



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**QUALIDADE FÍSICA DE UM ARGISSOLO AMARELO EM ÁREAS CULTIVADAS
COM LARANJA NO NORDESTE PARAENSE**

NEILO BERGAMIN MOREIRA

Belém
Pará - Brasil
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Moreira, Neilo Bergamin
Qualidade física de um Argissolo Amarelo em áreas cultivadas com laranja no nordeste paraense./Neilo Bergamin Moreira. - Belém, 2009.

55f.:il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

1. Física do solo 2. Índice S 3. Compactação 4. Manejo do solo
5. Leguminosas I. Título.

CDD – 631.43



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**QUALIDADE FÍSICA DE UM ARGISSOLO AMARELO EM ÁREAS CULTIVADAS
COM LARANJA NO NORDESTE PARAENSE**

NEILO BERGAMIN MOREIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”.

Orientadora: Prof. Dr. Herdjanira Veras de Lima

Belém
Pará - Brasil
2009



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**QUALIDADE FÍSICA DE UM ARGISSOLO AMARELO EM ÁREAS CULTIVADAS
COM LARANJA NO NORDESTE PARAENSE**

Aprovada em 13 de fevereiro de 2009

NEILO BERGAMIN MOREIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”.

Banca Examinadora

Engenheira Agrônoma Professora Dr. Herdjanira Veras de Lima
(Orientadora)
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Sebastião Geraldo Augusto
(Universidade Federal do Pará – UFPA)

Licenciado em Ciências Agrárias, Dr. João Tavares Nascimento
(Escola Agrotécnica de Castanhal)

Engenheiro Agrônomo Professor, Dr. Norberto Cornejo Noronha
(Universidade Federal Rural da Amazônia– UFRA)

A minha família, principalmente aos meus pais,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Nossa Senhora de Nazaré por ter me abençoado e atendido meus pedidos nas horas mais difíceis;

A minha família, principalmente aos meus pais Silvana Goreth Bergamim Moreira e Vanderlei Alves Moreira sem o qual eu não estaria aqui, pela força, incentivo e coragem para seguir em frente nesta carreira;

A minha orientadora Prof^ª. Herdjania Veras de Lima minha orientadora a qual devo muito pelos conhecimentos que adquiri, pela paciência de ensinar e ao Prof^º. Paulo Roberto Silva Farias;

A todas as amigas que conquistei no programa de mestrado de pessoas que posso contar sempre, em especial: Clévea da Silva, Elaine Guedes, Savia da Silva;

A todos os professores do departamento de solos pelos ensinamentos em suas disciplinas;

A Embrapa Amazônia Oriental e ao funcionário do laboratório de física, Éden;

A toda a equipe que contribuiu direta ou indiretamente para a realização deste estudo, em especial: Sâmala Glícia, Carla Pará, Rhengles Menezes, Gerson Albuquerque, Bruno Monteiro, Lorena Chagas, Katiane Raquel, Havier Pitta e João Franco;

Ao departamento de ciência do solo e aos técnicos de laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia;

A minha namorada Thielly Jessie da Silva Costa, companheira e braço forte nas horas mais difíceis, por todo o carinho e compreensão que teve comigo;

BIOGRAFIA

Neilo Bergamin Moreira, filho de Vanderlei Alves Moreira e Silvana Goreth Bergamim Moreira, nasceu em Altamira, Pará, em 23 de abril de 1983.

Em janeiro de 2002 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal do Pará (UFPA) em Altamira. Graduou-se em dezembro de 2006.

Em março de 2007, iniciou o curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado em Agronomia, na área de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre, na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. A citricultura no contexto do estado do Pará	18
2.2. Compactação do solo em pomar de laranja e técnicas de manejo	18
2.3. Benefícios da utilização do sistema agroflorestal	19
2.4. Melhoria da qualidade física do solo através do uso de leguminosas	20
2.4.1. Feijão de porco	22
2.4.2. Feijão guandu anão	22
2.4.3. crotalaria spectabilis	23
2.4.4. Crotalaria juncea	23
2.5. Indicadores da qualidade física do solo	23
2.6. Curva de retenção de água (CRA) e porosidade do solo	24
2.7. Curva de resistência do solo a penetração e densidade do solo	25
2.8. Índice S de qualidade física e estrutural do solo	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1. Localização e descrição das áreas experimentais	29
3.2. Determinação das análises físicas do solo	32
3.3. Análise estatística	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Sistemas de manejo do solo	35
4.1.2. Densidade do solo	35
4.1.3. Curva de resistência do solo a penetração (CRP)	36
4.1.4. Curva de retenção de água (CRA)	37
4.1.5. Porosidade do solo	40
4.2. Estudo das leguminosas como alternativa para descompactação do solo em área de citrus	43
4.2.1. Densidade do solo (Ds)	43
4.2.2. Curva de resistência do solo a penetração (CRP)	44
4.2.3. Curva de retenção de água (CRA)	46
4.2.3. Porosidade do solo	48
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIA BIBIOGRÁFICA	52

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. (A) Exemplo de uma curva de retenção de água mostrando o ponto de inflexão e a inclinação, $\tan \omega$, da tangente da curva no ponto de inflexão. (B) Curvas de retenção de água de um solo franco-areno- argiloso em duas diferentes densidades de solo. Degradação física do solo ocorre quando o solo é compactado. Adaptado de Dexter (2004).....18
- Figura 2. Mapa de coleta das amostras nas áreas com manejo leguminosas e convencional e no manejo convencional.....20
- Figura 3. Preparo das áreas com gradagem, solo exposto e plantio a lanço das sementes das leguminosas.....21
- Figura 4. Crescimento das leguminosas utilizadas no experimento: (a) *Crotalaria spectabilis*, (b) Feijão guandu anão, (c) *Crotalaria juncea* e (d) Feijão de porco.....21
- Figura 5. Mapa de coleta das amostras indeformadas 10 e 30 cm no manejo agroflorestal.....22
- Figura 6. Distribuição do sistema radicular do porta-enxerto no pomar de laranja.....23
- Figura 7. Variação da densidade do solo nos diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 e 30 cm.....26
- Figura 8. Variação da RP em função da umidade com diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 (a) e 30 (b) cm.....27
- Figura 9. Curvas de retenção de água para os diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 (a) e 30 cm (b).....29
- Figura 10. Distribuição do tamanho de poros no sistema de manejo do solo com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 e 30 cm.....32
- Figura 11. Derivação da equação de ajuste da curva de retenção em relação ao logaritmo do raio do poro, nos diferentes sistemas de manejo do solo.....33
- Figura 12. Variação da densidade do solo com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 e 30 cm.....34

Figura 13. Variação da RP em função da umidade com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 (a) e 30 (b) cm.....	36
Figura 14. Curvas de retenção de água ajustadas segundo o modelo de Van Genuchten para as diferentes espécies de leguminosas, nas profundidades de 10 (a) e 30 cm (b).....	38
Figura 15. Distribuição do tamanho de poros no sistema de manejo do solo com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 (a) e 30 (b) cm.....	40
Figura 16. Derivação da equação de ajuste da curva de retenção em relação ao logaritmo do raio do poro no manejo do solo com diferentes espécies leguminosas.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de leguminosas estudadas na área de laranja e quantidade de sementes utilizadas no plantio.....	22
Tabela 2. Características granulométricas, classificação textural e profundidade dos horizontes nos sistemas de manejo do solo.....	24
Tabela 3. Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo à equação de Van Genuchten nos sistemas de uso do solo.....	30
Tabela 4. Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo à equação de Van Genuchten com diferentes espécies de leguminosas.....	39

MOREIRA, Neilo Bergamin. **Qualidade física de um Argissolo Amarelo em áreas cultivadas com laranja no nordeste paraense.** Belém: UFRA, 2009. 55p. Dissertação (Dissertação - Mestrado).

RESUMO

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM LARANJA NO NORDESTE PARAENSE

A qualidade física do solo em áreas cultivadas com laranja vem sendo muito afetada pelo manejo, principalmente com a utilização de implementos agrícolas pesados no solo úmido. Dentre os principais problemas são mencionados a compactação e aumento da densidade do solo impedindo o crescimento radicular das plantas. O objetivo foi caracterizar e quantificar a qualidade física do solo sob três tipos de manejo em áreas cultivadas com laranja no nordeste paraense. O estudo foi desenvolvido em 2007/2008 em duas áreas cultivadas com laranja Pêra (*Citrus sinensis* L. osb.) enxertada com tangerina Cleópatra (*Citrus reshini* hort. Ex. Tanaka), no município de Capitão Poço, PA. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso textura média. Os manejos avaliados foram: Manejo Convencional do solo, Manejo consorciado com espécies Agrofloretais e Manejo com uso de Leguminosas. Também foram comparadas entre si, as diferentes espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan* e *Crotalaria spectabilis*). Foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 10 e 30 cm para a determinação dos seguintes parâmetros físicos: granulometria, curva de retenção de água (CRA), curva de resistência do solo a penetração (CRP), densidade do solo (Ds), distribuição do tamanho de poros e umidade volumétrica (θ_v). Foi determinado também o índice S de qualidade física e estrutural do solo segundo os ajustes à equação de van Genuchten. O manejo do solo com o uso de leguminosas apresentou melhores condições físicas e estruturais determinadas pelo índice S e não houve diferença entre as espécies de leguminosas utilizadas. O manejo que mais degradou o solo foi o convencional. Verificou-se estreita relação entre a resistência a penetração (RP) e a θ_v do solo na profundidade de 30 cm, sendo necessário manter maiores conteúdos de água no solo para que o mesmo não seja restritivo ao crescimento radicular.

Palavras chave: índice S, compactação, manejo do solo, leguminosas.

MOREIRA, Neilo Bergamin. **Soil physical quality analysis in areas cultivated with orange in the northeast paraense**. Belém: UFRA, 2009. 55p. Dissertação (Dissertação - Mestrado).

ABSTRACT

SOIL PHYSICAL QUALITY ANALYSIS IN AREAS CULTIVATED WITH ORANGE IN THE NORTHEAST PARAENSE

The soil physical quality in areas cultivated with orange has been very affected by the management, mostly with the agricultural implements utilization weighed in the humid soil. Among the main problems are mentioned compaction and soil density increase impeding the growth root of the plants. The goal was going to characterize and to quantify the soil physical quality under three management types in areas cultivated with orange in the northeast paraense. The study was going developed in 2007/2008 in two areas cultivated with orange Pear (*Citrus sinensis* L. osb.) grafted with tangerine Cleopatra (*Citrus reshini* hort. Former. Tanaka), in the municipal district Capitão Poço, Pará. The soil was going classified like yellow dystrophic Ultissol texture average. The analyzed management were: Soil conventional management, management associated with species agroforestry and management with use of Leguminous. Were also going compared to each other, the different species of leguminous *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan* and *Crotalaria spectabilis*. Were going collected samples deformability in the depths of 10 and 30 cm for the determination of the following physical parameters: soil bulk density (Db), soil water retention curve (SWRC), soil resistance curve the penetration (SRCP), size, pores size distribution and volumetric moisture (θ_v). Was going determined also the index S of soil second physical and structural quality the fittings to the equation of Van Genuchten. The soil management with the use of leguminous introduced better physical and certain structural conditions by the index S and there wasn't difference between species of used leguminous. The management that more degraded the soil was the conventional. Was going verified narrows relation between resistance penetration (RP) and θ_v the one of soil in the depth of 30 cm being necessary to keep larger water contents in the soil so that the same don't be restrictive to the growth root.

Key words: index S, compaction, soil management, leguminous.

1. INTRODUÇÃO

Nos estudos que envolvem a agricultura e meio ambiente é crescente a necessidade de adoção de critérios que possam avaliar, de forma correta, as condições atuais, bem como, as ideais dos compartimentos do agroecossistema. Por exemplo, como saber se um solo apresenta limitação em relação a um determinado componente, seja ele físico ou químico e mesmo biológico? A resposta para essa pergunta remete a uma série de reflexões que envolvem aspectos relacionados às atividades agrícolas, principalmente, aqueles relativos à física e à fertilidade do solo, além de questões de ordem ambiental relacionadas às alterações naturais e antrópicas do ecossistema (Embrapa Meio Ambiente, 2006).

Para a maioria dos manejos empregados no campo a manutenção de propriedades desejadas nos solos cultivados é um sério problema. Em pomares de plantas cítricas tecnificados, onde se usa mecanização, por exemplo, o tráfego de máquinas pesadas é constante. Desta forma é necessário buscar alternativas de manejo que visem manter boas características físicas do solo para uma produtividade econômica sustentável que minimize os impactos da compactação, aumentando a vida útil agrícola das áreas exploradas mantendo a produtividade das plantas por um maior período de tempo.

A determinação das limitações físicas do solo é feita por meio de diferentes propriedades do solo através de parâmetros como a densidade, distribuição do tamanho de poros, resistência do solo à penetração, retenção de água, agregação e estabilidade estrutural, resistência tênsil, intervalo hídrico ótimo e mais recentemente o índice de qualidade física e estrutural do solo, S, proposto por Dexter (2004).

O tráfego de máquinas em pomar cítrico é um grave problema devido o elevado número de operações agrícolas como pulverizações, roçagens, colheitas e adubações que coincidem com o período chuvoso, causando compactação do solo. Sanches et al. (1999) observaram maiores valores de densidade do solo nos cultivos de citrus em comparação a mata nativa, podendo estar relacionado a compactação do solo e ao tráfego de máquinas.

Na literatura não existe estudo sob o nível de compactação encontrado nos solos cultivados com laranja na região nordeste do Estado do Pará. A ausência desse conhecimento tem levado os produtores à aplicação excessiva de fertilizantes e adubos químicos, visando o aumento da produtividade. Na literatura podem ser encontrados trabalhos que apontam não haver relação entre os atributos químicos do solo com a produtividade dessas áreas (Oliveira, 2007), levantando a hipótese de que a compactação do solo pode ser o fator limitante da baixa produtividade dos mesmos.

