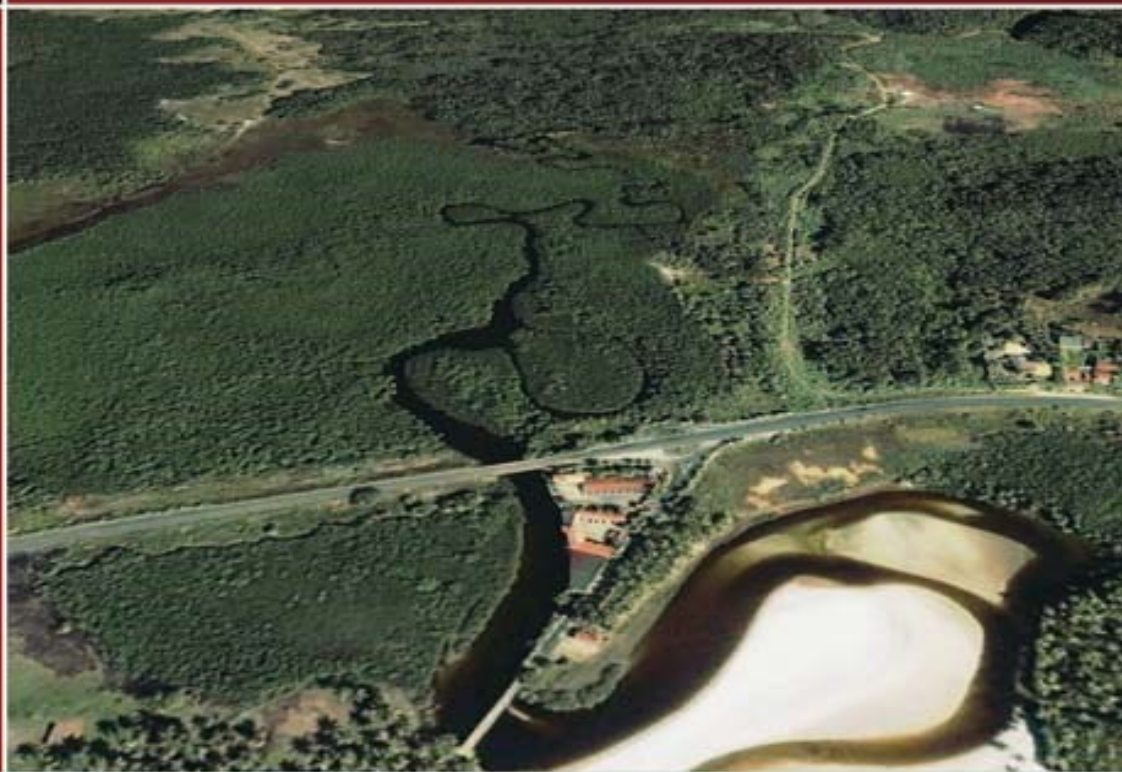




# NOÇÕES BÁSICAS DE USO E MANEJO DE SOLO



Petrus Luiz de Luna Pequeno





Campus José Ribeiro Filho  
BR 364, Km 9,5 - Porto Velho – RO  
CEP: 78900-000  
[www.edufro.unir.br](http://www.edufro.unir.br)  
[edufro.unir@gmail.com](mailto:edufro.unir@gmail.com)

Petrus Luiz de Luna Pequeno

NOÇÕES BÁSICAS DE USO E MANEJO DE SOLO.

**1º Edição**

**EDUFRO**

**Porto Velho – RO, 2013**

**Ficha catalográfica – Biblioteca Central da UNIR**

P425n Pequeno, Petrus Luiz de Luna

Noções básicas de uso e manejo de solo / Petrus Luiz de Luna Marcus Pequeno. Porto Velho-RO: EDUFRO, 2013. 59 p.

ISBN 978-85-7764-056-0

1. Fertilidade de solos 2. Cultivos 3. Agricultura familiar 4. Solos de Rondônia  
I. Título

CDU: 631(811.1)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ozelina Saldanha CRB11/947

Preparo de originais: Autor  
Revisão Gramatical: Autor  
Revisão de Normas Técnicas: Autor

Capa: Ícaro Santana  
Composição: EDUFRO  
Editor: Jairo André Schindwein

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Maria Berenice Alho da Costa Tourinho  
*Reitora*

Osmar Siena  
*Pró-Reitor de Planejamento*

Maria Cristina Victorino de França  
*Vice-Reitora*

Jorge Luiz Coimbra de Oliveira  
*Pró-Reitora de Graduação*

Adilson Siqueira de Andrade  
*Chefe de Gabinete*

Ari Miguel Teixeira Ott  
*Pró-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa*

Ivanda Soares da Silva  
*Pró-Reitor de Administração*

Rubens Vaz Cavalcante  
*Pró-Reitor de Cultura, Extensão e Assuntos Estudantis*

Conselho Editorial da EDUFRO:

Jairo André Schindwein (Prof. UNIR), José Lucas Pedreira Bueno (Prof. UNIR), Emanuel Fernando Maia de Souza (Prof. UNIR), Rubiani de Cássia Pagotto (Profa. UNIR), Osmar Siena (Prof. UNIR), Júlio César Barreto Rocha (Prof. UNIR), Marli Lucia Tonatto Zibetti (Profa. UNIR), Sirlaine Galhardo Gomes Costa (Bibliotecária. UNIR), Cléberon de Freitas Fernandes (EMBRAPA), Dante Ribeiro da Fonseca (ACLER).

Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme Lei nº 10.994, 14 de dezembro de 2004.



Campus José Ribeiro Filho  
BR 364, Km 9,5 - Porto Velho – RO  
CEP: 78900-000  
www.edufro.unir.br  
edufro.unir@gmail

Aos Homens e Mulheres de Bem que sabem  
o significado da construção e entendimento  
coletivo da verdadeira, eterna e liberta  
amizade cultivada com igualdade entre todos  
no mais fraterno convívio.

Aos amigos da Embrapa Rondônia, Ceplac-Suero, Emater-Rondônia, INCRA, MDA

## **Agradecimentos**

A Deus, criador de tudo e de todos.

Minha família (esposa, filhos, filha, pai *in memory*, mãe, Irmãos e Cunhadas).

Ao povo Nordestino por seus ensinamentos de vida.

Aos professores Arturo Gouveia, José Pires Dantas e Ivandro de da Silva pela inspiração à docência.

Aos amigos (as) Abadio Hermes, Marília Locatelli, Francisco das Chagas Leonidas, Ângelo Mansur Mendes, Antonio Neri Azevedo e Carlos Shockness, Iracy Aguiar, Jairo Schlindwein, Francisco Fernandes Pereira, pela sincera amizade

Aos meus Ir.º. Cláudio Luiz do Amaral Santini, Antonio Carlos Riccioti e Maurílio Galvão pelos ensinamentos.

Aos jovens estudantes, agora profissionais, que fizeram parte da realização desse sonho, abrindo mão do seu tempo e seu lazer.

Aos Engenheiros(as) agrônomos(as) Fabricia Ariel Custódio, Fausto Lima Farias de Souza, Robson Souza, Douglas Idalgo, Geuzenira Ilaéde, Paulo Regis, Isac Fogaça pelas valiosas contribuições

*O Autor*

*"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim" (Chico Xavier).*

*O Autor*

## **Prefácio**

Tudo em nossa curta vida é originado de sonhos, lutas e conquistas. O sonho de construir um livro retratando um pouco dos conhecimentos adquiridos dentro desse maravilhoso laboratório Amazônico iniciou em 1999 quando de minha vinda para Rondônia.

A idéia principal desta obra é despertar o interesse dos profissionais das agrárias e áreas afins ao ensino facilitado de uso e manejo do solo, assim como servir de estímulo para que outras obras surjam.



## **Apresentação**

Em muitas regiões do mundo, o solo tem sido considerado como inesgotável em seus recursos. Contudo levantamentos tem demonstrado que isto não é verdadeiro levando em muitos casos a degradação dos solos em vários locais. O intenso uso do solo para produção de alimentos no mundo tem levado a esta depauperação do solo.

A preocupação pela manutenção do recurso solo em condição de uso tem sido enfatizada por pesquisadores, estudiosos, e ONGs. Muitos agricultores já tem esta visão contudo não conseguem ter acesso a informações precisas de como utilizar o solo com práticas de conservação.

Deste modo, cada vez mais faz-se necessário orientar os novos profissionais das carreiras que estudam este recurso com orientações precisas sobre uso e manejo do solo.

O livro do Professor Petrus Luiz de Luna Pequeno traz de uma forma simplificada noções de física do solo associadas ao uso e manejo do solo. É muito importante termos livros como este para alunos iniciantes na ciência do solo.

