Nas três áreas estudadas não foram verificados acúmulo os de potássio em profundidade; este comportamento demonstra que uma parcela do potássio que não é absorvida imediatamente pela cultura está sendo perdida por lixiviação. Nos talhões de macadâmia com 4 anos de idade, em todas as profundidades, os teores de potássio trocável foram significativamente superiores na posição jusante.

Verifica-se que a posição montante tende a apresentar menores teores de potássio, em relação à posição jusante, devido à alta mobilidade que este elemento apresenta (godefroy et al., 1970; Boyer, 1985; Brady, 1989).

TABELA 12: Médias de potássio nas três áreas e sua variação em profundidade.

POTÁSSIO								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO	meq/100m							
1	0,09a	0,06a	0,06a	0,05a	0,03a	0,03a	0,04a	0,03a
4	0,19a	0,06b	0,18a	0,05b	0,08a	0,03b	0,06a	0,02b
7	0,19a	0,13a	0,10a	0,06a	0,10a	0,06a	0,09a	0,07a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M = posição montante.

O sódio apresentou um comportamento similar ao potássio, constatando-se que, na área cultivada por sete anos, os teores deste elemento foram sempre mais elevados, podendo ser observada uma tendência do aumento de sua concentração em profundidade. Este aumento pode ser atribuído à baixa razão de adsorção de sódio da água utilizada na irrigação e ao cálcio e magnésio dos fertilizantes aplicados. Estes cátions estariam deslocando o sódio adsorvido nas argilas, em consequência de a energia de retenção do sódio pelos colóides do solo ser menor do que a do cálcio, magnésio e potássio (Black, 1968). Resultados semelhantes foram observados por Pratt et al. (1956) e Pereira & Siqueira (1979) onde o sódio deslocado das camadas superficiais acumulou-se na parte inferior do perfil.

TABELA 13: Teores de sódio nas três áreas e sua variação em profundidade.

SÓDIO									
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40		
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M	
ANO	meq/100g								
1	0,06a	0,04a	0,05a	0,03b	0,04a	0,03a	0,03a	0,03a	
4	0,06a	0,03a	0,07a	0,04b	0,05a	0,03b	0,03a	0,03a	
7	0,08a	0,07a	0,07a	0,07a	0,08a	0,07a	0,07a	0,07a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J = posição jusante; M = posição montante.

Quanto à soma de bases trocáveis, valor S (Tabela 14), a sua maior parcela está representada pelos íons cálcio e magnésio,

sendo muito pequena a contribuição do sódio e do potássio. O valor S é maior na camada superficial e caracteriza-se por níveis muito baixos nas demais camadas estudadas.

Como reflexo da influência do sistema de irrigação, observa-se que os valores de soma de bases tendem a ser menores na posição montante, demonstrando que a lixiviação dos principais componentes desta fração para as camadas mais profundas está contribuindo para a redução destes valores.

TABELA 14: Média do Valor S nas três áreas e sua variação em profundidade.

		Valor S							
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40		
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M	
ANO	meq/100g								
1	2,50a	1,66b	1,28a	1,24a	1,23a	1,02a	1,14a	1,09a	
4	2,71a	2,42a	2,02a	1,76a	2,05a	1,94a	1,76a	1,59a	
7	2,96a	2,59a	1,96a	1,48b	1,58a	1,50a	1,72a	1,72a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J = posição jusante; M = posição montante.

O valor V% das camadas estudadas (Tabela 15) caracteriza-se por níveis muito baixos, sempre inferiores a 50%. Em decorrência da diminuição do valor S, observa-se uma tendência de redução do valor V% na posição montante.

TABELA 15: Média do Valor V% nas três áreas e sua variação em profundidade.

		Valor V%							
PROF. (cm)		0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO		J	M	J	M	J	M	J	M
ANO		%							
1		34a	25a	20a	20a	18a	16a	16a	15a
4		46a	41a	30a	29a	29a	25a	31a	27a
7		35a	34a	26a	25a	24a	22a	28a	20a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J = posição jusante; M = posição montante.

