

**IMPACTO DA CITRICULTURA NO POTENCIAL PRODUTIVO
DE UM LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico**

KEILA RENATA FISCHER
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JAIRO ANTONIO MAZZA**

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto – 2004

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Fischer, Keila Renata

Impacto da citricultura no potencial produtivo de um latossolo amarelo distrófico psamítico / Keila Renata Fischer. -- Piracicaba, 2004.

77 p. : il.

Dissertação (mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Água do solo 2. Cerrado 3. Citricultura 4. Fertilidade do solo 5. Manejo do solo

I. Título

CDD 634.3

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor"

“Eu pedi **forças...**

DEUS deu-me dificuldades para fazer-me forte.

Eu pedi **sabedoria...**

DEUS deu-me problemas para resolver.

Eu pedi **prosperidade...**

DEUS deu-me cérebro e músculos para trabalhar.

Eu pedi **coragem...**

DEUS deu-me obstáculos para superar.

Eu pedi **amor...**

DEUS deu-me pessoas com problemas para ajudar.

Eu pedi **favores...**

DEUS deu-me oportunidades.

Eu não recebi nada do que pedi, mas recebi tudo que precisava.”

Ao meu marido Dagoberto,
por seu amor, companheirismo e constante incentivo;
À nossa querida filha, Katharina
fonte de luz e inspiração de nossas vidas

Dedico

Aos meus inesquecíveis avós (*in memoriam*),
Maria J. Carmona e Francisco Paes e Benedita Roberto e João Fischer,
pelo exemplo de vida e generosidade;
Meus pais Helena M. Paes e Renato Fischer,
pelo amor, compreensão e educação;
Minha sogra Nair Perriello (*in memoriam*) e sogro Dráusio Fontanin,
pela presença em minha vida;
Meu irmão Clayton e sua noiva Magda,
pela carinho e constante ajuda;
Meu cunhado Dionísio e sua noiva Magali,
pela convivência

Minha homenagem especial, com muito amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à DEUS, pelo dom da vida, pela saúde e pela paz, sem os quais não percorreria meu caminho;

Ao meu orientador Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza, pela orientação, excelente convívio, amizade, confiança e ensinamentos;

Aos Professores Dr. Luis Reynaldo Ferracciú Alleoni e Dr. José Alexandre Melo Demattê e ao pesquisador Dr. Dirceu de Mattos Júnior, pelas críticas e sugestões apresentadas no exame de qualificação;

Ao Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti, pelos ensinamentos constantes, apoio, confiança e amizade;

Ao Prof. Dr. Arnaldo Antonio Rodella, pela amizade e preciosa contribuição à minha formação acadêmica e profissional;

Ao Prof. Dr. Décio Barbin e Prof^a. Dra. Sônia Maria De Stefano Piedade, pela ajuda no planejamento estatístico;

À ESALQ-USP, com sua infraestrutura e qualificado corpo docente, pela sólida formação acadêmica;

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas e a CAPES, pela oportunidade e concessão de bolsa de estudos para a realização deste curso;

Às Fazendas Reunidas Raio de Sol, ao Sr. Edmundo Blasco, pela concessão da área experimental e infraestrutura da propriedade e à todos os funcionários que contribuíram para a realização do trabalho, em especial ao Dalton, ao Cristiano e à Josiane pela atenção sempre que precisei;

Aos funcionários do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pelo empenho durante as viagens ao campo e análises laboratoriais;

Aos amigos Aline Genú, Mírian C. G. Costa e Cristiano Alberto de Andrade, pela preciosa ajuda nos momentos de urgência;

À todos os colegas da pós-graduação, pela amizade, auxílio e incentivo;

Aos estagiários Arthur, Bianca, Cristiano, Gustavo e Marcos, pela colaboração durante o período do experimento;

À minha mãe Helena, pelo esforço compartilhado;

Às amigas Fernanda Forli e Suzana P. Melo, pela ajuda nos momentos difíceis;

Às primas Kelly e Pâmela, pela ajuda sempre que precisei;

À todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ix
SUMMARY	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A cultura de citros	4
2.1.1 Origem e caracterização da cultura	4
2.1.2 Sistema radicular	5
2.1.3 Solos e nutrição.....	6
2.2 Caracterização da vegetação de cerrado	7
2.3 Matéria orgânica e qualidade do solo	8
2.3.1 Interação nos atributos químicos do solo	8
2.3.2 Interação nos atributos físicos do solo	10
2.4 Uso de gramíneas como cobertura do solo	11
2.4.1 Produção de biomassa	11
2.4.2 Distribuição do sistema radicular de gramíneas forrageiras	13
2.5 A interação sistema radicular-solo	14
2.6 Reciclagem de nutrientes	16
2.7 Uso agrícola do solo e efeito nas propriedades químicas e físicas	18
2.7.1 Efeito nas propriedades químicas	18
2.7.2 Efeito nas propriedades físicas	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Localização da área experimental	23

3.2 Caracterização do clima e solo	23
3.3 Caracterização do sistema vegetal	26
3.4 Rendimento agrícola da cultura de citros	27
3.5 Histórico, calagem, adubação e tratos culturais	27
3.5.1 Talhão de citros com 5 anos de idade	26
3.5.2 Talhão de citros com 9 anos de idade	28
3.6 Delineamento experimental e tratamentos	28
3.7 Avaliação dos perfis, coleta e preparo das amostras	28
3.7.1 Amostragem e análise química de solo	29
3.7.2 Amostragem e análise física e físico-hídrica de solo	31
3.7.3 Amostragem e análise do material vegetal presente sobre o solo.....	33
3.7.4 Amostragem e matéria seca de raízes	34
3.8 Análise estatística	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Atributos morfológicos do solo	38
4.2 Atributos químicos do solo	40
4.2.1 Produção de massa seca vegetal nos sistemas, concentração de nutrientes e impacto na matéria orgânica do solo	40
4.2.2 CTC efetiva (CTC _e) e CTC potencial (CTC ₇)	48
4.2.3 Fósforo	50
4.2.4 Enxofre	52
4.2.5 pH em CaCl ₂ , saturação por bases, alumínio trocável, acidez potencial e saturação por alumínio	53
4.2.6 Cálcio, magnésio e potássio trocáveis e soma de bases (SB)	55
4.3 Atributos físicos e físico-hídricos	56
4.3.1 Composição granulométrica e argila dispersa em água.....	56
4.3.2 Densidade aparente	58
4.3.3 Água disponível e curva de retenção de água	62
5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

IMPACTO DA CITRICULTURA NO POTENCIAL PRODUTIVO DE UM LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico

Autor: KEILA RENATA FISCHER

Orientador: Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido a partir de um experimento de campo, em pomar de laranja localizado na Fazenda Vista Verde, município de Itirapina – SP. O objetivo desta pesquisa foi verificar a influência do manejo do solo utilizado na citricultura nas alterações de algumas características químicas, físicas e físico-hídricas de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico em relação a um solo virgem. Foram avaliados dois talhões com citros, sendo um com plantas de cinco anos de idade e o outro com plantas de nove anos. A área considerada como condição original do solo em estudo foi um cerrado localizado adjacente aos talhões de laranja. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 repetições sendo: A) três tratamentos (cerrado, projeção da copa e entrelinha de citros) para as análises dos atributos químicos e físicos do solo; B) 4 tratamentos (cerrado, linha de plantio, projeção da copa e entrelinha de citros) para as análises de produção de matéria seca e teor de nutrientes do material vegetal sobre o solo; e C) dois tratamentos (cerrado e entrelinha de citros) para as análises de produção de matéria seca de raízes. As amostras de solo foram retiradas de trincheiras abertas nos dois pomares de citros e no cerrado, nas profundidades de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm. Para a coleta do material vegetal presente sobre o solo utilizou-se uma armação de ferro com a dimensão 50 x 50 cm, sendo as amostras coletadas aleatoriamente no cerrado e em três locais no solo sob citros: linha de plantio,

projeção da copa e entrelinha. Para a amostragem de raízes nas entrelinhas das plantas cítricas e aleatoriamente no cerrado utilizou-se trado holandês. Os resultados mostraram que a utilização do solo com a citricultura promoveu alterações positivas nas características químicas até 100 cm de profundidade, com incremento nos valores de pH e teores de potássio, cálcio, magnésio e no valor de saturação por bases e redução do alumínio até 100 cm de profundidade aos cinco e nove anos de citricultura. A matéria orgânica do solo foi incrementada até 100 cm de profundidade no solo com nove anos de manejo e mantida a valor semelhante ao do cerrado aos cinco anos, porém tanto a CTC efetiva como a CTC potencial foi aumentada até 60 cm de profundidade aos 5 e 9 anos. Os resultados das análises físicas do solo indicaram que o manejo com a citricultura manteve a macroporosidade semelhante às condições originais, não causando restrições físicas ao desenvolvimento das raízes. As análises físico-hídricas mostraram aumento da água disponível na camada superficial quando o solo foi manejado com a citricultura em relação ao cerrado.

CITRUS CROP IMPACT ON THE POTENTIAL YIELD OF A RHODIC HAPLUSTOX

Author: KEILA RENATA FISCHER

Adviser: Prof. Dr. JAIRO ANTONIO MAZZA

SUMMARY

This research project was elaborated from a field experiment with orange orchard situated at Vista Verde farm, Itirapina – SP. The aim of this research was verify the citrus crop soil management influence on several chemical, physical and physical-hydric characteristics of a Rhodic Haplustox in comparison with the soil in natural conditions. Two tilled areas with citrus were evaluated, one of them with five years and the other one with nine years of tilled. The area where the soil was considered in natural conditions was a *cerrado* situated contiguous to the citrus areas. The experimental design was completely randomized with six replications to the following treatments: A) three treatments (*cerrado*, canopy citrus projection and between citrus row) for soil chemical and physical attribute analysis; B) four treatments (*cerrado*, citrus row, canopy citrus projection and between citrus row) for evaluations of dry matter production and nutrient contents of the vegetal material covering the soil and C) two treatments (savanna and between citrus row) to determine roots dry matter. The soil samples were collected from trenches that were opened on the soil under citrus and *cerrado*. The samples were collected in four depths (0-10, 10-25, 25-60 and 60-100 cm). The vegetal material covering the soil was collected using an iron sampler with dimension of 50 x 50 cm, under *cerrado* these samples were collected randomized and under citrus crop

the samples were collected in three sites (citrus row, canopy citrus projection and between citrus row). Root samples were taken by using a probe between citrus row in citrus crop areas and randomized in *cerrado*. The results showed that citrus crop management promoted positive alterations on soil chemical characteristics until 100 cm of depth, increasing soil pH, base saturation and potassium, calcium and magnesium contents. Aluminum contents were reduced until 100 cm of depth to five and nine years old citrus orchards. Soil organic matter increased until 100 cm of depth on soil tilled nine years with citrus and remained with the same values that were found to *cerrado*. However effective CEC (Cation exchange capacity) and potential CEC increased until 60 cm of depth to five and nine years old citrus crop. The soil physical analyses results gave indication that the management with citrus crop maintained the macroporosity as was found to original conditions and didn't provoke physical restrictions to root development. The physical-hydric analyses showed an available water increase on the superficial depth of the soil with citrus crop in comparison with *cerrado*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém a liderança mundial na produção de laranja, gerando uma receita bruta avaliada em US\$ 900 milhões (Agrianual, 2002), sendo o Estado de São Paulo o principal produtor. Para a safra de 2003/04, foi estimado uma quebra de produção do Estado de São Paulo e Triângulo Mineiro, em relação à safra anterior, em função das adversidades climáticas no período pós-florescimento, devendo ficar em torno de 298 milhões de caixas.

O alto custo de produção associado à crise de rentabilidade que a citricultura brasileira atravessou no período de 1997 a 2000 e, mais recentemente, às perdas ocasionadas pela clorose variegada dos citros (CVC) e pela morte súbita dos citros (MSC), estão influenciando mudanças no setor, dentre essas a necessidade de produzir com qualidade e em quantidade a custos cada vez mais baixos. Nesse sentido, o conhecimento, domínio e manejo dos principais atributos relacionados à produção tornam-se fundamentais para a permanência competitiva no mercado, principalmente quando se trata de uma cultura perene, com elevados níveis de investimentos.

Quanto às alterações das características do solo, é natural que a mudança do ecossistema natural para sistemas agrícolas e/ou silvopastoris provoque alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, sendo essas alterações mais ou menos intensas, benéficas ou não, em função do sistema de manejo utilizado. No caso das regiões tropicais brasileiras, a construção e preservação da matéria orgânica nos solos destacam-se como elemento-chave para o sucesso do sistema produtivo.

A adoção de técnicas de manejo que contribuam para a biodiversidade de espécies vegetais e evitem ou minimizem o revolvimento do solo, mantendo os

resíduos culturais ou plantas como cobertura, tem mostrado melhorias no solo capazes de refletir na produtividade das culturas e na conservação do solo, desempenhando importante papel na ciclagem de nutrientes. Essas alterações são ainda mais importantes no caso de solos tropicais, de grande abrangência, ou seja, aqueles extremamente intemperizados, caracterizados por baixa fertilidade e apresentando grande dependência da matéria orgânica para a construção de sua CTC, fundamental para o estabelecimento de produtividades econômicas na citricultura.

Com relação aos sistemas de manejo do mato utilizados na citricultura brasileira, distinguem-se praticamente dois sistemas:

1. Manejo das plantas que ocorrem nas entrelinhas das plantas cítricas, feito por meio do revolvimento do solo, normalmente com a utilização de grades que, além de eliminar as plantas, mantém o solo descoberto.

2. As plantas das entrelinhas são manejadas quimicamente, com a utilização de herbicidas, ou mecanicamente, com o uso de roçadeiras, ou ainda associando esses dois métodos, de forma a manter o solo sempre coberto por plantas ou resíduos e sem nenhum revolvimento.

Já na linha de plantio, o controle do mato pode ser químico ou mecânico, independente do manejo adotado na entrelinha.

No caso do manejo que envolve a manutenção da cobertura vegetal, este pode ser feito utilizando a vegetação natural ou introduzindo plantas ao sistema. Nesse caso, o uso de leguminosas pode ser uma opção, principalmente no início da formação do pomar, tendo como uma das principais vantagens o fornecimento de nitrogênio ao sistema pelo processo de fixação biológica. Quanto às melhorias do solo, as leguminosas podem não ser a melhor opção, tendo em alguns casos proporcionado decréscimos, principalmente quanto à matéria orgânica e estoque de carbono (Silva et al., 1994). Ao contrário, no caso de utilização de gramíneas, tem sido possível verificar alterações muito mais pronunciadas tanto no aspecto químico quanto físico do solo.

Em função da (i) importância da eficiência produtiva para permanência competitiva da citricultura no mercado, (ii) da fragilidade dos solos quando mal manejados e (iii) do potencial existente para utilização de sistemas de cultivo eficientes e

ecologicamente corretos, pretende-se com este trabalho avaliar o impacto causado pelo uso do solo com a citricultura no potencial produtivo de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico, localizado na Fazenda Vista Verde, no município de Itirapina, no Estado de São Paulo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura de citros

2.1.1 Origem e caracterização da cultura

Os citros são originários dos trópicos úmidos e apresentam uma das mais amplas áreas de dispersão no mundo (Ortolani et al., 1991), no entanto, há relatos de que o centro de origem do gênero Citros teria sido a região do sub Himalaia, no nordeste da Índia, a cerca de 30 milhões de anos. Além das condições de clima e solo, são considerados também importantes para a dispersão da cultura, fatores históricos, culturais, políticos e tecnológicos (Reuther, 1973).

São plantas de médio porte, com tronco lenhoso e lignificado e com formas distintas em função do gênero, espécie, variedade, sanidade e da combinação entre copa e porta-enxerto (Castro et al., 2001). A forma da copa tem relação direta com o aproveitamento da energia luminosa para o processo fotossintético, o que permite alterações no espaçamento ideal entre as plantas.

A produtividade paulista está em torno de 500 caixas por hectare ou 20 ton/ha (2 caixas/árvore), sendo vários os fatores que contribuem para esta baixa produtividade, como o material genético utilizado, pragas, doenças, baixa fertilidade dos solos, pouca ou inadequada utilização dos insumos e estresse hídrico. As causas da baixa produtividade estão por vezes ligadas a fatores sociais e econômicos, embora haja problemas ainda não resolvidos como a Clorose Variegada dos Citros e mais recentemente a Morte Súbita.

Uma das estratégias adotadas para o incremento da produtividade está no aumento da densidade de plantio, passando de 250 a 300 plantas por hectare para até 800

plantas por hectare, possibilitando a produção de 60 toneladas por hectare de laranja 'Valência' sobre *P. trifoliata* em cultivo sem irrigação (Teófilo Sobrinho, 1992), além de alterações quanto ao manejo do solo, nutricional e de pragas e doenças.

Outro fator que pode ser imprescindível para o incremento da produtividade, considerando que muitas regiões citrícolas brasileiras são submetidas ao déficit hídrico indesejável é a utilização de irrigação, com avanços significativos na produtividade (Ortolani, 1992) e qualidade das frutas cítricas.

2.1.2 Sistema radicular

O sistema radicular das plantas cítricas é pivotante e concentra geralmente em sua maior parte (80%) nos primeiros 100 cm de profundidade (Moreira, 1983).

Os fatores que mais freqüentemente determinam o crescimento e distribuição do sistema radicular são aqueles relacionados com as características físicas e químicas dos solos, como densidade, aeração, teor de água, pH, disponibilidade de nutrientes e presença de elementos tóxicos (Brown & Scott, 1984).

Há registro de raízes alcançando uma distância de até 7,5 m do tronco e se aprofundando até cinco metros (Jones & Embleton, 1973). Um fator que está diretamente relacionado com a distribuição do sistema radicular das plantas são as características químicas, físicas e hídricas do solo, arranjo e densidade populacional. Pace & Araujo (1986) verificaram redução abrupta do percentual de radículas abaixo de 20 cm de profundidade quando verificaram adensamento do solo caracterizado pelo valor de densidade aparente nessa camada superior a 1,4.

Em solo com textura uniforme e sem impedimentos para o crescimento de raízes, a concentração dessas ocorreu nos 40-60 cm de profundidade (Rodríguez, 1980), corroborando com os dados de Montenegro (1960), que ao estudar o sistema radicular de plantas cítricas com dez anos de idade, verificou 90% das raízes concentradas nos primeiros 60 cm do solo.

2.1.3 Solos e nutrição

A permeabilidade e a profundidade do solo são da máxima importância para o desenvolvimento das raízes, a quais podem aprofundar-se até 4 a 5 m da superfície Rodriguez (1987). Em solos rasos ou com horizontes impermeáveis, sem drenagem satisfatória, o acúmulo de água livre no sistema radicular resultará em baixa aeração, provocando injúrias às raízes, ficando estas mais sujeitas às infecções (Jones e Ambleton, 1973).

No estado de São Paulo, onde a prática da irrigação é pouco comum, plantios em solos rasos, normalmente estão sujeitos a deficiência hídrica em épocas de pouca chuva e, nas épocas chuvosas, ao encharcamento temporário. Nestas condições, as plantas não se desenvolvem e dificilmente resistem às infecções sem um bom sistema de irrigação e drenagem.

Agusti et al. (1995) relataram que, em solos argilosos, os frutos tiveram tamanho inferior ao verificado em solos leves, apresentando casca espessa e rugosa. A polpa apresentou-se menos suculenta, mas o suco apresentou-se mais denso e com maior teor de sólidos solúveis. Também continha maior teor de ácidos livres e como seu incremento foi maior que a dos açúcares, o índice de maturação foi menor. Os frutos apresentaram-se mais resistentes e menos sujeitos a injúrias durante o transporte, pelas melhores características da casca. Nos solos arenosos os frutos foram maiores, sendo a casca mais fina e delgada. A polpa mostrou-se mais suculenta e seu suco menos denso, com um menor conteúdo de sólidos solúveis, menor quantidade de ácidos livres e como a sua queda foi maior que os açúcares, o índice de maturação aumentou, permitindo maturação mais precoce. Os frutos foram menos resistentes ao transporte, como consequência da menor espessura da casca.