Para as condições de uso e manejo dos solos tropicais brasileiros, em especial a região Amazônica, ainda se há poucos estudos que quantifiquem a qualidade física do solo. Desse modo, levantou-se a hipótese de que o manejo consorciado da laranja com espécies florestais e com leguminosas propiciam melhores condições físicas ao solo.

O objetivo geral foi caracterizar e quantificar a qualidade física do solo em sistemas de manejo convencional, agroflorestal e com leguminosas em áreas cultivadas com laranja no município de Capitão Poço. Os objetivos específicos foram: 1) determinar a curva de retenção de água do solo; 2) determinar a densidade do solo; 3) determinar a distribuição de tamanho de poros; 4) determinar a curva de resistência do solo a penetração; 5) determinar o índice S de qualidade do solo, 6) avaliar o uso de leguminosas e espécies florestais na melhoria das propriedades físicas do solo e 7) avaliar qual tipo de leguminosa poderá ser utilizada para melhorar as propriedades físicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CITRICULTURA NO CONTEXTO DO ESTADO DO PARÁ

A produção de citros no Estado do Pará é de, aproximadamente, 240 mil toneladas/ano, cultivadas em uma área de 15 mil hectares, de acordo com dados do IBGE (2006). O valor financeiro gerado com essa atividade produtiva fica em torno de R\$ 30 milhões/ano, empregando mais de 10 mil trabalhadores. O Pará é o 7º maior produtor nacional de laranja.

O Brasil é o maior produtor de frutas cítricas do mundo, detendo cerca de um terço da produção mundial. A produção brasileira mais expressiva está situada no estado de São Paulo, o qual responde por 70% da produção nacional de laranja (IBGE, 2006). A citricultura detém força expressiva em relação ao emprego de mão de obra absorvendo um número muito acentuado de trabalhadores em suas atividades diárias.

2.2. COMPACTAÇÃO DO SOLO EM POMAR DE LARANJA E TÉCNICAS DE MANEJO

O desenvolvimento das plantas cítricas geralmente é adequado em muitos tipos de solos com boa porosidade, permeabilidade e condições físicas apropriadas que não sejam impeditivas ao crescimento radicular que possui relação direta com o volume da copa e a produtividade (Oliveira, 1991). O principal problema que ocorre em pomares cítricos é a compactação do solo que devido à realização das operações com os implementos agrícolas pesados no solo úmido, principalmente na época da colheita (Tersi & Rosa, 1995).

Segundo Stolf (1987) a compactação do solo nos pomares cítricos pode ocorrer por toda área ou em determinados locais, que nem sempre são no centro das ruas, devido à distribuição do peso dos implementos pelos rodados. Neves et al. (2004) verificou que o sistema radicular das plantas cítricas desenvolveu-se de 1,5 a 3,7 m de distância em relação ao tronco, sendo os fatores fundamentais que determinam esse desenvolvimento, a variedade e o manejo do solo. Neves et al., 1998; Cintra et al., 1999; Neves et al., 2004 observaram que o crescimento do sistema radicular em plantas cítricas pode crescer de 0,40 a 0,75m de profundidade, sendo esta influenciada por atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Nas áreas estudadas empregaram-se o uso direto de implementos agrícolas sem observar o grau de umidade do solo ou o número de passadas desnecessárias com o trator. O

solo das áreas estudadas foi originado sob sedimentos da Formação Barreiras que se estende por boa parte da costa brasileira apresentando as mesmas características morfológicas e mineralógicas Jacomine, (1996), estando sujeitos ao mesmo tipo de restrições físicas que dificultam o crescimento radicular conforme Santana et al. (2006). Nesses solos os parâmetros físicos como Ds, RP e CRA podem ser seriamente afetados e modificados pelo manejo nesses tipos de solos, que naturalmente apresentam-se um pouco adensados sendo restritivos a desenvolvimento normal do sistema radicular das plantas.

Técnicas mecânicas como subsolagens têm sido utilizadas para quebra da camada compactada, devido modificar a estrutura do solo e reduzir a resistência à penetração radicular o que contribui para melhoria da circulação de ar, água e nutrientes aumentando o volume de solo explorado pelas raízes, como foi observado em limão Cravo sob laranja Pêra Resende et al. (2002). Andrioli et al. (2003) não encontrou respostas do sistema radicular da tangerina Sunki sob laranja Valência num Latossolo Vermelho de textura média um ano após a subsolagem à profundidade de 0,40 m. Na área estudada optou-se por não revolver o solo devido a grande concentração do sistema radicular na camada superficial do solo.

Estudos desenvolvidos por Stolf (1987) mostram que a subsolagem é fonte de controvérsias, devido aos prejuízos que podem ser causados ao sistema radicular das plantas anulando a melhoria das propriedades físicas do solo. Castro & Lombardi neto, (1992) citaram que a descompactação mecânica, pode ser realizada na instalação ou no manejo da cultura, porém não há um critério definido em relação à distância mínima das plantas cítricas para passar o implemento sem causar danos ao sistema radicular.

2.3. BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AGROFLORESTAL

Os sistemas agroflorestais são um conjunto de alternativas de uso da terra e tecnologias, no qual espécies produtoras de madeira e similares são cultivadas na mesma unidade de área com plantas agrícolas e, ou, animais em um arranjo espacial e seqüência temporal pré-definidos (Nair, 1993).

Segundo Nair (1993), a presença das árvores promove os seguintes efeitos nos ecossistemas agrícolas: manutenção da matéria orgânica no solo; fixação de nitrogênio; absorção de nutrientes; exudação de substâncias promotoras do crescimento pela rizosfera; proteção do solo contra erosão; aumento da eficiência do uso de nutrientes pelas plantas; redução da acidez e salinidade do solo; melhoria da estrutura e porosidade do solo; retenção

de água; diminuição das temperaturas na superfície pelo sombreamento e promoção de microclima favorável ao desenvolvimento dos microrganismos.

Entre os efeitos negativos dos SAFs, pode-se destacar a competitividade entre as plantas, além da dificuldade de manejo das culturas (Morgado & Rao 1986) comprometendo a sua flexibilidade. Outra dificuldade é o manejo das interações dos diversos componentes do sistema, por luz, água e nutrientes, em benefício do empreendimento agrícola como um todo (Goedert & Oliveira, 2007). Carvalho et al. (2004) avaliaram a qualidade de um solo sob sistema agroflorestal a partir da quantificação de alguns atributos físicos. Estes autores constataram que o solo cultivado com este sistema apresentou menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados, quando comparado ao mesmo solo sob sistema de plantio convencional.

2.4. MELHORIA DA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO ATRAVÉS DO USO DE LEGUMINOSAS

Segundo Castro & Lombardi Neto (1992) o sistema radicular de algumas plantas possuem habilidade de crescimento mais facilmente em camadas compactadas que outras, criando abertura de canais no perfil facilitando o crescimento das culturas subseqüentes. Ao contrário do que ocorrem com o uso de subsoladores, estas plantas proporcionam um rompimento mais uniforme da camada compactada, além de contribuírem para melhoria do estado de agregação do solo. Quando as raízes dessas plantas morrem, são criados os chamados bioporos, que podem aumentar o movimento de água e a difusão de gases, melhorando as condições do solo para a cultura subseqüente (Camargo & Alleoni, 1997).

Mesmo considerando que para a maioria das culturas, o crescimento das raízes é drasticamente reduzido na presença de camadas compactadas, algumas diferenças entre as espécies são observadas Camargo & Alleoni, (1997). A manutenção e recuperação de características físicas do solo podem ser viabilizadas através do uso de leguminosas, sendo este, um assunto novo ainda em estudo que pode ser viabilizado pela adoção de práticas de manejo do solo, especialmente, onde um sistema de rotação de culturas inclui espécies vegetais com sistema radicular agressivo e abundante e com alta produção de biomassa, contribuindo para diminuir os efeitos da compactação no solo (Cubilla et al. 2002).

O uso de plantas para recuperação das características físicas do solo é um assunto ainda não difundido na região Amazônica, visto que os trabalhos e pesquisas desse tipo até hoje estão sendo desenvolvidos nas regiões Sudeste e Nordeste. Levando-se em consideração

o maior problema de qualidade dos solos cultivados que é o estado de compactação crítico ao crescimento radicular, a utilização dessas plantas em sistemas de cultivos procurando amenizar a compactação é muito importante. Com isso há o melhoramento das características físicas do solo, principalmente, aumento de infiltração de água, melhor aeração, aumento da atividade dos microorganismos, redução da densidade e resistência que o solo oferece a penetração radicular.

A recuperação da agregação em solos com plantas de cobertura é evidente, porém, quando as leguminosas são usadas, as taxas iniciais de recuperação são mais altas e o solo atinge estados de maior resistência à erosão mais rapidamente (Reinert, 1998). As leguminosas de verão mais adaptadas e utilizadas no estado de São Paulo e Bahia são a Crotalária Spectabilis e Juncea, Feijão Guandu, Feijão de Porco, Mucuna e outras (Reinert 1998). No entanto a utilização de plantas para fins de recuperação das características físicas do solo requerem tempo deixando o solo sem condições de plantio de culturas anuais. Geralmente dependendo da leguminosa utilizada pode-se demorar de um até dois ou três anos para uma descompactação eficiente. Em casos que o produtor não puder esperar normalmente se utiliza a descompactação do solo através de implementos agrícolas desenvolvidos para este fim como escarificadores e subsoladores.

Estudos com maior duração indicam melhorias no solo com rotação de culturas e introdução de plantas de cobertura. Após sete anos de uso de rotação de culturas, Albuquerque et al. (1995) observaram redução da densidade do solo e aumento da porosidade total na camada de 0,01 a 0,086 m em um Latossolo Vermelho-Escuro.

Cubilla et al (2002) estudaram plantas leguminosas com a finalidade de descobrir espécies que sejam capazes de desenvolver seu sistema radicular em solos compactados melhorando sua estrutura física, em Santa Maria-RS sob solo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. As espécies estudadas foram a Crotalária Juncea, Guandú anão, Mucuna cinza e Feijão de Porco. Não houve diferença significativa entre os valores de densidade do solo para todos os tratamentos estudados ao final de três anos de efeito da sucessão/rotação de culturas. Todavia, deve-se considerar que o benefício da inclusão destas plantas de cobertura do solo está ligado, principalmente, a criação de poros biológicos de alta funcionalidade na aeração e infiltração de água no solo.

Devem ser escolhidas para esta prática, espécies que produzam grande quantidade de matéria seca, resistentes ao ataque de pragas e moléstias, que possuam sementes uniformes e de bom poder germinativo, com exigência relativamente baixa quanto ao preparo e fertilidade

do solo, de rápido crescimento, precoce, de fácil manejo, de sistema radicular profundo, que não sejam plantas trepadeiras e que dispensem tratos culturais (Ruggiero et al. 1999).

Reinet et al., (2008) avaliou o crescimento radicular de *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Stilozobium cinereum* e *Canavalia ensiformis* e sua influência na melhoria da qualidade física de um Argissolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto, e constatou que todas as espécies avaliadas podem ser utilizadas em solos com compactação excessiva, mas, quando a densidade for superior a $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$, pode ser necessária a mobilização do solo para a penetração radicular através de subsoladores para facilitar o aprofundamento do sistema radicular das plantas.

2.4.1. FEIJÃO DE PORCO

O Feijão de Porco é uma leguminosa de origem americana muito cultivada em regiões tropicais e equatoriais. Possui crescimento herbáceo, ereto, não trepador. É bastante rústica, anual ou bianual com crescimento inicial lento. Adapta-se a qualquer tipo de solo, tolera sombreamento parcial, não suporta geada. É uma planta rústica que possui capacidade de se desenvolver em solos degradados, suporta secas prolongadas, elevada competição com plantas invasoras e resiste às altas temperaturas.

A utilização do feijão de porco em pomares de laranja tem sido difundida em propriedades citricultoras do Estado de São Paulo e no Nordeste, onde foram alcançados excelentes resultados, tanto de produção (40%) quanto à conservação e recuperação do solo (Embrapa, 1996). Carvalho et al. (2001) observou maior crescimento radicular da laranjeira pêra em profundidade quando utilizado o feijão de porco juntamente com uma subsolagem na profundidade média de 55 cm, aumentando a produtividade em solos coesos.

2.4.2. FEIJÃO GUANDU ANÃO

O Feijão Guandu Anão, cultivar de guandu de porte reduzido, é uma leguminosa semi-perene, bastante rústica, com grande volume de ramificações e altíssimo poder de rebrota. É de fácil consórcio, apesar de não tolerar o abafamento. Possui sistema radicular muito vigoroso e desenvolvido que lhe garante boa resistência à seca, adaptando-se bem a todo tipo de solo, com exceção aos de umidade excessiva. Reinert et al., (2008) constatou que o feijão

guandu anão pode ser utilizado em solos de densidade elevada para a melhoria das propriedades físicas.

2.4.3. CROTALARIA SPECTABILIS

A Crotalária Espectabilis é uma leguminosa com boa produção de biomassa, de ciclo relativamente curto, indicada como redutora de populações de nematóides do solo. Indicada para solos arenosos e argilosos de média produtividade. Minatel (2006) avaliou a utilização desta leguminosa e constatou que a mesma pode ser utilizada para amenizar os efeitos nocivos da compactação do solo e reduzir à resistência do solo a penetração.