*Marília Locatelli*

*Pesquisadora da Embrapa Rondônia*

*Professora do Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Rondônia*

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO AO ESTUDO DO USO DO SOLO**

## **UM POUCO DA HISTÓRIA**

Desde a época primitiva, o solo vem sofrendo ações antrópicas significativas, que durante o curso histórico, mudou em todo o planeta suas características iniciais. Inicialmente, seu uso era apenas para coleta de plantas para alimentação e pintura, embora soubessem que determinadas plantas animais ou materiais do próprio solo (como os barros vermelhos) predominavam em locais específicos, onde o solo apresentava uma determinada coloração.

Como as necessidades humanas de progresso, se é que podemos tratar dessa forma, o consumo por alimentos cada vez mais crescentes, aliado ao contexto financeiro do lucro, o solo foi sendo utilizado de maneira mais agressiva, sem preocupação com a preservação e manutenção de suas características físicas, químicas e biológicas.

Um exemplo ainda mais claro do processo degradativo foi a adoção de práticas equivocadas de mecanização do solo em regiões com alta susceptibilidade ao processo erosivo, a exemplo das Regiões Tropicais, que tiveram seus solos invadidos por máquinas imitando as Regiões de Clima Temperado.

É certo que o conhecimento pormenorizado dos efeitos da ação antrópica sobre o meio ainda não era pensado. Podemos nos reportar a história de colonização do Brasil para percebermos que a experimentação, embora que empírica, era que determinava a exploração das culturas, onde eram buscados aqueles solos mais avermelhados, em virtude destas produzirem melhor. No entanto, não era pensado no aspecto repositivo, as áreas eram exploradas anualmente de forma exaustiva e quando não mais respondiam as expectativas eram abandonadas, uma nova aberta com novo ciclo exploratório.

Nos dias atuais, há uma preocupação quanto às formas de uso e manejo do solo, haja vista o nível de degradação já influenciar sobremaneira na produção de alimentos e nas características climáticas mundiais. Estudos indicam práticas mais ecológicas, uso de plantas de cobertura, redução drástica das queimadas e de agroquímicos, dentre outros, como formas mitigadoras de amenizar os efeitos nocivos que vem ocorrendo ao longo dos milhares de anos de exploração.

## **NOÇÕES DE GÊNESE DO SOLO**

Com o advento da pesquisa, destacada desde Justus Von Liebig em 1840 e Dokouchaiev em 1877, compreende-se que os solos variam no espaço e com características intrínsecas a cada classe.

Assim, podemos lembrar que o solo é função dos fatores de formação: clima, organismos, material de origem e tempo. O processo de gênese dos solos não é tão simples nem tão rápido como aparenta, envolve reações químicas, físicas e biológicas e vamos utilizar o termo comum *Intemperismo* para retratar esses fenômenos, onde ele será físico quando atuar apenas na fragmentação do mineral, mudando sua forma e tamanho e químico quando sua ação modificar a composição química do material em transformação.

O processo inicial ocorre na litosfera, onde as rochas expostas à atmosfera que sofre ação direta dos raios solares, absorvendo calor, resfriamentos bruscos ocasionados pelas precipitações ou variação de temperatura, além do estabelecimento e desenvolvimento de microrganismos.

Dentre as reações químicas mais importantes temos a hidrólise (ação ácida da água nas estruturas cristalinas), oxidação (desintegração dos minerais com ferro mais solúvel e móvel transformando-o em óxidos pouco solúveis), redução (fenômeno oposto ao da oxidação) e solubilização (dissolução completa do material).

Tratando-se agora de rochas, podemos então lembrar a classificação das mesmas em ígneas, sedimentares ou metamórficas.

As rochas ígneas ou magmáticas, são as predominantes (80%), se originaram da solidificação do magma anteriormente quente e fluido oriundo do interior da terra. Estas ainda podem ser classificadas em *extrusivas* ou *vulcânicas* (basalto, por exemplo), quando a formação se dá na superfície da terra e *intrusivas* ou *plutônicas* (granito, por exemplo), quando a cristalização não ocorre na superfície.

As rochas sedimentares originam-se pela deposição de sedimentos das outras rochas, podem adquirir uma estrutura estratificada ou em camadas e classificam-se em clásticas (deposição mecânica de sedimentos) ou química- orgânicas (provenientes de precipitações de soluções inorgânicas).

As rochas metamórficas originam-se a partir das ígneas, sedimentares ou mesmo metamórficas que sofreram transformação na composição mineralógica, na estrutura e na textura.

As principais rochas formadoras de solos são: granito, gnaisses, basalto, basaltitos, diabásios, filitos, micaxistos, quartzitos, calcários, arenitos, folhelhos, varvitos, tilitos e argilitos.

Com a ação dos agentes intempéricos sobre a rocha, ocorre o processo de formação de camadas sobrepostas e paralelas a superfície do solo, denominadas de horizontes.

Vejamos então a figura 1, que retrata a composição básica de uma seqüência de horizontes dentro de um perfil hipotético de solo, constituído pelos horizontes O, A, B, C e R.

Curi et al. (1993) definem horizonte como sendo uma seção de constituição mineral ou orgânica, aproximadamente paralelas a superfície do terreno, parcialmente expostas no perfil do solo e dotadas de propriedades geradas por processos formadores do solo que lhe conferem características de inter-relacionamento com outros horizontes componentes do perfil, dos quais se diferenciam em virtude de diversidade de propriedades resultantes da ação da pedogênese.

A importância do conhecimento dessas seções transversais possibilita a identificação da classe de solo ocorrente, suas potencialidades e limitações. O processo de gênese e formação desses solos não ocorre de forma homogênea, dependem dos fatores de formação, originando solos mais profundos e/ou mais rasos. A idade desses solos é um indicativo também da sua susceptibilidade aos agentes intempéricos, bem como da fertilidade, capacidade de retenção de água e das formas, informações importantes para o correto uso e manejo do mesmo.

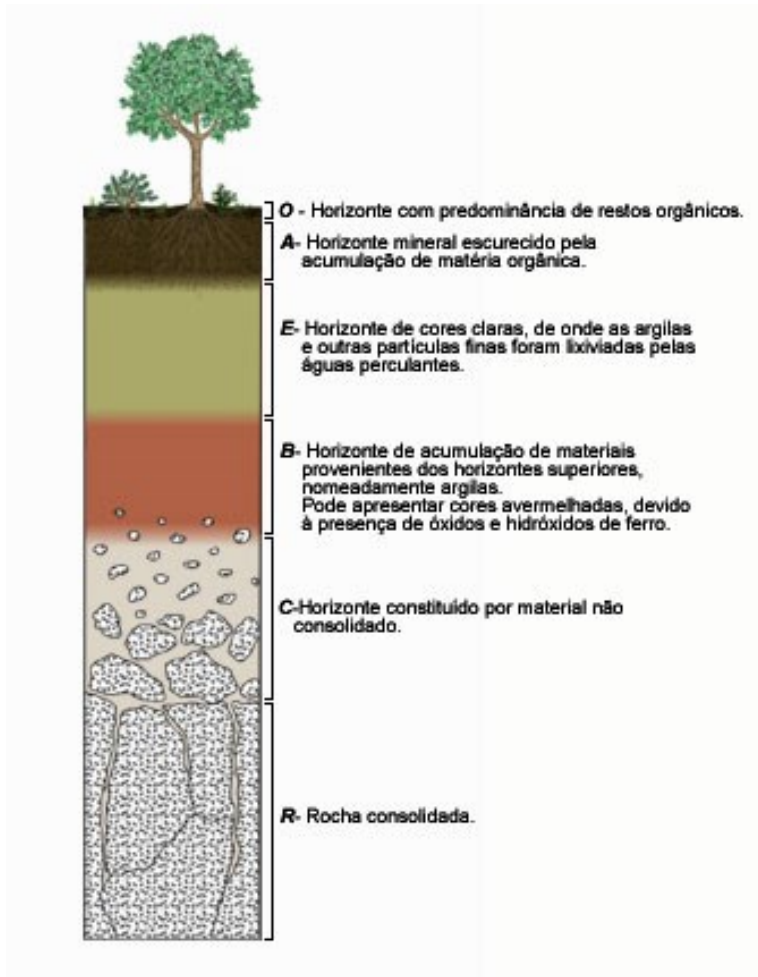


Figura 1. Perfil hipotético de um solo  
(Fonte: <http://crv.educacao.mg.gov.br/>)

No estado de Rondônia, segundo dados levantados pelo ZSEE (SEDAM, 2002), há ocorrência das classes de solos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Gleissolos e Cambissolos,

com predominância das primeira e segunda classes. Vejamos então um pouco sobre estes solos e seu uso no Estado.

Os Latossolos, correspondem aos solos mais velhos na escala evolutiva. São mais profundos, com horizonte Bw (B latossólico) espesso, profundidade média de 2,00 metros, fertilidade natural predominantemente baixa. São formados a partir do processo de latolização, que consiste basicamente da remoção de sílica e de bases do perfil, após o intemperismo, dos constituintes, não havendo praticamente translocação de material para o horizonte B (Resende et al, 2002). Quando da análise do perfil de um latossolo, observa-se pouca diferenciação dos seus horizontes, predominância da macroporosidade, estrutura granular muito pequena. As argilas presentes são de atividade baixa, com baixa retenção de bases, ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis.