Com exceção da área de 4 anos, as camadas superficiais apresentam maiores valores de capacidade de troca catiônica, valor T, o que mostra uma relação direta com o teor de matéria orgânica presente nestas camadas. O valor T das camadas estudadas (Tabela 16) não ultrapassou 8,8 meq/100g de terra fina, sendo que o complexo sortivo apresenta-se dominado por hidrogênio e alumínio (Tabela 17).

TABELA 16: Média do Valor T nas três áreas e sua variação em profundidade.

Valor T								
POSIÇÃO	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO	meq/100g							
1	7,4a	6,6a	6,7a	6,1a	6,9a	6,4a	6,1a	6,0a
4	5,7a	5,5a	7,0a	6,3a	6,8a	5,7a	6,1a	5,6a
7	8,8a	7,8a	7,6a	6,0b	7,0a	6,9a	7,1a	6,4a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M= posição montante.

TABELA 17: Média do Valor H nas três áreas e sua variação em profundidade.

H+Al								
PROF. (cm)	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
POSIÇÃO	J	M	J	M	J	M	J	M
ANO	meq/100g							
1	4,98a	4,85a	4,92a	5,46a	5,36a	5,72a	5,01a	5,21a
4	3,00a	3,05a	4,56a	4,94a	5,18a	4,06a	3,93a	4,47a
7	5,29a	5,88a	4,53a	5,63a	5,42a	5,41a	5,75a	4,53a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente; student 5%; J= posição jusante; M = posição montante.

5 - CONCLUSÕES

De uma maneira geral, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos parâmetros estudados, quando estes foram submetidos ao teste t de Student 5%. Entretanto, podem ser observadas fracas porém constantes tendências de redução desses valores para a posição montante, o que levemente sugere que, em confronto com a adição por percolação interna (jusante), a adição de água pela superfície (montante) poderia contribuir para a diminuição do teor dos componentes coloidais do solo, responsáveis pela manutenção do complexo sortivo. Aliada a estas modificações de ordem química, verificam-se também leves tendências de alteração das propriedades físicas do solo.

Esta conclusão de ordem geral apoia-se no que se segue:

Os teores de argila total e carbono orgânico tendem a apresentar-se menores na posição montante (que recebe gotejamento), indicando a perda superficial e/ou subsuperficial destes elementos na forma do complexo argilo-húmus.

Em decorrência da redução dos teores de carbono orgânico na

posição montante, observam-se modificações nas propriedades físicas interdependentes deste parâmetro, como o aumento nos valores de densidade aparente e real, com conseqüente redução da porosidade total.

Os valores de pH em água e KCl tendem a ser menores na posição montante, em função das perdas de cálcio e magnésio por lixiviação, em paralelo a um aumento nos teores de alumínio trocável.

Os íons potássio e sódio apresentaram comportamento similar, verificando-se que os menores valores tendem a situar-se na posição montante, indicando que estes íons devem estar sendo lixiviados para camadas mais profundas, ou mesmo sendo retirados do sistema. Não foram constatadas diferenças entre posições para os teores de hidrogênio e alumínio.

Os teores de fósforo apresentaram-se reduzidos, característica normalmente observada nos solos estudados.

O valor S e o valor V% tenderam a apresentar menores teores na posição montante, indicando que as perdas por lixiviação estão contribuindo para a redução destes valores. Como reflexo da diminuição dos teores de carbono e argila, observa-se a redução do valor T na posição montante.

Como recomendação sugere-se o monitoramento do efeito residual dos fertilizantes aplicados e o emprego de cobertura morta na área de atuação dos microaspersores, pois esta prática, além de propiciar melhorias nas propriedades químicas dos solos, irá diminuir o efeito da ação mecânica da água de irrigação sobre os agregados do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, J.J.R e GRIM, S.S. 1975. Avaliação do efeito residual da calagem e da adubação fosfatada num oxissolo durante três anos de cultivo. Agron. sulriograndense, Porto Alegre. 11 (1): 105-127.
- ADAMS, F & LUND, Z.F. 1966. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. Soil Science, New Jersey, 101: 193-198.
- ALEXANDER, M. 1961. Soil Microbiology. John Wiley e Sons. Inc., New York e London.
- AMIEL, J.A; NAMERI, M. and MAGARITZ, M. 1986. Influence of intensive cultivation and irrigation on exchangeable cations and soil properties: a case study in Jordan Valley, Israel. Soil Science. 142: 223-228.
- AMIN, M. 1964. Reclamation of sodic and saline-sodic soils with saline irrigation water. M. SC. (Hons). Agri. Thesis. Univ. of. Agri. Faisalabad.
- BATEY, T. 1973. Uso e manejo do solo tropical. Curso Pós-Grad. Biodin. Produt. Solo. Santa Maria. RGS.