2.4.4. CROTALARIA JUNCEA

A Crotalária Juncea é uma leguminosa anual, caule ereto, com crescimento rápido e ciclo vegetativo curto variando entre 120 a 150 dias. Adapta-se muito bem a solos de média fertilidade, bem drenados. É uma planta que possui capacidade de melhorar e recuperar o solo, sendo muito utilizada em solos de café, cana de açúcar, milho, algodão, etc. Possui um bom sistema radicular melhorando a infiltração de água e boa capacidade de fixar nitrogênio e promover uma elevada reciclagem de vários nutrientes no perfil do solo, contribuindo para um aumento de rendimento a cultivos posteriores. Normalmente, quase não tem problemas com pragas e/ou doenças. Contribui para a diminuição de alguns nematóides do solo, é utilizada como adubo verde por ser grande fixadora de nitrogênio, seu crescimento é rápido, cobrindo o solo rapidamente. Tem sido muito utilizada com rotação de culturas. Reinert et al. (2008), constatou que a crotalaria juncea pode ser utilizada em solos de densidade elevada para a melhoria das propriedades físicas.

2.5. INDICADORES DA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Gomes & Filizola, (2006) citam como indicadores de qualidade física do solo os processos hidrológicos como a taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Outros aspectos importantes da funcionalidade da estrutura do solo citado pelos autores são a porosidade total, macroporosidade e distribuição do tamanho de poros, resistência a penetração. A qualidade física do solo também poderia ser avaliada indiretamente pela

densidade do solo (g/cm^3), pela condutividade hidráulica (cm/h) e pela profundidade de raízes. Valores elevados de densidade do solo, baixos de condutividade hidráulica e raízes pouco profundas são indicativos de alta resistência à penetração no solo. Nesse caso, os autores citam esses solos como solos pesados ou adensados. A solução desses problemas, ou seja, a melhoria nos valores dos parâmetros físicos acima requer manejo adequado que inclui incremento da matéria orgânica do solo aliada a práticas de manejo e conservação do solo e água (Gomes & Filizola, 2006).

Os Índices de compactação do solo mencionados por Gomes & Filizola, (2006) são divididos em escalas, conforme se segue:

0,5 – ambiente bom com pouca limitação ao enraizamento (resistência à penetração entre 1,0 a 2000 kPa);

1 – ambiente restritivo ao enraizamento e não adequado ao crescimento de plantas. (resistência à penetração >2000 kPa).

No campo, os sintomas da compactação podem ser observados tanto na planta como no próprio solo. Os sintomas notados no solo são os seguintes: 1) formação de crosta superficial, 2) fendas nas marcas das rodas do trator, 3) zonas compactadas de subsuperfície, 4) empoçamento de água, 5) erosão excessiva pela água e 6) presença de restos de resíduos não decompostos meses após a incorporação. A observação destes sintomas é uma maneira rápida e fácil de estimar a compactação (Gomes & Filizola, 2006).

2.6. CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA) E POROSIDADE DO SOLO

A curva de retenção de água é essencial em estudos de qualidade do solo com vistas a nortear as práticas de uso e o manejo sustentável dos sistemas de produção agrícola. Modificações na estrutura do solo associadas à compactação e à perda da estabilidade dos agregados alteram a distribuição do tamanho dos poros, bem como a retenção, o movimento e a disponibilidade de água no solo (Machado et al., 2008).

Ao se observar uma CRA em solos não compactados pode ser notada que a umidade de saturação (θ_s) de um solo argiloso é maior que a de um solo arenoso, e sempre será maior que um mesmo solo argiloso compactado devido à redução do espaço poroso do solo. Aplicando-se uma pequena sucção de água no solo saturado não ocorrerá nenhuma saída de água até o momento em que a sucção atinge determinado valor em que o maior poro se

esvazia. Para os solos de textura grossa, esse valor de sucção é menor e para solos de textura fina pode ser considerável (Reichardt & Timm, 2004).

A água retida pela matriz do solo, ou seja, pelas partículas minerais e substâncias orgânicas, encontra-se nos poros de diversos tamanhos existentes no solo. Segundo Libardi (2005), duas forças são responsáveis pela retenção da água no solo, sendo: forças capilares e de adsorção, as quais compõem as forças mátricas e que dão origem ao potencial mátrico.

Segundo Silva et al. (2006) quanto maior o número de pontos na confecção da CRA mais representativa ela será, no entanto, o seu levantamento torna-se mais oneroso e têm conduzido à pesquisas que definam o número mínimo e a melhor combinação de pontos. Os problemas práticos e instrumentais dificultam a obtenção da curva de retenção de água no solo, tornando a sua determinação um procedimento tedioso, demorado e caro. Por isso, têm sido estabelecidas relações entre a retenção de água e as propriedades do solo medidas rotineiramente, tais como a distribuição do tamanho da partícula, o conteúdo de carbono orgânico e a densidade do solo (Van Den Berg et al. 1997).

Souza et al. (2004) constataram aumento na quantidade de água disponível as plantas em Latossolo Amarelo com camada coesa na profundidade de 10 a 40 cm, quando testaram leguminosas com subsolagem na cultura dos citros em relação a testemunha, viabilizando condições para o aprofundamento radicular das laranjeiras. Klein & Libardi (2002) verificaram diferenças nas curvas de retenção de água em sistemas de sequeiro e irrigado em comparação com a mata, observando-se a redução da porosidade e a alteração do diâmetro dos poros causada pelo manejo, diminuindo a retenção de água. Essas diferenças seriam devido ao tráfego excessivo realizado indiscriminadamente sob diferentes condições de umidade do solo, acarretando na redução do espaço poroso, principalmente os macroporos.

A porosidade do solo é classificada a partir da curva de retenção de água do solo. Klein & Libardi, (2002) classificaram a porosidade do solo em macroporos como sendo os poros com diâmetro maior que 0,05 mm (que perdem água em tensões menores que 6 kPa); microporos com diâmetro entre 0,05 e 0,0002 mm (que perdem água em tensões entre 6 e 1500 kPa), e criptoporos como sendo aqueles que perdem água a tensões maiores que 1500 kPa e possuem diâmetro menor que 0,0002 mm.

2.7. CURVA DE RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO E DENSIDADE DO SOLO

O crescimento radicular das plantas é restringido pela estrutura do solo na medida em que o mesmo reduz o espaço poroso devido o manejo, aumentando-se a resistência a

penetração (RP) e a densidade do solo (Ds). A RP está relacionada com o conteúdo de água no solo, pois, à medida que o solo perde umidade os valores de resistência a penetração aumentam podendo em muitos casos ultrapassar o valor de 2000 kPa, sendo citado por Lapen et al., (2004) como sendo crítico para o crescimento radicular da maioria das culturas.

A relação da resistência mecânica com a umidade e Ds, descrita como curva de resistência do solo pode ser utilizada para fazer inferências sobre as condições estruturais do solo em relação às resistências críticas para o crescimento das plantas. Deste ponto de vista, a avaliação da resistência do solo e a determinação da curva de resistência são importantes no estudo do efeito da compactação sobre as condições físicas do solo podendo ser utilizadas para orientar o manejo e o controle da qualidade física do solo (Imhoff et al., 2000).

Estudos físico-hídricos realizados por Oliveira et al. (2004) em um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo, constataram que a Ds era dependente do tipo de manejo empregado, onde foram obtidos maiores valores da Ds na área do manejo tradicional, com uso de máquinas e implementos agrícolas, sem utilização de práticas conservacionistas. Os maiores valores de Ds no manejo convencional do solo encontrados por Oliveira et al., (2004) em um solo cultivado durante 20 anos estão diretamente relacionados a altos valores de RP devido esses parâmetros possuírem estreita relação entre si.

O manejo de pomares de laranja no estado do Pará tem levado a compactação do solo resultando em baixo crescimento e desenvolvimento das plantas e, conseqüente redução da produtividade necessitando da adoção de técnicas para superar esses problemas. Por ser uma atividade recente, não há resultados acerca dos efeitos de adubos verdes sobre as propriedades físicas dos solos da região.

2.8. ÍNDICE S DE QUALIDADE FÍSICA E ESTRUTURAL DO SOLO

O índice S foi estudado e conceituado como o índice de qualidade física e estrutural do solo de acordo com Dexter (2004). O valor de S é fisicamente baseado na curva de retenção de água no solo (CRA), a qual reflete a distribuição de poros do solo sendo ilustrado pelo autor, com dados experimentais levantados em solos da Austrália, Inglaterra, Polônia, Espanha, Suécia, Países Baixos e Estados Unidos, com estimativas obtidas através de funções de pedotransferência aplicando-se os valores do índice de qualidade física do solo, S. Os valores do índice S foram calculados em diferentes tipos e condições de solos e conteúdos de

matéria orgânica, grau de compactação, níveis de sodicidade, preparo do solo com diferentes conteúdos de água e de condutividade hidráulica.

A obtenção do valor de S é apresentado por Dexter (2004), a partir da definição da CRA como a relação entre o conteúdo de água a base de massa (θ) e o logaritmo do potencial da água no solo. O único ponto em comum apresentado na CRA é o ponto de inflexão, local onde a curvatura da função é igual à zero, como demonstrado na Figura 1. A CRA no ponto de inflexão tem somente duas características: sua posição $\theta_i, \ln \psi_i$ (onde i refere-se aos valores no ponto de inflexão), e a sua inclinação $S = d\theta/d(\ln \psi)$. O principal interesse da inclinação da curva de retenção de água é o ponto de inflexão.

Com base nas funções de pedotransferência Dexter, (2004) determinou que o valor limitante entre solos com boa e pobre qualidade física e estrutural ocorre aproximadamente com o índice $S=0,035$. As raízes das plantas crescem pouco quando os valores de S estão entre 0,020 e 0,030 e não crescem quando $S<0,020$. Por outro lado, para valores de $S>0,035$, o crescimento das raízes é favorecido.

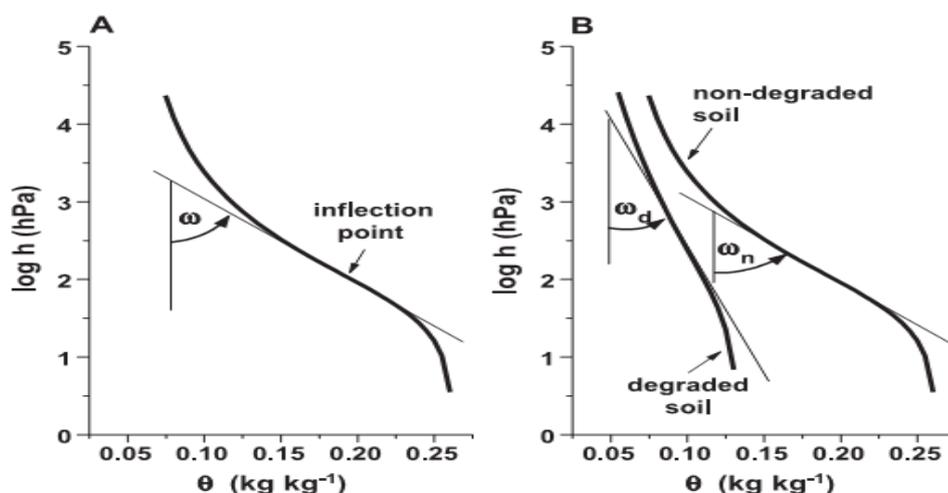


Figura 1. (A) Exemplo de uma curva de retenção de água mostrando o ponto de inflexão e a inclinação, $\tan \omega$, da tangente da curva no ponto de inflexão. (B) Curvas de retenção de água de um solo franco-areno- argiloso em duas diferentes densidades de solo. Degradação física do solo ocorre quando o solo é compactado. Adaptado de Dexter (2004).

Como pode ser observado na Figura 1 (A e B) perturbações na estrutura do solo leva a uma mudança na forma das curvas podendo se predizer sobre o estado do arranjo e tipos de poros encontrados no solo, além da densidade. Mudanças podem ser observadas com relação ao valor do conteúdo de água na saturação que torna-se menor e que a inclinação da curva de retenção no ponto da inflexão, $S = \tan \omega = d\theta/d(\ln h)$ também reduz. Pode ser observado também que a tangente ($\tan \omega$) de inclinação do solo com estrutura degradada é

menor que a tangente do solo não degradado. Solos que apresentam menor inclinação são desestruturados caracterizando-se com uma distribuição de poros de tamanho homogêneo, sendo que o contrário corresponderia a um solo estruturado com distribuição de poros heterogênea Dexter (2004).

A drenagem de um solo saturado ocorre o esvaziamento dos poros progressivamente tendo início com os maiores e em seqüência, os menores. Dois tipos de porosidade podem ser encontradas na estrutura do solo como a porosidade textural, que refere-se às partículas minerais primárias do solo e é pouco afetada pelo seu manejo, e a porosidade estrutural que refere-se à microestrutura do solo (fendas, microfendas, bioporos e macroestrutura causada pelo manejo) sensíveis aos efeitos de uso e manejo do solo. A maior inclinação da CRA no ponto de inflexão é em sua maioria devido à porosidade microestrutural e, portanto, esta inclinação reflete diretamente as principais propriedades físicas do solo Dexter (2004). Os poros que drenam a água entre a saturação e o ponto de inflexão da CRA são classificados como poros estruturais ou microfendas e a drenagem do solo abaixo do ponto de inflexão, ocorre esvaziamento dos poros texturais Dexter (2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS

O estudo foi desenvolvido em duas áreas cultivadas com laranja situadas no município de Capitão Poço, região Nordeste do Estado do Pará. Na primeira área o manejo do solo foi denominado como convencional sendo localizada na fazenda CITROPAR (Cítricos do Pará S.A.), onde as coordenadas geográficas compreendem 01° 48' 38" de latitude sul e 47° 11' 38" de longitude oeste de Greenwich. As laranjeiras dessa área possuem dez anos de idade, são da variedade pêra rio (*Citrus sinensis* L. osb.) enxertada com tangerina Cleópatra (*Citrus reshni* hort. Ex. Tanaka). A área de estudo possui 13,79 ha com 4600 plantas distribuídas em 40 linhas. Cada linha possui 115 plantas com espaçamento de 4,30 m entre plantas e 7 m entre linhas (Figura 2). As amostras foram coletadas nos locais mais representativos da parte central da área nas posições linhas, na projeção da copa, entre os rodados e nos rodados.