Segundo Souza e Lobato (2004), a fração argila dos latossolos é composta principalmente por caulinita, óxidos de ferro (goethita e hematita) e óxidos de alumínio (gibbsita). Alguns latossolos, formados de rochas ricas em ferro, apresentam, na fração argila, a maghemita e, na fração areia, a magnetita e a ilmenita. A esses últimos, estão associados os elementos-traço (micronutrientes) como o cobre e o zinco, importantes para o desenvolvimento das plantas.

Em Rondônia, os Latossolos predominam, principalmente com caráter Álico (saturação por alumínio trocável >50% e acidez elevada. Tendo como base o sistema atual de classificação de solos e considerando as subdivisões das classes, há registro de ocorrência das subdivisões ao Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos.

Essa classe de solo, pelas suas características, pode ser utilizada para a agricultura de uma forma geral, necessitando de um planejamento racional. No entanto, há predominância de pastagem plantada no Estado.

Os Argissolos, são solos mais jovens que os Latossolos, apresentam um horizonte B textural (mudança textural abrupta), medianamente profundos. Dentro desta classe estão inseridos, de acordo com Embrapa-SPI (1999) no atual sistema brasileiro de classificação do solo, os anteriormente denominados de Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa ou alta, pequena parte de Terra Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada e de Terra Bruna Estruturada Similar, na maioria com gradiente textural necessário para B textural, em qualquer caso Eutróficos, Distróficos ou Álicos, Podzólico Bruno-Acinzentado, Podzólico Vermelho-Escuro, Podzólico Amarelo, Podzólico Acinzentado e mais recentemente solos que foram classificados como Alissolos com B textural.

A transição entre os horizontes A e Bt dessa classe de solo é usualmente clara, abrupta ou gradual. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta, ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular  $K_1$ , em geral, variando de 1,0 a 3,3.

Os solos pertencentes a esta classe diagnosticados em Rondônia ocorrem em relevo suave ondulado e ondulado com fertilidade natural predominantemente baixa. Na maioria das

áreas o uso é com pastagem natural e/ou plantada, tendo porém uma pequena parte com café, arroz, milho, sistemas agroflorestais e mata.

## **NOÇÕES SOBRE CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS**

A determinação da aptidão agrícola de uma área relaciona-se diretamente com a classe de solo ocorrente, suas características e posição na paisagem, além de outros fatores ambientais.

A classificação das terras dentro de um sistema de capacidade de uso serve de orientação para maximização correta da produção agrícola, redução dos impactos nocivos e preservação ambiental, levando em consideração três níveis de manejo (A, B e C), quatro classes (boa, regular, restrita e inapta), quatro tipos de utilização (lavoura, pastagem plantada, silvicultura, pastagem natural) e seis grupos de aptidão agrícola (1, 2, 3, 4, 5 e 6).

Sobre esses níveis de manejo, Ramalho Filho & Pereira (1999) descrevem:

- **O nível de manejo A**, também chamado primitivo, é entendido como sendo aquele baseado em práticas agrícolas de baixo nível técnico-cultural. Neste, praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras;
- **O nível de manejo B** (Pouco desenvolvido) é caracterizado pela adoção de práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico intermediário. Baseia-se em modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas, neste nível de manejo, incluem calagem e adubação com NPK; tratamentos fitossanitários simples; e mecanização com base na tração animal, ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.
- **O nível de manejo C** (desenvolvido) está baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Vejamos nas tabelas 1 e 2 uma síntese da simbologia correspondente as classes e a aptidão agrícola das terras, considerando-se: a) com aptidão boa para pelo menos um dos níveis de manejo, àquela com representação em maiúsculo; b) aptidão regular para pelo menos um dos níveis de manejo àquela com representação em minúsculo; c) aptidão restrita para pelo menos um dos níveis de manejo àquela com representação em minúsculo e entre parênteses e; d) inapta àquelas onde há ausência de um ou de todos os níveis de manejo. Outro fator a ser observado é que o aumento do grupo (de 1 até 6) caracteriza aumento da intensidade das limitações e conseqüente diminuição das alternativas de uso, onde essas limitações poderão ser: (f) fertilidade natural, (h) deficiência hídrica, (o) excesso de água ou deficiência de oxigênio, (e) susceptibilidade à erosão e; (m) impedimentos a mecanização.

Analisando melhor essas tabelas, constataremos que para utilização das terras com lavoura, são considerados os três níveis de manejo, enquanto que para as demais utiliza-se apenas um dos níveis A ou B, estando o nível C ausente. Outro ponto a ser observado, é que a junção dos grupos (representados por números arábicos) com os níveis e classes originam os subgrupos de aptidão. Terras com utilização mais intensiva de lavoura são identificadas



pelos grupos 1, 2 e 3, para pastagem plantada o grupo 4, com silvicultura grupo 5 e inaptas (preservação de fauna e flora) pelo grupo 6.

**Tabela 1.** Representatividade das classes de aptidão agrícola segundo os tipos de utilização e níveis de manejo

Classe de aptidão agrícola	Tipos de utilização						
	Lavoura			Pastagem Plantada	Silvicultura	Pastagem natural	
	Níveis de manejo			Nível de manejo	Nível de Manejo	Nível de Manejo	
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	
Boa	A	B	C	P	S	N	
Regular	a	b	c	p	s	n	
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)	
Inapta	-	-	-	-	-	-	

**Tabela 2.** Representatividade da aptidão agrícola das terras

Subgrupo	Definição
1ABC	Aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e C
1Abc	Aptidão boa para lavoura no nível de manejo A e regular para B e C
1bC	Inapta para nível de manejo A, regular para o B e boa para o C
2ab(c)	Aptidão regular para os níveis de manejo A e B, restrita para o nível C
2(b)c	Inapta para o nível de manejo A, restrito para o B e boa para o C
3(ab)	Aptidão restrita para os níveis de manejo A e B e inapta para C
3(bc)	Inapta para o nível de manejo A, restrita para os níveis de manejo B e C
4P	Aptidão boa para pastagem plantada no nível de manejo B e inapta para A e C
4p	Aptidão regular para pastagem plantada no nível de manejo B e inapta para A e C
4(p)	Aptidão restrita para pastagem plantada no nível de manejo B e inapta para A e C
5Sn	Aptidão boa para silvicultura e regular para pastagem natural no nível de manejo B e inapto para A e C
5s(n)	Aptidão regular para silvicultura e restrita para pastagem natural no nível de manejo B e inapto para A e C
5n	Aptidão regular para pastagem natural no nível de manejo B e inapto para A e C
6	Inapta para o uso agrícola, servindo apenas para preservação da fauna e da flora.

Segundo os dados do ZSEE de Rondônia (SEDAM, 2003), o Estado possui 22,5% de sua área total de terras com aptidão regular para o uso agrícola no nível de manejo C e restrita ou inapta para A e B, 31% com restrição a pelo menos um nível de manejo, 8,6% para preservação de fauna e flora, 16% para pastagem plantada e 5,8% para silvicultura.

Considerando-se os fatores limitantes responsáveis pelo posicionamento de determinada classe de solo no sistema de aptidão agrícola, poderemos melhor compreendê-los observando-se o que mostra a tabela 3, que serve como guia para determinação da aptidão agrícola das terras de regiões de clima tropical-úmido, como é o nosso caso.

Tabela 3. Modelo base para avaliação da aptidão agrícola das terras

Aptidão Agrícola			Graus de limitações das condições agrícola das terras para os níveis de manejo A, B e C															Tipo de utilização indicado
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Suscetibilidade a erosão			Impedimentos a mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	N/L <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	L/M	L/M	L/M	L	L <sub>1</sub>	N/L <sub>1</sub>	L/M	N/L <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	M	M	M	M	L/M <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	M	L/M <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> /L <sub>2</sub>	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M/F	M <sub>1</sub>	L <sub>2</sub> /M <sub>2</sub>	M/F	M/F	M/F	M/F	M <sub>1</sub>	L <sub>2</sub> /M <sub>2</sub>	F+	M <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	F	M/F	M	
4	4P	Boa		M <sub>1</sub>			M			F <sub>1</sub>			M/F <sub>1</sub>		M/F			Pastagem plantada
	4p	Regular		M <sub>1</sub> /F <sub>1</sub>			M/F			F <sub>1</sub>			F <sub>1</sub>		F			
	4(p)	Restrita		F <sub>1</sub>			F			F <sub>1</sub>			MF		F			
5	5S	Boa		M/F <sub>1</sub>			M			L <sub>1</sub>			F <sub>1</sub>		M/F			Silvicultura e/ou pastagem natural
	5s	Regular		F <sub>1</sub>			M/F			L <sub>1</sub>			F <sub>1</sub>		F			
	5(s)	Restrita		MF			F			L/M <sub>1</sub>			MF		F			
	5N	Boa	M/F				M/F			M/F			F		MF			
	5n	Regular	F				F			F			F		MF			
	5(n)	Restrita	MF			MF			F			F		MF				
6	6	Inapta		-			-			-			-					Preservação de fauna e flora

Adaptada de: Ramalho Filho & Beek (1995)

## **QUALIDADE FÍSICA DO SOLO**

As características físicas do solo, junto às químicas, são fatores fundamentais para o desenvolvimento das culturas e conseqüente resposta em produtividade. Em cafeeiros arborizados, estima-se melhorias destas em função do aporte de resíduos orgânicos gerados por esse modelo de uso agrícola do solo, o qual proporciona um gradiente de decomposição desses materiais tempo de cujo tempo de formação de matéria orgânica é função da relação C/N das partes de cada componente.