- BENNEMA, J. 1966. Calculation of CEC for 100 grams of clay (CEC 100) with correction for organic carbon. In: Report to the government of Brazil on classification of Brazilian soil. Rome, FAO. Report n° 2197. 27-30p.
- BILLY, W.H and GERARD, C.J. 1973. Influence of cropping system on salt distribution in a irrigated vertisol. Agron.J. 65: 97-99.
- BLACK, C.A. 1968. Soil plant relationship. New York, J. Willey. 792p.
- BOHN, H.L; McNEAL, B.L AND O'CONNOR, G.A. 1985. Soil Chemistry. 388p.
- BOUMA, J. AND F.D. HOLE. 1971. Soil structure and hydraulic conductivity of adjacent virgin and cultivated pedons at two sites: A Typic Argiudoll (silt loam) and a Typic Eutrochrept (clay). Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 316-319.
- BOYER, J.L. 1985. Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade dos solos. UFBA. 328p.
- BRADY, N.C. 1989. Natureza e propriedades dos solos. 70 ed. 898p. Freitas Bastos. R.J.
- BRAGA, M.J. 1973. Seminário, CPG - SNP, ESC. Sup. Agric. "Luis de Queiroz". Piracicaba.
- BRASIL. M.A. Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômicas. Comissão de Solos. 1958. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal; contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 350p (Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 11).
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1983. Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro - Vitória. 780p. Levant. Rec. Nat., Rio de Janeiro.
- CAMARGO, A.P. 1982. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. Pesq. Agrop. bras. 17:107-112
- COSTA, J.B. 1973. Caracterização e constituição do solo. 3ªed. 527p. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

- DANA, J.D & HERBULT, C.S. 1983. Manual de mineralogia. 642p. Livro Técnico e Científico Editora SA. Rio de Janeiro.
- DAVIS, I.E. 1945. Simple kinecti theory of ionic exchange for ions of unequal charge. J. Phys. Chem. 49: 473-479.
- DAY, P.R. 1965. Particle fracionation and particle size analyses. In: BIACK, C.A. Methods of soil analysis. Agronomy, Washington, Part 19:546-567.
- DONAHUE, R.L; SCHICKLUNA, J.C and ROBERTSON, L.S. 1972. Soils an introduction to soil and plant growth. Prentice-Hall, New Jersey.
- EMBRAPA/SNLCS. 1979. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA/SNLCS. 1988. Critério para distinção de classes de solos e fases de unidade de mapeamento, normas em uso pelo SNLCS. Documentos, 11. 67p. EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro.
- FASSBENDER, H.W. 1984. Química de suelos, con enfasis en suelos de América Latina. 4ªed. 422p. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- FELHENDLER, R; SCHAINBERG, I. 1974. Dispersion and hydraulic conductivity of soils in mixed solutions. Trasaction, 10 International Congress of Soil Science I.
- FOY, C.D; BROW, J.C. 1964. Toxic factores in acid soils. I. Diferencial aluminum tolerance of plant species. Soil. Sci, Am. Proc., 28 (1): 27-32.
- FREITAS, L.M.M; RAIJ, B.VAN. 1974. Efeitos residuales del encalado de um Latossol en São Paulo, Brasil. In: BORNEMISSA, E & ALVARADO, A., ed. Manejo de suelos en la América Tropical. Raleigh North Carolina State University. p:304-312.
- GARDNER, R. 1945. Some soils properties related to sodium salt problem in irrigated soils. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 902.