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso textura média em nas áreas de todos os manejos estudados. O clima da região de estudo segundo a classificação de Koppen é Ami com maiores índices de pluviosidade nos meses de janeiro a maio e menores de agosto a novembro com média anual de 2300 mm.

Após a coleta das amostras indeformadas no manejo convencional e a abertura da trincheira, verificou-se que raízes do porta-enxerto apresentavam distribuição radicular na horizontal acumulando-se na camada superficial do solo até a profundidade de 30 cm (Figura 2).



Figura 2. Distribuição do sistema radicular do porta-enxerto no pomar de laranja.

Com a realização de uma análise química do solo não foram encontrados elementos que causem impedimentos ao crescimento radicular das plantas, confirmando ser um problema físico como a compactação do solo. Desta forma implantado o manejo com

leguminosas na mesma área com o objetivo de avaliar o potencial de algumas espécies utilizadas para a descompactação e melhoria das propriedades físicas do solo. Para o plantio das leguminosas a mesma área foi subdividida conforme a Figura 3, em quadras iguais de 6656 m² onde cada espécie teve três repetições, sendo as quadras identificadas através de piquetes de madeira devidamente enumerados. Os espaçamentos de coleta foram pré-definidos para cada manejo do solo, sendo no manejo convencional 160 amostras com espaçamento de 10 x 7 m e no manejo com uso de espécies leguminosas foram coletadas 192 amostras em espaçamento de 5m.

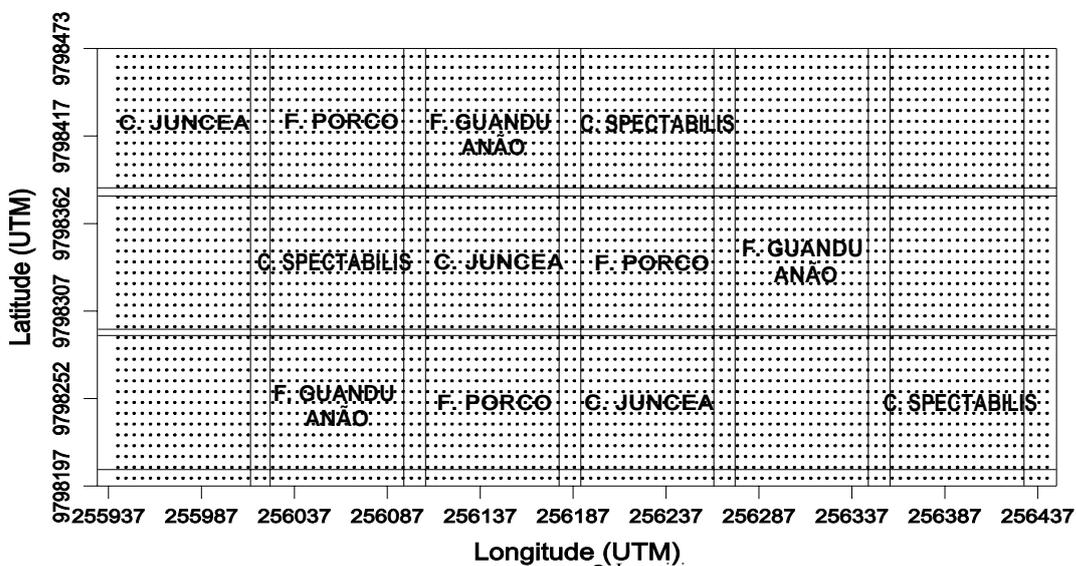


Figura 3. Mapa de coleta das amostras nas áreas com manejo leguminosas e convencional.

A distribuição de cada quadra de leguminosa e suas respectivas repetições foi escolhida aleatoriamente e a semeadura foi feita a lanço (Figura 4b) nos dias 10 e 11 de abril de 2008, após uma gradagem (Figura 4a) de 8 cm de profundidade nos dias do plantio, para expor o solo e facilitar a cobertura das sementes com as chuvas. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo constituído por 4 tratamentos e 3 repetições.

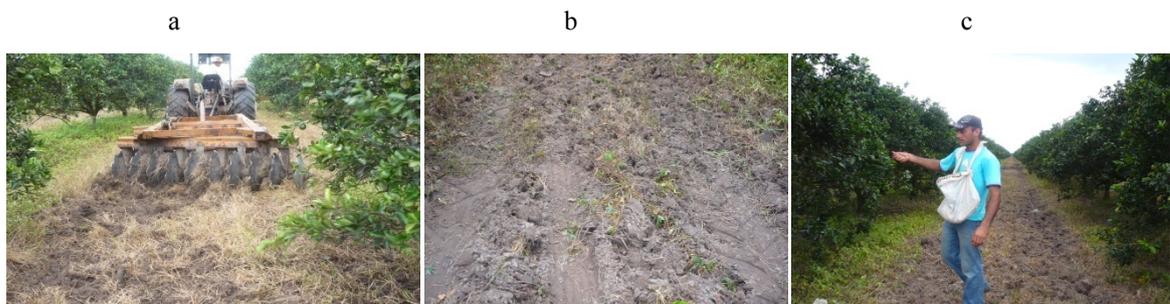


Figura 4. Preparo das áreas com gradagem, solo exposto e plantio a lanço das sementes das leguminosas.

A área de cada tratamento, descrição e a quantidade de sementes utilizadas estão descritos na Tabela 1. As amostras indeformadas foram coletadas nas ruas do talhão (rodado e entre rodados), tomando-se o cuidado para abranger os locais onde houve maior germinação e densidade de plantas. Durante o período de crescimento das leguminosas o tráfego de implementos agrícolas pelo talhão foi paralisado até a época da roçagem das plantas.

Tabela 1. Espécies de leguminosas utilizadas e quantidade de sementes utilizadas no plantio.

Tratamentos	Sementes Kg	Área m ²	Sementes m ²
<i>Crotalaria juncea</i>	30	19.956	40
Feijão de porco	120	19.956	10
Feijão Guandu anão	60	19.956	40
<i>Crotalaria spectabilis</i>	50	19.956	50

O corte das leguminosas ocorreu no final do florescimento e início da formação das vagens, aos 102 dias após o plantio, no dia 22 de julho de 2008, utilizando uma roçadeira tracionada por trator, mantendo a cobertura vegetal sobre o solo. A coleta das amostras indeformadas foi feita nos dias 07 e 08 de agosto, nas profundidades de 10 e 30 cm, sendo coletadas 48 amostras por tratamento considerando as três repetições nas duas profundidades, totalizando 192 amostras.

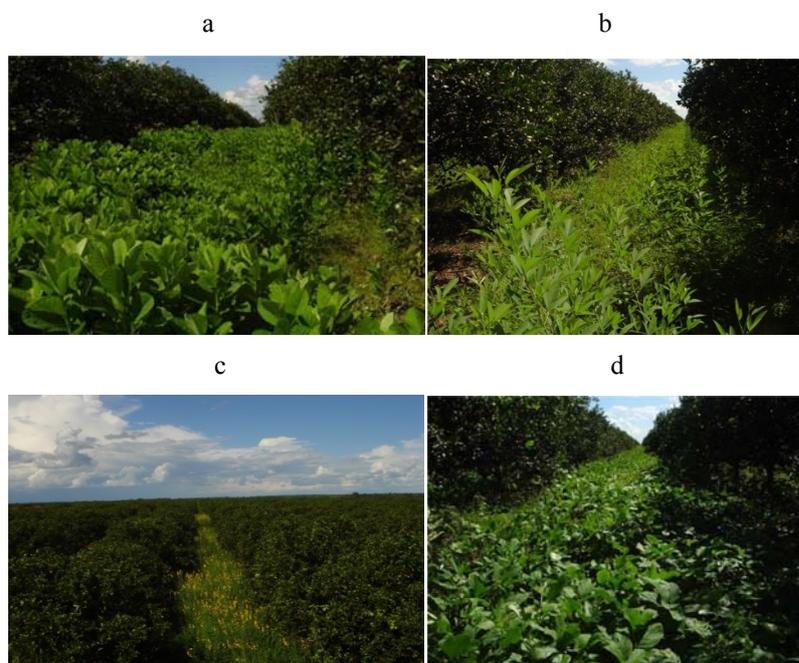
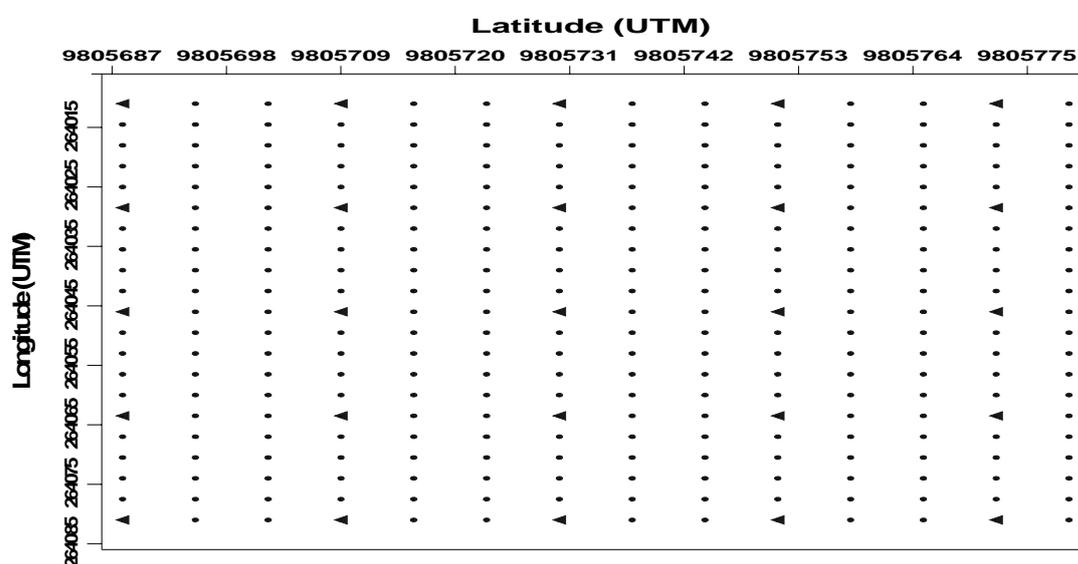


Figura 5. Crescimento das leguminosas utilizadas no experimento aos 90 dias de plantio: (a) *Crotalaria spectabilis*, (b) Feijão guandu anão, (c) *Crotalaria juncea* e (d) Feijão de porco.

A segunda área de estudo compreende as coordenadas geográficas 01° 45' 15" de latitude sul e 47° 07' 30" de longitude oeste de Greenwich, localizada na fazenda Itó. Esta área possui a mesma variedade de laranja com 5 anos de idade consorciada com a espécie florestal teca (*Tectona grandis*). A espécie florestal é retirada da área com oito anos de idade. A área total possui 6 ha com 2278 plantas, distribuídas em 34 linhas, onde cada linha possui 67 plantas com espaçamento de 4,30 m entre plantas e 7 m entre linhas (Figura 6). Foram coletadas 60 amostras indeformadas em espaçamento 15 x 15 m nos locais mais representativos da parte central da área nas linhas, projeção da copa, entre os rodados e nos rodados. Para a coleta das amostras foram utilizados anéis metálicos de 100 cm³ (5,2 cm de altura e diâmetro) e trado específico para coleta de amostras indeformadas.



Laranjeiras (•); Teca (◄)

Figura 6. Croqui da área onde se coletou as amostras de solo indeformadas no manejo agroflorestal.

3.2. DETERMINAÇÃO DAS ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

A análise granulométrica foi obtida através método da pipeta (Gee & Bauder, 1986) e as características físicas dos solos das áreas de estudo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Granulometria e classificação textural nas profundidades e nos sistemas de manejo do solo estudado

Profundidade (cm)	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	----- g.kg ⁻¹ -----			
	Convencional			
10	750	100	150	Franco Arenoso
30	680	110	210	Franco Argilo Arenoso
	Agroflorestal			
10	853	40	109	Franco Arenoso
30	685	50	265	Franco Argilo Arenoso
	Leguminosas			
10	750	100	150	Franco Arenoso
30	680	110	210	Franco Argilo Arenoso

As amostras com estrutura indeformada foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja, até atingir cerca de 2/3 da altura da amostra para determinar a CRA, sendo submetidas às tensões: 1, 3, 4, 6, e 10 kPa em mesa de tensão, e 30, 70, 100, 300, 700 e 1500 kPa em câmara de pressão com placa porosa de Richards conforme Klute (1986), até atingir o ponto de equilíbrio, o qual foi determinado pelo cessamento da drenagem de água. A umidade volumétrica foi calculada pela equação 1:

$$\theta_v = \frac{\text{volume do solo úmido} - \text{volume do solo seco}}{\text{volume do solo seco}} \quad (1)$$

A CRA do solo foi ajustada por meio da equação 2 proposta por van Genuchten (1980):

$$\theta_v = [\theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [(1 + \alpha \psi)^n]^{1-1/n}] \quad (2)$$

em que θ = conteúdo de água ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); ψ = potencial mátrico (kPa); θ_s = conteúdo de água na saturação ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); θ_r = conteúdo de água residual ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); α e n são parâmetros do ajuste do modelo.