Segundo Reinert (2006), o conceito de um solo fisicamente ideal é complexo e carece de melhor definição quantitativa. No entanto, já há indicação clara de uma série de valores quantitativos de indicadores da qualidade física de um solo, sejam valores ideais, críticos ou restritivos ao crescimento de plantas ou na qualidade ambiental.

O conhecimento do grau de degradação física é importante para a fertilidade do solo, segundo Tavares Filho (2005), em função do condicionamento desta à disponibilidade de ar e água para as plantas, influenciando, ainda, no transporte de elementos nutritivos em solução, além de influenciar a infiltração e distribuição da água dentro do solo que tem, por sua vez, papel importante no controle da erosão hídrica.

O interesse em avaliar a qualidade do solo tem sido incrementado devido à consciência crítica em considerá-lo como um importante componente da biosfera. O conceito de qualidade de solo é bastante amplo e a dificuldade na sua definição provém da dependência de características intrínsecas, de seu uso e manejo, de interações do agroecossistema, e de fatores socioeconômicos e políticos. O conhecimento da qualidade física do solo é de extrema importância para avaliar o nível de degradação imposta pelo uso agrícola e para estabelecer estratégias de utilização e manejo sustentável (LIMA, 2007). Os solos agrícolas estão sujeitos a modificações em seus atributos físicos e químicos de acordo com o tipo de uso e sistemas de manejo adotados (...). Por outro lado, se a degradação do solo é revertida e a qualidade do solo é mantida ou melhorada, pela utilização de métodos de manejo adequados, a sustentabilidade agrícola pode ser uma realidade. Logo, entender e conhecer a qualidade do solo é imprescindível à adoção de estratégias para um manejo sustentável sem comprometer sua qualidade no futuro (EFFGEN 2006).

Partindo da premissa que a capacidade do solo exercer suas funções na natureza está relacionada com seus atributos físicos, químicos e biológicos, VEZZANI (2001) propôs a idéia de que um solo tem qualidade quando o sistema solo, considerado como a interação dos subsistemas mineral, plantas e microrganismos, está organizado em um nível alto de ordem. Este estado de organização é alcançado pela entrada de compostos orgânicos via cultivo de plantas, que proporciona a formação de estruturas cada vez maiores e mais complexas, devido à interação dos minerais, microrganismos e plantas. O nível alto de ordem é caracterizado pela maior presença de macroagregados (diâmetro maior que 0,25 mm) e alto teor de matéria orgânica retida. Nesta condição, os atributos físicos, químicos e biológicos do

sistema solo estão em situação de excelência e as propriedades emergentes do sistema capacitam o solo cumprir as suas funções na natureza, o que caracteriza qualidade do solo. Ou seja, nesta condição, o sistema solo possui, entre outros atributos, distribuição adequada de macro e microporos, nutrientes adsorvidos no complexo de troca, elevada quantidade de matéria orgânica e diversidade macro e microbiológica. Com base nesta teoria, solo com qualidade fornece as condições necessárias para as plantas expressarem o seu potencial produtivo. Sendo assim, a produtividade das culturas, sob o prisma da ciência do solo, é um reflexo da qualidade do solo.

### **Textura do solo**

Representa o percentual das frações granulométricas areia, silte e argila presentes no solo. Nos solos do Brasil os teores de silte geralmente não são elevados, exceto para a maioria dos Cambissolos. Os teores de areia fina quando são muito maiores do que os de areia grossa contribuem para o aumento da disponibilidade de água no perfil. Na escala de Atterberg, a argila corresponde a partículas de diâmetro  $< 0,002$  mm; o silte  $0,002 - 0,02$  mm; a areia fina de  $0,02 - 0,2$  mm; e a areia grossa de  $0,2 - 2,0$  mm.

Os solos arenosos apresentam um percentual médio da fração areia superior a 70%, uma proporção maior de macroporos em relação aos microporos, com isso o movimento descendente de água no perfil é mais facilitado. As perdas por lixiviação nesses solos são mais intensas, necessitando de práticas de uso e manejo do solo mais eficientes para reduzir as perdas, como também melhorar a capacidade de retenção de água.

Já os de textura média tem características menos preocupantes que os arenosos e/ou os argilosos em função de uma certa proporção equilibrada das frações granulométricas. Normalmente, apresentam uma boa capacidade de retenção de água, mesmo tendo boa drenagem.

Solos com textura argilosa apresentam teores de argila superiores a 35% (350g/kg), a taxa de infiltração é normalmente baixa. Pela presença de argila em maior quantidade possuem um maior conjunto de cargas elétricas, as quais podem favorecer a retenção de cátions pelas partículas do solo. Apesar de serem mais resistentes aos processos erosivos, possuem suscetibilidade a compactação em função de uma maior força de coesão entre as partículas. O percentual da microporosidade é maior que a macroporosidade, precisam de um manejo especial principalmente para utilização da mecanização.

### **Densidade do solo**

A densidade do solo é um fator que muito influi na capacidade do mesmo sustentar a vida vegetal e por conseqüência, a vida animal também, determinando, portanto o potencial agrícola e pecuário da terra. Em geral, aumenta com a profundidade do perfil devido às pressões exercidas pelas camadas superiores provocando a compactação, reduzindo a porosidade. A movimentação de material fino dos horizontes superiores (eluviação) também contribui para a redução dos espaços porosos aumentando a densidade aparente dessas camadas.

König *et al.* (2002) afirmam que os valores elevados de densidade do solo podem causar aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor e da disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Desta forma, quanto menor for a densidade do solo, maior será o número de macroporos. Este aspecto é favorecido pela matéria orgânica, a qual tem densidade menor que a matéria mineral e tem a função de flocular o solo, melhorando a sua estrutura e diminuindo a sua compactação. Em solos florestais ocorre um maior favorecimento em relação a este parâmetro, devido ao grande aporte de matéria orgânica proveniente das árvores. Isso faz com que os mesmos apresentem, ao menos nas camadas superiores, grandes teores da mesma

Segundo Moraes *et al.* (1995), a mecanização da agricultura introduziu, juntamente com seus benefícios, fatores desfavoráveis ao bom desenvolvimento das plantas, como, por exemplo, a desagregação do solo, a erosão e a compactação resultante do tráfego de tratores e da ação das máquinas e implementos agrícolas. A compactação do solo impede o crescimento das raízes em profundidade, fazendo com que se desenvolvam superficialmente, e reduz a infiltração de água, aumentando, conseqüentemente, a erosão. A redução do volume de solo explorado pelas raízes eleva os riscos de deficiências hídrica e nutricional das plantas.

Segundo Silva *et al.* (2000), os pneus usualmente utilizados nos tratores e colhedoras comercializadas no Brasil possuem a parte lateral do pneu (carcaça) rígida, sendo chamados de pneus de banda diagonal. Essa rigidez impede que o pneu se molde no solo de acordo com as irregularidades do terreno, e, por isso, a sua área de contato fica reduzida, aumentando a pressão na superfície do solo. Flowers & Lal (1998) e Horn *et al.* (1995) citados pelos autores, relatam que a principal causa da compactação em solos agrícolas é o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita. Acrescentam ainda que não somente a pressão estática (tensão normal) causa compactação, mas também forças dinâmicas causadas pela vibração do trator arrastando implementos e pelo patinamento.

Outro fator importante e influente na densidade do solo é o conteúdo de matéria orgânica do solo. Este é bastante sensível as formas de uso e manejo adotadas, onde no sistema convencional 50% do teor existente é perdido pela decomposição microbiana e erosão. Segundo Silva Neto (2002) o sistema de plantio direto na palha, através da manutenção de uma cobertura morta na superfície do solo e da ausência de seu revolvimento, atua eficientemente na redução das perdas por erosão e lixiviação, e no acúmulo de água no perfil do solo. O maior acúmulo de matéria orgânica neste sistema é responsável pelas melhorias físicas, químicas e biológicas do solo. Nas melhorias físicas, a estrutura do solo exerce influência na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas, no suprimento e desenvolvimento do sistema radicular. A adoção ao sistema plantio direto vem expandindo a cada ano e em diversas regiões do Brasil. Na região Nordeste, o maior desafio à implantação do sistema concentra-se no estudo de alternativas para a manutenção de palhada e dos teores de matéria orgânica em solos sobre cultivo.