Os citros adaptam-se melhor em solos levemente ácidos, com pH em torno de 6,5 em todo o perfil (Rodriguez et al., 1992). Jones & Ambleton (1973) relataram que as produções satisfatórias foram encontradas em solos com pH entre 5,0 e 8,5, sendo recomendado, para os solos arenosos da Flórida, manter o pH entre 5,5 e 7,0.

A reação do solo pode influenciar direta ou indiretamente no crescimento dos citros, sendo os efeitos diretos a toxidez do íon hidrogênio e sua ação sobre enzimas e na respiração. Os efeitos indiretos mais importantes incluem a ação sobre a textura e permeabilidade do solo, solubilidade de certos nutrientes e atividade microbiológica. No campo é difícil separar os efeitos diretos dos indiretos, no entanto o maior controle em cultivos de solução nutritiva pode possibilitar a detecção efeito do íon hidrogênio no crescimento do sistema radicular nas plantas.

2.2 Caracterização da vegetação de cerrado

A vegetação de cerrado predomina em solos de baixa fertilidade, ácidos e com altos teores de saturação de alumínio e com clima estacional, sendo a baixa fertilidade e a ocorrência de estação seca definida os dois principais fatores determinantes da presença dessa vegetação semelhante às savanas Africanas ou Australianas. No Brasil, a área de ocorrência dessa vegetação abrange terras onde coincidem algumas condições climáticas e edáficas como: chuvas da ordem de 1.500 mm anuais, com estação seca definida entre 5 a 6 meses com déficit hídrico, solos distróficos em 89% dos casos, ácidos e álicos. Quanto à topografia, a vegetação de cerrado ocorre em solos de relevo plano e suave ondulado em 70% da superfície regional e em 89% com boa drenagem (Adámoli et al., 1985).

Fisionomicamente, o cerrado é uma savana mais ou menos densa, com uma cobertura herbácea contínua, de 50 a 70 cm de altura, e com um dossel descontínuo, composto de elementos arbóreos e arbustivos caracterizados por galhos retorcidos, cascas espessas e, em muitas espécies, folhas coriáceas. Em função da intensidade das limitações edafo-climáticas as fisionomias se alteram, sendo nas condições mais limitantes a ocorrência de formas mais abertas, denominadas de campo cerrado, campo sujo ou campo limpo. Ao contrário, quando as condições ambientais são mais

favoráveis, a vegetação tende a formas mais densas, também denominadas cerrado denso ou cerradão (Adámoli & Azevedo¹ citados por Adámoli et al., 1985).

2.3 Matéria orgânica e qualidade do solo

2.3.1. Interação nos atributos químicos do solo

A intensidade de perda de matéria orgânica do solo é dependente de vários fatores dentre esses a classe de solo, temperatura, umidade e característica do material vegetal. Um primeiro efeito do manejo do solo é o aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica nativa em decorrência da alteração das propriedades químicas do solo e conseqüentes aumento da atividade microbiológica.

Quanto às alterações das propriedades do solo, podem ocorrer melhorias das características químicas como aumento do pH, dos cátions trocáveis e da CTC quando se utiliza um sistema de manejo que envolve a proteção da superfície com o retorno dos resíduos das culturas ou de plantas presentes como cobertura permanente do solo, proporcionando maiores níveis de fertilidade (Sidiras & Pavan, 1985). Os sistemas de sucessão e de rotação de culturas são fundamentais para a manutenção ou recondicionamento do conteúdo de matéria orgânica, considerando a influência da quantidade de resíduos culturais adicionados ao solo anualmente. Os dados que Burle et al. (1997) obtiveram no sul do Brasil, mostraram relação linear entre o aporte de resíduos vegetais e o conteúdo de C do solo, refletindo significativamente na CTC do solo, com aumento de 70% da CTC na camada de 0-2,5 cm, com menor expressão nas camadas até 15 cm. Bayer & Bertol (1999) também constataram que esse efeito depende da quantidade de resíduos e rotação de culturas utilizada.

Silva et al. (1994) avaliaram os conteúdos de matéria orgânica inicial e após 5 anos de monocultivo convencional de soja, na camada de 0-15 cm, em três grupos de

¹ ADÁMOLI, J.; AZEVEDO, L.G. Regionalização dos cerrados: parâmetros quantitativos. 19p.

solos de cerrado do oeste da Bahia, Areia Quartzosa – AQ (Neossolo Quartzarênico), Latossolos Vermelho-Amarelo textura média (LVm) e textura argilosa (LVa). Observaram que as perdas de matéria orgânica do solo (MOS) relativas ao estoque inicial foram de 80,1%, 75,6% e 41,2% nos solos AQ, LVm e LVa, respectivamente. Paralelamente à redução da matéria orgânica com o tempo de cultivo, verificou-se também decréscimo na CTC potencial em todos os grupos de solo. Assim como para a MOS, a maior amplitude de queda da CTC foi observada em AQ, com decréscimo de 61% do valor inicial e a menor nos solos LVa, com decréscimo de 29% da CTC do solo na condição inicial.

As perdas da matéria orgânica e os efeitos em algumas propriedades como a CTC, evidenciam a importância de adoção de técnicas de manejo que, se não proporcionam aumento, ao menos preservem os conteúdos originais de matéria orgânica, principalmente para os solos arenosos. Segundo Peeten (1984), é necessário o retorno de 6 ton.ha⁻¹ano⁻¹ de resíduos ao solo para a manutenção da matéria orgânica, porém esse dado parece ser muito empírico uma vez que desconsidera a taxa de mineralização da MOS.

Em condições de casa de vegetação, Pizauro Jr. & Melo (1995) verificaram que a incorporação apenas da parte aérea de sorgo ou de lab lab, levou a uma mineralização da matéria orgânica que culminando após 200 dias de incubação, com teor mais baixo de carbono orgânico total. Esse resultado indica que aumentos da matéria orgânica podem estar relacionados, em muitas situações, com a contribuição do sistema radicular para a produção de matéria seca no sistema.

Dentre os mecanismos responsáveis pela melhoria das características químicas do solo, após a aplicação de resíduos vegetais, destacam-se as alterações de temperatura e umidade na camada superficial do solo, interferindo diretamente na mineralização da matéria orgânica, influenciando os processos de solubilização e liberação dos nutrientes nela contidos (Muzilli, 1989), assim como a adsorção de H e Al na superfície do colóide, a complexação do Al por compostos orgânicos, a troca de ligantes entre hidroxilas

terminais de óxidos de Fe e Al e ânions orgânicos e o aumento do potencial de oxidação biológica de ânions orgânicos (Franchini et al., 1999).

A intensidade dos efeitos tem sido relacionada com as características do material vegetal utilizado, no entanto de forma geral, as leguminosas tem proporcionado maior aumento de pH e neutralização do Al do solo do que as gramíneas em função da maior quantidade de cátions básicos nesses materiais (Hue e Amien, 1989; Bessho e Bell, 1992; Miyazawa et al., 1993).

O teor total de cátions e carbono da fração hidrossolúvel dos resíduos vegetais tem grande relação com as alterações químicas de solos ácidos, quando incubados, sendo a sua reação no solo extremamente rápida, reduzindo drasticamente os efeitos sobre a química da solução pelo processo de decomposição microbiana (Franchini et al., 1999). Segundo os autores, este poderia ser o motivo pelo qual o aumento da mobilidade de Ca e Al em condições de campo somente tenha sido observado em sistemas em que os resíduos vegetais são mantidos na superfície do solo, permitindo que os compostos orgânicos hidrossolúveis liberados mobilizem esses elementos no solo antes da oxidação microbiana.

Em estudo sobre a dinâmica da matéria orgânica em solos sob pastagem, Cerri (1989) observou que após 8 anos de pastagem ocorreu a reestabilização da matéria orgânica inicial, a qual passou de 90 t ha⁻¹ no solo sob mata para 96 t ha⁻¹ no solo sob pastagem, na camada de 0-20 cm. Desse total presente no solo nesse período, aproximadamente 46% da matéria orgânica foi introduzida pela pastagem e o restante, cerca de 54%, era constituído de carbono estável remanescente da floresta original.

2.3.2. Interação nos atributos físicos do solo

O aumento do teor de C-orgânico e seus efeitos na agregação do solo dependem diretamente dos fatores ambientais e bióticos que afetam a dinâmica da matéria orgânica no sistema solo-planta. Tisdall & Oades (1982) mostraram que a matéria orgânica tem papel fundamental na formação e estabilização dos agregados do

solo, devido às ligações de polímeros orgânicos com a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes. Segundo Muzilli (1996), biomassas com maior relação C/N possuem maior efeito agregante devido à decomposição mais lenta e à formação de compostos orgânicos intermediários, os quais estarão contribuindo para o aumento do teor de matéria orgânica do solo. Nessa situação, as gramíneas atuam de forma mais eficaz para promover a formação de agregados, tanto pela ação direta das raízes como pelo suprimento de resíduos orgânicos mais duradouros e estáveis.

Já segundo Reid & Goss (1981), a maior estabilidade dos agregados em solo cultivado com alfafa comparado com solo cultivado com milho resultaram de diferenças qualitativas do material orgânico liberado pelas raízes.

Em um Latossolo do Paraná, Castro Filho et al. (1998) observaram que o acúmulo de resíduos vegetais devido ao manejo do sistema de plantio direto foi seguido pelo aumento do teor de C-orgânico, resultando em aumento dos índices de agregação das partículas, com diminuição dos agregados com diâmetros inferiores a 0,25 mm e aumentos dos agregados com diâmetros superiores a 2 mm, na camada de 0-10 cm do solo.

2.4 Uso de gramíneas como cobertura do solo

2.4.1. Produção de biomassa

A maior parte das pesquisas com plantas se concentra em estudos apenas de sua parte aérea, sendo pouco os dados existentes sobre o sistema radicular e as relações no sistema solo-planta-ambiente. Um dos motivos que contribuem para existência de poucas pesquisas envolvendo o sistema radicular é a dificuldade inerente à metodologia de amostragem. Amaral (1998) relata que a quantificação de raízes é um dos processos mais dispendiosos, em termos de recursos humanos e financeiros, na avaliação de impactos ambientais em diferentes ecossistemas.

Em função da estreita relação existente entre crescimento da parte aérea e do sistema radicular, espera-se que em sistemas com menor quantidade de material vegetal haja menor contribuição do sistema radicular na ciclagem de nutrientes. Pagotto (2001) verificou que o desenvolvimento do sistema radicular do capim Tanzânia mostrou comportamento inversamente proporcional às intensidades de pastejo impostas, relacionando pastejos intensos a uma retomada mais lenta na atividade das raízes. Extrapolando essa informação para a citricultura, podemos inferir que o manejo que permite maior crescimento da gramínea nas entrelinhas contribui não só com maior produção de matéria seca da parte aérea como também do sistema radicular. Nesse caso, o aproveitamento de nutrientes pela gramínea seria também maximizado, pois de acordo com Harris (1978) o aumento na severidade dos cortes poderia afetar negativamente o consumo de nutrientes por plantas forrageiras, em função de alguns fatores, dentre esses redução do sistema radicular em decorrência da desfolha, limitando a exploração de água e nutrientes do solo.

Uma das características atribuídas às gramíneas, particularmente a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, é a abundante produção de raízes e a capacidade de estruturação do solo (Razuk, 2002), desempenhando importante papel na capacidade de armazenamento de água no solo, absorção de nutrientes, melhoria das características físicas e aumento no teor de matéria orgânica do solo. Arruda et al. (1987) verificaram que a produção de massa seca da parte aérea da *Brachiaria decumbens* variou de 0,844 t ha⁻¹ a 4,266 t ha⁻¹, em função da adubação utilizada. Já Carvalho (1999), também trabalhando com *B. decumbens*, obteve produções que variaram entre 1,31 t ha⁻¹ a 4,69 t ha⁻¹ e 2,42 a 8,05 t ha⁻¹, para o primeiro e segundo ano respectivamente, em função dos tratamentos aplicados. Razuk (2002) quantificou a produção de matéria seca total (folha + colmo + material morto), após 35 dias de crescimento, de 8 acessos de *Brachiaria brizantha* e da *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, obtendo produção variando entre 2,545 t ha⁻¹ a 7,513 t ha⁻¹ para os 8 acessos estudados e de 5,379 t ha⁻¹ para o cv. Marandu.

2.4.2 Distribuição do sistema radicular de gramíneas forrageiras

Em estudo de recuperação de pastagem degradada, Carvalho (1999) verificou que mais de 75% das raízes de *Brachiaria decumbens* concentravam-se na camada de 0-20 cm, sendo que desse total, cerca de 53% estava na camada de 0-10 cm. Neste mesmo ensaio, a autora verificou que o carbono total do solo teve correlação positiva com a massa total de raízes ($r=0,85$).

Após contagem do número de raízes do capim colômbio e andropogon, Muller et al. (2001) obtiveram, respectivamente, 50 e 44% nas camadas de 0-10 cm, 24 e 21% de 10-20cm, 12 e 16% de 20-30 cm, 8 e 11% de 30-40 cm e 6 e 8% de 40-50cm, concluindo que a diminuição da produção da parte aérea na pastagem degradada foi acompanhada de diminuição do número de raízes e de uma concentração do sistema radicular próximo à superfície do solo. Corroborando com esses autores, Pagotto (2001), estudando o desenvolvimento do sistema radicular de *Panicum maximum*, cultivar Tanzânia, verificou que 76% das raízes vivas e 82% das raízes mortas foram encontradas nos primeiros 20 cm de solo. Segundo o autor, esses resultados indicam que novas pesquisas deveriam utilizar apenas esta profundidade para amostragens, uma vez que os valores são relevantes e a dificuldade de coleta em maiores profundidades é fator limitante para estes estudos.

Além dos trabalhos já citados, outras pesquisas relacionadas a medições de raízes relatam que a primeira camada do solo seria a responsável pela maior proporção do volume radicular (Mathew, 1992; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues e Cádima-Zevallos, 1991; Bono et al., 2000).

Quanto à amostragem do sistema radicular, Carvalho (1999) cita que a massa total de raízes, amostrada pelo método do monolito, pode ser utilizada com sucesso em estudos do sistema radicular de pastagens, sendo a medida de massa de raízes importante para estimar a contribuição do sistema radicular no acúmulo de matéria orgânica do solo.

2.5 A interação sistema radicular-solo

Além de fixar a planta ao solo, o sistema radicular é o principal responsável pela extração de água e nutriente.

Segundo Libardi & Jong van Lier (1999) vários fatores externos influenciam o desenvolvimento radicular, que podem ser classificados como químicos (pH, elementos tóxicos, nutrientes), físicos (aeração, temperatura, umidade, densidade/porosidade), e biológicos (atividade microbiana), os quais podem ser considerados interdependentes.

Um sistema radicular bem desenvolvido, principalmente pelo aumento da superfície dos pelos radiculares, apresenta maior capacidade de absorção de água e nutrientes, visto que proporciona maior superfície de contato (Rodriguez & Cádima-Zevallos, 1991). A capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes não aumenta em proporção ao aumento do comprimento da área radicular (Kramer, 1983) e sim com o crescimento contínuo do sistema radicular, uma vez que a principal área de absorção corresponde às regiões recém formadas ou mais jovens das raízes (Mengel & Kirkby, 1982; Hopkins, 1995). Enquanto novas raízes com alta capacidade de absorção estão sendo produzidas, raízes mais velhas se tornam menos permeáveis (Kramer, 1983).

As modificações anatômicas que ocorrem durante a maturidade dos tecidos, por suberização, cutinização, formação de tecidos secundários, entre outros, determinarão o padrão de absorção pelas partes mais velhas da raiz (Hopkins, 1995).

Fiscus & Markhart (1979) conceituaram a real capacidade de absorção das raízes como o produto de sua superfície radicular e sua permeabilidade (condutividade hidráulica). Em seus estudos sobre as transformações na capacidade de absorção de um sistema radicular de feijoeiro, esses autores constataram que a permeabilidade do sistema radicular transformou-se de maneira complexa com a idade e incremento de área radicular. Ocorreu um rápido aumento na permeabilidade quando as raízes eram mais jovens, seguido de um decréscimo com o avanço dos dias ou idade da planta e raízes.

Gregory (1994)⁽²⁾ citado por Pagotto (2001) relatou que para situações de moderada ou alta concentração de amônio em solução foram necessários, respectivamente, 100 e 5 cm de raiz cm⁻³ para a absorção potencial deste íon pela planta indicando que, isoladamente, o comprimento radicular pode não ser um item necessariamente confiável. Dessa forma, o comprimento, massa e superfície radiculares, associados à concentração dos nutrientes no solo, parece formar um complexo mais confiável e com maior probabilidade de explicar ou se correlacionar com a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular das plantas forrageiras.

Um dos problemas causados pelo tempo de uso do solo ou por manejos inadequados é desagregação das partículas de solo, levando a formação de camadas de adensamento ou até mesmo à formação de camadas compactadas, dificultando ou mesmo impossibilitando a penetração do sistema radicular em determinadas camadas do solo. Para tentar evitar ou amenizar problemas como este, o uso de plantas capazes de desenvolver sistema radicular volumoso e agressivo contribui com a descompactação do solo e formação de agregados estáveis, através dos resíduos orgânicos e da exudação de substâncias orgânicas provenientes da ação de microorganismos.

Quanto às alterações nas características físicas do solo, Paladini & Mielniczuk (1991) e Silva & Mielniczuk (1997b) relatam que gramíneas forrageiras exercem importante papel na agregação do solo devido à produção de resíduos, e do próprio sistema radicular ao aproximar as partículas do solo por compressão e variação de umidade, corroborando com Oades (1984), que atribui ao extenso sistema radicular de gramíneas a melhor estruturação do solo em vista da cimentação de macroagregados por raízes finas e hifas de fungos MVA e cimentação de microagregados por material húmico e mucilagem formados durante a decomposição das raízes e hifas.

Segundo Santos et al. (1998) o sistema radicular de gramíneas como *Andropogon gayanus* e *Brachiaria brizantha* tornam o solo mais resistente à erosão devido à capacidade de estruturação do solo. Silva & Mielniczuk (1997a) observaram

² GREGORY, P.J. Root growth and activity. In: Physiology and determination of crop yield. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p.65-93

que a alta densidade e boa distribuição no solo do sistema radicular das gramíneas *Digitaria decumbens* L. e *Setaria anceps* L promoveram melhor estruturação do mesmo.

Corazza et al. (1999), atribuiu ao agressivo sistema radicular de uma pastagem de *Brachiaria decumbens*, ainda que degradada, o aumento do conteúdo de C em profundidade quando comparado aos demais sistemas em estudo (vegetação típica de cerrado, reflorestamento de eucalipto, grade pesada e plantio direto de soja).

2.6 Reciclagem de nutrientes

Alguns elementos químicos como o carbono, oxigênio e hidrogênio são supridos às plantas pela água, ar e matéria orgânica do solo, já os demais nutrientes são absorvidos principalmente do solo. Assim, a capacidade de ciclagem de nutrientes de plantas utilizadas como cobertura de solo tem grande influência nas práticas culturais de manutenção da fertilidade do solo, a qual se conhecida, poderá desempenhar relevante papel no momento de recomendação da adubação. Sá (1993) observou aumento dos teores de fósforo na camada superficial, em solo de lavouras sob plantio direto nos Campos Gerais do Paraná. Gassen & Gassen (1996) destacaram que sob plantio direto a disponibilidade de fósforo foi maior do que sob plantio convencional, apesar de encontrar-se concentrado na superfície. Muzilli (1983) relata que o acúmulo de fósforo foi sensivelmente maior nos primeiros 5 cm de profundidade em plantio direto, porém quando comparado com os teores iniciais, houve melhoria na disponibilidade do nutriente até os 15 cm de profundidade, em ambos os sistema de plantio.