A partir dos parâmetros ajustados do modelo de Van Genuchten (1980) foram calculados os valores da inclinação “slope” da curva de retenção da água do solo no ponto de inflexão, ou seja, o valor do índice S. Como demonstrado por Dexter (2004), o cálculo do slope da curva de retenção de água no ponto de inflexão é feito pela equação 3:

Adotou-se a restrição para $m = 1-1/n$ no ajuste do modelo.

$$S = - n(\theta_s - \theta_r)[1+1/m]^{-[1+m]} \quad (3)$$

Os valores de S são sempre negativos, mas para a facilidade de apresentação e discussão dos resultados será utilizado o módulo da estimativa de S.

Após a determinação da CRA as amostras foram levadas ao penetrômetro eletrônico de laboratório para a determinação da RP do solo conforme descrito por Tormena et al. (1998). Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105 °C por 24 h para a obtenção do peso seco e determinação da densidade do solo (Ds).

Para o cálculo do diâmetro dos poros nos diferentes sistemas estudados, foi utilizado o logaritmo do raio do poro, equação 4, proposta por Libardi (2005):

$$\text{Log}(r) = (2*0,072)/\psi \quad (4)$$

Onde, ψ = potencial aplicado

Para a determinação da porosidade total (PT) tomou-se como base a fórmula $PT = (1 - D_s/D_p)$, sendo D_s a densidade do solo e D_p a densidade de partículas ($D_p=2,65 \text{ g cm}^{-3}$). A porosidade foi classificada em função do diâmetro dos poros segundo Brewer (1964) e a determinação da macro e microporosidade foram feitas utilizando-se a mesa de tensão. Para os cálculos dos diferentes tamanhos dos poros foram utilizadas as equações 5 e 6:

$$\text{Macroporos} = (PT - \text{umidade na tensão de } 0,06 \text{ kPa}) \quad (5)$$

$$\text{Microporos} = (PT - \text{Macroporos}). \quad (6)$$

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os parâmetros θ_s , θ_r , α , m , n e S foram determinados por meio de regressão não linear do Solver/Excel de acordo com o modelo de Leão e Silva (2004). Em seguida foi aplicado o teste t de Student com regressão linear determinados iterativamente, LSD a 5% através do Sistema SAS/STAT (SAS INSTITUTE 1999), juntamente com os dados de D_s , PT, Macro e microporos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

4.1.2. DENSIDADE DO SOLO

Para os diferentes manejos estudados não houve diferença significativa em relação à Ds na profundidade de 10 cm nos diferentes manejos do solo como mostra a Figura 7. A média da Ds foi $1,59 \text{ Mg.m}^{-3}$ sendo esses valores considerados não elevados e, portanto, não impeditivos ao crescimento radicular segundo Silva (2009) que trabalhou em mesma área e constatou um valor de densidade crítica (Dsc) de $1,62 \text{ Mg.m}^{-3}$.

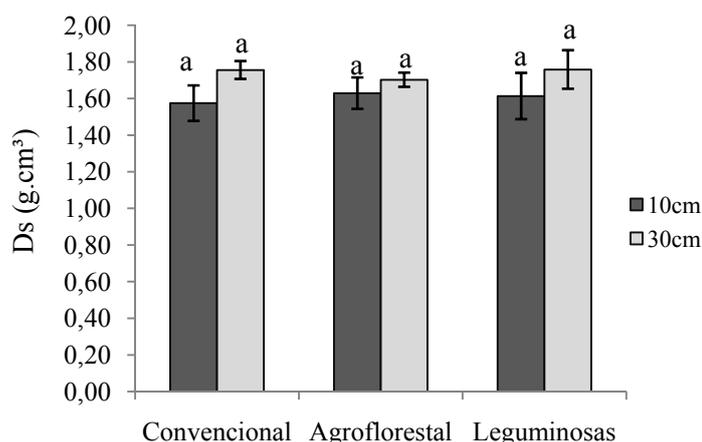


Figura 7. Variação da densidade do solo nos diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 e 30 cm, comparado somente dentro da mesma profundidade. Letras iguais não diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Na profundidade de 30 cm a Ds não diferiu estatisticamente entre os manejos, sendo a média de $1,76 \text{ Mg.m}^{-3}$ para o manejo convencional e com leguminosas e $1,70 \text{ Mg.m}^{-3}$ para o manejo agroflorestal. Esses valores encontram-se elevados conforme Silva, (2009) que trabalhou com a qualidade física do solo na mesma área de estudo em mesma profundidade, e constatou que a Dsc a partir da qual o crescimento radicular começa a ser limitado, é $1,66 \text{ Mg.m}^{-3}$. Reinert et al. (2008) trabalharam com plantas de cobertura em Argissolo Vermelho de mesma textura na região sul e encontrou valores de Dsc a partir de $1,75 \text{ Mg.m}^{-3}$. Apesar de textura semelhante e mesma classificação, os dois Argissolos podem apresentar comportamentos diferentes para os diferentes parâmetros físicos devido à constituição mineralógica.

4.1.3. CURVA DE RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO (CRP)

Os valores da RP em relação ao teor de umidade do solo podem ser observados na Figura 8. Há uma diminuição da RP com o aumento da umidade o que explica a RP ser inversamente relacionada com o conteúdo de água presente no solo. Na profundidade de 10 cm (Figura 8a) a RP foi menos acentuada para todos os manejos, sendo que para o manejo com leguminosas a restrição ao crescimento radicular iniciou-se com a umidade em torno de $0,14 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$. Nesta profundidade em todos os manejos a textura do solo é arenosa exercendo pouca influência na RP devido à areia ser pouco coesa quando seca em relação à argila, que possui propriedade bastante coesiva entre as partículas dificultando a penetração radicular quando o solo está com pouca umidade. Os resultados demonstram que a umidade do solo é um fator fundamental para que o mesmo sofra ou não compactação influenciando na Ds e RP, causando impedimentos ao crescimento radicular.

Os manejos convencional e agroflorestal apresentaram comportamento muito semelhante nas curvas, sendo que a RP passa a ser restritiva quando a umidade $\leq 0,25 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ (Figura 8a). Nesses manejos o intervalo em que as plantas podem desenvolver seu sistema radicular com o aproveitamento da água disponível é menor, sendo necessária maior quantidade de água no solo para que a RP não seja o fator limitante. Na Figura 8a no manejo com leguminosas pode ser observado que há maior intervalo em que as plantas podem desenvolver seu sistema radicular com o aproveitamento da água disponível $\theta \geq 0,14 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ no solo sem que a RP seja o fator limitante. Esses resultados foram perceptíveis com um manejo de leguminosas de apenas 102 dias, sugerindo que o manejo com leguminosas pode ser uma técnica bastante eficiente para recuperação dessa área.

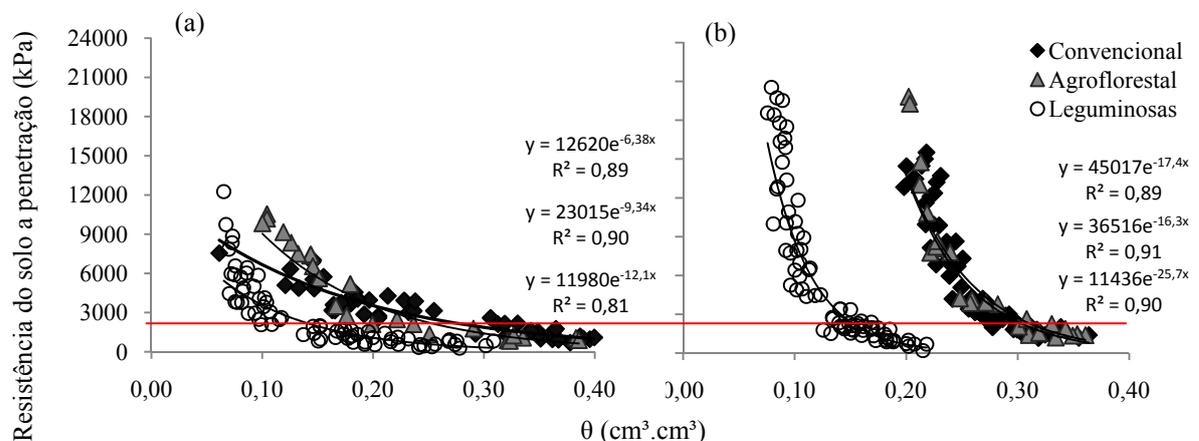


Figura 8. Variação da RP em função da umidade com diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 (a) e 30 (b) cm. As equações seguem a mesma ordem da legenda. A linha vermelha mostra quando a RP atinge o limite crítico e 2000 kPa para o desenvolvimento radicular.

Na profundidade de 30 cm (Figura 8b) há um aumento mais acentuado da RP para os manejos convencional e agroflorestal, sendo a umidade do solo é mais elevada $\theta = 0,30 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, ultrapassando-se nesse ponto o valor crítico de 2000 kPa a partir do qual há a restrição da penetração radicular das plantas no solo com a redução da umidade. No manejo do solo com uso de leguminosas a RP começa a restringir o crescimento radicular com o teor de umidade menor que $0,15 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ aumentando-se progressivamente com a redução da umidade.

Na profundidade de 10 cm o intervalo de desenvolvimento radicular das plantas com aproveitamento da água foi maior para o manejo com leguminosas, sendo que os valores de RP aumentaram com maior intensidade quando a $\theta \leq 0,10 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$. Como pode ser observado pela Figura 8b o intervalo em que as plantas podem desenvolver seu sistema radicular com aproveitamento da água, é bem menor apesar da $\theta = 0,30 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ ser mais elevada nos manejos convencional e agroflorestal do que no manejo com leguminosas.

A RP do solo nos manejos convencional e agroflorestal tende a se intensificar apresentando valores muito elevados quando a $\theta \leq 0,25 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, devido grande coesão entre as partículas de argila nesta profundidade provocada pela compactação. Além da umidade do solo outros parâmetros como a densidade do solo e a textura podem influenciar na medida da RP. Com isso é necessária maior quantidade de água no solo para que a RP não seja o fator limitante ao desenvolvimento radicular nos manejos convencional e agroflorestal. Assim o monitoramento da CRA nesses manejos é importante para se obter maior eficiência de crescimento radicular e aproveitamento do espaço poroso do solo pela planta para a captação de água e nutrição podendo-se aumentar com isso a produtividade.

4.1.4. CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)

Avaliando-se as curvas de retenção de água (CRA) pode ser notada grande similaridade entre os manejos convencional e com leguminosas na camada superficial (Figura 8a). Nesses dois manejos há maior θ_s e θ_r (Figura 9a e Tabela 4) indicando que há maior quantidade de água retida em baixas tensões e, em contrapartida há maiores quantidades de água retida a altas tensões não disponível as plantas devido ao reduzido tamanho dos poros do solo, culminando na redução da capacidade de água disponível e aumento da RP. O manejo agroflorestal apresenta diferença no formato da curva com maior inclinação em relação às demais manejos em todos os pontos nas tensões aplicadas, com menor θ_s e θ_r na camada superficial do solo (Figura 9a). A degradação física no solo da camada superficial é menos

intensa visto que as curvas apresentam formato similar a um s, conforme Dexter, 2004 (Figura 1) sendo a maior inclinação na curva para o manejo agroflorestal demonstrando melhores condições físicas que os demais manejos.

Portela et al., (2001) trabalharam com curvas de retenção em solo de textura semelhante em mata, citros e mandioca e constataram que no sistema com citros houve compactação em relação aos demais sendo retida menos água em baixas tensões e mais água em altas tensões, indicando perda de porosidade na camada superficial atribuído ao manejo. A perda de porosidade pode ser observada em todos os manejos devido ao formato da curva que apresenta perda de água mais acentuada nas baixas tensões até 50 kPa (Figura 9a), indicando menor retenção da água em baixas tensões, devido a perda de espaço poroso, ocorrendo maior retenção em altas tensões devido o aumento do número de microporos que retém água com muita força.

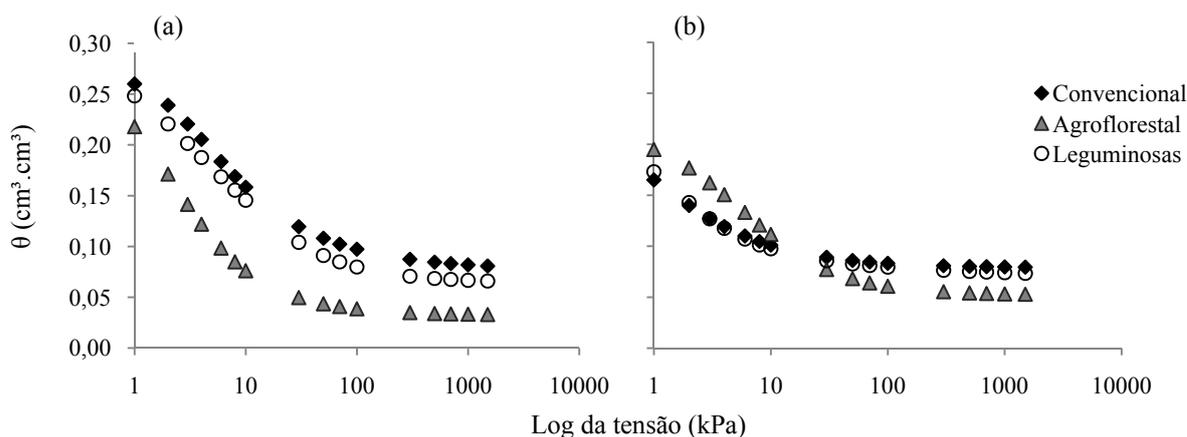


Figura 9. Curvas de retenção de água para os diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 (a) e 30 cm (b).