A densidade do solo, obtida por métodos não destrutivos (sonda de nêutrons) ou por métodos destrutivos (anel volumétrico e torrão parafinado), além de ser um indicador da qualidade do solo, é utilizada para determinar a quantidade de água e de nutrientes que existam no perfil do solo com base no volume. Padrões críticos de densidade do solo são difíceis de serem definidos. No entanto, segundo Mendes *et al.* (2006), valores em torno de 1,0; 1,1 e 1,3 Mg.m<sup>-3</sup> podem ser encontrados em solos sem interferência antrópica, em solos

cultivados ou sob intenso tráfego, respectivamente. Para uma adequada avaliação, deve-se comparar os valores obtidos nas áreas em estudo com outros valores de áreas comprovadamente não compactadas, preferencialmente com mesmo tipo de solo e relevo. Para Azevedo & Dalmolin (2004), valores comuns de densidade do solo ficam entre 0,95 e 1,80 g.cm<sup>3</sup>, ocorrendo um incremento nesses valores com a profundidade, em função do peso dos horizontes superiores.

## **CONSERVAÇÃO DO SOLO**

Antes de iniciarmos o estudo sobre práticas de conservação do solo, precisamos compreender um pouco mais sobre erosão, suas causas e conseqüências para o ambiente.

### **Erosão**

Erosão pode ser definida como sendo a desestruturação e arraste de partículas do solo em pequena e/ou grandes quantidades através da água ou do vento. É o principal agente causador de mudanças negativas no cenário do desenvolvimento agrícola, principalmente em áreas desprovidas de cobertura vegetal e com relevo acentuado, onde esse processo ocorre com maior intensidade.

As práticas mais comuns de favorecimento aos agentes da erosão estão relacionadas principalmente ao preparo inicial do solo, com maior importância nos mecanizados, uma vez que a desestruturação provocada pelo uso intensivo de grades e exposição das camadas mais profundas do solo contribui para que algum tipo de erosão ocorra. O impacto direto das gotas de chuvas nesses solos provocam a fragmentação de agregados a tamanhos menores, assim como seus respectivos transportes. Solos compactados tendem a ser mais suscetíveis à erosão, principalmente em regiões com precipitação elevada, onde a água precipitada encontrando o solo desnudo, percola em pequena quantidade, provoca a saturação do mesmo, formando um acúmulo na superfície, iniciando o pico de enxurrada.

O processo erosivo hídrico é constituído de três estágios básicos:

- (a) laminar: é a mais perigosa por ser menos perceptível. Consiste na remoção de camadas finas do solo de forma progressiva;
- (b) em sulcos, que são pequenos canais na superfície do solo com profundidade máxima de 10cm, que podem evoluir para ravinas quando esta profundidade ultrapassa os 10cm e chegam até os 50cm;
- (c) voçorocas: do tupi-guarani *ibi-çoroc* (terra rasgada), são verdadeiras crateras abertas no solo com mais de 50cm de profundidade com largura variada. É o estágio mais avançado da erosão que pode apenas ser controlado ao longo do tempo.

Para uma boa produção agrícola, é necessário um planejamento adequado do uso e manejo do solo, como forma de se evitar práticas que favoreçam ao processo erosivo que provoca perdas significativas de bases do solo, como também de matéria orgânica, reduzindo desta forma a produtividade das culturas.

A utilização de sistemas agroflorestais tem se mostrado ao longo dos anos uma forma promissora de prevenção de perdas de solo e nutrientes, conforme relata Franco et al. (2002), os quais verificaram que nos sistemas agroflorestais (SAFs) as perdas de solo e de nutrientes são muito menores que as dos sistemas convencionais, o que mostra o grande potencial dos

SAFs para conservação do solo e, conseqüentemente, para garantir a maior sustentabilidade aos agricultores. Na pesquisa desenvolvida pelos autores, a variação de perda de solo nos SAFs foi de 6,8 a 578,5 kg/ha/ano, sendo comparável às das comunidades florestais, e nos sistemas convencionais que variou de 20,2 a 22.183,9 kg/ha/ano.

Hernani et al. (1997) avaliando sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão verificaram que o solo descoberto quando submetido à aração e gradagens niveladoras a taxa de perda de solo é de 6.918 kg/ha enquanto que sistemas de plantio direto (semeadura sem preparo sobre a palha do trigo) a perda foi de 605 kg/ha.

Já a erosão eólica, causada pela ação do vento, ocorre nas regiões onde o volume de precipitação é baixo e vegetação natural escassa. Apresenta três fases distintas: o início do movimento, o transporte e a deposição. O mínimo de velocidade do vento necessária para dar início à erosão, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2005), é de 15 km/h a uma altura de 30cm da superfície do solo. Com tamanho e peso proporcionais necessários ao início do processo, as partículas de solo suficientemente leves se projetam a uma altura da turbulência para serem transportadas a uma distância de 10 a 15 vezes a essa altura.

Assim, torna-se evidente a necessidade de redução dos sistemas convencionais de preparo do solo e adoção de outros que proporcionem uma menor perda de solo e água, como também da adoção de cuidados básicos preventivos.

Para melhor entendimento, vamos realizar um exercício básico de determinação de perdas de solo utilizando a equação universal desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965)  $A = R * K * L * S * C * P$  onde:

A – corresponde a perda de solo por unidade de área;

R – fator erosividade da chuva, determinado através da equação  $R = 6,886(r^2/P)^{0,85}$ , onde r corresponde a precipitação média mensal e P a precipitação média anual;

K – fator erodibilidade, está relacionado com a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de armazenamento, resistência as forças de dispersão, abrasão e transporte pelas águas da chuva e escoamento superficial; Para nosso exercício utilizaremos dados de Bertoni e Lombardi Neto (1985), pela inexistência desses dados na literatura para Rondônia;

L – fator comprimento de declive, relação de perdas de solos entre um comprimento qualquer e um comprimento de rampa de 25 metros para o mesmo solo e grau de declive;

S – fator grau de declive;

Esses dois fatores são determinados juntos, conforme Ruhoff et al. (2006), utilizando-se a equação  $LS = 0,00984 * C^{0,63} * D^{1,18}$ , onde LS = Fator Topográfico; C = Comprimento de encosta (m); D = Declividade média de encosta (%).

C – fator uso e manejo do solo;

P – fator práticas conservacionistas.

Consideremos então que a erosividade (R) determinada para o Município foi:  $R = 6,886(150^2/1800)^{0,85}$  onde  $R = 6,886*(12,5)^{0,85} = 58,93$  (MJ/ha)\*(mm/h); O fator K corresponderá hipoteticamente a 1,074 (ton/ha)\*(MJ/ha)\*(mm/h) equivalente a um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; A área em questão é utilizada com cafeeiro arborizado com cupuaçu e teca, apresentando 75% do total ocupado por árvores, tendo o fator C igual a 0,36; a declividade é de 8% com plantio do cafeeiro em niveladas básicas, tendo fator P igual a 0,6;



O comprimento da área é de 33 metros, logo o fator  $LS = 0,00984 * (33)^{0,63} * (8)^{1,18}$ , onde  $LS = 1,035$ . Assim, a equação de perda de solo ficará:

$$R = 58,93 * 1,074 * 1,035 * 0,36 * 0,6 = 14,4 \text{ ton/ha/ano}$$

$$18,76 * 9,05$$

### **Práticas conservacionistas**

Para o bom desenvolvimento de uma área agrícola, devemos ter em mente que as classes de solos dentro da mesma podem não ser iguais, mesmo que aparentemente sejam. Fatores anteriormente já discutidos nos reportam a necessidade de caracterizarmos bem a área. O primeiro passo é o estudo do relevo, ou seja, separar a propriedade agrícola em função da declividade ocorrente, haja vista a mesma ser ou não suscetível a alagamentos e/ou formadora potencial de picos de enxurradas. Em seguida, o mapeamento das possíveis formas de erosão existentes e o grau as quais se encontram, para breves ou futuras ações de contenção e/ou eliminação. A profundidade efetiva é um outro fator a ser analisado, aproveitando-se do momento da coleta de solo para caracterização física e química, identificando também a ocorrência de pedregosidade e/ou rochiosidade.

Uma forma prática de se planejar a exploração da área é a subdivisão da área segundo a declividade, sendo um grupo com declive até 12%, outro de 12 a 20% e um terceiro maior que 20%. Tomando-se como base a classificação das terras dentro de um sistema de capacidade de uso, conforme foi observado na tabela 2, áreas com declividade acentuada apresentam um impedimento maior para o uso agrícola, sendo recomendada apenas para preservação de fauna e flora.

A queimada como forma de preparo do inicial do solo, renovação de pastagens e no cultivo da cana-de-açúcar deve ser erradicada. A vasta literatura já comprova os malefícios desse tipo de ação depredatória ao solo. A pseudo disponibilidade de P e K para as culturas através das cinzas, bem como a correção da acidez do solo, são pensamentos retrógrados e incorretos. Sistemas com revolvimento mínimo do solo tem se mostrado eficiente e estratégico para conservação da matéria orgânica do solo, conforme relatam Campos et al. (1997).