Esse maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo sob plantio direto pode ser explicado pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos ácidos e com altos teores de argilas e sesquióxidos de Fe e Al (Thomas et al., 1981; Raij, 1981).

Segundo Triplett et al. (1969)³ citados por Sá (2001) a presença de resíduos culturais em solos de clima temperado mostrou efeitos não só na reciclagem de nutrientes como também no armazenamento de água no solo e no rendimento de grãos de milho. Em sua revisão, Sá (2001) cita vários trabalhos onde houve constatação do efeito dos resíduos culturais no acúmulo de nutrientes na camada superficial e aumento nos teores de matéria orgânica em experimentos de longa duração, além da concentração dos nutrientes na camada de 0 a 5 cm, tendo o fósforo apresentado os maiores incrementos no plantio direto em relação ao preparo convencional. Essa mesma tendência foi encontrada para os solos das regiões tropicais, no entanto os componentes do clima como temperatura e precipitação, juntamente com o não revolvimento do solo, seriam os principais responsáveis pelo acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais, tendo esse acúmulo influência nas culturas em sucessão.

Até o momento, os dados disponíveis na literatura ainda não permitem explicar essa concentração na camada superficial do solo dos nutrientes provenientes da decomposição dos resíduos culturais. Provavelmente este fato está relacionado com a mineralogia dos solos brasileiros, os quais caracterizam-se pela presença predominante de argilas de baixa atividade, altas concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e baixa capacidade de retenção de cátions, com formação de cargas predominantemente variável (Sá, 2001).

A adição de resíduos culturais associados ao não revolvimento do solo proporcionou aumento do conteúdo e estoque de carbono orgânico e nitrogênio total nos primeiros 10 cm de solo sob plantio direto quando comparado aos solos sob vegetação natural e longo período sob preparo convencional. Quanto às alterações químicas do solo, o aumento do carbono orgânico reduziu a acidez potencial, aumentou o pH e as cargas negativas avaliadas pelo ΔpH (Sá, 2001).

³ TRIPLETT Jr.; G.B.; VAN DOREN Jr., D.M. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on no-tillage maize. *Agronomy Journal*, v.61, p. 637-639, 1969.

Estudando a eficiência na absorção e utilização de P em sete gramíneas tropicais, dentre essas a *B. decumbens* e *B. humidicola*, Martinez & Haag (1980)⁴ citados por Nascimento Jr. et al. (1994) observaram que a *B. decumbens* foi mais eficiente que as demais gramíneas estudadas quanto à absorção e utilização de fósforo.

Além do efeito de proteção física do solo, a utilização de plantas como adubos verdes desempenha importante papel também na reciclagem de nutrientes, colocando-os à disposição das plantas ou retirando-os de camadas mais profundas do solo para o alcance das raízes das culturas comerciais (Mondardo, 1984).

2.7 Uso agrícola do solo e efeito nas propriedades químicas e físicas

2.7.1 Efeito nas propriedades químicas

O manejo adequado dos nutrientes do solo é mais importante quanto maior for a remoção desses no sistema, ou quando a taxa de remoção excede a taxa natural de substituição. Assim, em condições naturais, remoção e reposição formam um ciclo fechado e equilibrado, enquanto que em condições artificiais, onde há exportação de nutrientes na forma de produtos vegetais, a reposição é tanto mais importante quanto mais intensiva for a atividade adotada (Alvarenga, 1996).

Vários trabalhos têm demonstrado alterações das propriedades químicas do solo sob diferentes usos e manejo (Muzilli, 1983; Centurion et al., 1985; Sidiras & Pavan, 1985; Centurion, 1988; Eltz et al., 1989; Testa et al., 1992; De Maria & Castro, 1993; Castro, 1995; Bayer & Bertol, 1999).

A utilização de sistemas de manejo do solo sem revolvimento e a elevada adição de resíduos culturais por cinco anos promoveram aumento nos teores de carbono

⁴ MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle), Schuweickert, *Digitaria decumbens* (Stent), *Hyparrhenia rufa* (Nees) Staph, *Melinis minutiflora* Pal de Beuv, *Panicum maximum* Jack e *Pennisetum purpureum* Schum. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 37:912-77, 1980.

orgânico total e na CTC do solo, com reflexos na maior retenção de cátions do solo, indicando o tipo de manejo do solo escolhido, viável em médio prazo para a recuperação de solos degradados (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Também tem sido observado maiores teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na camada superficial do solo sob sistemas sem revolvimento comparado ao do preparo convencional, decorrente da pouca mobilização do solo, mantendo o adubo residual na profundidade de aplicação, e da baixa mobilidade e solubilidade dos compostos de fósforo, sobretudo em solos ácidos e com altos teores de argila e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (Muzilli, 1983; De Maria & Castro, 1993; Castro, 1995; Selles et al., 1997).

Souza & Alves (2003) avaliaram o efeito de diferentes usos e manejos nas propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, e verificou que o manejo do solo melhorou as propriedades químicas até 40 cm de profundidades, com aumento do pH e os dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases e CTC efetiva, diminuição do alumínio trocável e manutenção da matéria orgânica comparado ao solo sob vegetação de cerrado. Os sistemas pastagem e seringueira praticamente não alteraram a fertilidade em relação à vegetação natural, porém provocaram redução da matéria orgânica.

Campos et al. (1995) verificou após 7 anos de plantio direto aumento do teor de carbono orgânico e da atividade microbiana comparado ao sistema convencional, sendo a rotação onde entrou milho em um dos anos superior as demais, apenas com leguminosas. No sistema convencional não houve essa diferença, ficando os teores de carbono orgânico com valores menores do que o sistema de plantio direto para todas as rotações. A análise química do solo, na profundidade de 0-5 cm, ao final do experimento mostrou que os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio ficaram superiores no sistema de plantio direto comparado com o convencional.

Perin et al. (2003) obtiveram redução no teor de matéria orgânica do solo com o tempo de uso agrícola quando originalmente os solos eram de florestas, enquanto, em solos de campo nativo, o uso agrícola promoveu acréscimo no teor de matéria orgânica.

O tempo de uso proporcionou incremento nos teores de cálcio e magnésio e redução no teor de alumínio em subsuperfície, aumento de fósforo total em superfície e potássio em profundidade. Essas alterações das propriedades químicas do solo em subsuperfície podem facilitar o aprofundamento do sistema radicular, por reduzir o impedimento químico ao crescimento de raízes.

Avaliando o efeito do uso do solo em uma sucessão mata-pastagem, Araújo (2004) encontrou a tendência de incremento do carbono orgânico e dos nutrientes cálcio, magnésio, potássio e fósforo.

Oliveira et al. (2004) comparou o efeito do uso agrícola do solo com arado de disco e semeadura direta, durante vinte anos, com solo sob vegetação natural de cerrado e verificou aumento de pH e dos teores de cálcio, magnésio e saturação por bases e redução da saturação por alumínio até 40 cm de profundidade, com o uso do solo, sendo que na profundidade de 0-5 cm, a semeadura direta apresentou teores de Ca, Mg, P, K, V% e carbono orgânico superiores aos do sistema com arados de disco.

2.7.2 Efeito nas propriedades físicas

As principais características físicas responsáveis pela porosidade e infiltração de água no solo são a textura e a estrutura, sendo necessário a utilização de práticas de manejo de solo e planta que possibilite o bom desenvolvimento do sistema radicular para maior eficiência de absorção de água e nutrientes.

Com o advento da semeadura direta ou plantio direto a palha, muitas pesquisas foram feitas com o propósito de avaliar e quantificar o efeito da cobertura do solo por resíduos de cultura ou mesmo da cultura no controle de erosão e nas características químicas e físicas do solo.

A manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo diminui a evaporação de água e o escoamento superficial, elevando a taxa de infiltração (Derpsch et al., 1986) e segundo Voorhees & Linstrom (1984) são necessários três a quatro anos, sob

condições de manejo conservacionista, para alterar a porosidade na camada de 0-15cm comparado com solos arados anualmente.

Vários trabalhos com plantio direto tem mostrado aumento no valor de densidade do solo e redução do volume de poros para o armazenamento de água disponível para as plantas. Hill (1990), em trabalho com onze anos de duração e em três locais, obteve menor densidade do solo no sistema de manejo convencional, na camada de 7,0-17,0 cm, comparada ao sistema de plantio direto. Corroborando com esse resultado, Bruce et al. (1990), trabalhando com soja, sorgo e trigo em três sistemas de manejo do solo, encontraram que no manejo de sistema convencional, a densidade do solo foi significativamente menor, comparada ao cultivo mínimo e ao plantio direto e o espaço de poros ocupados por ar foi maior no sistema convencional em relação ao plantio direto.

No entanto, esse aumento da densidade do solo observados nos sistemas com menor revolvimento do solo não tem sido acompanhado de redução de produtividade. Voorhees et al. (1989) não encontrou diferenças consistentes de produtividade de grãos de milho, em três solos, afetadas pela compactação do subsolo .

Já Albuquerque et al. (1995), avaliando o efeito da rotação de culturas em dois sistemas de manejo do solo, não encontrou diferenças significativas de densidade de solo, macro e microporosidades entre plantio direto e manejo convencional. Os autores sugeriram ser a significativa produção de massa seca deixada sobre o solo pela cultura do milho um dos contribuintes para a menor densidade do solo sob sistema de plantio direto. Quanto à produtividade, a cultura de milho apresentou produção 83% superior em sistema de plantio direto comparada ao convencional.

Stone & Buttery (1989), estudando nove espécies forrageiras, encontraram diferenças quanto à habilidade de cada uma na melhoria da agregação do solo, tendendo as forrageiras com maior massa radicular a aumento na agregação. Com base nesses resultados, os autores citam que a melhoria da estrutura do solo pode ser um critério na seleção da espécie de planta a ser incluída em sistemas de culturas. Esse critério poderia ser utilizado também na escolha de plantas a serem utilizadas nas entrelinhas de plantas

cítricas, principalmente em casos onde as características físicas do solo não sejam as ideais para o desenvolvimento do sistema radicular.

Campos et al. (1995) verificou que a maior agregação do solo no sistema de plantio direto comparado com o sistema convencional esteve relacionado com o aumento do diâmetro médio dos agregados, cerca de duas vezes maior no plantio direto. Os autores relacionaram essa diferença ao incremento de carbono orgânico e da atividade microbiana no sistema de plantio direto. Lima et al.(2003) obteve resultados semelhante, tendo o sistema de semeadura direta favorecido a formação de agregados de maior tamanho. Segundo esses autores, houve relação linear e positiva entre diâmetro médio ponderado de agregados e C-orgânico, porém não apresentou correlação com argila dispersa em água.

Sobre argila dispersa em água, Lima et al.(2003) não verificou efeito dos sistemas de manejo quando comparou sistema convencional, cultivo mínimo, semeadura direta e sistema de plantio de arroz pré-germinado, corroborando com os resultados de Palmeira et al. (1999).

Araújo et al. (2004) encontrou valores de densidade do solo variando de 1,34 a 1,73 kg dm⁻³ nos primeiros 30 cm de profundidades, com os menores valores encontrados no solo sob mata, seguindo a área recém desbravada e submetida à queima, pupunha e por último, com a maior densidade (1,73 kg dm⁻³) a pastagem. Quanto à porosidade total, os valores foram inversos à densidade, sendo o solo mais poroso na mata (0,80 m³ m⁻³), provavelmente devido à menor perturbação e maior proteção contra intempéries e os menos porosos na pupunha (0,36 m³ m⁻³) e na pastagem (0,39 m³ m⁻³).

O uso do solo durante 20 anos no sistema de semeadura direta aumentou a disponibilidade de água comparado com o sistema com arado de disco e com o cerrado na profundidade de 0-5 cm do solo (Oliveira et al.,2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O estudo foi realizado em área de campo comercial da Fazenda Vista Verde pertencente às Fazendas Reunidas Raio de Sol, localizada no município de Itirapina, no Estado de São Paulo, localizada entre os meridianos 47°40' e 47°50' de longitude Oeste e entre 22°10' e 22°20' de latitude Sul e com altitude variando entre 775 a 890m acima do nível do mar.

3.2 Caracterização do clima e solo

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é temperado com inverno seco e temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (Cwb). A precipitação referente aos anos de 2001, 2002 e 2003 foi respectivamente, 1595 mm, 1838 mm e 1612 mm. A distribuição mensal em cada ano pode ser verificada na Figura 1. O solo da área em estudo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico e caracteriza-se por apresentar textura arenosa e/ou franco-arenosa, com 15% de argila ou pouco menos, na maior parte dos horizontes até 150 cm da superfície. São originalmente pobre em nutrientes, álicos, não dispõem de reservas nutricionais e apresentam baixa capacidade de troca de cargas. Segundo Oliveira e Prado (1984) a área estudada localiza-se no Planalto de Santana, com predomínio de sedimentos arenosos da Formação Botucatu

As características morfológicas, granulométricas e químicas originais podem ser observadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1. Características morfológicas originais da área em estudo

Prof. (cm)	Cor	Estrutura	Grau	Textura	Consistência			Transição	Topografia dos horizontes	Canais Biológicos	
					Seca	Úmida	Molhada				
0-8	10YR 2/2	Granular Média a Pequena	Fraca a Moderada	Média a Arenosa	Solta a Macia	Friável	Ligeira/ Plástico	Ligeira/ Pegajoso	Clara	Plana	Abundante
8-47	10YR 2/2	Granular Pequena	Fraca a Moderada	Média a Arenosa	Ligeira/ Dura	Friável	Ligeira/ Plástico	Ligeira/ Pegajoso	Difusa	Plana	Abundante
47-68	10YR 4/4	Granular Pequena	Fraca	Média a Arenosa	Ligeira/ Dura	Friável à muito friável	Ligeira/ Plástico	Ligeira/ Pegajoso	Clara	Ondulada	Pouco
68-96	10YR 4/6	Granular Média	Fraca a Moderada	Média a Arenosa	Macia a Ligeira/ Dura	Friável à muito friável	Ligeira/ Plástico	Ligeira/ Pegajoso	Gradual	Ondulada	Ausente/ raros
96+	10YR 3/6	Granular Pequena	Fraca	Média a Arenosa	Macia	Friável à muito friável	Ligeira/ Plástico	Ligeira/ Pegajoso	-	-	-

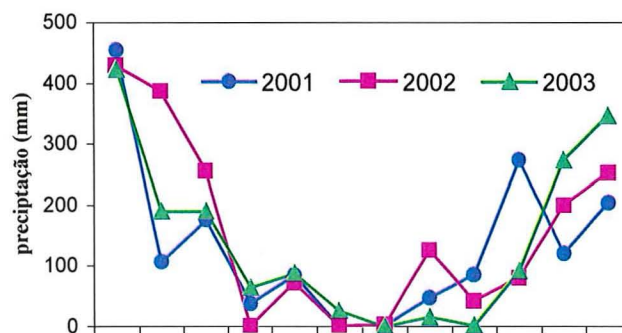


Figura 1- Precipitação pluvial mensal no período de 2001 a 2003 medida próxima à área de estudo

Tabela 2. Composição granulométrica do solo da área em estudo

Prof. (cm)	Areia						Silte	Argila		Floculação	Classe de Textura
	MG	G.	M.	F.	MF.	Total		Total	Água		
0-40	1	10	40	30	3	84	4	12	8	33	arenosa
40-100	1	12	38	26	3	80	4	16	4	75	média-arenosa

Metodologia: Método do Densímetro

Classes de diâmetro (mm): Frações de areia: Muito Grossa (MG) = 2-1; Grossa (G.) = 1-0,5; Média (M.) = 0,5-0,25; Fina (F.) = 0,10-0,05; Total = 2-0,05; Silte = 0,05-0,002; Argila total < 0,002; Argila H₂O < 0,002

Tabela 3. Teores de macronutrientes e micronutrientes e atributos químicos originais da área em estudo

Prof. (cm)	pH	MO	P res.	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	B	Fe	Cu	Mn	Zn		
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----										-----%---				-----mg dm ⁻³ -----		
0-10	3,8	19	3	9	0,6	2	1	35	9	4	39	10	72	0,3	120	0,9	2,4	3,2		
10-25	4,0	14	2	7	0,5	3	1	37	8	4	41	10	69	0,3	53	0,8	0,8	3,1		
25-60	3,9	12	1	8	0,4	1	1	26	8	3	29	9	74	0,3	39	0,9	0,3	3,0		
60-100	4,0	10	1	11	0,4	2	2	27	7	4	31	12	67	0,3	19	0,8	0,4	2,0		

pH: CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, MO: Matéria orgânica, método colorimétrico, P: Extração por resina trocadora de íons e determinação por colorimetria, K: Extração por resina trocadora de íons e determinação por fotometria de chama, Ca e Mg: Extração por resina trocadora de íons e determinação por espectrometria de absorção atômica, H+Al: Determinação por potenciometria em solução tampão SMP, Al: KCl 1N, B: BaCl₂.2H₂O 0,125% microondas, Cu, Fe, Mn, Zn: DTPA-TEA pH 7,3 (Rajj et al., 2001) e S: Extração pelo fosfato monocálcico e determinação por turbidimetria (Vitti, 1988)

3.3 Caracterização do sistema vegetal

Foi comparada uma área natural sob vegetação de cerrado, considerada como condição original do LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico, com duas áreas com plantio comercial de citros, conforme apresentado na Figura 2. Ambos os talhões de citros avaliados constavam da variedade de laranjeira Folha Murcha [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada sobre limoeiro Cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck], sendo um implantado no ano de 1998, estando, portanto com 5 anos de manejo, em espaçamento de seis metros entrelinhas e dois metros e sessenta centímetros entre plantas na linha, correspondendo a 641 plantas por hectare e o outro talhão implantado no ano de 1994, portanto com nove anos de manejo, em espaçamento de sete metros entrelinhas e três metros e oitenta centímetros entre plantas na linha, correspondendo a 376 plantas por hectare .

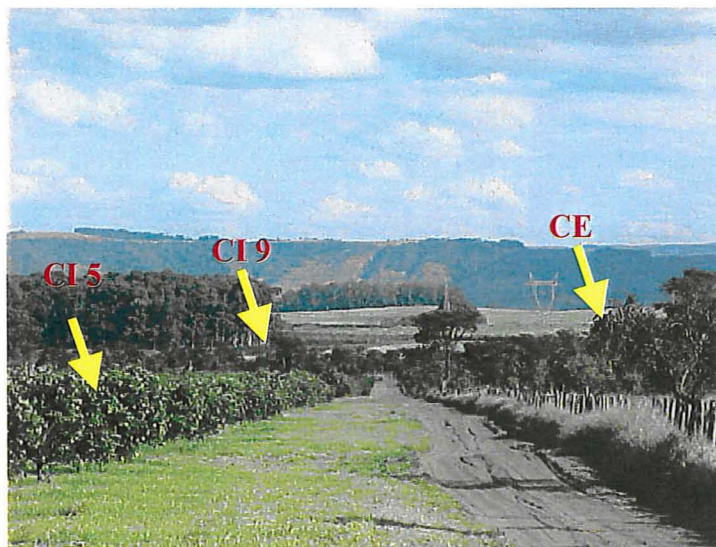


Figura 2- Visão geral da área estudada

3.4 Rendimento agrícola da cultura de citros

Os dados de rendimento agrícola da laranja foram obtidos na propriedade, referentes às safras 2002/03 e 2003/04 e podem ser visualizados na Tabela 4. A baixa produtividade desses talhões é justificada pela interrupção na utilização de fertilizantes minerais para produção orgânica de laranja. No entanto, em função da redução na produtividade, a fertilização mineral voltou a ser utilizada nesses talhões, proporcionando aumento na produtividade na safra 2003/04 e espera-se aumento também para a safra 2004/05.