Na profundidade de 30 cm as CRA apresentaram-se similares com valores próximos nas diferentes tensões aplicadas como mostra a Figura 9b e Tabela 3 para os manejos convencional e leguminosas com pouca variação entre o ponto de saturação e o residual. Nesses manejos pode ser notada menor quantidade de água no ponto de saturação e maior no ponto de umidade residual indicado pela pouca inclinação da curva o que significa menor quantidade de água disponível para as plantas na capacidade de campo. Esses resultados estão relacionados às Ds mais elevadas e ao maior tempo de uso da área do manejo convencional, sendo que para o manejo agroflorestal a área possui metade da idade.

No manejo agroflorestal a curva apresenta maior conteúdo de água no ponto de saturação e menor umidade residual em relação aos demais manejos indicando maior retenção de água disponível às plantas. Dependendo da utilização aplicada no solo com manejo

agroflorestal, a tendência é que o mesmo venha a apresentar problemas com Ds e RP elevadas, redução da capacidade de água disponível e do tamanho dos poros alterando a CRA. A utilização do solo com as espécies florestais, no caso, pode não está sendo suficiente para diferenciar as técnicas de manejo adotadas causando também degradação física do solo. Na Figura 9 pode ser observado o comportamento das CRA nas diferentes profundidades, constatou-se que os conteúdos de água da camada superficial são maiores que na subsuperfície que possui maior conteúdo de argila.

Os parâmetros obtidos através da CRA foram ajustados segundo o modelo de Van Genuchten e estão apresentados na Tabela 3. Verificou-se que os parâmetros dos manejos convencional e leguminosas são similares tanto para a camada superficial quanto na subsuperficial do solo, podendo também ser observado através das CRA (Figura 9a b). Constatou-se que a variação do parâmetro n, que está relacionado com a declividade da curva de retenção ajustada, foi em torno de 1,8 tanto para a camada superficial quanto para a subsuperficial. Geralmente os valores de n são maiores e com maior inclinação da CRA nos solos arenosos devido os mesmos possuírem pequena variação no tamanho de poros conforme Tavares et al., (2007). No entanto constatou-se que os valores de n são muito próximos tanto para a camada superficial quanto para a subsuperficial. Este fato pode ser explicado devido na camada superficial a compressão do solo ter mudado a configuração da distribuição do tamanho dos poros reduzindo seu volume total. O parâmetro α obteve valores variando de 0,30 a 0,72, podendo ser observado redução progressiva dos conteúdos de água característica dessas curvas a partir do ponto de saturação nas diferentes profundidades estudadas.

Tabela 3. Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo à equação de Van Genuchten nos sistemas de uso do solo.

Profundidade (cm)	Parâmetros de ajuste					
	θ_s	θ_r	α	m	n	S
Convencional						
10	0,274a	0,075a	0,306b	0,554a	1,895a	0,057ab
30	0,209a	0,079a	1,588a	0,101b	1,796a	0,015c
Agroflorestal						
10	0,260a	0,032b	0,720a	0,163b	1,864a	0,043b
30	0,209a	0,052a	0,374b	0,111ab	1,886a	0,020b
Leguminosas						
10	0,272a	0,064a	0,455ab	0,610a	1,851a	0,058a
30	0,208a	0,060a	0,987ab	0,150a	1,843a	0,028a

Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste LSD a 5%.

Os valores do parâmetro S que mede o índice de qualidade física do solo estão apresentados na Tabela 3. A camada superficial o tem uma boa qualidade física e estrutural em todos os manejos com valores de S superiores ao limite crítico de 0,035, sendo melhor estatisticamente os manejos leguminosa e convencional. Isso indica que o uso do solo não afetou sua qualidade física e estrutural (Ds, RP e porosidade) a ponto de comprometer sua estrutura física e limitar o crescimento radicular das plantas. O uso alternativo de leguminosas obteve maiores valores de S nas duas profundidades estudadas com 0,058 na camada superficial e 0,028 na subsuperficial (Tabela 3).

Na camada subsuperficial houve diferença estatística para todos os manejos e os valores de S foram abaixo do nível crítico estabelecido por Dexter, (2004) indicando comprometimento da qualidade física, sendo o valor mais limitante encontrado para o manejo convencional com $S = 0,015$. A porosidade do solo sofreu grande influência principalmente na profundidade de 30 cm (Figura 10) e os valores de porosidade total encontram-se abaixo do ideal influenciando diretamente as CRA que apresentaram pouca inclinação e menor intervalo de água disponível para as plantas. A RP também sofreu grande influência do manejo devido aumento da Ds causado pela compactação das máquinas agrícolas, principalmente nos manejos agroflorestal e convencional onde os maiores valores de RP foram encontrados na camada subsuperficial (Figura 8b).

4.1.5. POROSIDADE DO SOLO

Segundo Demattê e Vitti, (1992) a porosidade total ideal para a cultura dos citros deve estar entre 0,40 e 0,55 m^3m^{-3} , o que não ocorre na área estudada onde foram encontrados valores de porosidade total em torno de 0,39 m^3m^{-3} Figura 10 a e b. Para todos os tipos de manejos considerando as duas profundidades não houve diferença estatística significativa em relação à porosidade total e macroporos, sendo estatisticamente diferentes apenas os microporos na camada superficial para o manejo convencional e na subsuperficial para o manejo agroflorestal. Com isso foi constatado maior quantidade de microporos na camada superficial do solo no manejo convencional em relação aos demais, sendo atribuídas as formas de uso do solo.

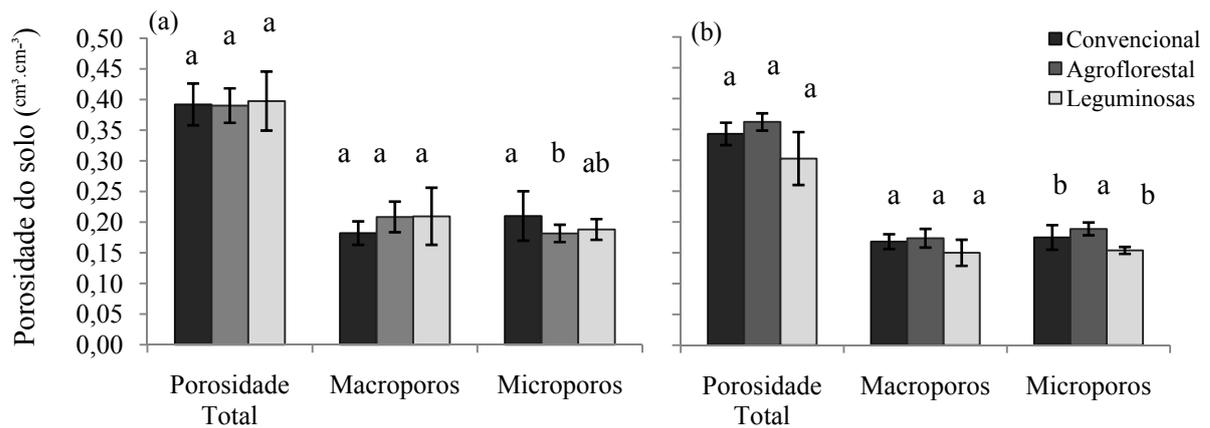


Figura 10. Distribuição do tamanho de poros nos diferentes manejos do solo nas profundidades de 10 e 30 cm. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste LSD a 5%.

Através da Figura 11a pode ser observado o efeito da estrutura do solo sobre os valores de S. Os maiores valores de S coincidem com a parte da curva onde o volume dos poros aumenta acentuadamente com a diminuição do diâmetro. O manejo agroflorestal (Figura 11a) apresentou o menor valor de S e, portanto, é o menos estruturado apresentando menor o pico da derivada no tamanho de poros entre todos os tratamentos.

Comparação feita entre o manejo convencional do solo e o manejo com leguminosas (Figura 11b) pode ser observada melhoria significativa na qualidade física do solo e aumento no valor de S na profundidade de 30 cm, em curto período de tempo (102 dias) em que as leguminosas cresceram na área. Contudo, constatou-se que existe uma maior quantidade de poros responsáveis pela retenção de água no solo, para os tratamentos convencional e leguminosas que para o tratamento agroflorestal (Figura 11a). O tamanho de poros predominantes é o mesmo para todos os manejos, estando entre a faixa de -2 e -1. Na camada de 30 cm as leguminosas apresentaram predominância de poros um pouco maiores.

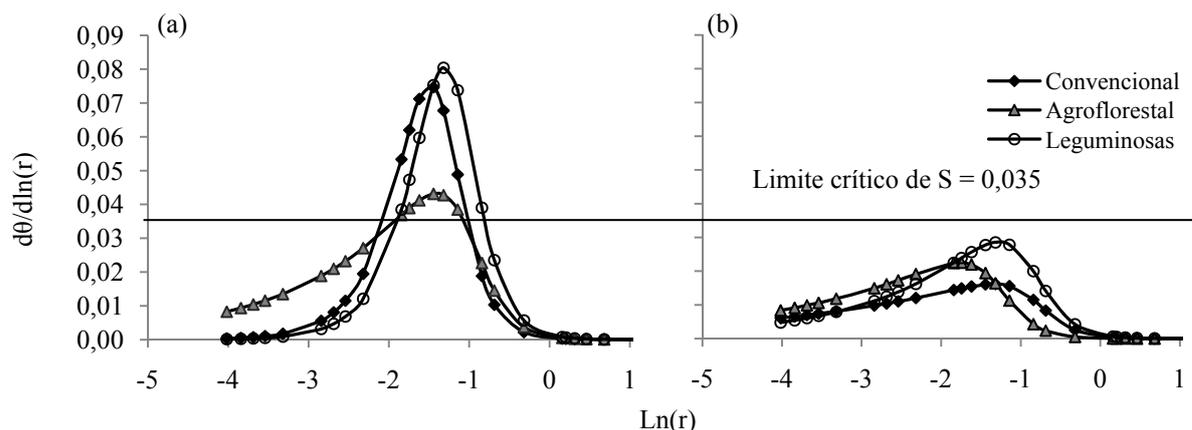


Figura 11. Derivação da equação de ajuste da curva de retenção em relação à derivada do raio do poro, nos diferentes manejos do solo.

Os valores de S para a profundidade de 30 cm tiveram diferença estatística pelo teste t em todos os manejos sendo melhor para o manejo com leguminosas e pior para o manejo convencional. A comparação feita entre esses dois manejos (Figura 11) pode ser explicada pela melhoria significativa na qualidade física do solo e aumento no valor de S na profundidade de 30 cm, em curto período de tempo (102 dias) em que as leguminosas cresceram na área passando de 0,015 para 0,028. Nesta profundidade todos os manejos tiveram aumento no volume de poros com o tamanho entre -2 e -1 $\ln(r)$ com pouca acentuação para os valores de S que encontram-se abaixo do limite crítico de 0,035. Esses resultados indicam que há dificuldade de crescimento do sistema radicular nesta profundidade conforme visualização no campo. Apesar disso pode ser notado que o manejo com leguminosas obteve o maior valor de S sobressaindo-se sobre os demais aproximando-se do valor mínimo no limite crítico, significando que as leguminosas tiveram maior capacidade de crescimento nesses solos compactados melhorando a estrutura física.

4.2. ESTUDO DAS LEGUMINOSAS COMO ALTERNATIVA PARA DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE CITRUS

4.2.1. DENSIDADE DO SOLO (DS)

O efeito do crescimento das leguminosas sobre a Ds é mostrado na Figura 12. Os valor médio da Ds antes do plantio das leguminosas foi de 1,56 Mg.m³ na camada superficial com textura franco-arenosa e 1,74 Mg.m³ na camada subsuperficial com textura franco argilo-arenosa (Tabela 1). A Ds média para todas as espécies foi de 1,60 Mg.m³ variando de 1,16 a 1,94 Mg.m³ (Figura 12). Na profundidade de 10 cm o valor mínimo da Ds foi de 1,16 Mg.m³ para o tratamento feijão guandu anão e o máximo foi 1,40 Mg.m³ para o tratamento crotalaria juncea e crotalaria spectabilis. O tratamento feijão guandu anão obteve menores valores de Ds, média, variância, desvio-padrão e cv enquanto que o feijão de porco obteve o menor valor máximo de Ds.

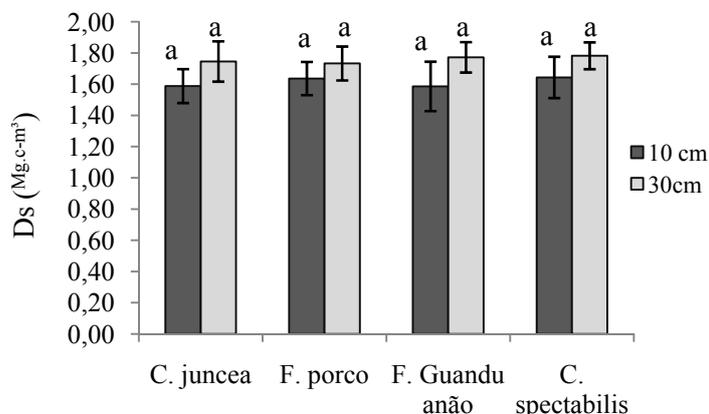


Figura 12. Variação da densidade do solo com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 e 30 cm. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste LSD a 5%.

Ao se avaliar o efeito do crescimento das leguminosas sobre a Ds para a profundidade de 10 cm foi observado que não há diferença significativa entre os tratamentos. A menor Ds foi encontrada para a crotalaria juncea e o feijão guandu anão ambas com 1,58 Mg.m³. O valor médio da Ds é favorável ao desenvolvimento do sistema radicular de plantas leguminosas como a crotalaria juncea, feijão de porco e feijão guandu anão, segundo Reinert et al., (2008) devido a Ds apresentar-se abaixo do valor crítico. Os mesmos avaliaram a capacidade de crescimento do sistema radicular da crotalaria juncea, feijão de porco e feijão guandu anão em Argissolo Vermelho com textura semelhante e constataram que o limite

crítico da D_s para o desenvolvimento das raízes das plantas seria acima de 1,75 até 1,85 $Mg.m^3$ e que as raízes não cresciam com valores maiores. A D_s favorável ao crescimento radicular na camada superficial pode estar relacionada a um possível crescimento de raízes mais abundante das plantas leguminosas e das laranjeiras, na camada superficial do solo e, também, a pequena concentração de matéria orgânica e atividade biológica, principalmente das minhocas.