O controle alternativo de invasoras é um outro mecanismo de prevenção aos agentes intempéricos, conforme cita Ambrosano (1999):

#### **Quadro 1.** Potencial alelopáticos de algumas plantas para controle de invasoras

Plantas com potencial alelopático	Invasoras controladas ou afetadas
Crotalaria juncea	Tiririca ( <i>Cyperus rotundus</i> ), picão preto e sapé ( <i>Imperata cilíndrica</i> )
Mucuna spp	Guaxumas ( <i>Sida spp</i> ) e assa-peixe ( <i>Vernonia polyanthes</i> )
Calopogônio	Mata pasto ( <i>Cassia tora</i> )
Palha de trigo	

Adaptado de Ambrosano (1999).

O sistema de rotação de culturas é uma prática bastante eficiente na conservação do solo. Esse tipo de sistema trás de forma alternada cultivos de gramíneas seguidos de leguminosas ou vice-versa. A utilização de plantas com sistemas radiculares diferentes possibilita o melhor aproveitamento do solo, através da ciclagem de nutrientes, como também

melhora o controle de pragas e doenças, em virtude do não sistema de monocultura. Normalmente, após a colheita, recomenda-se a não queima dos restos culturais e a cobertura do solo com estes, como forma de auxiliar na retenção de umidade do solo, prevenção contra o impacto direto das gotas de chuva, aporte de matéria orgânica ao solo, manutenção da fauna edáfica, etc.

## **CAPÍTULO 2**

### **ASPECTOS SOBRE O USO E MANEJO DO SOLO**

## **INFLUÊNCIA DO MANEJO CULTURAL NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO**

A busca por elevada produtividade e melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo faz com que sejam necessários estudos que avaliem diferentes sistemas de manejo. A rápida degradação do solo sob exploração agrícola no mundo, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola (Lal e Pirce, 1991). Desde então, vários conceitos de qualidade do solo foram propostos. Dentre esses, Doran e Parkin (1994) definem a qualidade do solo como sendo a sua capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra.

Analisando o solo, temos aqueles elementos que, em combinação, definem diretamente o crescimento das plantas, que são os fatores físicos de crescimento das plantas: potencial de água no solo, aeração, temperatura do solo e resistência à penetração de raízes. Esses fatores físicos de crescimento das plantas são influenciados por outras características físicas, tais como: a textura, superfície específica, densidade do solo, estrutura e consistência.

Os diferentes sistemas de manejo do solo têm a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. Todavia, o desrespeito às condições mais favoráveis (solo úmido - consistência friável) para o preparo do solo e o uso de máquinas cada vez maiores e pesadas para essas operações podem levar a modificações da sua estrutura, causando-lhe maior ou menor compactação, que poderá interferir na densidade do solo, na porosidade, na infiltração de água e no desenvolvimento radicular das culturas, e, conseqüentemente, reduzir sua produtividade (De Maria *et al.*, 1999).

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (Mielniczuk, 1999). Segundo Matias (2003), devido a grande pressão do uso dos recursos naturais em função do aumento da população e às técnicas de manejo que têm sido utilizadas para o cultivo, nem sempre há a preocupação com a sustentabilidade do sistema.

De acordo com Primavesi (1990), o manejo do solo afeta diretamente as taxas de erosão que um solo pode sofrer. Preparos do solo que revolvem o solo e o expõem à ação do impacto das gotas de chuva apresentam taxas maiores de erosão que preparos que mantêm a resteva das culturas na superfície. A rugosidade superficial proporcionada pelos diferentes tipos de preparos do solo, afeta diretamente a infiltração de água e a taxa final de erosão. O uso continuado de preparo do solo sempre à mesma profundidade, e com teores inadequados de umidade, tem provocado uma camada compactada subsuperficial. Esta camada compactada restringe severamente a infiltração de água, e aumenta o escoamento

superficial, aumentando a erosão. Da mesma forma, o uso inadequado de grades induz a desagregação, formando uma camada excessivamente pulverizada na superfície. Esta condição passada era considerada como ideal para a semeadura. No entanto, a ocorrência de chuvas de elevada intensidade irá ocasionar o selamento superficial (obstrução da porosidade por partículas finas de solo), que restringe a infiltração de água no perfil e favorece o processo erosivo. Quando seca a superfície do solo, esta se apresenta encrostada, limitando a emergência de plântulas e as trocas gasosas do solo.

O manejo do solo exerce influência considerável sobre o espaço poroso da camada superficial do solo. O cultivo tende a diminuir o espaço poroso para valores aquém dos correspondentes a solos virgens ou não cultivados. Esta redução, em geral, é associada à diminuição do teor de matéria orgânica. Com a utilização da implantação da lavoura anual no preparo convencional do solo, ocorre decréscimo no teor da matéria orgânica do solo, refletindo em decréscimo da qualidade da estrutura e modificação na composição do espaço aéreo do solo, restringindo a circulação de água e ar, percebendo-se principalmente a diminuição drástica no espaço ocupado por macroporos. Além disso, há também uma diminuição da estabilidade às unidades estruturais (agregados) ao solo, tornando o mesmo mais resistente à ação dos agentes erosivos.

O monitoramento da qualidade do solo é necessário e pode ser realizado mediante avaliação dos seus atributos físicos, que são importantes para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. No monitoramento da qualidade do solo, os atributos usados como indicadores de mudanças devem ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação. Para o monitoramento da qualidade do solo, os atributos usados como indicadores de mudanças devem ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação (Doran & Parkin, 1994).

## **Estrutura do solo**

A estrutura do solo, embora não seja considerado um fator de crescimento para as plantas, exerce influência direta sobre movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade do solo e porosidade (Letey, 1985). O cultivo intenso de espécies anuais, de baixa adição de resíduos, aliado à prática de preparo excessivo e superficial do solo, tem causado erosão e degradação da estrutura do solo.

A qualidade da estrutura do solo é um indicador de sustentabilidade de sistemas agrícolas, sendo esta influenciada pelas condições químicas, físicas e biológicas que ocorrem nos solos, e sua degradação causa erosão e redução de produtividade. Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas a sua forma (Albuquerque et al., 1995).

A agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocadas por práticas de manejo de solo e culturas (Campos et al, 1999). A variação estacional da estabilidade estrutural do solo varia com processos físicos relacionados com o preparo do solo e tráfego de máquinas agrícolas, clima e crescimento de plantas (Kay, 1990). Dentre as variáveis químicas, físicas e biológicas que afetam a estrutura do solo, a matéria orgânica do solo parece ser o fator mais importante na formação e estabilidade dos agregados. A influência da matéria orgânica na agregação do solo

é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico para manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas. Sistemas de manejo de solo e de cultura, adequadamente conduzidos, proporcionam o aporte de material orgânico através de resíduos vegetais, além da ação benéfica das raízes das plantas e proteção oferecida à superfície do solo (Campos et al., 1995).

### **Propriedades físicas do solo**

Os solos no Brasil em geral, apresentam condições físicas favoráveis para a agricultura, e vêm sendo gradativamente explorados com culturas anuais, pastagens e mais recentemente com reflorestamentos. No entanto, quando submetidos a determinados sistemas de manejo, tendem a um novo estado de equilíbrio, refletido em diferentes manifestações de seus atributos físicos, os quais poderão ser desfavoráveis à conservação do solo e a produção das culturas (Silva, et al., 2005).

Karlen & Stott (1994) sugerem que, para cumprir a sua função primária de meio para o crescimento de plantas e animais, o solo deve cumprir as seguintes funções específicas: oferecer mínima resistência à penetração de raízes; permitir a livre entrada e a moderada retenção de água da chuva; apresentar boa aeração e permitir boa troca de gases com a atmosfera; apresentar a mínima competição entre água e ar na ocupação do seu espaço poroso; apresentar máxima resistência à erosão; facilitar a incorporação de plantas para a adubação verde e resíduos orgânicos; promover a atividade biológica; e promover a tração estável para máquinas e implementos agrícolas.

O efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da sua textura e mineralogia, as quais influenciam a resistência e a resiliência do solo a determinada prática agrícola (Seybold et al., 1999). Do ponto de vista biológico, um solo com boa qualidade física requer balanço entre aeração e retenção de água, além de resistência do solo à penetração não impeditiva ao crescimento e às funções fisiológicas das raízes (Letey, 1985).

Segundo Vieira & Muzille (1995), os efeitos diferenciados sobre os atributos físicos devido ao tipo de preparo de solo adotado em cada sistema de manejo, são dependentes da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo dos resíduos vegetais e das condições de umidade do solo no momento do preparo. O manejo incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas, leva à formação de camadas subsuperficiais compactadas, sendo uma das principais causas de degradação da estrutura do solo e da redução da produtividade das culturas. A intensa desestruturação do solo e a subsequente movimentação vertical de argilas, seguida de deposição na subsuperfície, pode estar provocando a formação de camada compactada logo abaixo da camada arável (Carvalho Júnior, 1995).