Tabela 4. Produção de laranja nas áreas com 9 e 5 anos de idade, expressa em t/ha

Local	2002/03	2003/04
	t ha ⁻¹	
Citros 9 anos	17,6	38,4
Citros 5 anos	7,3	17,5

3.5 Histórico, calagem, adubação e tratos culturais

3.5.1 Talhão de citros com 5 anos de idade

No período de 1992 a junho de 1998 que antecedeu a implantação de citros, o solo foi cultivado com duas culturas anuais, sendo realizados os plantios de milho e soja no verão e nabo e milheto no inverno, antecedendo as culturas de verão. Em 1998 fez-se a implantação de citros, continuando com a semeadura de soja intercalada à cultura e no 2º ano fez-se a semeadura da *Brachiaria ruziziensis* nas entrelinhas das plantas cítricas, que se encontra instalada até o momento.

A calagem, adubação, manejo fitossanitário e controle do mato de ambas as áreas foram executados normalmente pela fazenda, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

3.5.2 Talhão de citros com 9 anos de idade

Nesta área, os cultivos das culturas anuais de milho e soja foram semelhantes aos descritos para citros 5 anos, porém restringiu ao período de 1992 a abril de 1994, quando então se procedeu a implantação do pomar. Nos dois primeiros anos de condução da cultura de citros fez-se o plantio de soja intercalada nas entrelinhas e somente no 3^o ano após o plantio ocorreu a instalação da *Brachiaria ruziziensis* nas entrelinhas das plantas cítricas.

Assim como no talhão com cinco anos de manejo, todos os tratamentos culturais como calagem, adubação, manejo fitossanitário e controle do mato foram executados normalmente pela fazenda, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

3.6 Delineamento experimental e tratamentos

De acordo com o objetivo do estudo, visando a avaliação da alteração nos atributos químicos, morfológicos, físicos e físico-hídricos do solo e a produção de matéria seca da parte aérea do material vegetal presente sobre o solo e sistema radicular presentes nas entrelinhas das plantas cítricas e no cerrado, o delineamento estatístico mais adequado foi o inteiramente casualizado, com tratamentos variando em função do atributo a ser analisado e 6 repetições.

Os tratamentos avaliados no experimento são mostrados na Tabela 5.

3.7 Avaliação dos perfis, coleta e preparo das amostras

Nos dias 10 e 11 de julho de 2003 procedeu-se a abertura de três trincheiras em cada local (CE, CI-5 e CI-9), com dimensão de 3,0 x 1,30 x 1,50 m (comprimento x largura x profundidade) nas áreas de cerrado e de citros 5 anos e 3,5 x 1,30 x 1,50 m na área de citros 9 anos.

Após a abertura, procedeu-se a lavagem das paredes com jatos de água para a exposição do sistema radicular em todo o perfil. Nos dias 15 e 16 de julho foi realizada a

pintura das raízes, sendo as raízes da laranjeira coloridas com tinta amarela e as da braquiária com tinta branca, para melhor visualização da distribuição do sistema radicular, conforme pode ser observado na Figura 3, obtida no talhão de citros com 5 anos.

No dia 18 de julho foram coletadas as amostras de raízes para quantificação da produção de matéria seca e as amostras de solo para a realização das análises químicas, físicas e físico-hídricas.



Figura 3- Distribuição do sistema radicular de citros no perfil (A) e concentração na projeção da copa (B)

3.7.1 Amostragem e análise química de solo

Para a coleta das amostras, procedeu-se a estratificação dos perfis em 4 camadas (0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm), sendo as amostras retiradas na região mediana de cada camada e em dois locais no caso das áreas de citros, projeção da copa e entrelinha das plantas, totalizando 120 amostras.

As amostras foram retiradas limpando-se as faces das trincheiras com o auxílio de uma faca e em seguida foram retiradas porções de terra desde a linha da planta até a projeção da copa para compor uma amostra representativa da projeção da copa e ainda da projeção da copa até o meio da rua para compor uma amostra representativa da entrelinha (Figura 4). O solo foi homogeneizado dentro de um balde plástico e então

Tabela 5. Tratamentos avaliados em cada manejo considerado

Parâmetros Avaliados	Manejo	Tratamentos	
I - Atributos químicos de solo	Citros 5 anos	CE – solo sob cerrado	
		CI-5 PC – projeção da copa CI-5 EL –entrelinha	
	Citros 9 anos	CE – solo sob cerrado	
		CI-9 PC – projeção da copa CI-9 EL – entrelinha	
II – Atributos morfológicos do solo (sem análise estatística)	Citros 5 anos	CE – solo sob Cerrado CI-5 – citros 5 anos	
		Citros 9 anos	CE – solo sob Cerrado CI-9– citros 9 anos
	III - Atributos físicos e físico- hídricos do solo		Citros 5 anos
		Citros 9 anos	
IV – Matéria seca do sistema radicular da vegetação de cobertura do solo			Citros 5 anos
		Citros 9 anos	
	V - Matéria seca e teores de nutrientes do material vegetal presente sobre o solo		Citros 5 anos
		Citros 9 anos	
Citros 9 anos			

retirado uma amostra para ser analisada em laboratório. No laboratório, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura (TFSA) para separação de raízes e eventuais folhas ou partes de plantas. Após a secagem, foram feitas determinações de pH CaCl_2 , pH KCl , pH H_2O , M.O, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al conforme metodologias propostas por Raij et al., (2001), S conforme metodologia descrita por Vitti (1988) e CTC efetiva ao pH do solo (CTC_e) determinada pela troca compulsiva com solução de BaCl_2 , conforme metodologia de Gillman (1979) descrita em Camargo (1986).

Além dessas determinações, foram calculados os valores de soma de bases (SB), saturação por bases (V%), CTC potencial (CTC_7) e saturação por alumínio (m%).



Figura 4- Amostragem de solo para avaliação dos atributos químicos

3.7.2 Amostragem e análise física e físico-hídrica de solo

Foram coletadas amostras de solo nas 4 profundidades estabelecidas (0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm) e no caso das áreas de citros, as amostragens foram feitas na projeção da copa e nas entrelinhas das plantas totalizando 120 amostras indeformadas.

As amostras foram coletadas em cilindros de aço com dimensões 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura, com o auxílio de uma faca. Nas entrelinhas, as amostras foram retiradas aproximadamente no centro das mesmas, sendo fixado a posição de coleta à 30 cm do final da trincheira em direção à linha de plantio, para as 4 profundidades, visando além da padronização da amostragem, evitar o efeito do rodado nas características físicas do solo.

Os cilindros contendo as amostras foram embalados em sacos plásticos, lacrados com fita adesiva, acondicionados em caixas de papelão e transportados ao laboratório, onde foram colocados em bandejas plásticas com água para atingir o ponto de saturação. Depois de atingido a saturação as amostras foram pesadas e submetidas às tensões de 1; 5; 6; 10; 33; 50; 70; 100; 500 e 1500 kPa. Imediatamente antes de serem submetidas à tensão maior, as amostras foram pesadas. Após a aplicação da tensão referente a 1500 kPa, as amostras foram pesadas, descontando a tara dos cilindros e dos tecidos e elásticos utilizados para proteger as amostras de solo e calculados os valores de densidade, umidade gravimétrica e volumétrica. Com a umidade volumétrica foram feitas as curvas de retenção de água, por profundidade e local.

Para os cálculos de macroporosidade considerou-se a umidade volumétrica obtida na tensão de 6 kPa e para água disponível optou-se por utilizar a umidade volumétrica entre as tensões de 6 kPa e 1500 kPa. A porosidade total (Pt) foi calculada, considerando a densidade de partícula determinada em laboratório. As equações utilizadas estão apresentadas nas equações de 1 a 4.

$$\text{Porosidade total (Pt)} = 1 - (ds/dp) \quad \text{eq.(1)}$$

$$\text{Macroporosidade} = \text{Pt} - \text{UV}_{6\text{kPa}} \quad \text{eq.(2)}$$

$$\text{Microporosidade} = \text{Pt} - \text{macroporosidade} \quad \text{eq.(3)}$$

$$\text{Água disponível} = \text{UV}_{6\text{kPa}} - \text{UV}_{1500\text{kPa}} \quad \text{eq.(4)}$$

Sendo:

ds = densidade do solo

dp = densidade de partícula

Pt = porosidade total

UV = umidade volumétrica

3.7.3 Amostragem e análise do material vegetal presente sobre o solo

Em 17 de dezembro de 2003 procedeu-se a coleta de todo o material vegetal presente sobre o solo na linha de plantio, na projeção da copa e na entrelinha das plantas cítricas e aleatoriamente entre as plantas de cerrado. A coleta foi feita nesse período em função do porte da braquiária presente nas entrelinhas das plantas cítricas no dia da amostragem, aproximadamente 60 cm de altura, ser o fator determinante para o controle do mato utilizado na propriedade. Foi utilizada uma armação de ferro com dimensões 50 x 50 cm (Área = 0,25 m²) e coletado em três locais para constituir uma amostra. O material vegetal foi colocado em sacos plásticos de 50 L e levados ao laboratório. No laboratório, as amostras foram transferidas para sacolas de papel e colocadas em estufa a 65°C até peso constante, pesadas e posteriormente moídas. O material moído foi analisado para a determinação dos teores de macro e micronutrientes. As determinações analíticas foram realizadas de acordo com Malavolta et al. (1997).

Para os cálculos da quantidade de matéria seca proveniente no material vegetal presente sobre o solo, fez-se a extrapolação da massa seca obtida na área de coleta de 0,75 m² para 1 ha, ou seja, 10.000 m². Os esquemas dos locais de amostragem e porte da vegetação no momento da amostragem podem ser vistos nas Figuras 5 e 6.

Ao todo foram retiradas 42 amostras compostas, sendo 18 em CI-5, 18 em CI-9 e 6 no CE.

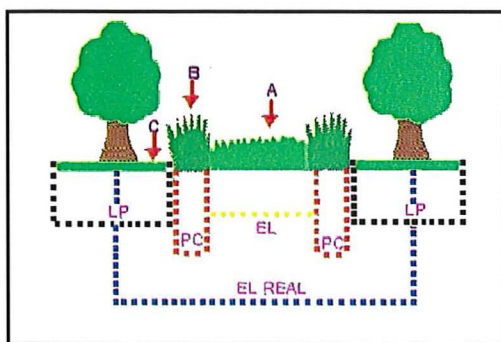


Figura 5- Vista lateral das áreas amostradas

Legenda:

LP: área referente à linha de plantio.

PC: área referente à projeção da copa.

EL: área representativa da entrelinha.

EL real: espaçamento entre plantas
A, B e C: local de amostragem das áreas EL, PC e LP, respectivamente.

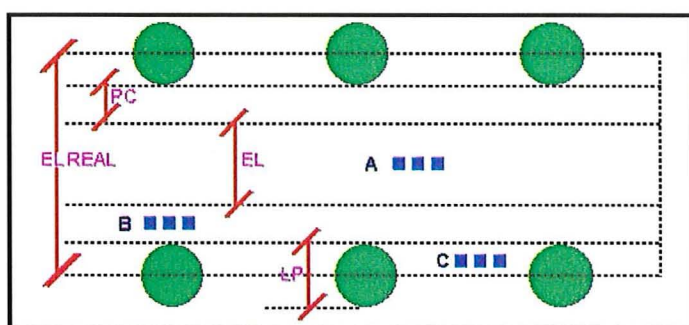


Figura 6- Vista superior das áreas amostradas

	5 anos	9 anos
	----- m -----	
EL real:	6,80	7,00
PC:	1,05	1,05
EL:	2,75	2,10
LP:	1,95	2,80

3.7.4 Amostragem e matéria seca de raízes

Foram coletadas amostras de raízes presentes nas entrelinhas das plantas cítricas e entre as plantas de cerrado, nas profundidades de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm. Para a amostragem utilizou-se trado holandês, com 9,3 cm de diâmetro e 15 cm de altura (Figura 7). Essa coleta ocorreu em 18 de julho de 2003. As amostras foram lavadas para separação das raízes com a ajuda de um jogo de peneiras de malha 2 mm e 1 mm.

As raízes lavadas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa à 65°C, por 72 h para obtenção do peso de matéria seca após o resfriamento das amostras.

Os pesos de matéria seca foram transformados para $t\ ha^{-1}$ considerando o volume do cilindro de $1,018e^{-3}\ m^3$ e o volume de solo para cada camada estudada, conforme eq.(5).

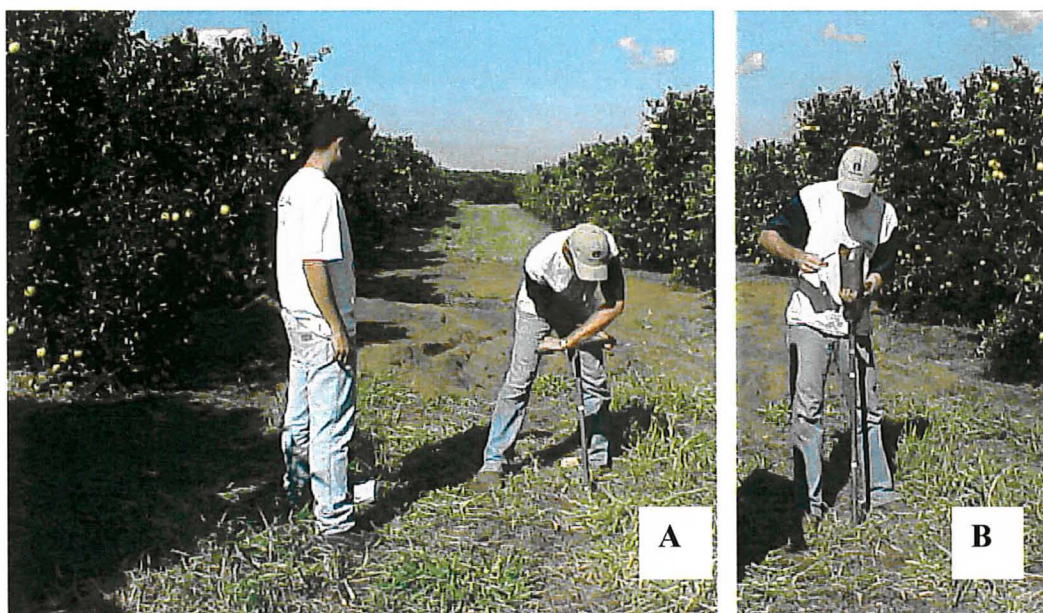


Figura 7- Coleta de raízes nas entrelinhas das plantas (A) e retirada da amostra com auxílio de canivete

$$M.S = [(PS \times E / 1,018e^3)]/f \quad \text{eq.(5)}$$

M.S = massa seca de raiz, em t ha⁻¹

PS = peso seco de raízes, em gramas, coletado em um volume de 1,018 dm³

E = Volume de 1 ha de solo considerando cada camada estudada, em m³ (0-10 cm: E = 1000; 10-25 cm: E = 1500, 25-60 cm: E = 3500 e 60-100 cm: E = 4000)

V = volume do trado, em m³

f = 1.000.000 (fator de conversão de grama para tonelada)

3.8 Análise estatística

Para avaliação do efeito do manejo adotado em cada talhão estudado em relação ao cerrado, os dados foram submetidos à análise estatística segundo os esquemas de análise de variância apresentados nos Quadros 1 a 4 e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Atributos químicos de solo:

Citros 5 anos: 3 tratamentos (cerrado – CE; Projeção da copa – CI5PC; entrelinha – CI5EL), com 6 repetições;

Citros 9 anos: 3 tratamentos (cerrado – CE; Projeção da copa – CI9PC; entrelinha – CI9EL), com 6 repetições;

O esquema da análise de variância está apresentado no Quadro 1.

C.V	G.L.
Tratamentos	2
Resíduo	15
Total	17

Quadro 1- Esquema da análise de variância dos atributos químicos do solo

Matéria seca e teores de nutrientes do material vegetal presente sobre o solo:

Citros 5 anos: 4 tratamentos (cerrado – CE; Projeção da copa – CI5PC; entrelinha – CI5EL; linha de plantio – CI5L), com 6 repetições;

Citros 9 anos: 4 tratamentos (cerrado – CE; Projeção da copa – CI9PC; entrelinha – CI9EL; linha de plantio – CI9L), com 6 repetições;

O esquema da análise de variância está apresentado no Quadro 3.

C.V	G.L.
Tratamentos	3
Resíduo	20
Total	23

Quadro 3- Esquema da análise de variância da matéria seca e teores de nutrientes do material vegetal presente sobre o solo

Matéria seca das raízes:

Citros 5 anos: 2 tratamentos (cerrado – CE; entrelinha de citros com 5 anos - CI5EL, com 6 repetições;

Citros 9 anos: 2 tratamentos (cerrado – CE; entrelinha de citros com 9 anos – CI9EL, com 6 repetições;

O esquema da análise de variância está apresentado no Quadro 4.

	C.V	G.L.
Tratamentos		1
Resíduo		10
Total		11

Quadro 4- Esquema da análise de variância da matéria seca de raízes

Todas as análises de variância que envolveram amostragem no perfil do solo foram individuais para cada profundidade amostrada.

Foram realizadas também correlações estatísticas simples entre algumas variáveis estudadas, de modo a auxiliar na discussão dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos morfológicos do solo

Quanto ao aspecto morfológico do solo, foi possível verificar alterações na coloração e grau de estrutura quando se passou do solo natural, sob vegetação de cerrado, para o solo que sofreu interferência antrópica, no caso, com a introdução da citricultura. Embora essa alteração tenha sido bastante sutil, foi possível notar que nos primeiros 20 cm de profundidade o grau de estrutura passou de fraco a moderado no cerrado para fraco no solo sob citros, ocorrendo o inverso em profundidade. Essa alteração observada em subsuperfície corrobora com os resultados obtidos por Mazza (1985), onde o uso de vinhaça no solo alterou o grau de estrutura, passando de fraco a moderado.

No solo manejado com a citricultura também verificou-se alteração da cor, principalmente em subsuperfície, mostrando uma leve tendência de escurecimento do perfil do solo em relação ao cerrado. Nas profundidades aproximadas de 50-70 cm o valor e croma passam de 4/4 para 3/4 e 70-100 cm de 4/6 para 4/4 como pode ser visto na Tabela 6. Provavelmente esse escurecimento ocorreu em função do aumento do teor de matéria orgânica, embora sem diferença estatística em alguns casos, uma vez que em solos de textura mais arenosa, com menor superfície específica, um pequeno incremento pode ser capaz de provocar efeito na coloração. A morfologia do solo também permitiu observar diferença de matiz entre um local e outro, tendo o solo manejado apresentado coloração menos amarelada em relação ao solo sob cerrado, ou seja, a matiz passou de 10YR para 7,5YR. A uniformidade da granulometria, o relevo suave a plano e a proximidade entre as áreas estudadas descartam a possibilidade de ter o solo de cada

área se formado a partir de materiais de origem distintos como explicação dessa alteração observada. Uma hipótese que poderia explicar tal fato seria o manejo do solo proporcionando condições de maior oxidação em função da maior evapotranspiração do conjunto citros-braquiária quando comparado à vegetação de cerrado, capaz de provocar uma ligeira alteração no grau de oxidação das formas de ferro do solo, resultando na coloração menos amarelada, tendendo ao avermelhamento, nas condições de manejo com citricultura.