4.2.2. CURVA DE RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO (CRP)

A RP entre as leguminosas principalmente para a camada de 30 cm também diferiu pouco, como pode ser observado na Figura 13. As curvas de RP do solo para todas as espécies seguem a mesma tendência em aumentar na medida em que o solo perde θ , dificultando com isso a penetração radicular nas duas profundidades avaliadas. A RP foi menor na camada superficial do solo (Figura 13a) sendo provável a sua relação com a menor D_s , maior crescimento radicular, atividade biológica e textura. Com a progressiva redução da θ do solo a valores próximos de $0,14 \text{ cm}^3.cm^{-3}$ a RP atinge o valor crítico ao crescimento radicular de 2000 kPa, aumentando-se continuamente com a redução da θ para todas as espécies estudadas (Figura 10b).

Na profundidade de 30 cm à medida que o solo perde θ para valores próximos a $0,15 \text{ cm}^3.cm^{-3}$, a RP ultrapassa o valor crítico para todas as espécies como pode ser observado na Figura 13 b, sendo necessária maior quantidade de água para que o solo esteja em condições favoráveis ao crescimento radicular. Como pode ser observado para a Figura 13b a RP aumenta homogeneamente para todas as espécies com valores bem distribuídos nas curvas que chegam até 21000 kPa.

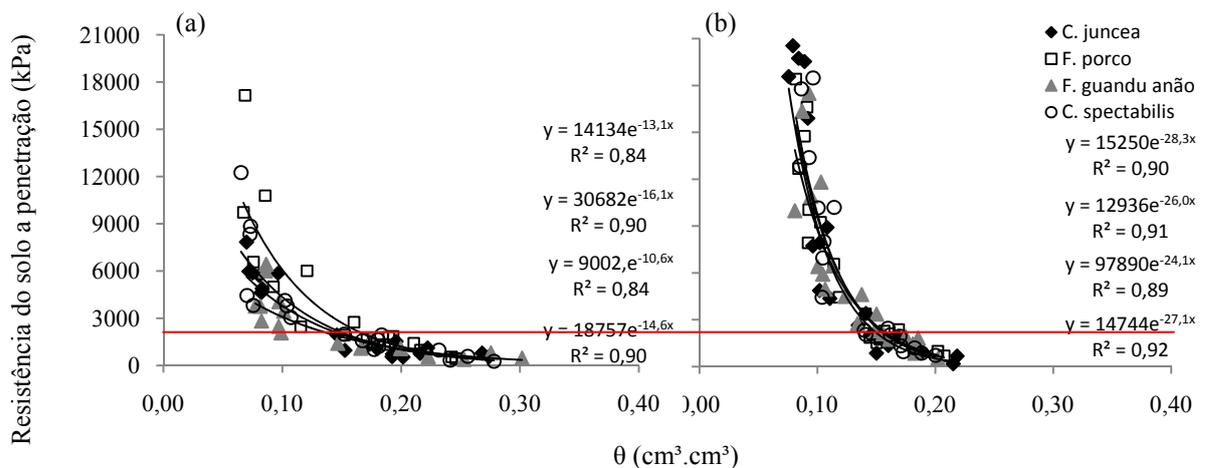


Figura 13. Variação da RP em função da umidade com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 (a) e 30 (b) cm. As equações seguem a mesma ordem da legenda. A linha vermelha indica o limite crítico onde a RP ultrapassa 2000 kPa.

Na profundidade de 30 cm cerca de 50 % das amostras apresentaram $RP > 2000$ kPa quando foi aplicada tensões a partir de 50 kPa, e 12,85% apresentaram D_s acima de $1,75 \text{ Mg.m}^{-3}$. Neste caso, a umidade do solo assume fundamental importância para o desenvolvimento radicular sendo recomendável manter o solo com quantidade de água sempre igual ou superior a tensão de 50 kPa ou maior que $0,10 \text{ cm}^3.\text{cm}^3$. Para a camada subsuperficial do solo cerca de 62,50% das amostras apresentaram $RP > 2000$ kPa na capacidade de campo, quando aplicada tensão de 10 kPa e cerca de 59,72% das amostras apresentaram D_s maior que $1,75 \text{ Mg.m}^{-3}$. Estes resultados indicam que a utilização das plantas leguminosas neste curto período não foi capaz de restabelecer a qualidade estrutural deste solo.

A perda da qualidade física do solo pode ser notada em condições de maiores quantidades de água como na profundidade de 30 cm em que, a RP se estabelece como fator limitante ao crescimento radicular das plantas e com D_s em torno de $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$. Blainski et al. (2008) encontraram em um Latossolo Amarelo de textura semelhante valores de D_s maiores que o citado anteriormente e, mesmo na capacidade de campo, um solo de estrutura degradada tende a apresentar valores de $RP > 2000$ kPa, considerados restritivos para o crescimento das raízes das plantas. Desta forma o controle da θ mantendo-a a elevados valores no solo constitui uma estratégia de manejo para redução da RP, desde que a D_s esteja aquém dos valores mencionados. Por outro lado, segundo Blainski, et al. (2008), a manutenção de maiores valores de θ com vistas no controle da RP causaria a diminuição do espaço poroso preenchido pelo ar. Solos com a estrutura física preservada possuem menor RP

com o secamento que solos com estrutura degradada, possuindo menos restrição para o crescimento radicular das plantas.

Na camada subsuperficial a RP começa a restringir o crescimento radicular na tensão de 10 kPa com maiores valores encontrados para os tratamentos crotalaria juncea, feijão de porco, crotalaria spectabilis e feijão guandu anão com valores médios variando de 11883 a 8873 kPa respectivamente. Na camada superficial a RP começa a restringir o crescimento radicular a partir da tensão de 50 kPa para os tratamentos feijão de porco, crotalaria spectabilis, feijão guandu anão e crotalaria juncea com valores médios variando de 5618 a 3666 kPa respectivamente. Apesar de mínima a diferença proporcionada pelo manejo com leguminosas esses resultados tornam-se muito interessantes devido reduzido o tempo de estudo ter sido curto.

Uma alternativa para a melhoria das propriedades físicas do solo seria a repetição deste experimento, para verificar se esses resultados serão mantidos ou se haverá redução nos valores de RP e, com isso, aumentar aproveitamento da água na capacidade de campo pelo sistema radicular.

4.2.3. CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)

A degradação física do solo também está representada através das mudanças na forma das curvas de retenção de água do solo (CRA), conforme mencionado por Dexter (2004) nas curvas de um solo compactado e outro não compactado (Figura 1). Na profundidade de 10 cm as diferenças entre as curvas é mais claramente observada na Figura 14a. No ponto de saturação da camada superficial do solo as curvas apresentam pequena diferença entre a crotalaria spectabilis e o feijão guandu anão em relação às outras leguminosas, enquanto que a menor θ_s foi para o feijão de porco. As CRA diferem pouco entre si para todas as espécies estudadas na profundidade de 30 cm (Figura 14b), sendo os parâmetros de ajuste melhor observados na Tabela 4.

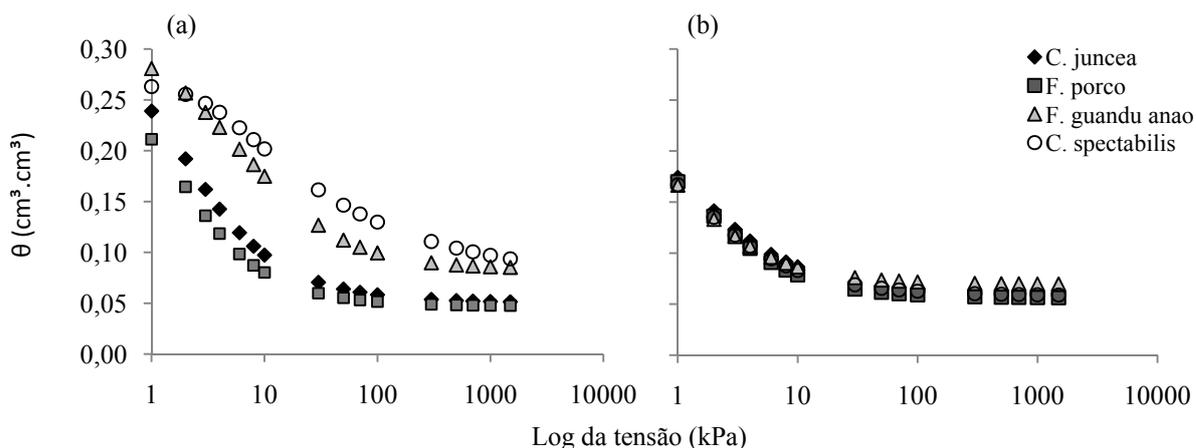


Figura 14. Curvas de retenção de água ajustadas segundo o modelo de Van Genuchten para as diferentes espécies de leguminosas, nas profundidades de 10 (a) e 30 cm (b).

Foi observada pouca variação entre a θ_s e a θ_r e baixos valores de n para a profundidade de 30 cm indicando pouca inclinação da CRA entre as espécies, e segundo Dexter (2004) essa menor inclinação da CRA corresponde a um solo de baixa qualidade estrutural indicando um menor valor de S . Com a retirada da cobertura vegetal e a introdução do uso de máquinas ocorre a perda de espaço poroso do solo, principalmente os poros estruturais que retém água em altos potenciais (capacidade de campo), devido principalmente a aproximação entre as partículas do solo causando elevadas D_s e RP . Em seqüência a planta terá menor quantidade de água disponível na capacidade de campo (CC) e maior dificuldade de crescimento radicular. Os parâmetros obtidos através da CRA foram ajustados segundo o modelo de Van Genuchten, (1980) sendo apresentados na Tabela 4. Foi constatada similaridade entre a maioria dos parâmetros de ajuste de retenção de água entre as espécies para as duas profundidades pelo teste LSD entre as espécies analisadas.

Tabela 4. Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo à equação de Van Genuchten com diferentes espécies de leguminosas.

Profundidade (cm)	Parâmetros de ajuste					
	θ_s	θ_r	α	m	N	S
C. juncea						
10	0,281a	0,050bc	0,744a	0,203b	1,796a	0,048c
30	0,213a	0,060a	0,95a	0,159a	1,813a	0,027a
F. porco						
10	0,253a	0,047c	0,785a	0,161b	1,885a	0,038c
30	0,204a	0,055a	0,890a	0,141a	1,878a	0,025a
F. guandu anão						
10	0,298a	0,083a	0,349b	0,558ab	1,860a	0,077a
30	0,210a	0,069a	1,107a	0,154a	1,878a	0,026a
C. spectabilis						
10	0,266a	0,070ab	0,150b	0,834a	1,550a	0,065b
30	0,206a	0,058a	0,975a	0,144a	1,805a	0,024a

Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste LSD a 5%

Na camada superficial os maiores valores S foram obtido para o feijão guandu anão e crotalaria spectabilis, indicando melhores condições estruturais do solo com provável abundância de raízes aumentando o espaço e o diâmetro dos poros criando canais e reduzindo a RP. Apesar dos maiores valores de S para estas duas espécies todas as espécies estudadas apresentaram resultados satisfatórios para esse parâmetro na camada superficial estando os valores acima do limite crítico de 0,035 segundo Dexter, (2004).

4.2.3. POROSIDADE DO SOLO

A distribuição do tamanho de poros (Figura 15) não diferiu estatisticamente entre as espécies nas duas profundidades estudadas. Esses resultados indicam que para este parâmetro analisado as leguminosas tiveram mesmo desempenho, podendo qualquer uma delas ser utilizada para melhoria de qualidade física do solo devido à observação de melhorias em comparação ao sistema de uso convencional.

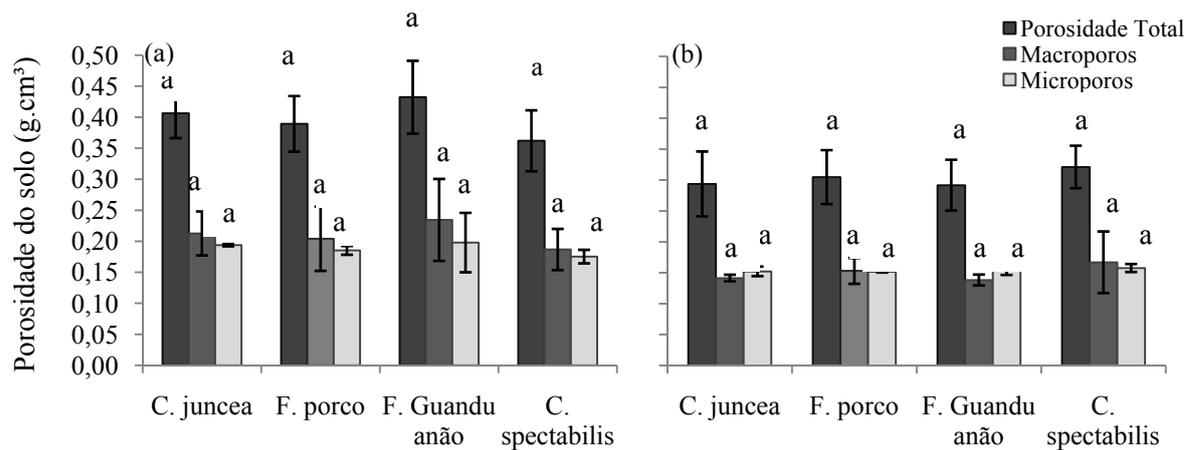


Figura 15. Distribuição do tamanho de poros no sistema de manejo do solo com diferentes espécies leguminosas nas profundidades de 10 (a) e 30 (b) cm.