- GODEFROY, J; MULLER, M & ROSE, E. 1970. Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de Basse Côte d'Ivoire. *Fruits* (Paris), 25 (6):403-420.
- GRADWELL, M.W., and E.Z. ARLIDGE. 1971. Determination of soil structure in the market gardens of the Pukekohe district, New Zealand, *N.Z.J. Agric. Res*: 14:288-306.
- GRIGOR'YEV, G.I. 1982. Changes in the structure of soil and properties of irrigated Sod-Podzolic soils. *Soviet. Soil* (2): 5-20.
- GRIGOR'YEV, V.YA AND KUZNETSOV, M.S. 1986. Evaluation of changes in water stability of soil aggregates caused by sprinkler irrigation. *Soviet. Soil*. 70:70-77.
- GRIMM, S.S; ELTZ, F.L. 1972. Algumas considerações sobre a relação calcário-fósforo na rotação trigo-soja, no Oxissolo Passo Fundo. Porto Alegre, Dep. Solos, Fac. Agron. da UFRGS. (Relatório de Pesquisa).
- HARDING, R.B; PRAT, P.F AND JONES, W.W. 1958. Changes in salinity, nitrogen, and soil reaction in a differentially fertilized soil. *Soil. Science*. 85:177-184.
- HAYWOOD, H.E. AND MAGISTAD, O.C. 1946. The salt problem in irrigated agriculture. U.S. Dept. Agric. Misc. Publ. 607.
- JACKSON, M.L. 1970. Soil chemical analysis. Advance course. 895p. Madison, 2° ed. rev. Univ. Wisconsin.
- KUKOBA, P.I.; BALYUK, A.N. 1983. Effect of irrigation on the physical properties of dark Chestnut solonetzic soil, Northern Crimea. *Soviet. Soil*. nº4 pag 91-97
- KUPPER, A. GROHMANN & GARGANTINI, H. 1953. Boletim nº34, Inst. Agron. do Estado de São Paulo, Campinas.
- LAL, P. and SINGH, K.S. 1974. A comparative study of the effect of qualities of irrigation water on different soils. *J. Indian. Soil. Sci.* 22: 19-25.

- LEMOS, R.C. DE e SANTOS, R.D. 1982. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Campinas, SBCS/SNLCS. 46p.
- LEWIS, G.C. AND JUVE, R.L. 1956. Some effects of irrigation water quality on soil characteristics. Soil. Sci. 81: 125-137.
- LINDSAY, W.L & MORENO, E.C. 1960. Soil. Sci. soc. Amer. Proc. 24:177.
- LONGENECKER, D.E AND LYERLY, P.J. 1959. Chemical characteristics of soil of west Texas as affected by irrigation water quality. Soil. Sci. 87: 207-217.
- LOVELAND, P.J; HAZELDEN, J AND STERDY, R.G. 1987. Chemical properties of salt soils in north and their relationship to soil instability. Journal of Agricultural Science.
- MACHADO, J.A. 1976. Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo. Tese de livre Doc. Santa Maria. RGS.
- MAGARITZ, M. AND AMIEL, A.J. 1981. Influence of intensive cultivation and irrigation on soil properties, the Jordan Valley, Israel. Recrystallization of carbonate minerals. Soil. Sci. Soil. Am. J. 45: 1201-1205.
- MAGISTAD, O.C. AND CHRISTIANSEN, J.E. 1946. Saline soils, their nature and management. U.S. Dept. Agr. Circ. 707.
- MATTSON, S. AND WIKLANDER, L. 1940. The laws of colloidal behavior: XXI. Soil. Science. 49: 109-134.
- McNEAL, B.L; LAYFIELD, D.A; NORWELL, W.A AND RHODES, J.D. 1968. Factors influencing hydraulic conductivity of soil in the presence of mixed salt solutions. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 32(2):187-190.
- MILLER, C.E. 1955. Phosphorus. In:....Soil fertility. New York, John Wiley. cap.18, p.139-175
- MILLER, W.P and BAHARUDDIN, MK. 1986. Relationship of soil dispersibility to infiltration and erosion of southeastern soils. Soil. Science. 142: 235-240.