Tabela 6. Cor e grau de estrutura dos solos sob citros e sob cerrado, nas diferentes profundidades avaliadas

Horizonte	Prof.(cm)	Cor úmida	Grau de estrutura
----- Cerrado -----			
A1	0-8	10YR 2/2	Fraca a moderada
A2	8-47	10YR 2/2	Fraca a moderada
Bw1	47-68	10YR 4/4	Fraca
Bw2	68-100	10YR 4/6	Fraca a moderada
----- Citros -----			
A1	0-11	10YR 2/2	Fraca
A2	11-23	10YR 2/2	Fraca
AB	23-48	10YR 3/6	Fraca a moderada
Bw1	48-61	7,5YR 3/4	Fraca a moderada
Bw2	61-100	7,5YR 4/4	Fraca a moderada

4.2 Atributos químicos do solo

4.2.1 Produção de massa vegetal nos sistemas, concentração de nutrientes e impacto na matéria orgânica do solo

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) nas diferentes profundidades estudadas mostraram que na área com 5 anos de manejo com a citricultura houve uma manutenção da MOS em todo o perfil em relação ao cerrado (Tabela 7).

Aos 9 anos de cultivo com a cultura de laranja, o teor de matéria orgânica do solo aumentou até 100 cm de profundidade, evidenciando o efeito positivo da interferência antrópica nesse sistema (Tabela 8). Na camada superficial de 0-10 cm, o aumento se deu nas entrelinhas das plantas cítricas enquanto que nas profundidades de 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm os teores de matéria orgânica foram superiores tanto na projeção da copa como nas entrelinhas de citros em relação ao cerrado, conforme pode ser observado, juntamente com os resultados obtidos aos 5 anos, na Figura 8.

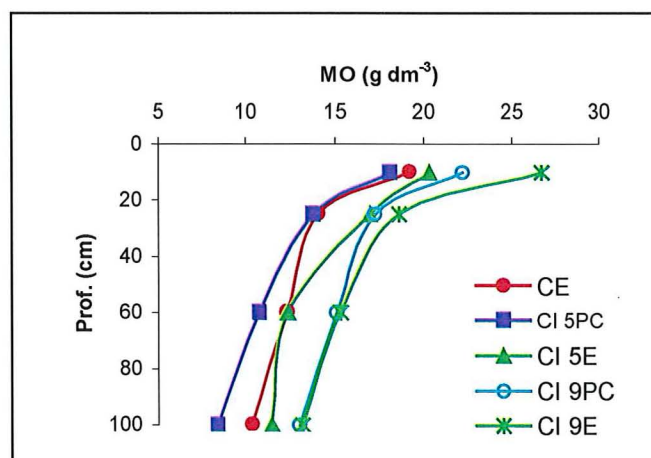


Figura 8- Distribuição da matéria orgânica no perfil do solo nos diferentes sistemas

O aumento do teor da MOS obtido com o uso do solo com a citricultura aos 9 anos discorda dos resultados obtidos por Longo & Espíndola (2000), que quantificaram o efeito da mudança da vegetação natural, tanto de cerrado como de floresta, para pastagem com 17 anos e observaram diminuição nos teores de C-orgânico e N-total,

Tabela 7. Valores médios dos atributos químicos do solo aos 5 anos de uso com citricultura, analisados na profundidade de 0-10 cm 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm

Prof. (cm)	Trat.	pH		MO g dm ⁻³	P res. mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca mg dm ⁻³	Mg mg dm ⁻³	mmol c. dm ⁻³			SB mg dm ⁻³	CTC		V %	m
		H ₂ O	CaCl ₂							H+Al	Al	efetiva.		potencial			
0-10	CE	4,8c	3,8b	19,2a	2,6b	8,7a	0,7b	2,0c	1,0b	34,9a	9,5a	3,7c	24,3b	38,5c	9,5b	72,3a	
	CI5PC	5,9b	5,2a	18,1a	22,4a	7,4a	2,7a	30,0b	10,8a	15,3b	1,6b	43,5b	44,6a	58,8b	73,4a	3,8b	
	CI5E	6,4a	5,8a	20,3a	22,3a	16,1a	2,0a	54,5a	15,0a	12,9b	1,1b	71,5a	49,5a	84,3a	83,6a	1,7b	
10-25	CE	5,1b	4,0b	14,1a	1,6a	6,9a	0,5b	2,5b	1,0b	36,8a	8,3a	4,0b	18,8b	40,7b	9,6b	69,3a	
	CI5PC	6,0a	5,4a	13,8a	15,1a	11,6a	1,5a	28,7a	7,5a	16,4b	1,5b	37,7a	43,3a	54,1a	68,5a	4,1b	
	CI5E	6,2a	5,6a	16,9a	6,3a	10,7a	1,2ab	36,0a	7,5a	14,8b	1,1b	44,7a	43,7a	59,5a	74,8a	2,6b	
25-60	CE	4,9b	3,9b	12,4a	1,0b	7,7ab	0,4b	1,3b	1,0b	26,4a	7,9a	2,8b	18,6b	29,1b	9,5b	74,2a	
	CI5PC	5,3ab	4,8a	10,8a	2,6a	15,6a	0,9ab	15,0a	4,5a	16,7b	2,0b	20,4a	27,8ab	37,1ab	53,9a	10,6b	
	CI5E	5,8a	5,1a	12,4a	1,4ab	5,8b	1,2a	18,7a	5,5a	16,0b	1,3b	25,4a	34,6a	41,4a	60,5a	5,2b	
60-100	CE	5,1a	4,0a	10,4ab	0,5a	11,0a	0,4a	2,2b	1,5a	27,3a	6,8a	4,1b	16,3a	31,4a	12,2b	67,1a	
	CI5PC	5,0a	4,3a	8,4b	0,9a	22,2a	0,5a	5,7ab	2,0a	23,4a	4,3b	8,2ab	17,1a	31,6a	25,8ab	35,4b	
	CI5E	5,2a	4,5a	11,5a	0,8a	19,1a	1,0a	7,8a	2,7a	23,6a	3,4b	11,5a	25,1a	35,0a	32,2a	25,4b	
0-10	CV(%)	5,0	8,0	13,0	43,0	72,0	41,0	31,0	33,0	18,0	18,0	27,0	28,0	13,0	14,0	14,0	
	dms	0,39	0,62	3,72	10,18	11,54	1,09	13,44	4,39	5,68	1,07	16,17	16,69	11,92	11,68	5,48	
10-25	CV(%)	6,0	7,0	17,0	166,0	70,0	49,0	28,0	40,0	13,0	11,0	28,0	19,0	15,0	14,0	24,0	
	dms	0,52	0,54	3,72	19,04	10,22	0,78	9,52	3,22	4,45	0,59	12,11	10,09	11,63	10,68	8,99	
25-60	CV(%)	8,0	10,0	14,0	52,0	58,0	51,0	50,0	37,0	20,0	20,0	40,0	23,0	15,0	27,0	19,0	
	dms	0,59	0,659	2,51	1,30	8,47	0,65	8,72	2,01	6,01	1,11	9,79	9,19	8,06	16,64	8,31	
60-100	CV(%)	5,0	8,0	16,0	43,0	55,0	66,0	52,0	57,0	14,0	31,0	53,0	38,0	11,0	45,0	38,0	
	dms	0,37	0,48	2,41	0,45	14,42	0,63	4,08	1,77	5,25	2,22	6,26	11,04	5,61	15,89	24,78	

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 8. Valores médios dos atributos químicos do solo aos 9 anos de uso com citricultura, analisados na profundidade de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm

Prof. (cm)	Trat.	pH		MO g dm ⁻³	P res. mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca mg dm ⁻³	Mg mg dm ⁻³	H+Al mmolc dm ⁻³	Al mmolc dm ⁻³	SB	CTC		V	m
		H ₂ O	CaCl ₂										efetiva	potencial		
0-10	CE	4,8b	3,8b	19,2b	2,6b	8,7a	0,7c	2,0b	1,0b	34,9a	9,5a	3,7b	24,3b	38,5b	9,5b	72,3a
	CI9PC	5,8a	5,3a	22,2b	26,9a	13,4a	3,3a	42,3a	10,2a	16,7b	0,7b	55,8a	42,6a	72,5a	75,8a	1,4b
	CI9E	5,8a	5,3a	26,7a	16,1a	13,6a	2,1b	37,5a	11,2a	17,7b	0,9b	50,8a	51,9a	68,4a	74,0a	1,7b
10-25	CE	5,1b	4,0b	14,1b	1,6b	6,9a	0,5c	2,5b	1,0b	36,8a	8,3a	4,0b	18,8b	40,8b	9,6b	69,3a
	CI9PC	5,7a	5,1a	17,2a	8,3ab	10,1a	1,6a	31,7a	7,3a	21,2b	0,6b	40,6a	39,9a	61,8a	65,3a	1,5b
	CI9E	5,8a	5,2a	18,6a	8,6a	8,2a	0,9b	31,8a	8,8a	21,0b	1,0b	41,6a	46,4a	62,5a	66,3a	2,2b
25-60	CE	4,9b	3,9b	12,4b	1,0a	7,7a	0,4b	1,3b	1,0c	26,4a	7,9a	2,8b	18,7b	29,1b	9,5b	74,2a
	CI9PC	5,1ab	4,5a	15,1a	4,4a	14,7a	0,8b	14,7a	4,3b	19,8b	1,2b	19,8a	27,3a	39,5a	49,7a	6,7b
	CI9E	5,4a	4,7a	15,3a	3,6a	11,6a	1,3a	13,3a	6,5a	19,9b	1,4b	21,1a	26,6a	41,1a	51,3a	6,3b
60-100	CE	5,1a	4,0b	10,4b	0,5b	11,1a	0,4b	2,2b	1,5a	27,3a	6,8a	4,1b	16,3a	31,4a	12,2b	67,1a
	CI9PC	4,8b	4,1ab	13,0a	1,2a	28,1a	0,9ab	6,8a	1,8a	28,9a	3,0b	9,6a	16,7a	38,4a	25,1a	23,6b
	CI9E	5,0a	4,2a	13,2a	1,0a	24,8a	1,2a	6,7a	1,7a	30,0a	3,8b	9,6a	20,6a	39,5a	24,3a	27,8b
0-10	CV(%)	4,0	6,0	12,0	59,0	76,0	29,0	28,0	43,0	9,0	20,0	29,0	23,0	17,0	8,0	14,0
	dms	0,31	0,43	4,20	13,40	13,52	0,89	11,61	4,79	3,24	1,12	16,15	13,41	15,38	6,62	5,15
10-25	CV(%)	4,0	6,0	12,0	75,0	97,0	28,0	19,7	29,0	11,0	15,0	18,9	16,0	8,0	13,0	24,0
	dms	0,34	0,40	3,08	6,89	12,14	0,42	6,49	2,15	4,43	0,73	8,18	8,22	6,74	8,83	8,91
25-60	CV(%)	3,0	5,0	10,0	115,0	70,0	33,0	25,0	30,0	12,0	24,0	24,0	26,0	8,0	18,0	17,0
	dms	0,26	0,31	2,22	5,17	11,88	0,41	3,63	1,76	3,99	1,28	5,33	9,40	4,44	10,11	7,21
60-100	CV(%)	2,0	2,0	8,0	49,0	41,0	41,0	31,0	57,0	13,0	25,0	34,0	29,0	11,0	33,0	29,0
	dms	0,17	0,15	1,53	0,66	13,2	0,51	2,42	1,43	5,65	1,69	3,89	7,67	6,05	10,27	17,28

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

porém corroboram com os dados de Fernandes (1993), o qual verificou que a introdução de pastagem no Pantanal Mato-Grossense aumentou em 55% o conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), expresso em $t\ ha^{-1}$ de C para a camada de 0-40 cm, após 20 anos com pastagem. Essa divergência encontrada na literatura quando se tenta comparar as informações obtidas em diferentes locais e épocas pode ser explicada pelo fato de que há a necessidade de se considerar, além do aporte de material vegetal no sistema, a taxa de decomposição do mesmo, a qual é variável em função de condições edafoclimáticas de cada ecossistema.

Embora não tenha sido quantificada a produção anual de massa vegetal produzida no cerrado e nos dois sistemas estudados, sabe-se que o número de intervenções através de roçadeira no pomar (5 e 9 anos) varia entre 4 a 5 enquanto que no cerrado estas não ocorrem, fazendo com que a produção anual de material orgânico, tanto da parte aérea como do sistema radicular nos sistemas de manejo com citricultura seja bastante incrementada. Os dados de produção de matéria seca obtidos no momento antecedente a uma intervenção encontram-se na Tabela 9 e indicam que a região da projeção da copa foi a que apresentou a maior produção, justificando-se provavelmente devido à concentração da adubação mineral nesta região, o que pode ser confirmado pelos maiores teores de nutrientes encontrados nesse material, principalmente N e K (Tabelas 12 e 13) e pela coloração das plantas, observada no campo, com tonalidade verde mais escuro, enquanto que as demais posições apresentaram-se com produções semelhantes às do cerrado, indicando que a produção anual nos sistemas estudados é aumentada tanto pelo maior número de intervenções como pela maior produção por intervenção.

Sendo assim, a maior produção de material vegetal associada ao maior teor de nutrientes mostra que os sistemas em estudo tendem a promover um incremento na dinâmica da ciclagem de nutrientes conforme pode ser observado na Figura 9. Cabe salientar que o que está considerado na figura em questão é a ciclagem obtida imediatamente antes de uma intervenção, não considerando o volume total anual.

Sabe-se que a cada intervenção na parte aérea de gramíneas ocorre uma significativa renovação do sistema radicular, implicando numa adição de matéria

orgânica ao solo concomitante ao aporte de material proveniente da parte aérea. Segundo Drovat et al (1980) após uma semana da desfolha em Capim-de-Rhodes observou-se um incremento na massa radicular, sendo esse relativamente constante e proporcional ao crescimento da parte aérea. Os resultados da estimativa de matéria seca das raízes presentes nas entrelinhas de citros aos 5 e 9 anos estão apresentados nas Tabelas 10 e 11 respectivamente, e mostram a concentração do sistema radicular nos primeiros 10 cm de profundidade, com incremento da massa seca de raízes de 88,1% e 72,9%, passando de 5,9 t ha⁻¹ no cerrado para 11,1 t ha⁻¹ aos 5 anos e 10,2 t ha⁻¹ aos 9 anos de citros. Para as demais profundidades avaliadas, a elevada variabilidade entre as amostras não permitiu detectar diferenças entre os locais amostrados.

Tabela 9. Produção de matéria seca do material vegetal sobre o solo com 5 e 9 anos de manejo em relação ao cerrado

	MS sobre o solo			
	5 anos	9 anos	5 anos	9 anos
	-----kg m ⁻² -----	-----	-----t ha ⁻¹ -----	-----
Cerrado	0,53b	0,53b	5,3b	5,3b
Linha de plantio	0,75ab	0,60b	7,5ab	6,0b
Entrelinha	0,83ab	0,68b	8,3ab	6,8b
Projeção da copa	0,99a	1,07a	9,9a	10,7a
CV(%)	26	22	26	22
Dms	0,032	0,025	3,23	2,51

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 10. Produção de matéria seca de raiz coletadas nas entrelinhas das plantas cítricas com 5 anos e sobre o solo de cerrado, nas profundidades de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm e acumulada no perfil

Profundidade	0-10cm	10-25cm	25-60cm	60-100cm
	----- MS Raíz (t ha ⁻¹)-----			
CE	5,9b	7,2a (13,1a)	3,2a (16,3a)	8,3a (24,6a)
CI 5EL	11,1a	5,7a (16,8a)	2,9a (19,7a)	0,94a (20,7a)
CV(%)	32	66 (36)	44 (37)	188 (42)
Dms	3,51	5,50 (6,9)	1,70 (8,47)	11,19 (12,26)

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Valores entre parênteses referem-se à produção acumulada da superfície do solo até profundidade em questão

Tabela 11. Produção de matéria seca de raiz coletadas nas entrelinhas das plantas cítricas com 9 anos e sobre o solo de cerrado, nas profundidades de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm e acumulada no perfil

Profundidade	0-10cm	10-25cm	25-60cm	60-100cm
	----- MS Raíz (t ha ⁻¹)-----			
CE	5,9b	7,2a (13,1a)	3,2a (16,3a)	8,3a (24,6a)
CI 9EL	10,2a	5,0a (15,2a)	1,7b (16,9a)	1,4a (18,3a)
CV(%)	31	81,0 (43,0)	43,0 (40,0)	180,0 (45,0)
Dms	3,15	6,41 (7,72)	1,34 (8,49)	11,20 (12,43)

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Valores entre parênteses referem-se à produção acumulada da superfície do solo até profundidade em questão

Esse predomínio do sistema radicular nos primeiros 10 cm do solo corroboram com os resultados de Merten & Mielniczuk (1991) que ao avaliarem a distribuição do sistema radicular de aveia-preta, trigo, milho e soja em sistemas de plantio direto e convencional observaram que, independente do sistema de preparo utilizado e da cultura avaliada, mais de 70% das raízes concentraram-se na profundidade de 0-10 cm e que o teor de matéria orgânica do solo foi superior no sistema de semeadura direta, porém apenas na profundidade de 0-5 cm, podendo ser uma indicação de que o aumento da MOS é de grande complexidade, não dependendo apenas do aporte vegetal sobre solo, mas da inter-relação parte aérea-sistema radicular das plantas utilizadas como cobertura do solo, normalmente gramíneas.

A análise dos resultados de MOS (Tabelas 7 e 8) conjuntamente com os de massa vegetal presente sobre o solo (Tabela 9), evidencia que mesmo com quantidade de massa seca semelhante ao do cerrado, como ocorreu na entrelinha de citros aos 9 anos, foi possível aumentar o teor de MOS até 100 cm de profundidade, reforçando a idéia da complexidade do manejo da matéria orgânica em sistemas agrícolas, ao contrário da sugestão feita por Peeten (1984), ao relatar apenas a necessidade de retorno de 6 t ha⁻¹ ano⁻¹ de resíduo para manutenção da MOS.

Parte dos resultados obtidos no trabalho, ou seja, a elevada produção de matéria seca do sistema radicular nos primeiros 10 cm do solo nos sistemas com citros sugerem que além da importância do aporte de material orgânico da parte aérea dos vegetais

conforme sugerido por Peeten (1984) e também por Sá (2001) na região Centro-Oeste do Paraná ao obter valores de coeficiente de correlação (r) entre adições de resíduos vegetais e carbono orgânicos do solo de $r = 0,86$ para a camada de 0-2,5 cm e $r = 0,99$ para a camada de 2,5-5,0 cm de solo, devem ser considerados também a produção de matéria seca do sistema radicular.