Com base nos dados através das curvas de retenção de água do solo foi montado o gráfico de distribuição do diâmetro dos poros Figura 16. Como pode ser observado pela Figura 16a na camada superficial o aumento no volume de poros entre -2 e -1 $\ln(r)$ no contraste entre os valores de S e $\ln(r)$ para as espécies, sendo significativamente maiores para as variedades feijão guandu anão e crotalaria spectabilis, podendo ser indicativo de maior crescimento radicular dessas duas espécies foi maior e/ou mais abundante.

Os valores de S para a profundidade de 30 cm não diferiram estatisticamente pelo teste LSD. Nesta profundidade todas as espécies também tiveram aumento no volume de poros entre -2 e -1 $\ln(r)$ com pouca acentuação ficando os valores de S abaixo do limite crítico de 0,035. Esses resultados indicam que as leguminosas tiveram dificuldade de crescimento do sistema radicular nesta profundidade, devido a Ds e RP elevadas.

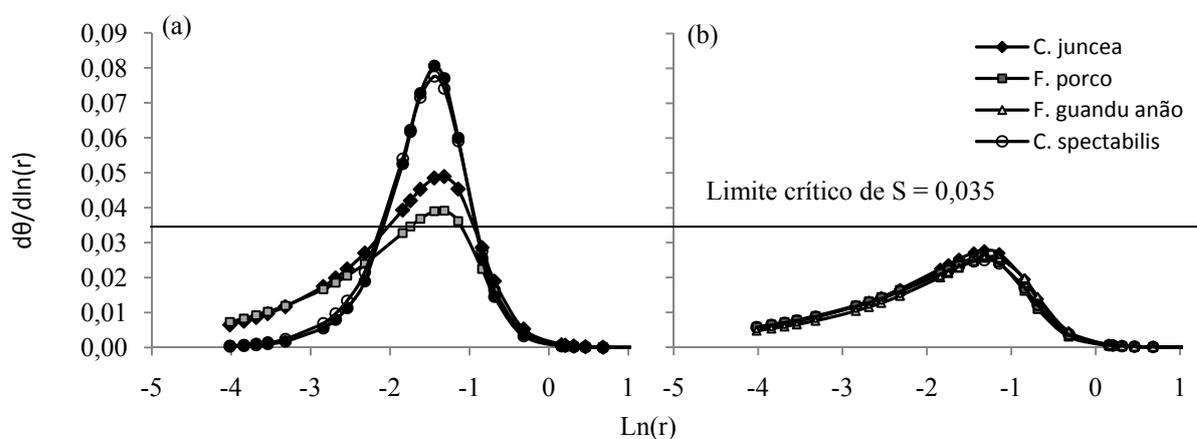


Figura 16. Derivação da equação de ajuste da curva de retenção em relação ao logaritmo do raio do poro no manejo do solo com diferentes espécies leguminosas.

Os valores do S para as leguminosas não tiveram diferença significativa entre si, mas tiveram diferença em relação ao manejo convencional. Esse resultado indica que o uso destas espécies leguminosas é importante para a manutenção da qualidade física do solo em área de citricultura. Em médio prazo com a redução/controle do tráfego sobre a área e a repetição do experimento é possível verificar melhor as características físicas do solo com a redução dos valores da Ds e a RP, e conseqüentemente aumentar a capacidade de água disponível e a distribuição do diâmetro dos poros.

5. CONCLUSÕES

1. Foi confirmada a hipótese de que os manejos com uso de leguminosas e espécies florestais forneceram indicadores de melhores condições físicas ao solo como a RP, microporos, os parâmetros θ_r , α , m e S em relação ao manejo convencional;
2. O sistema agroflorestal é uma alternativa viável para cultivo de citrus na região Nordeste do estado do Pará, haja vista, que consegue manter melhores condições de qualidade física do solo quando comparado ao convencional;
3. O índice S foi um parâmetro físico sensível para detectar melhorias na qualidade física do solo;
4. Todas as espécies leguminosas avaliadas podem ser utilizadas para a melhoria das propriedades físicas do solo.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; et al: Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v. 19, n. 1, p. 116-120, 1995.
- ANDRIOLI, I. et al. Influência da subsolagem e adubação verde no sistema radicular do citros em um Latossolo Vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2003, Ribeirão Preto, SP. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- BLAINSKI, É; TORMENA, C. A; FIDALISKI, J. & GUIMARÃES, R. M. L: Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo a penetração. R. Bras. Ci. Solo, 32:975-983, 2008.
- BRADY, NYLE C. 1999: The nature and properties of soil/Soil architecture and physical properties. Pág 117 a 169. 12ª ed. 881p.
- BREWER R.: Fabric and mineral analysis of soils. New York: John Wiley & Sons, 1964.
- BURT, R. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report nº. 42, Versions 4.0 November 2004. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.
- BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. Am. Soc. Agric. Eng., 33:519-524, 1990.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R. & SOJKA, R. E: Correction of cone index for soil water content differences in a Coastal Plain soil. Soil Till, Res., 43:205-217. 1997.
- CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1. ed. Minas Gerais, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 991-1017.
- CAMARGO, O.A de. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CAMARGO de, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Considerações para manejo do solo. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/C7/Index.htm>. Acesso em: 16/2/2009
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J. & ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistemas agroflorestal. Pesq. Agropec. Bras., 39:1153-1155, 2004.
- CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F. Manejo e conservação do solo em citrus. Laranja, v.13, n.1, p.275- 305, 1992.

CINTRA, L.D. et al. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistemas de tabuleiro costeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.212, n.3, p.313- 317, 1999.

CUNHA SOBRINHO, A. P. da et AL. Cultivo de Citros. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, 1996. 43p. (EMBRAPA – CNPMF. Circular técnica, 26).

DEMATTE, J. L.; VITTI, G. C. Alguns aspectos relacionados ao manejo de solos para os citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 2., 1992, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.67-99.

DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part 1: Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120:201-214, 2004.

EMBRAPA SOLOS: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, RJ 2006, 312p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documento, 1)

GEE, G.W.; O. R, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: SSSA, 2002. Part 4: Physical methods. p.255-293.

GOEDERT, W. J. & OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, F. R.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F.; Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. *Embrapa Meio Ambiente*. Jaguariúna, 2006.

IMHOFF, S; SILVA, A. P; TORMENA, C. A: Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v.35, n07, p.1493-1500, jul. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Supervisão estadual de pesquisas agropecuárias. Culturas de maior expressão econômica do estado do Pará. 2006. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 15/05/2008.

JACOMINE, P. T. K. Distribuição geográfica, caracterização e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. Cruz das Almas, 1996. Anais, Aracaju. P 13-26.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:857-867, 2002.

KLUTE, A., Water retention: Laboratory Methods. In: A. KLUTE, ed. *Methods of soil analysis: Part I-Physical and mineralogical methods*. 2 ed.ed. Madison, ASA-SSSA, 1986. p.635-662.

LAPEN, D. R.; TOPP, G. C.; GREGORICH, E. G. & CURNOE, W. E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, Eastern Ontario, Canadá. *Soil Till. Res.*, 78:151-170, 2004.

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P. da: A simplified excel algorithm for estimating the least limiting water range of soils. *Sci. Agric. (Piracicaba, Brasil.)*, v.61, n.6, p.649-654, nov./dez. 2004.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2005. 335p. 3ª ed.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. A nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 153p.

MACHADO, J. L.; TORMENA, C. A.; FIDALISKI, J.; SCAPIM, C. A: Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 495-502, 2008.

MARQUES, J. D. de O.; LIBARDI, P. L.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.: Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. *Acta Amazônica*. Vol. 34(2) 2004: 145 – 154.

CUBILLA, M. A.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M.; RANNO, S. K.: Plantas de cobertura do solo em sistema plantio direto uma alternativa para aliviar a compactação. Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, CCR, Santa Maria-RS.

MINATEL, A. L. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F.; NATALE, W.; Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.26, n.1, p.86-95, jan/abr.2006.

MORGADO, L.B. & RAO, M.R. Conceitos e métodos experimentais em pesquisas com consorciação de culturas. Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, 1986. 79p. (Documentos, 43).

NAIR, P.K.R. An Introduction Agroforestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, ICRAF. 1993, 499p.

NEVES JUNIOR. A. F. 2005: Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia. Dissertação de mestrado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 65p.

NEVES, C. S. V. J. DECHEN, A. R.; FELLER, C.; SAAB, O. J. G. & PIEDADE, S. M. S.: Efeito do manejo do solo no sistema radicular de tangerineira Poncã enxertada sobre limoeiro Cravo em Latossolo Roxo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.20, n.2, p.246-253, 1998.

NEVES, C.S.V.J.; MURATA, I. M.; STENZEL, N. M. C.; MEDINA, C. de C.; BORGES, A. V.; OKUMOTO, S. H.; CHIAN LEE, R. H.; KANAI, H. T.: Root distribution of rootstocks for Tahiti lime. *Scientia Agricola*, v.61, n.1, p.94-99, 2004.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 28:327-336, 2004.

OLIVEIRA, J. B. Solos para citros. In: RODRIGUEZ, O. et al. Citricultura brasileira. Campinas : Fundação Cargill, 1991. p.196-227.

OLIVEIRA, P. C. G.: Variabilidade espacial de macronutrientes correlacionados com a produtividade em pomares cítricos do município de Capitão Poço, PA. Dissertação de mestrado Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará 2007. 68p.

PACE, C. A. M.; ARAÚJO, C. M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzólicos e sua relação com a formação das copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., Brasília, DF. Anais... Brasília, DF.: EMBRAPA – DDT/CNPq, 1986. P.199-205.

PORTELA, J. C.; LIBARDI, P. L.;VAN LIER, Q. SE J.: Retenção de água em solo sob diferentes usos no sistema tabuleiros costeiros. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, Campina Grande, v.5, n1, p49-54, 2001.

REICHARDT, K. & TIMM, L. C.: Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. Barueri, SP: Manole, 2004. 1ª ed.

REINERT, D.J: Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: Dias, L.E.; Vargas, J.W.M. (eds) Recuperação de áreas degradadas. p.163-176, Soc. Bras. Recup. de Áreas Degradadas, Viçosa, 1998.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L. E. A.; Qualidade física do solo. In: XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2006, Aracaju. Resumos e Palestras.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C. & ANDRADA, M. M. C.; Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. R. Bras. Ci. Solo, 32: 1805-1816, 2008.

RESENDE, O.J. et al. Citricultura nos solos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002. V.3, 97p.

REZENDE, J de O. Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002. (Série estudos agrícolas; 3).

RICHARDS, L. A., Physical conditions of water in soil. In: C. A. BLACK, D. D. EVANS, J. L. WHITE, L. E. ENSMINGE and F. E. CLARK, ed. Methods of soil analysis - Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. Madison, ASASSSA, 1986. p.128-152.

RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros. In RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.) Citricultura Brasileira. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1980. v.1, p. 385-428.

RUGGIERO, C; ANGELOTTI, C; VERHAEG, M. Adubação verde em citrus. Boletim Citrícola nº 9, 1999, EECB. Editado em 04/08/03. UNESP Jaboticabal SP.

SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOCIN, A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.23, n.1, p.91-99, 1999.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A. F. C.: Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16. 1998, Montpellier. Montpellier: ISSS, 1998. CD-ROM.

SANTANA, M. B; SOUZA. L. da S; SOUZA, L. D; FONTES, L. E. F: Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. R. Bras. Ci. Solo, 30:1-12, 2006.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT procedure guide for personal computers. 5.ed. Cary: NC, 1999.

SILVA, A.P.; KAY, B. D. & PERFECT, E.: Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 1775-1781, 1994.

SILVA, A.P; TORMENA, C. A; FIDALISKI, J; IMHOFF, S: Funções de pedotransferencia para as curvas de retenção de água e resistência do solo a penetração. R. Bras. Ci. Solo, 32:1-10, 2008.

SILVA, C. R. F. da: Caracterização da qualidade física do solo em uma área cultivada com citros na região nordeste do estado do Pará. Dissertação de mestrado Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém Pará, 2009. (em andamento)

SILVA, E. M. DA,; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A. DE, & RODRIGUES, L. N.; Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.41, n.2, p.323-330, 2006.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L, da S.; LEDO, C. A. da S.: Disponibilidade de água em pomar de citros submetido a poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. Rev. Bras. Frut., Jaboticabal – SP, v. 26, n1, p. 69-73, 2004.

STOLF, R. A compactação do solo e perspectivas da subsolagem em citros. Laranja, v.8, n.2, p.283-308, 1987.

TAVARES, L. C; TIMM, L. C; TAVARES, V. E. Q; REISSER JUNIOR, C; MANKE, G; LEMOS, F. D; LISBOA, H; PRESTES, R. B; PAULETTO, E. A; CUNHA, N. G.:

Capacidade de retenção de água e parâmetros de ajuste do modelo de Van Genuchten (1980) em quatro solos representativos da região produtora de pêssego, Pelotas-RS. XVI CIC: Congresso de iniciação científica. 2007.

TERSI, F.E.A.; ROSA, S.M. A subsolagem no manejo de solo para os pomares de citros. Laranja, v.16, n.2, p.289-298, 1995.

TORMENA, C. A.: Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo. Piracicaba, 106 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998.

TUBÉLIS, A. Clima: fator que afeta a produção e a qualidade da laranja. Laranja Cordeirópolis, v. 16, n.2, p. 180-211, 1995.

VAN GENUCHTEN, M. Th.: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898, 1980.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)