- MINHAS, P.S. and SHARMA, D.R. 1986. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. *Irrigation Science*. 7: 159-167.
- MOSCHELER, W.W. 1960. Lime and soil acidity effects on alfafa growth in a Red-Yellow Podzolic soil. *Soil. Science Society of Proceedings, Madison*, 24 (6): 507-509.
- NASCIMENTO, R.A.M. 1989. Correlação entre o valor K_i e outras variáveis em Latossolos. Tese de Mestrado. 256p. UFRRJ. Itaguaí. R.J.
- PAVAN, M.A & BINGHAM, F.T. 1982. Toxicity of aluminum to coffee seedlings grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journal, Madison*, 46: 993-997.
- PEREIRA, J.R. e CORDEIRO, G.C. 1987. Efeito da irrigação e adubação sobre algumas características químicas de um vertissolo. *Pesq. agropec. bras.* 22: 627-633.
- PEREIRA, J.R e SIQUEIRA, F.B. 1979. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. *Pesq. agropec. bras.* 14: 189-195.
- PRATT, P.F. 1966. Química do solo, nº1. Convênio MA/DPFS - USAID - BRASIL.
- PRATT, P.E; JONES, W.W. AND CHAPMAN, H.D. 1956. Changes in phosphorus in a irrigated soil during 28 years on of differential fertilization 1956. *Soil. Science*. 82:295-306
- RAIJ, B.VAN. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Ceres, Potafos, São Paulo.
- REEVE, R.C and BOWER, C.A. 1960. Use of high salt water as a flocculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. *Soil. Sci.* 90: 139-144.
- REZENDE, J.O. 1979. Consequências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo aluvial. (Estudo de um caso). Tese de Doutorado. ESALQ/USP. Piracicaba.
- RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington. D.C. 60p. (Handbook,60).

- RICHARDS, L.A. 1977. Suelos Salinos y Sodicicos. Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos de América. Editorial Limusa. Mexico.
- SEGALEN, P. 1973. L'aluminium dans les sols. ORSTOM. Ser. Initiat. Doc. Technique (Paris) n°22. 281p.
- SCHOLLES, D. 1978. Efeito residual da aplicação de doses de calcário na produção de forrageiras tropicais e nas propriedades químicas de um solo Laterítico Bruno Amarelado distrófico. Agron. Sulriograndense, Porto Alegre, 14 (1): 135-142
- SHVEBS, G.I; SVETTICHNY AND CHERNY, S.G. 1988. Soil resistance to erosion in the southern Ukraine and change therein due irrigation. Soviet. Soil. 20: 68-74.
- SIQUEIRA, O.J.F de. 1973. Calagem para trigo no Brasil. In: RAIJ, B.VAN, BATAGLIA, O.C & SILVA, N.M.DA, Coord., Acidez e Calagem no Brasil - Simpósio, Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 187-215.
- SPOSITO, G. 1989. Chemistry of soils. 277p. Oxford University Press. New York. Oxford.
- THORNE, D.W and THORNE, J.P. 1954. Changes in composition of irrigated soil as related to the quality of irrigation waters. Soil. Sci. Am. Proc. 18:92-96.
- TISDALE, L.S. & NELSON, W.L. 1969. Soil Fertility and fertilizers. London, Mac Millan, 694p.
- WINCHEL, A.N. and WINCHELL, H. 1959. Elements of optical mineralogy. 551p. J. Wiley. New York.
- YOUSAF, M.; ALI, O.M. AND RHOADES, J.D. 1987. Clay dispersion and hydraulic conductivity of some Salt-affected arid land soil. Soil. Sci. Soc. of America Journal. 51: 905-907.