O aumento do conteúdo volumétrico de sólidos traduz-se em aumento da densidade do solo e drástica redução na macroporosidade, na quantidade de água prontamente disponível à planta, e na aeração (Alvarenga et al., 1996). Essas alterações, além de favorecerem a formação de ambiente redutor, com possibilidade de profundas alterações químicas, comprometem a infiltração de água e a penetração das raízes, tornando os solos mais suscetíveis à erosão (Brady, 1979; Primavesi, 1990; Vepraskas & Wagger, 1990). Montovani (1987) atribui a gênese dessa camada compactada ao uso excessivo de máquinas. Oliveira

(1992) destaca, neste processo, a dispersão de argila, provocada por uma maior taxa de oxidação da matéria orgânica do solo, e por alterações químicas quando esses solos são colocados em produção agrícola. Jucksch (1987), Sumner (1992) e Carvalho Júnior (1995) enfatizam que a dispersão de argila se dá pelas intensas calagens e adubações realizadas nos solos quando em produção.

De modo geral, com o aumento da intensidade de cultivo tem sido observada alteração no tamanho dos agregados do solo, aumento da densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração (Albuquerque et al., 1995; Alvarenga & Davide, 1999; Anjos et al., 1994; D Andréa, 2001; Silva & Mielniczuk, 1997). Diferentes propriedades físicas têm sido usadas na quantificação da qualidade física do solo (Topp & Zebchuk, 1979); dentre estas, a densidade e a porosidade são as mais amplamente utilizadas.

Segundo Cintra & Mielniczuk (1983), a formação dos agregados e sua estabilidade são determinadas pelo suprimento contínuo de resíduos orgânicos (raízes, folhas e caules) e sua decomposição no solo, pela atividade microbiana. Em camadas superficiais, esta adição se dá através dos sistemas radiculares das culturas durante o processo de renovação. Daí a importância das espécies vegetais com sistema radicular abundante, bem como daquelas que alcançam grandes profundidades.

Segundo Carpenedo & Mielniczuk (1990) as gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade de agregados quando comparada às leguminosas, isso ocorre porque as gramíneas apresentam um denso sistema radicular e que passa por renovações constantes.

Silva & Mielniczuk (1997) afirmam que os efeitos são atribuídos, principalmente, à alta densidade de raízes, que promove a aproximação de partículas pela constante absorção de água do perfil do solo, às periódicas renovações do sistema radicular e à uniforme distribuição dos exsudados no solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na formação e estabilização dos agregados.

Para Pequeno *et al.* (2004), em curto espaço de tempo, a estabilidade dos agregados de um solo modifica-se sob influência de tratamentos de cultivos, e está, provavelmente, mais relacionada a mudanças nos constituintes orgânicos do que conteúdo total de matéria orgânica. Tratando-se de períodos longos, a estabilidade do agregado diminui, uma vez que a matéria orgânica é também diminuída, por ser usada como fonte de energia pelos microorganismos do solo.

De acordo com Leite *et al.* (2005) em solos sob floresta, a presença do material orgânico na camada superficial promove intensa atividade biológica, o que resulta em produtos que desempenham função na formação e estabilização de agregados.

O tráfego contínuo com máquinas pesadas e o uso de equipamentos de cultivo causam a formação de camadas compactadas de baixa permeabilidade. A compactação diminui o volume de poros do solo, incrementando conseqüentemente, a densidade do solo das camadas superficiais. Isso pode afetar a produtividade das culturas devido à importância do espaço poroso para a movimentação do ar e água, na difusão de nutrientes, particularmente do fósforo, e no crescimento das raízes (Stone *et al.* 1994).

Na tabela 4 são mostrados alguns dados referentes à distribuição percentual dos agregados por classe diamétrica em área de mata nativa secundária e ambiente de plantio convencional. Observa-se uma melhor condição da área de mata em formar agregados

estáveis em condições de umidade, ou seja, o efeito agregador da matéria orgânica com os colóides do solo é forte, causando uma maior resistência ao processo de desagregação a classes diamétricas menores.

**Tabela 4.** Distribuição percentual de agregados obtidos via úmida.

Classes	Tratamentos	
	Mata Nativa Secundária	Cultivo convencional
----- % -----		
0-10 cm		
≥2,00mm	0,96 A	0,77 B
2,00mm-1,00mm	0,01 A	0,07 B
1,00mm-0,500mm	0,01 A	0,06 B
0,500mm-,250mm	0,01 A	0,04 A
0,250mm-,100mm	0,01 A	0,02 A
<0,053mm	0,01 A	0,03 A
10-20 cm		
≥2,00mm	0,93 A	0,72 B
2,00mm-1,00mm	0,02 A	0,12 B
1,00mm-0,500mm	0,02 A	0,07 B
0,500mm-0,250mm	0,01 A	0,06 B
0,250mm-0,100mm	0,01 A	0,02 B
<0,053mm	0,01 A	0,01 B

Adaptada de Custódio (2007).

O índice de agregação nos solos de mata, em função do contínuo aporte de material orgânico e ação intensa da biologia do solo, tendem a ser melhores que nos sistemas de revolvimento do solo, conforme podemos observar na tabela 5. Assim, quanto mais este valor se aproxima de 1 mais estável é o agregado, o que se observa nas três profundidades.

Isto comprova que a ação de revolvimento do solo exercida em áreas sob plantio convencional, promove uma maior desagregação das partículas do solo, ficando estes susceptíveis a erosão e desprovidos de matéria orgânica, os resultados em concordância com Calegari *et al.* (2006), Nascimento *et al.* (2005) e Silva *et al.* (2006).

Segundo Santos *et al.* (2007), quanto maior e melhor for à cobertura do solo, por mais tempo permanecerão às condições de umidade, criando microambiente mais favorável às reações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no solo, que por sua vez atuam no processo de agregação biológica, principalmente nos horizontes menos profundos. Borges *et al.* (2003), ainda ressalta, que a influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico. Com o aumento do teor de matéria orgânica do solo, a atividade dos microorganismos aumenta, resultando na formação de agentes cimentantes que aumentam a formação e estabilização dos agregados

**Tabela 5.** Índice de agregação do solo (IEA\*) nas áreas com mata e plantio convencional



<b>Profundidade</b>	<b>Mata Nativa Secundária</b>	<b>Área com Plantio Convencional</b>
0-10cm	0,55 A	0,48 B
10-20cm	0,53 A	0,46 B
20-30cm	0,54 A	0,44 B

Adaptado de Custódio (2007). \*determinado através da relação DMPAu/DMPAs utilizada por Silva & Mielniczuk (1997) e Pequeno (1999).

### **Cobertura vegetal e agregação do solo**

O solo é o principal habitat para prática de cultivos dos vegetais, porém o manejo adotado pelo homem tem trazido a cada dia efeitos negativos para o mesmo, em virtude de aquelas ocasionarem processos de degradação e perda de seus constituintes, e conseqüentemente, queda na produtividade. Sendo formado por frações de tamanhos e formatos diferentes, a união dessas partículas constitui frações maiores denominadas agregados, a forma em que estes se arranjam constitui a estrutura, portanto quanto mais estruturado estiver o solo, em melhores condições se apresentará.

Segundo Longo *et al.* (1999), a implantação de atividades agrícolas em grandes áreas no Brasil, vem causando modificações em vários ecossistemas naturais, como Cerrado e Floresta Amazônica, com a retirada da vegetação original e substituição pelo cultivo intermitente do solo, causando transformações em suas características.

De acordo com Corrazza *et al.* (1999), citado por WENDLING *et al.* (2005), a substituição da floresta nativa, por cultivos anuais reduz drasticamente o conteúdo de carbono orgânico total em todas as profundidades do solo, principalmente nas camadas superficiais, em decorrência do revolvimento, promovendo a oxidação da matéria orgânica.

O cultivo do solo altera suas propriedades físicas em relação ao solo não cultivado, tal como aquele encontrado em campos nativos, tais alterações são pronunciadas em sistemas convencionais de preparo, as quais se manifestam, em geral, na densidade do solo, volume e distribuição de tamanhos de poros e estabilidade de agregados influenciando a taxa de infiltração de água, a erosão hídrica e desenvolvimento das plantas (Bertol *et al.*, 2004).

O efeito da tipologia cultural de exploração agrícola nas características do solo é um fator freqüente na literatura científica, haja vista a relação implícita do mesmo na melhoria da qualidade do solo pelo incremento positivo na formação de agregados estáveis. Uma forma influenciadora na formação destes, relaciona-se com o crescimento e renovação radicular ao longo do perfil do solo, provocando um arranjo das partículas devido à ação mecânica exercida pela penetração e pela adição de matéria orgânica, provoca melhorias nas características do solo, especialmente na porosidade e agregação.