Tabela 12. Teor de nutrientes do material vegetal presente sobre o solo manejado com 5 anos de citricultura

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----				
CE	12,1ab	0,9b	3,1c	2,6a	1,1c	1,2b	12a	11b	1909b	253a	33c
CI 5L	13,0a	1,6a	6,0c	3,5a	1,6bc	1,7a	12a	58a	3652a	161b	122a
CI 5EL	8,0c	1,6a	14,3b	3,5a	1,8b	1,0c	5b	15b	1934b	58c	41bc
CI 5PC	11,0b	1,7a	18,9a	3,4a	3,0a	1,0bc	6b	15b	578c	63c	46b
CV(%)	10	10	21	16	18	10	25	21	26	15	11
Dms	1,77	0,22	3,66	0,87	0,57	0,19	3,58	9,05	861,0	31,71	10,58

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 13. Teor de nutrientes do material vegetal presente sobre o solo manejado com 9 anos de citricultura

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----				
CE	12,1b	0,9c	3,1c	2,6b	1,1b	1,2b	12a	11b	1909a	253a	33c
CI 9L	16,7a	1,5b	7,9bc	7,8a	2,5a	1,9a	10ab	471a	2280a	311a	241a
CI 9EL	8,9c	1,8a	15,1ab	4,5ab	2,2a	1,3b	6c	137b	1492ab	146b	88b
CI 9PC	11,8b	1,8a	19,6a	4,1b	2,6a	1,2b	8bc	64b	820b	89b	72bc
CV(%)	7,0	12,0	40,0	48,0	18,0	8,0	22,0	67,0	37,0	20,0	24,0
Dms	1,46	0,28	7,41	3,67	0,60	0,17	3,16	185,48	969,36	65,73	41,76

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

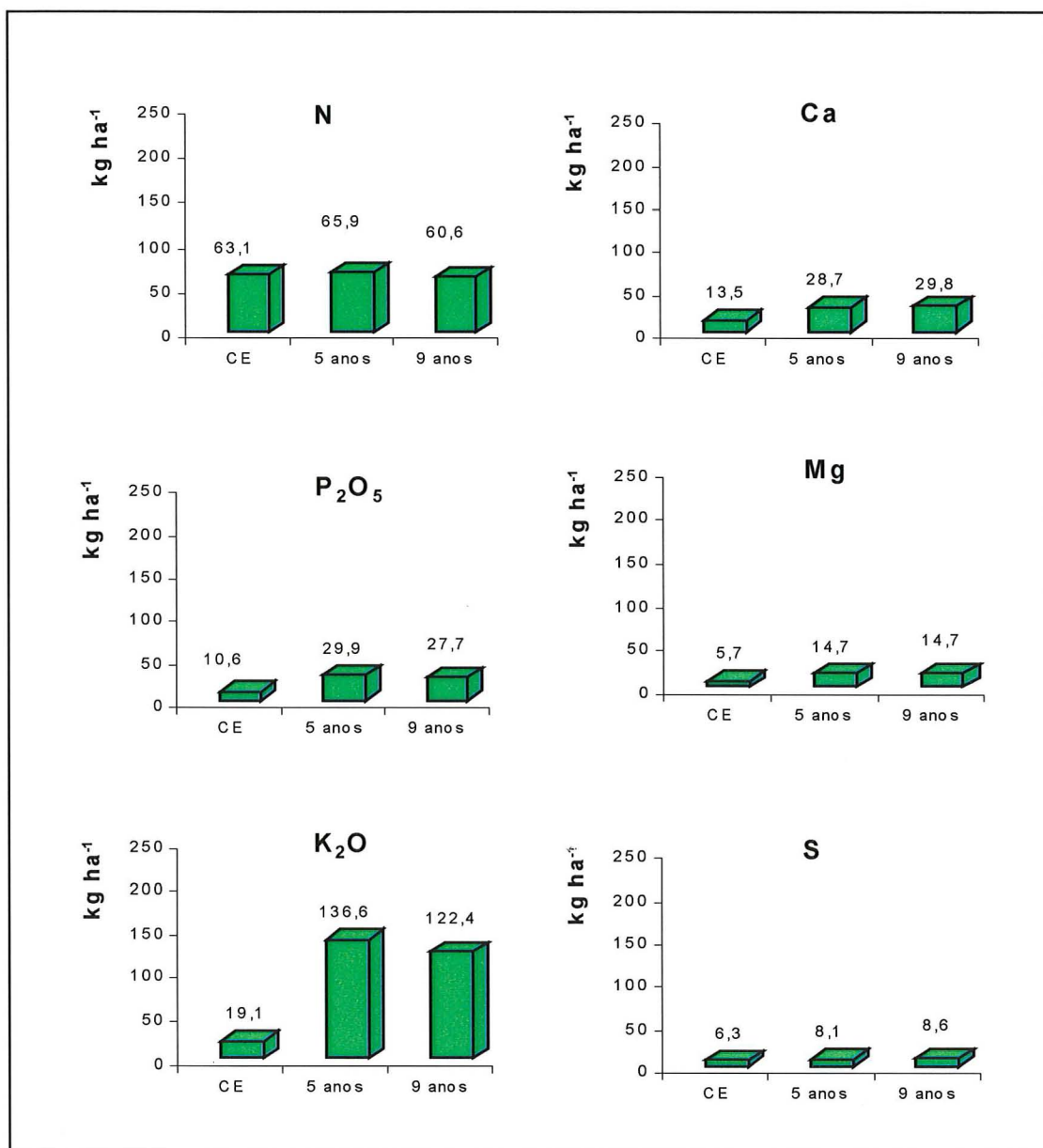


Figura 9- Extração de macronutrientes, em kg ha⁻¹ pelo material vegetal presente sobre o solo nos ambientes de cerrado e citros aos 5 e 9 anos.

4.2.2 CTC efetiva (CTC_e) e CTC potencial (CTC_7)

O manejo do solo em ambos os talhões e independente do local (projeção da copa ou entrelinha) proporcionou alterações químicas pronunciadas, capazes de provocar alterações na CTC_e e CTC_7 até 60 cm de profundidade. Aos 5 anos de manejo, observou-se para a profundidade de 0-10 cm, aumento de 103,7% e 84,3% para CTC_e e CTC_7 , respectivamente e de 86% e 42% para a profundidade de 40-60 cm. Já para o manejo com 9 anos, os maiores incrementos foram de 113,5% e 88,3% para a profundidade de 0-10 cm e de 46% e 40,9% para a camada de 25-60 cm como podem ser observados nas Tabela 7 e 8 e Figura 10.

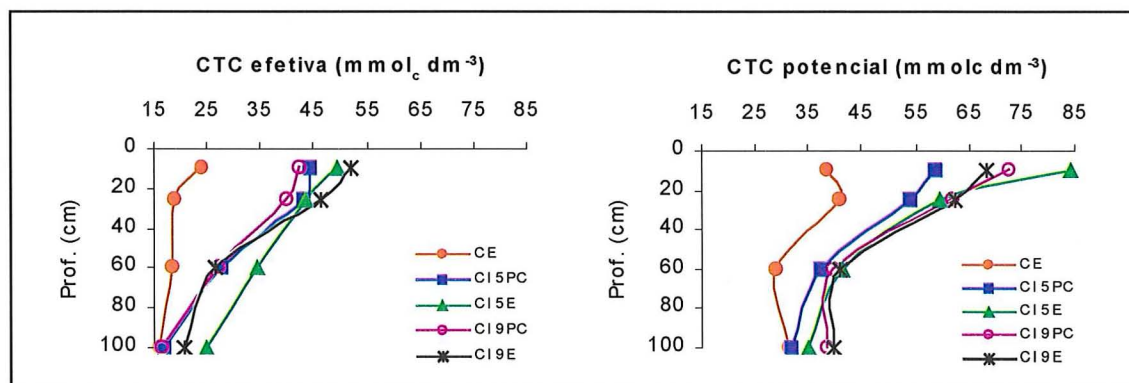


Figura 10- CTC efetiva e CTC potencial no perfil do solo nos três sistemas estudados (cerrado, citros 5 anos e citros 9anos), na projeção da copa e entrelinha da cultura

Esses aumentos observados na CTC_e e CTC_7 aos 9 anos podem ser facilmente compreendidos pelo incremento estatisticamente significativo constatado para pH e MOS, respectivamente, confirmados pelos elevados coeficientes de correlação (r) obtidos entre pH e CTC_e ($r = 0,91$) e MO e CTC_7 ($r = 0,80$) como podem ser observados na Figura 11.

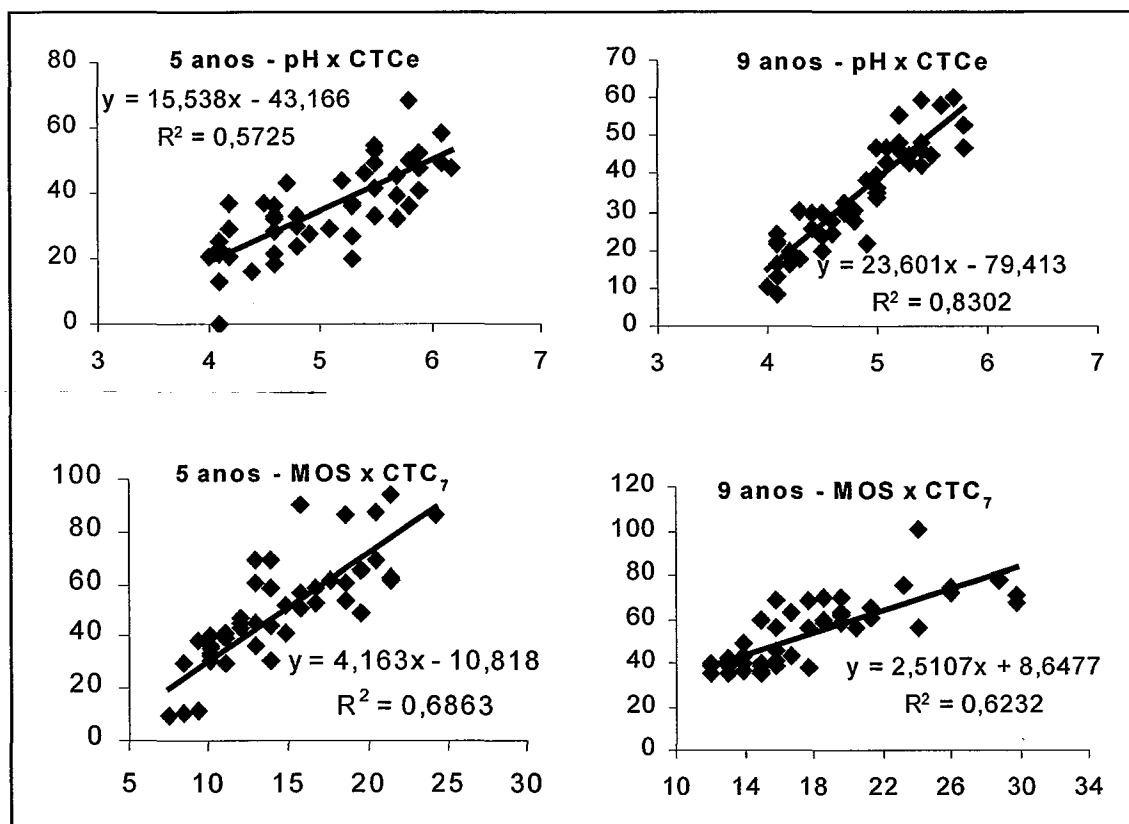


Figura 11- Correlações entre pH e CTC efetiva e MOS e CTC potencial e as respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação para obtenção dos valores de r, nos sistemas de citros aos 5 (esquerda) e 9 anos (direita)

As alterações verificadas para a CTCe e CTC₇ no manejo de citros aos 5 anos foram semelhantes às verificadas aos 9 anos conforme podem ser observadas na Tabela 7 e na Figura 11. Assim como aos 9 anos, a CTCe e a CTC₇ do solo sobre citros com 5 anos apresentaram elevados coeficientes de correlação com pH e MOS, respectivamente (Figura 11), porém os teores de matéria orgânica não foram diferentes dos encontrados no solo sob cerrado (Tabela 7 e Figura 8). Isto poderia estar sugerindo uma provável alteração quanto ao tipo de MOS nesse sistema, uma vez que ocorreu incremento na CTC₇ sem incremento do teor de MOS. Fernandes (1993) verificou que o uso do solo com pastagem alterou a proporção relativa das frações húmicas do C orgânico, sendo que no sistema nativo a fração predominante foi o ácido fúlvico, passando para predomínio da fração humina no sistema com 10 anos de pastagem. O autor atribuiu

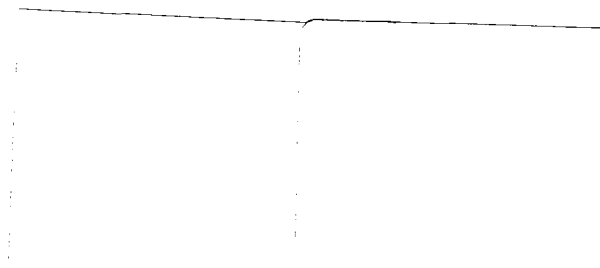
essa dinâmica de evolução observada nos compartimentos húmicos ao incremento dos teores de cálcio no solo, como também foi observado no manejo com a citricultura (Tabela 7)

4.2.3 Fósforo

O incremento no teor de fósforo do solo em relação ao solo de cerrado foi marcante em ambos os talhões de citros estudados, com aumento relativo em todas as profundidades porém, em algumas delas, não foi possível detectar diferença estatística significativa entre os tratamentos em função do elevado coeficiente de variação, um problema comum quando se trata de amostragens de campo, principalmente no caso de nutriente de aplicação localizada como ocorre com o fósforo.

Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram que o solo sob cultivo de citros com 5 anos de idade alterou os teores de fósforo em todo o perfil do solo, com aumento estatisticamente significativo nas profundidades de 0-10 cm e de 25-60 cm. Nos primeiros 10 cm de profundidade, o teor de fósforo passou de 2,6 mg dm⁻³ no cerrado para 22,4 mg dm⁻³ e 22,3 mg dm⁻³ na projeção da copa e na entrelinha de citros, respectivamente e na profundidade de 25-60 cm o incremento ocorreu na projeção da copa, passando de 1,0 mg dm⁻³ no cerrado para 2,6 mg dm⁻³ no solo sob citros.

No solo com 9 anos de manejo com a cultura de laranja, observou-se a mesma tendência de incremento do teor de fósforo (Tabela 8), com aumento estatisticamente significativo no perfil, exceto na profundidade de 25-60 cm devido ao elevado coeficiente de variação dos dados. Nos primeiros 10 cm de profundidade, o teor de P passou de 2,6 mg dm⁻³ no cerrado para 26,9 mg dm⁻³ na projeção da copa e 16,1 mg dm⁻³ na entrelinha, na profundidade de 10-25 cm passou de 1,6 mg dm⁻³ no cerrado para 8,6 mg dm⁻³ na entrelinha e de 60-100 cm de profundidade passou de 0,5 mg dm⁻³ no cerrado para 1,2 mg dm⁻³ e 1,0 mg dm⁻³ na projeção da copa e entrelinha, respectivamente.



Os resultados obtidos nesse trabalho evidenciam que o uso do solo com a citricultura contribuiu para o acréscimo do teor de fósforo no solo como podem ser vistos nas Tabelas 7 e 8 e Figura 12, principalmente na camada superficial, corroborando com os resultados de Lima (1985), obtidos com a cultura da cana-de-açúcar e com vários trabalhos realizados em sistema de plantio direto como os de Muzilli (1983), Sidiras & Pavan (1985) e Sá (1993). Sá (1993) observou que a maior concentração de fósforo ocorria principalmente na camada de 0-2,5 cm, vindo a confirmar a baixa mobilidade desse nutriente no solo.

A deficiência natural do fósforo no solo associada à elevada capacidade de fixação tem sido uma das limitações para a colocação de solos de baixa fertilidade no processo produtivo. Um levantamento realizado por Lopes (1983) mostrou que 92,1% de 518 amostras analisadas (representativas de 600.000 km²) apresentaram menos de 2 mg dm⁻³ de P nos primeiros 20 cm de solo, valor muito abaixo dos níveis críticos utilizados para a interpretação da análise de P no cerrado, ou seja, 5 mg dm⁻³ para solos argilosos e 10 mg dm⁻³ para solos de textura média a arenosa.

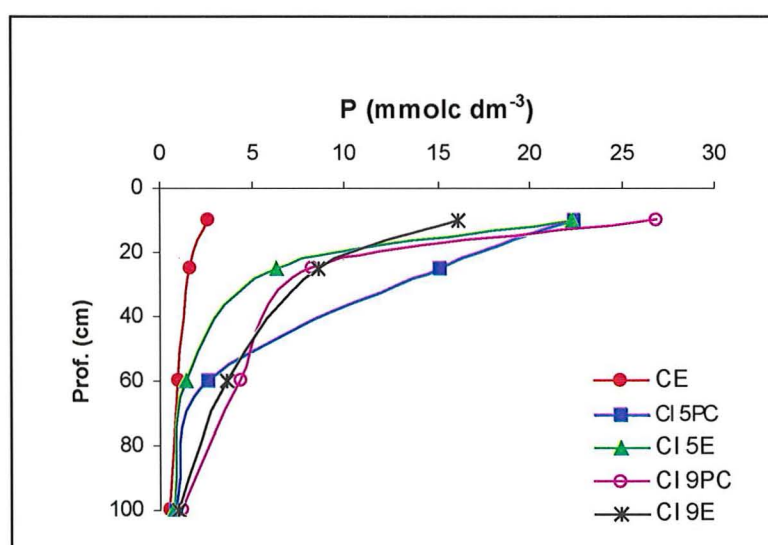


Figura 12- Teores de fósforo no perfil do solo nos sistemas de cerrado, citros aos 5 anos e 9 anos, nas regiões da projeção da copa e entrelinha

4.2.4 Enxofre

Os resultados dos teores de enxofre apresentaram grande variabilidade, independente do manejo avaliado, o que impossibilitou a detecção de diferenças estatisticamente significativas, no entanto notou-se uma tendência de lixiviação desse nutriente no perfil com o uso do solo com a citricultura, principalmente na posição da projeção da copa (Tabelas 7 e 8)

Essa tendência de maior concentração na região da projeção da copa deve estar relacionada com a localização da adubação e também pelo uso de produtos contendo enxofre para o manejo fitossanitário da cultura, que devido ao escoamento atinge o solo. Quanto aos teores observados em profundidade, este pode ser explicado devido a maior lixiviação do ânions SO_4^{-2} quando há predomínio de cargas negativas, o que pode ser constatado através dos valores negativos do ΔpH (Figura 13).

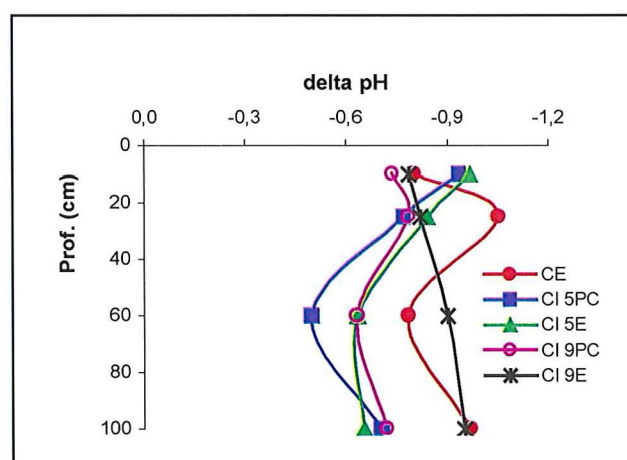


Figura 13- Valores de ΔpH do solo nos diferentes usos e profundidades

4.2.5 pH em CaCl_2 , saturação por bases, alumínio trocável, acidez potencial e saturação por alumínio

No manejo com 5 anos de citros observou-se aumento nos valores de pH até 60 cm de profundidade, sem diferenças estatísticas entre projeção da copa e entrelinha das plantas cítricas (Tabela 7). Já aos 9 anos de uso do solo com a cultura de laranja, o aumento do pH na projeção da copa ocorreu até 60 cm enquanto que nas entrelinhas houve aumento significativo até 100 cm de profundidade (Tabela 8).

Embora não exista diferença estatisticamente significativa, verifica-se através da Figura 14 uma tendência constante em todo o perfil, tanto para 5 como para 9 anos, dos valores de pH apresentarem-se menores na projeção da copa em relação à entrelinha da cultura de citros. Essa tendência à maior acidificação dá-se em função da aplicação localizada de fertilizantes, contribuindo para a redução do pH nessa região com o uso da citricultura.

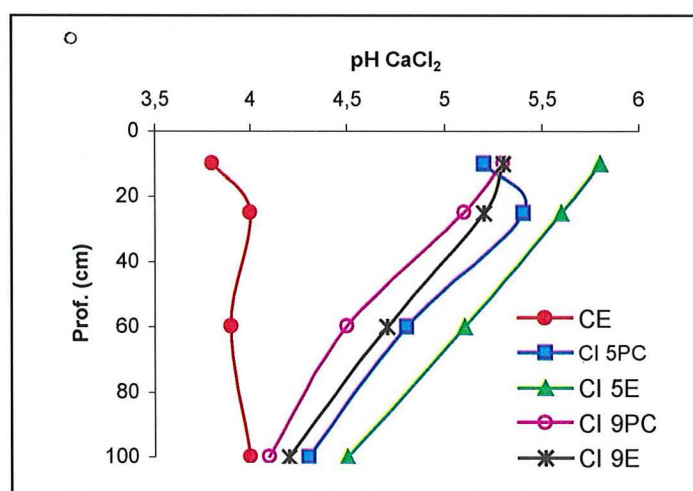


Figura 14- Valores de pH no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

Conforme esperado, concomitantemente aos valores de pH também foram obtidos incrementos nos valores de saturação por bases, cujos dados encontram-se apresentados nas Tabelas 7 e 8 e Figura 15. A correlação entre os parâmetros em

questão, considerando os três sistemas em conjunto para o perfil do solo encontra-se na Figura 16.