APÊNDICE

HISTÓRICO DA ADUBAÇÃO UTILIZADA

Área de 1 ano

- 19.01.90 - 70g Nitrocálcio / planta
- 17.08.90 - 70g Nitrocálcio + 15g KCl + 960g Calcário Dolomítico/planta
- 05.12.90 - 200g Nitrocálcio + 125g S.Simples + 30g KCl/planta

Área de 4 anos

- 01.03.88 - 230g Nitrocálcio + 130g KCl + 1000g Calcário dolomítico/planta
- 14.06.88 - 230g Nitrocálcio + 250g S.Simples + 100g Suprimins Café + 50g MgSO₄/planta
- 04.10.88 - 230g Nitrocálcio + 250 S.Simples + 130g KCl + 50g MgSO₄/planta
- 18.04.89 - 170g Nitrocálcio + 750g Calcário Dolomítico + 100g MgSO₄/planta
- 17.08.89 - 170g Nitrocálcio + 500g S.Simples + 100g MgSO₄/planta
- 25.10.89 - 170g Nitrocálcio/planta
- 19.12.89 - 170g Nitrocálcio/planta
- 06.07.90 - 400g Nitrocálcio + 115g KCl + 1000g Calcário

dolomítico/planta

06.07.90 - 400g Nitrocálcio + 115g KCl + 1000g Calcário

dolomítico/planta

09.10.90 - 400g Nitrocálcio + 450g S.Simples + 115g KCl +
42g Boráx/planta

Área de 7 anos

05.09.84 - 45g Nitrocálcio + 45g Hiperfosfato + 20g
KCl/planta

04.10.84 - 30g Uréia + 15g Hiperfosfato + 25g KCl/planta

12.02.85 - 480g Calcário Calcítico/planta

25.06.85 - 120g Uréia + 100g KCl/planta

08.11.85 - 173g Calcário Calcítico/planta

06.01.86 - 90g Uréia + 23g Hiperfosfato/planta

20.02.86 - Micronutrientes via Foliar

10.04.86 - 90g Uréia + 10g $ZnSO_4 \cdot 7H_2$ /planta

24.09.86 - 120g Uréia + 20g S.Simples/planta

17.02.87 - 260g Nitrocálcio + 300g S.Simples + 160g KCl + 5g
 $ZnSO_4$ + 50g $MgSO_4$ + 30g $CuSO_4$ /planta

15.04.87 - 260g Nitrocálcio/planta

12.08.87 - 360g Nitrocálcio + 300g S.Simples + 160g
KCl/planta

20.01.88 - 390g Nitrocálcio + 160g KCl + 375g Calcário
dolomítico + 100g $MgSO_4$ /planta.

12.05.88 - 390g Nitrocálcio + 500g S.Simples + 40g Suprimins
Café (Zn e S)/planta

30.08.88 - 390g Nitrocálcio + 500g S.Simples + 160g KCl +
100g MgSO₄ / planta

03.03.89 - 400g Nitrocálcio + 100g KCl + 40g Suprimins Café
(Zn e S)

01.04.89 - 400g Nitrocálcio + 600g S.Simples + 100g
MgSO₄/planta

10.10.89 - 400g Nitrocálcio + 600g S.Simples + 100g
KCl/planta

08.12.89 - 400g Nitrocálcio/planta

16.04.90 - 900g Nitrocálcio + 140g KCl + 1350g Calcário
dolomítico/planta

18.07.90 - 900g Nitrocálcio + 350g S.Simples + 140g KCl +
42g Bórax/planta

09.01.90 - 900g Nitrocálcio + 350g S.Simples + 100g
KCl/planta.

ANÁLISE DA ÁGUA UTILIZADA PARA A IRRIGAÇÃO

Tabela 1: Características químicas da água utilizada para irrigação

Área	pH	CE (mmhgs/cm ³)	K (ppm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	RAS	CLASS
				(meq/l)						
1 ano	7,0	0,09	4,8	0,09	0,07	0,13	0,0	0,32	0,16	C ₁ S ₁
4 anos	7,0	0,06	1,2	0,32	0,18	0,17	0,0	0,67	0,12	C ₁ S ₁
7 anos	7,2	0,06	2,7	0,11	0,08	0,14	0,0	0,42	0,16	C ₁ S ₁

Através da análise da Tabela 1, pode-se verificar que as águas provenientes dos lagos artificiais utilizados para a irrigação não apresentam íons em concentrações tóxicas (Richards, 1977), não existindo portanto a possibilidade de problemas de salinização ou alcalinização das áreas estudadas em decorrência da irrigação.