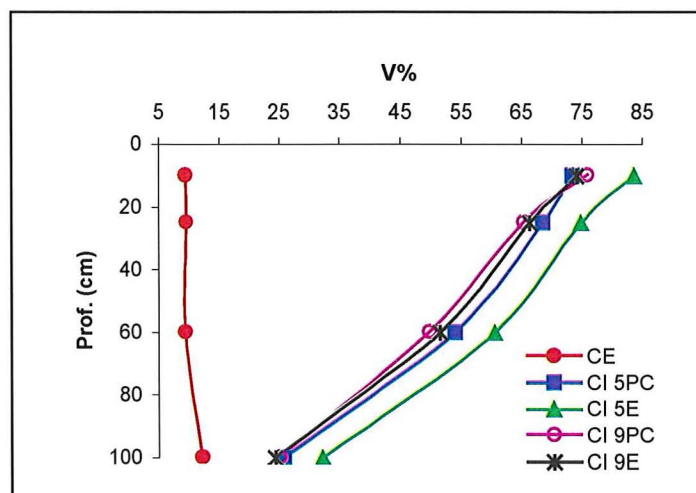


Figura 15- Valores de saturação por bases no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

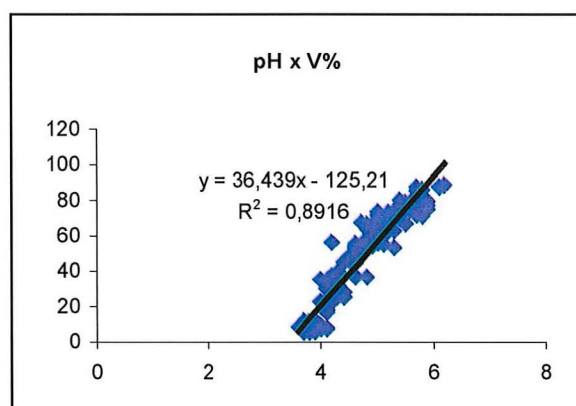


Figura 16- Equação de regressão e coeficiente de determinação para obtenção do coeficiente de correlação (r) entre pH e V% nos sistemas cerrado e citros 5 e 9 anos

Em ambos os manejos avaliados, a elevação do pH foi seguida de redução do alumínio trocável (Al^{+3}), da acidez potencial (H+Al) e da saturação por alumínio (m%) como pode ser observado nas Tabelas 7 e 8, tornando o ambiente até 100 cm de profundidade, quimicamente mais adequado ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das plantas cultivadas.

4.2.6 Cálcio, magnésio e potássio trocáveis e soma de bases (SB)

No manejo com 5 anos de citros ocorreu aumento dos teores de cálcio e magnésio trocáveis, tanto na projeção da copa como na entrelinha de citros em relação ao cerrado até 60 cm de profundidade, enquanto que o teor de potássio foi superior na projeção da copa e entrelinha na camada de 0-10 cm, na projeção da copa para a camada de 10-25 cm e na entrelinha para a camada de 25-60 cm (Tabela 7). Esses resultados refletiram em aumento da soma de bases até 60 cm de profundidade, tanto na projeção da copa como para entrelinha e até 100 cm para a entrelinha de citros. Aos 9 anos de uso do solo, o efeito foi mais acentuado, com aumento da soma de bases, tanto na projeção da copa como na entrelinha até 100 cm de profundidade como pode ser visto na Tabela 8 e Figura 17.

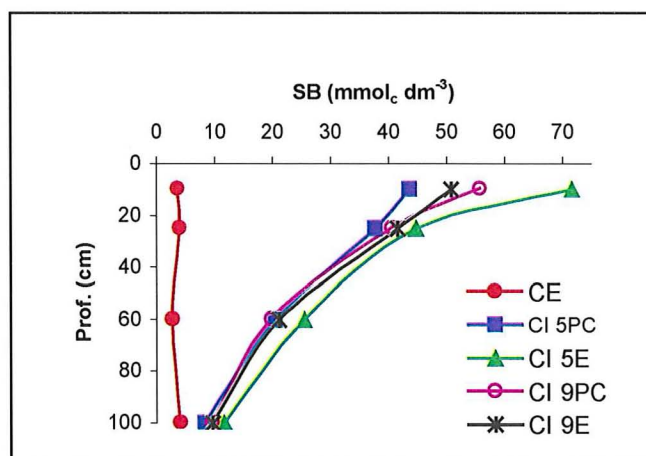


Figura 17- Valores de soma de bases no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

O aumento dos teores de Ca, Mg e K ocorridos em profundidade com o uso do solo com a cultura de citros deve estar relacionado com a lixiviação desses cátions por ânions como sulfatos, nitratos e cloretos introduzidos ao sistema através de adubações fosfatadas, nitrogenadas e potássicas, realizadas anualmente nos talhões de laranja estudados.

Interpretando-se como baixos os teores de Ca, Mg e K trocáveis quando inferiores a $15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (CFSEMG, 1978 ⁽⁴⁾ citado por Lopes, 1983) verifica-se que o uso do solo com a citricultura proporcionou aumento nos teores desses nutrientes, passando de teores críticos a teores adequados pelo menos até 25 cm de profundidade.

4.3 Atributos físicos e físico-hídricos

4.3.1 Composição granulométrica e argila dispersa em água

A composição granulométrica do solo nas áreas estudadas mostrou-se com predomínio da fração areia, com valores próximos ou um pouco superiores a 80%, conforme podem ser observados nas Tabelas 14 e 15. Em relação às subfrações da fração areia verifica-se um predomínio da classe média (0,5-0,5 mm) e fina (0,10-0,05 mm) nas três situações estudadas, ou seja, cerrado, citros 5 anos e citros 9 anos, o que auxilia bastante na confirmação da homogeneidade dos sedimentos arenosos (Formação Botucatu) que constituem o material de origem do solo em questão. Quanto à fração argila, os teores no horizonte A situaram-se em torno de 80-130 g kg⁻¹ e no horizonte Bw em torno de 130 a 180 g kg⁻¹, constatando-se portanto, um ligeiro gradiente no perfil, tanto no cerrado como para as áreas de citros estudadas. Para cada profundidade estudada, observou-se que aos 5 anos de uso do solo houve uma pequena tendência de redução da argila total em relação ao cerrado, com diferença estatisticamente significativa nas profundidades de 10-25 cm e de 60-100 cm para a entrelinha de citros. Aos 9 anos de uso com a citricultura, essa tendência de redução, estatisticamente significativa, no teor de argila expressou-se para todo o perfil do solo, ou seja, para as quatro profundidades estudadas, tanto para a projeção da copa como para a entrelinha, conforme pode ser observado nas Tabelas 15 e 15 e Figura 18.

Nas Tabelas 14 e 15 e Figuras 19 e 20 estão dispostos os resultados da argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação, onde pode ser verificada uma tendência

nítida no incremento da ADA, com conseqüente redução do grau de flocculação aos 5 e 9 anos, inclusive com diferenças estatisticamente significativas. Essas alterações da ADA podem auxiliar na compreensão das ligeiras reduções dos teores de argila total verificadas nos perfis, uma vez que sugere uma instabilização do colóide, com possível movimentação descendente. No entanto, torna-se importante salientar que as alterações nos valores absolutos são bastante pequenas, atingindo proporções relativas bastante significativas em função dos reduzidos teores argila total e ADA destes solos.

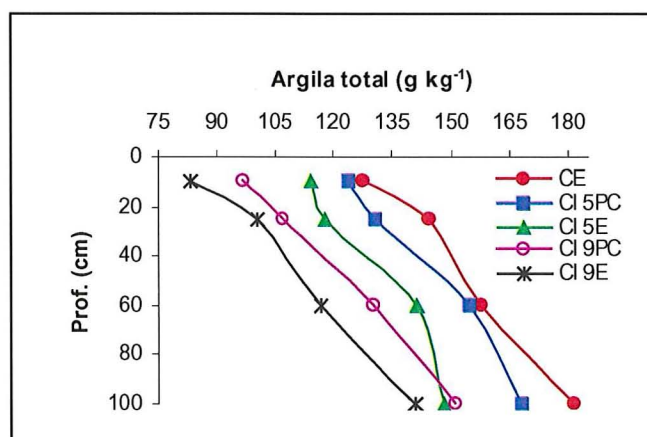


Figura 18- Distribuição de argila no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

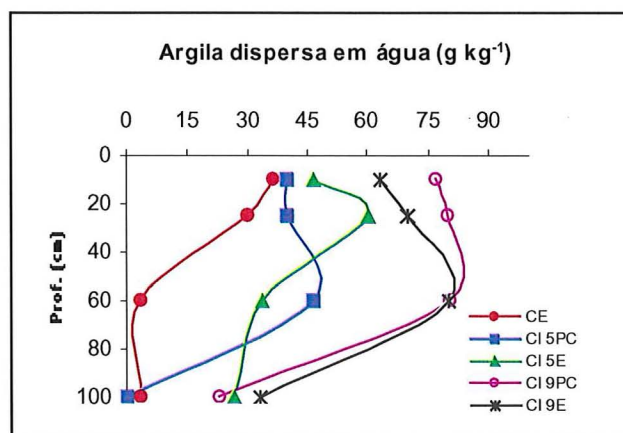


Figura 19- Distribuição de argila dispersa em água no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

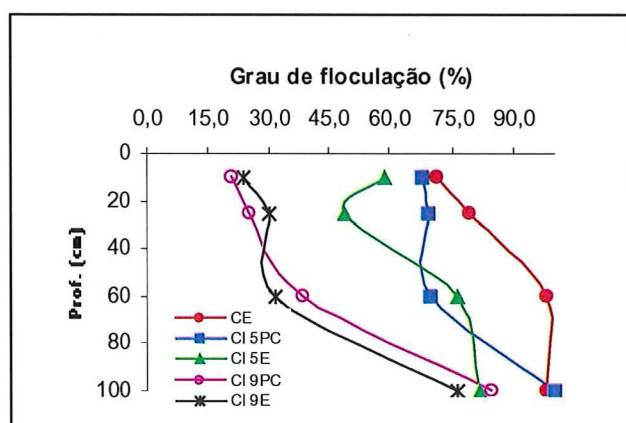


Figura 20- Grau de flocculação no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

4.3.2 Densidade aparente

Os resultados mostraram que nas áreas manejadas com a citricultura a densidade do solo foi superior à do cerrado apenas para profundidade de 25-60 cm, passando de $1,52 \text{ g cm}^{-3}$ no cerrado para $1,63 \text{ g cm}^{-3}$ na entrelinha de citros com 5 anos e para $1,62 \text{ g cm}^{-3}$ tanto na entrelinha como na projeção da copa das plantas com 9 anos, como podem ser vistos nas Tabelas 14 e 15 e Figura 21, embora esses incrementos não devem implicar em restrições ao desenvolvimento do sistema radicular uma vez que os valores de macroporosidade encontram-se ao redor de $0,25\text{-}0,30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Tabelas 14 e 15) e, portanto, bem acima dos valores entre $0,06$ e $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ citados por Hillel (1970) ou $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ citados por Erickson (1982).

Aumento na densidade tem sido observado quando se maneja o solo com sistemas conservacionistas, como plantio direto ou cultivo mínimo, porém essa alteração tem sido observada também em superfície. Hill (1990), ao comparar o manejo convencional com plantio direto, encontrou maior densidade do solo na camada de 7,0-17,0 cm sob plantio direto comparada ao sistema convencional. Maior densidade do solo em sistema de plantio direto também fora observada por Bruce et al. (1990) e segundo Araújo et al. (2004) houve aumento da densidade do solo nos primeiros 30 cm de profundidade, passando de $1,34 \text{ g cm}^{-3}$ na mata para $1,73 \text{ g cm}^{-3}$ na pastagem.

Nesse sistema de citricultura onde se utiliza a braquiária como cultura intercalar permanente para a proteção do solo, provavelmente a grande quantidade de raízes produzidas, principalmente em superfície (Tabelas 10 e 11) provavelmente tenha contribuído para a manutenção da densidade do solo a valores semelhantes às condições de cerrado.

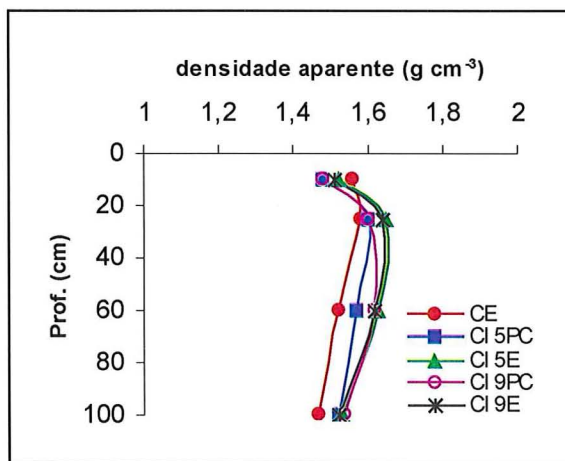


Figura 21- Densidade do solo no perfil do solo nos sistemas de cerrado e citros aos 5 e 9 anos, nas regiões de projeção da copa e entrelinha

Tabela 14. Valores médios dos atributos físicos do solo analisados na profundidade de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm

0-10	10-25	25-60	60-100	Trat.	densidade		Porosidade		Água		Argila		Argila + Silte		Total		M.Gr.		Areia		
					solo	part.	Total	Macro	Micro	Disp.	Total	H ₂ O	Silte	Silte	Total	Total	Grossa	Méd.	Fina	M.F	
					-----gcm ⁻³ -----		-----cm ³ cm ⁻³ -----		-----		-----		-----		-----%		-----				
CE	CE	CE	CE	CE	1,56a	2,69a	0,42a	0,24a	0,18a	0,09b	12,77a	3,67a	15,45a	2,67a	84,55a	0,07a	15,52a	35,22a	30,20a	3,55a	
CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	1,48a	2,69a	0,45a	0,29a	0,16b	0,11a	12,43a	4,00a	14,12a	1,67a	85,88a	0,00a	12,60a	39,75a	30,22a	3,37a	
CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	1,52a	2,74a	0,45a	0,26a	0,20a	0,13a	11,42a	4,68a	14,10a	2,67a	85,90a	0,70a	14,10a	38,77a	28,92a	3,42a	
10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	1,58a	2,74a	0,43a	0,27a	0,16a	0,09b	14,43a	3,0b	17,10a	2,67a	82,90b	0,0a	13,67a	33,15b	31,68a	4,37a	
CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	1,60a	2,77a	0,42a	0,26a	0,16a	0,11a	13,08ab	4,0ab	15,48a	2,33a	84,52a	0,0a	11,52b	38,73a	30,70a	3,58b	
CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	1,65a	2,75a	0,40a	0,23b	0,17a	0,12a	11,77b	6,03a	14,80b	3,00a	85,20a	0,5a	13,55a	37,88a	29,57a	3,73ab	
25-60	25-60	25-60	25-60	25-60	1,52b	2,71a	0,44a	0,28a	0,16a	0,09a	15,78a	0,33b	18,80a	3,00a	81,20a	0,00a	12,62a	33,98a	30,15a	4,50a	
CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	1,57b	2,75a	0,43a	0,26a	0,17a	0,10a	15,43a	4,68a	17,12a	1,67a	82,88a	0,00a	11,60a	39,58a	27,62a	4,07a	
CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	1,63a	2,74a	0,40b	0,23b	0,17a	0,11a	14,10a	3,37a	16,48a	2,33a	83,52a	0,52a	12,85a	37,08a	29,05a	4,07a	
60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	1,47a	2,74a	0,46a	0,30a	0,16a	0,10a	18,13a	0,33a	19,13a	1,00a	80,87a	0,00a	12,78a	34,75a	28,60a	4,78a	
CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	CI 5PC	1,52a	2,75a	0,45a	0,29a	0,16a	0,10a	16,78ab	0,00a	19,13a	2,33a	80,87a	0,00a	11,13b	37,40a	27,87a	4,45a	
CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	CI 5E	1,53a	2,74a	0,44a	0,28a	0,16a	0,10a	14,77b	2,67a	16,45a	1,67a	83,55a	0,65a	13,80a	37,47a	27,58a	4,02a	
0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	6,0	2,0	8,0	20,0	11,0	13,0	8,0	31,0	8,0	41,0	1,0	28,6	19,0	8,0	12,0	13,0	
dms	dms	dms	dms	dms	0,13	0,08	0,05	0,08	0,03	0,02	1,46	2,0	2,0	1,45	1,83	1,09	3,92	4,71	5,28	0,68	
10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	3,0	2,0	4,0	9,6	8,0	11,0	7,0	37,0	8,0	5,0	2,0	28,0	10,0	7,0	11,0	13,0	
dms	dms	dms	dms	dms	0,08	0,10	0,03	0,04	0,02	0,02	1,39	2,41	1,96	1,84	1,96	0,68	1,96	3,76	4,95	0,75	
25-60	25-60	25-60	25-60	25-60	2,0	3,0	6,0	11,0	7,0	11,0	12,0	41,0	13,0	39,0	3,0	28,5	75,0	12,0	14,0	17,0	
dms	dms	dms	dms	dms	0,06	0,12	0,04	0,04	0,02	0,02	2,74	2,34	3,31	1,38	3,31	0,74	3,23	6,50	5,84	1,09	
60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	5,0	3,0	8,0	16,0	9,0	12,0	9,0	194	12,0	103	3,0	27,2	11,0	10,0	12,0	12,0	
dms	dms	dms	dms	dms	0,10	0,13	0,05	0,07	0,02	0,02	2,33	2,92	3,16	2,59	3,16	0,88	2,07	5,29	4,98	0,79	

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 15. Valores médios dos atributos físicos do solo analisados na profundidade de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm

Trat.	densidade		Porosidade		Água		Argila		Argila +		Areia		M.Gr.	Grossa Méd.	Fina	M.F	
	solo	part.	Total	Macro	Micro	Disp.	Total	H ₂ O	Site	Site	Total	M.Gr.					
	-----gcm ⁻³ -----		-----cm ³ cm ⁻³ -----		-----		-----		-----		-----%		-----				
0-10	CE	1,56a	2,69a	0,42a	0,24b	0,18a	0,09a	12,77a	3,67c	15,45a	2,67a	84,55b	0,07a	15,52b	32,22b	30,20a	3,55a
	CI9PC	1,48a	2,79a	0,47a	0,32a	0,15b	0,10a	9,68b	7,67a	11,35b	1,67b	88,65a	0,60a	18,08a	39,50a	27,48a	2,98ab
	CI9E	1,51a	2,77a	0,45a	0,27a	0,19a	0,11a	8,33c	6,33b	12,05b	3,67a	87,95a	0,38a	20,58a	39,17a	25,18a	2,60b
10-25	CE	1,58a	2,74a	0,43a	0,27a	0,16a	0,09a	14,43a	3,0b	17,10a	2,67a	82,90b	0,00b	13,67b	33,15b	31,68a	4,37a
	CI9PC	1,60a	2,83a	0,44a	0,29a	0,15a	0,10a	10,68b	8,0a	12,35b	1,67a	87,65a	0,00b	18,33a	38,67a	25,83a	3,07b
	CI9E	1,64a	2,77a	0,41a	0,25a	0,16a	0,10a	10,03b	7,0a	12,37b	2,33a	87,63a	0,72a	17,67a	39,88a	26,87a	3,22b
25-60	CE	1,52b	2,71b	0,44a	0,28a	0,16a	0,09a	15,78a	0,33b	18,80a	3,00a	81,20b	0,00b	12,62b	33,97a	30,15a	4,50a
	CI9PC	1,62a	2,83a	0,43a	0,28a	0,15b	0,09a	13,05b	8,03a	14,72b	1,67a	85,28a	0,75a	15,52a	36,58a	28,65a	3,78ab
	CI9E	1,62a	2,82a	0,43a	0,28a	0,15b	0,08a	11,68b	8,00a	14,05b	2,3a	85,95a	0,00b	18,70a	39,28a	24,68b	3,32b
60-100	CE	1,47a	2,74a	0,46a	0,30a	0,16a	0,10a	18,13a	0,33b	19,13a	1,00a	80,87b	0,00a	12,78b	34,75a	28,60a	4,78a
	CI9PC	1,54a	2,81a	0,45a	0,29a	0,16a	0,10a	15,10b	2,33a	17,10b	2,00a	82,90a	0,17a	16,43a	36,97a	25,38a	3,97a
	CI9E	1,52a	2,80a	0,46a	0,30a	0,16a	0,08a	14,05b	3,33a	16,05b	2,00a	83,95a	0,55a	18,73a	37,47a	24,35a	2,88b
0-10	CV(%)	5,0	3,0	7,0	16,0	11,0	17,0	9,0	14,0	9,0	34,0	1,0	235,0	18,0	165,0	14,0	18,0
	dms	0,12	0,11	0,05	0,07	0,027	0,02	1,35	1,22	1,67	1,34	1,67	1,23	4,84	3,81	5,59	0,83
	CV(%)	4,0	3,0	6,0	13,0	9,0	15,0	9,0	15,0	7,0	52,0	1,0	195	13,0	9,0	13,0	18,0
10-25	dms	0,09	0,11	0,04	0,05	0,02	0,02	1,58	1,34	1,37	1,73	1,37	0,70	3,19	5,04	5,36	0,97
	CV(%)	2,0	2,0	3,0	6,0	6,0	11,0	10,0	16,0	7,0	39,0	1,0	190,0	16,0	13,0	12,0	17,0
	dms	0,05	0,09	0,02	0,03	0,01	0,02	2,10	1,33	1,69	1,38	1,70	0,71	3,65	6,94	5,12	0,96
60-100	CV(%)	5,0	2,0	7,0	13,0	8,0	15,0	6,0	45,0	7,0	73,0	1,40	308	11,0	9,0	13,0	17,0
	Dms	0,10	0,09	0,05	0,06	0,02	0,02	1,45	1,34	1,75	1,82	1,75	1,10	2,67	5,00	5,06	0,97

Médias de seis repetições seguidas de mesma letra na coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

4.3.3 Água disponível e curva de retenção de água

Os resultados obtidos mostram que o manejo do solo com 5 anos de citricultura alterou a disponibilidade de água na camada de 0-10 cm de profundidade, com aumento da água disponível da ordem de 44%, passando de $0,09 \text{ cm cm}^{-3}$ no cerrado para $0,13 \text{ cm cm}^{-3}$ na entrelinha, não se verificando o mesmo para a projeção da copa (Tabela 14). Na profundidade de 10-25 cm, o comportamento foi semelhante, com incremento de 33% na disponibilidade de água, passando de $0,09 \text{ cm cm}^{-3}$ no cerrado para $0,12 \text{ cm cm}^{-3}$ na entrelinha de citros. Nas demais profundidades, embora tenha ocorrido modificações nas curvas de retenção de água, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas para água disponível.

O aumento da água disponível verificado para 0-10 cm e 10-25 cm pode ser atribuído ao aumento da água retida nas baixas tensões, uma vez que para a camada de 0-10 cm verifica-se uma tendência de aumento da macroporosidade e redução da densidade enquanto que para a camada de 10-25 cm, provavelmente está relacionado ao aumento da água retida nas tensões ao redor de 1 kPa, devendo-se observar ainda que em ambos os casos a água retida nas maiores tensões (100-1500 kPa) foi menor para a área manejada em relação ao cerrado, como pode ser visto na Figura 21.

Para o sistema com 9 anos de citricultura também pode ser observado, tanto para a profundidade de 0-10 cm como para 10-25 cm, um aumento na água retida nas baixas tensões (Figura 22), não refletindo entretanto no aumento da água disponível devido as reduções na água retida para as tensões de 10-1500 kPa.

Para as profundidade de 25-60 cm e 60-100 cm, embora tenha ocorrido incremento no teor de matéria orgânica (Figura 8), o que sugeria uma interferência positiva nas curvas de retenção de umidade, o mesmo foi acompanhado por ligeiras reduções nos teores de argila (Figura 18) e incremento nos valores de densidade do solo (Figura 21).

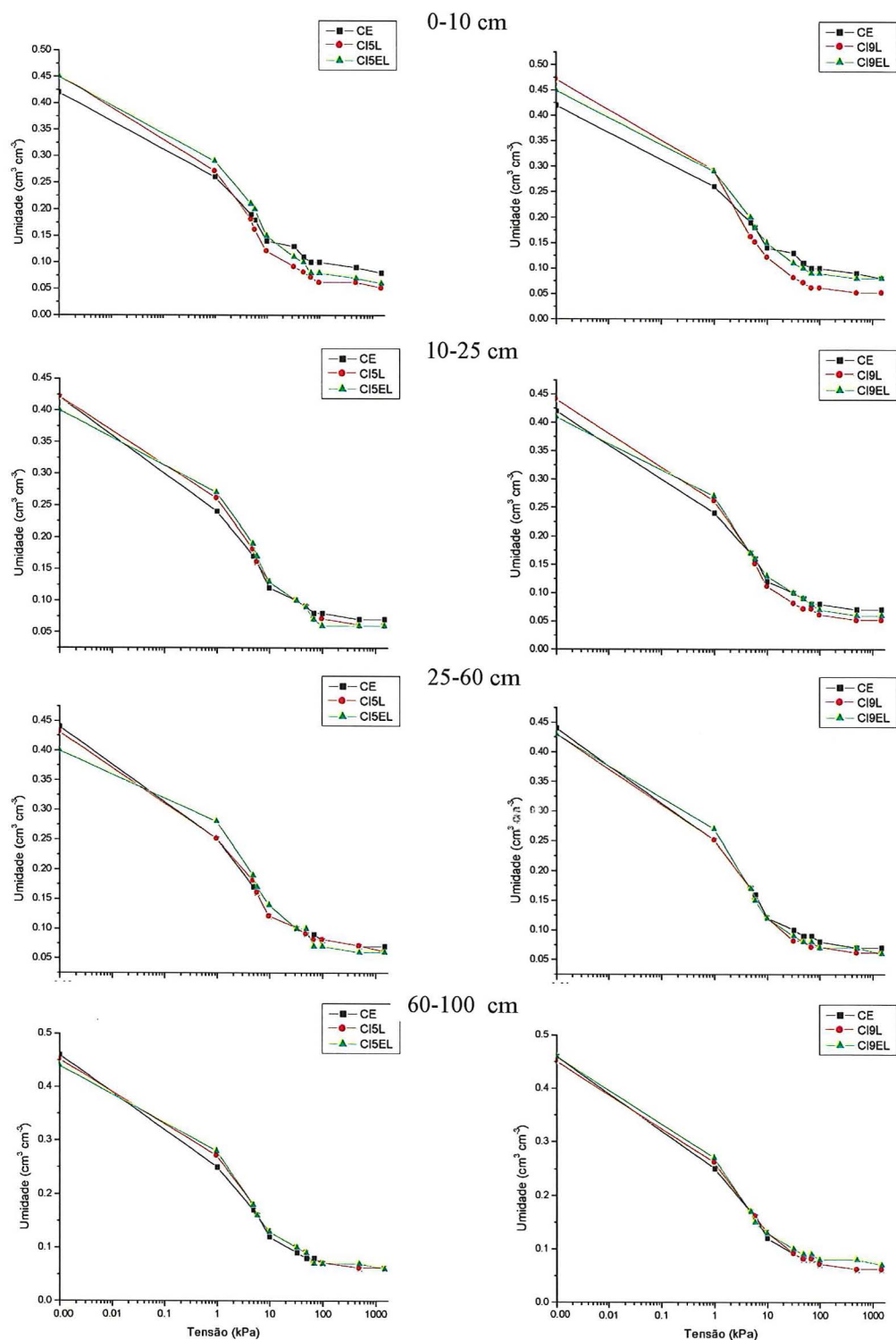


Figura 22- Curvas de retenção de água no solo nas profundidades de 0-10 cm, 10-25 cm, 25-60 cm e 60-100 cm, nas condições de 5 anos (esquerda) e 9 anos (direita) de manejo

5 CONCLUSÕES

- O uso do solo com a citricultura alterou positivamente parâmetros de fertilidade, com incremento nos valores de pH e teores de potássio, cálcio, magnésio e de saturação por bases e redução do alumínio até 100 cm de profundidade, nas áreas com 5 anos e 9 anos de manejo;
- A matéria orgânica do solo foi incrementada até 100 cm de profundidade no solo com 9 anos de manejo e mantida a valor semelhante ao do cerrado aos 5 anos de manejo com citricultura;
- Nos solos manejados com a citricultura observou-se incremento tanto da CTC efetiva como CTC potencial até 60 cm de profundidade;
- A água disponível aumentou na camada superficial do solo sob a cultura de citros em relação ao solo sob vegetação de cerrado.

Em função das alterações benéficas nos parâmetros de fertilidade e nas características físico-hídricas pode-se concluir que houve um impacto positivo da citricultura no potencial produtivo solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M.I.N. Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas. Lavras, 1996. 211p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- AMARAL, E.F. **Quantificação de raízes utilizando imagens digitais**. Rio Branco: EMBRAPA, 1998, p.1-3, (Boletim informativo, 125).
- ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de ARGISSOLO AMARELO Distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.307-315, 2004.
- ARRUDA, N.G.; CANTARUTTI, R.B.; MOREIRA, E.M. Tratamentos físicos-mecânicos e fertilização na recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiros. **Pasturas Tropicais**, v.9, p.34-36, 1987.
- AUGUSTÍ, M.A.; ALMELA, V.; AZNAR, M.A.; FERRER, M.J.; ERES, V.R. **Desarrollo y tamaño final Del frutos en los agrios**. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria D'Agricultura, Pesca i Alimentación, 1995, 80p.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.687-694, 1999.

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.235-239, 1997.
- BESSHO, T.; BELL, L.C. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. **Plant Soil**, v.140, p.183-196, 1992.
- BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, v.190, p.309-316, 1997.
- BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* jacq.sob pastejo rotacionado (compact disc). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. **Anais**. Viçosa: UFV, 2000.
- BROWN, D.A.; SCOTT, H. don. Dependence of crop growth and yield on root development and activity. In: BARBER, S.A.; BOULDIN, D.R. (Ed.). **Roots and water influx, and plant growth**. Madison: Soil Science Society of America. 1984. cap.6, p.101-136.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- CARVALHO, M.C.S. Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológico do solo. Piracicaba, 1999. 103p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.527-538, 1998.
- CASTRO, O.M. Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1995. 174p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- CASTRO, P.R.C.; MARINHO, C.S.; PAIVA, R.; MENEGUCCI, J.L.P. Fisiologia da produção de citros. **Informe Agropecuário**, v.22, n.209, p.26-38, 2001.
- CENTURIION, J.F; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistema de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.267-270, 1985.
- CENTURIION, J.F. Efeitos de sistema de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura do milho implantada. Piracicaba, 1988. 125p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica em solos de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS. Jaboticabal, 1989. Jaboticabal: FUNEP, 1989, p.135-147.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

- CORRÊA, M.R.; KANNO, T.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; BERETTA, L.G.R.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G; BONO, J.A.M. Produção de raízes em cinco forrageiras tropicais sob pastejo na região dos cerrados (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais**. Porto Alegre: SBZ, 1999.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.471-477, 1993.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil Tillage Research**, v.8, p.253-263, 1986.
- DOVRAT, A.; DAYAN, E.; VAN KEULEN, H. Regrowth potential on shoot and roots of Rodes grass (*Chloris gayana*) after defoliation. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v.28, p.185-199, 1980.
- ELTZ, F.L.P.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.259-267, 1989.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- ERICKSON, A.E. Tillage effects on soil aeration. In. PREDICTING TILLAGE EFFECTS ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND PROCESSES. Madison, 1982. **Proceedings**. Madison. American Society of Agronomy, 1982, p.91-104.

- FERNANDES, F.A. Matéria orgânica e características físico-químicas de podzóis hidromórficos no pantanal Mato-Grossense: alterações pelo uso com pastagens cultivadas. Piracicaba, 1993. 74p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- FISCUS, E.L.; MARKHART, A.H. Relationship between root system transport properties and plant size in *Phaseolus vulgaris*. **Plant Physiology**, v.64, p.770-773, 1979.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos Comunicação, 2001. p. 285-315: Laranja.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.533-542, 1999.
- GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. Fertilidade de solo e nutrição de plantas. In: GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. cap.7, p.77-92.
- GILLMAN, G.P. A proposed method for the measurement of exchange properties of weathered soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.17, p.129-139. 1979.
- HARRIS, W. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pastures. In: WILSON, J.R. (Ed.) **Plant relations in pastures**. Brisbane: CSIRO, 1978. p.67-85.
- HILL, R.L. Long-term conventional tillage and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of American Journal**, v.54, n.1, p.161-166, 1990.

- HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.
- HOPIKNS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New york: John Wiley, 1995. 464p.
- HUE, N.V.; AMMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. **Communicativus in Soil Science and Plant Analysis**, v.20, p.1499-1511,1989.
- JONES, W.W.; EMBLETON, T.W. Soils, soil management and cover crops. In: REUTHER, W. (Ed.). **The Citrus Industry**. Riverside: University of California, 1973, v.3, p.98-129.
- KRAMER, P.J. **Water relations of plants**. Orlando: Academic Press, 1983. 489p.
- LIBARDI, P.L.; LIER, J. Van. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS, Aracaju, 1999. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.47-56.
- LIMA, J.M.J.C. Alterações de propriedades de solos cultivados com cana-de-açúcar. Piracicaba, 1995. 173p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162.

- MATTHEW, C. A study of seasonal root and tiller dynamics in swards of perennial ryegrass (*Lolium perenne*, L.). Palmerston North, 1992. 247p. Thesis (Ph.D) – Massey University
- MAZZA, J.A. Variações em algumas propriedades de solos com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tratados com doses maciças de vinhaça. Piracicaba, 1985. 104p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1982. 593p.
- MERTEN, G.H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob dois sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.369-374, 1991.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.
- MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio Direto no Brasil**. Campinas: Fund. Cargill, 1984 cap.4, p.53-78.
- MONTENEGRO, H.W.S. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, 1960. 147p. Tese (Cátedra) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MOREIRA, C.S. Estudo da distribuição do sistema radicular da laranjeira Pêra (*Citrus sinensis* Osbeck) com diferentes manejos de solo. 1983. 97p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na Região amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1409-1418, nov. 2001.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.1, p.95-102, 1983
- MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; VIDAL TORRADO, P.; MACHADO, J. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill.1985, p.147-160.
- MUZILLI, O. A fertilidade do solo no contexto da agricultura sustentável. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 12., Águas de Lindóia, 1996. **Anais**. Águas de Lindóia: Comissão de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, 1996.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.107-151.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, v.76, p.319-337,1984.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURTI, N. Caracterização química e físico hídrica de um LATOSSOLO VERMELHO após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.327-336, 2004.

- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. do. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos**. Campinas: IAC, 1984. 188p, (Boletim Técnico, 98).
- ORTOLANI, A.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JR.J.; AMARO, A.A. (Ed.). **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.153-192.
- PACE, C.A.M.; ARAÚJO, C.M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados e sua relação com a formação de copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., Brasília, 1986, **Anais**. Brasília: EMBRAPA DDT/CNPq. 1986. p.199-205.
- PAGOTTO, D.S. Comportamento do sistema radicular do capim tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo. Piracicaba, 2001. 51p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.135-140, 1991
- PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA, C.F.A.; GOMES, A.S.; SILVA, J.B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.189-195, 1999.

- PEETEN, H. O controle da erosão em 200.000 há cultivados na região dos campos gerais do Paraná, pelo sistema de plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Campinas, 1984 cap.5, p.79-92.
- PERIN, E.; CERETTA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.665-674, 2003.
- PIZAURO JÚNIOR, J.M.; MELO, W.J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablab nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.95-103, jan./abr. 1995.
- RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto Potassa & Fosfato/ Inst. Intern. Potassa, 1981. p. 95-100.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- RAZUK, R.B. Avaliação do sistema radicular de acessões de *Brachiaria brizantha* e suas relações com atributos químicos e físicos do solo. Dourados, 2002. 56p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- REID, J.B.; GOSS, M.J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. **Journal of Soil Science**, v.32, p.521-541, 1981.
- REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In: REUTHER, W. (Ed.). **The citrus Industry**. Riverside: University of California, 1973. v.3, cap.9, p.280-337.

- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; SOUZA, D.M.G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador. 1981. **Programa e resumos**. Salvador: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p.96.
- RODRIGUES, A.C.G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.3, p.439-445, mar.1991.
- RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O; VIÉGAS, F.C.P. C. (Ed.) **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. v.2, 739p.
- RODRIGUEZ, O. Ecofisiologia dos citros. In: CASTRO, P.C. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafós, 1987. p.149-162.
- RODRIGUES, L.R.; RODRIGUES, T.J.D.; RAMOS, A.K.B. ; QUADROS, D.G. Dry matter production of shoots and root density of two cultivars of *Lablab purpureus* (L.) Sweet. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., Piracicaba, 2001. **Proceedings**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.573-574.
- SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96p.
- SÁ, J.C.M. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto., Piracicaba, 2001. 141p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ FILHO, A.B.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.2, p.183-189, 1998.
- SELLES, F.; KOCHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; ZENTNER, R.P.; FAGANELLO, A. Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian Oxisol under different tillage systems. **Soil Tillage Research**, v.44, p.23-34, 1997.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p.249-254, 1985.
- SILVA, J.E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.541-547, 1994.
- SILVA, I.F. da; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p.113-117, 1997a.
- SILVA, I.F. da; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.2, p.313-319, 1997b.
- SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais**. Jaboticabal: UNESP, FCAV, 1997. p.1-62
- STONE, J.A.; BUTTERY, R. Nine forages and the aggregation of a clay loam soil. **Canadian Journal of Soil Science**, v.69, p.165-169, 1989.

TEÓFILO SOBRINHO, J.; POMPEU JR., J.; FIGUEIREDO, J.O. Adensamento de plantio de laranja Valência sobre trifoliata – Resultados de 18 anos de colheita. **Laranja**, v.13, n.2, p.435-455, 1992.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.107-14, 1992.

THOMAS, G.W.; WELLS, K.L.; MURDOCK, L. Fertilization and liming. In: Philips. In: R.E.; THOMAS, C.W.; BLEVINS, L. (Eds.). **No-tillage research: Research reports and reviews**. Lexington: University Kentucky - College of agriculture and Agric. Exp. Sta., 1981. p.43-54.

TRIPLETT JÚNIOR. G.B.; Van DOREN JÚNIOR., D.M. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on no-tillage maize. **Agronomy Journal**, v.61, p.637-639, 1969

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.

VOORHEES, W.B.; JOHNSON, J.F.; RANDALL, G.W.; NELSON, W.W. Corn growth and yield as affected by surface and subsoil compaction. **Agronomy Journal**, v.81, p.294-303, 1989.

VOORHEES, W.B.; LINDSTROM, M.J. Long term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. **Soil Science Society of American Journal**, v.48, p.152-156, 1984.