Existem dois principais mecanismos envolvidos no aumento da estabilidade de agregados, quando relacionados ao incremento de restos de material vegetal ao solo, um diz respeito a formação de ligações de materiais orgânicos com partículas minerais ou pela ação física ou liberação de exudatos pelas raízes ou hifas de fungos; Outro é a ação da matéria orgânica na diminuição da entrada de água no agregado, devido a hidrofobicidade dos restos vegetais, reduzindo, assim, a quebra pela expulsão instantânea do ar contido nos poros (Bastos *et al.*, 2005).

De acordo com OLIVO *et al.* (2005), em campos nativos há maior concentração de agregados na classe de maior tamanho, devido a maior quantidade de flora

existente, constituída principalmente por gramíneas que exercem influência na agregação, através do denso e agressivo sistema radicular, da remoção de água que faz com que aumente as forças de coesão entre as partículas além do aumento do fornecimento de alimentos aos microorganismos.

A adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como plantio direto, tem sido apresentada como uma opção para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola dos latossolos no Brasil. Entretanto, é freqüente o uso de cultivo denominado convencional, que, basicamente consiste no uso excessivo de arrados e grades no preparo do solo, especialmente grade aradora, que diminui a estabilidade dos agregados causando sua destruição (Silva et al., 2000).

No modelo tradicional de cultivo, o manejo do solo é realizado com número excessivo de operações de preparo, somados às demais operações de cultivo, fazem com que, em uma propriedade, em apenas uma safra agrícola, máquinas e veículos passem revolvendo ou sobre o solo por mais de 15 vezes. Essa forma de manejo, principalmente quando o preparo é feito com implementos e condições de solo inadequadas, tem causado a desestabilização dos agregados do solo e a redução da matéria orgânica EMBRAPA (2004).

O sistema convencional, através de arações e gradagens promovem o revolvimento superficial do solo, com a finalidade de adequá-lo para o recebimento das sementes, esses processos causam o fracionamento de agregados com diâmetros maiores em diâmetros menores, aumentam a porosidade nas camadas superiores adensando a camadas intermediárias ao longo do perfil do solo, acontecendo o chamado pé de grade ou pé de arado.

Segundo Silva et al. (1996), a adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo e o contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção da estruturação do solo, os sistemas de adubação verde, em sucessão à cultura principal, protegem o solo do impacto direto das gotas de chuva na entressafra e evitam bruscas variações no grau de umidade do solo. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos, constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes de estabilização dos agregados.

O plantio direto é um sistema de produção agrícola em que a semeadura das culturas é feita sem o preparo do solo, mantendo os restos culturais dos cultivos anteriores na superfície, como não há revolvimento do solo, pode ocorrer a formação de camadas compactadas pelas pressões exercidas por máquinas ou pelos animais em área de integração lavoura – pecuária, havendo um aumento da densidade, redução da porosidade, principalmente da macroporosidade ou porosidade de aeração (Miguel et al. 2007).

O não revolvimento do solo e a adição dos resíduos das culturas na superfície do solo em Plantio direto desencadeiam inúmeros processos físicos, químicos e biológicos fortemente interrelacionados, geralmente sinérgicos entre si, como é o caso dos processos que levam ao aumento da estabilidade dos agregados e dos estoques de matéria orgânica no solo. O maior carbono orgânico determina maior estabilidade de agregados, e esta, por sua vez, maior proteção física da matéria orgânica Costa (2003).

SALTON et al. (2008) observou que os diversos sistemas de manejos adotados como plantio contínuo convencional, pastagem, cultivo mínimo e rotação de culturas com pastagem. Houve a formação de agregados estáveis de maior diâmetro de forma constante em todo o

perfil do solo, nos sistemas com pastagens com rotação de culturas como a soja, e na pastagem permanente, os menores valores foram encontrados em sistemas com agricultura contínua, ficando dessa maneira evidente a contribuição da pastagem em aumentar o tamanho médio dos agregados estáveis.

### **Efeito na agregação do solo**

Segundo PEQUENO (1999), avaliando o efeito dos sistemas radiculares de doze leguminosas em algumas características física do solo concluiu que leguminosas junto às gramíneas são consideradas plantas melhoradoras e recuperadoras das propriedades químicas, física e biológica dos solos. As leguminosas destacam-se pela fixação simbiótica do nitrogênio e pela facilidade de decomposição de seus tecidos vegetais, face a baixa relação carbono/nitrogênio, além de apresentarem sistema radicular profundo, conseguem mobilizar nutrientes e absorver água em grandes profundidades.

Custódio (2007), infere que as leguminosas por conferirem uma boa proteção aos solos são eficientes não apenas por diminuir a evaporação e possibilitar um controle da erosão, mas também por influenciar nas características físicas tais como aumento da porosidade, infiltração de água contribuindo para melhora da estrutura do solo.

Na tabela 6 observa-se os resultados obtidos por Silva (2008), onde o ensaio envolvendo diferentes formas de uso do solo, o milho (*Zea mays*) solteiro obteve um melhor índice de estabilidade de agregados. Segundo Custódio (2007), as características do solo da região onde a pesquisa foi desenvolvida contém grande quantidade de argila, por ser um latossolo com um grau de intemperismo elevado, e conter minerais provindos da argila tais como óxidos de ferro e alumínio que possui cargas positivas que ao entrarem em contato com as partículas do solo promovendo uma aproximação formando agregados maiores.

**Tabela 6:** Índice de agregação do solo segundo a forma de uso.

Tratamentos	IEA
Milho	0,76 A
<i>Brachiaria brizantha</i> + Amendoim	0,70 B
Amendoim + Milho	0,66 C
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,64 D
Amendoim	0,63 D
Testemunha	0,63 D
<i>Panicum maximum</i>	0,63 D
<i>Panicum maximum</i> + Amendoim	0,60 E
DMS:	0,02

Obs. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Adaptado de Souza (2008)

Conforme SILVA (1993) as gramíneas se distinguem dos outros vegetais, pela alta taxa de fotossíntese e baixa perda de CO<sub>2</sub> na fotorespiração, e ainda, pelo baixo consumo de água por unidade de matéria seca produzida. A maior capacidade de regeneração e de produção de matéria seca, associado ao vasto sistema radicular, fazem dessas plantas, aquelas com maior desempenho na formação e estabilização dos agregados do solo.

Ao estudar a formação, estabilidade e qualidade de agregados do solo afetado pelo uso agrícola, Silva *et al.* (1993), concluiu que as raízes, apesar de representarem uma pequena fração dos constituintes que compõem o solo, sua distribuição no mesmo, exerce grande influência na formação e estabilização dos agregados, neste contexto as gramíneas se destacam pela melhor distribuição do seu sistema radicular, favorecendo as ligações entre as partículas minerais e agregados, sendo consideradas plantas recuperadoras da estrutura de solos degradados.

### **Fatores que influenciam a formação e estruturação do solo**

Os principais fatores que influenciam na formação dos agregados são: a argila, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio, tidos como agentes cimentantes das partículas e o manejo do solo.

Para haver a formação de agregados no solo são necessárias duas condições fundamentais: a primeira é que haja uma força mecânica qualquer, provocando a aproximação das partículas, esse movimento pode ser causado pelo crescimento de raízes, por animais de hábito terrestre como minhocas, pelo fenômeno da expansão e da contração provocado pelo molhamento e secamento alternado ou pela floculação, a segunda condição é que após o contato das partículas, haja um agente cimentante para consolidar essa união, gerando o agregado Kiehl (1979).

Os óxidos de ferro e alumínio devido a sua grande reatividade e elevada área superficial específica, são considerados agentes cimentantes das partículas primárias. De acordo com REICHERT (2006), o efeito da agregação provocada por óxidos de ferro e alumínio varia de acordo com a quantidade e o tipo desse mineral, provenientes de argila do tipo silicatadas (esmectitas e caolinitas), ou argilas óxido hidratadas de ferro (gibisitas e goetitas) que são originárias de solos intemperizados das regiões tropicais e subtropicais, sendo que o principal mecanismo de agregação é a atração das cargas positivas das partículas de óxido de ferro e alumínio pelas cargas negativas das argilas silicatadas.

A matéria orgânica é originária das plantas, dos minerais e dos microorganismos que vivem no solo, as plantas são as principais fontes de matéria orgânica, quer pela deposição de ramos e folhas, quer pela contribuição oferecida pelas raízes, no solo a matéria orgânica é encontrada em diferentes estádios de decomposição, o conteúdo e a composição são conseqüências de fatores diversos tais como: o tipo de vegetação, a topografia e fatores climáticos. No solo o acúmulo ou a destruição sofrem o efeito da atividade dos microorganismos, os quais são afetados pelas condições de umidade, aeração, temperatura e reação do meio (pH), além do indispensável suprimento de nutrientes e fontes energéticas Kiehl (1979).

A matéria orgânica é um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados, sua eliminação provoca uma modificação no arranjo das partículas do solo em função da destruição da formação dos agregados Custódio (2007).

A fitomassa além de acarretar maior aporte de carbono, também tem influência nas propriedades do solo, uma vez que atua como isolante entre o solo e a atmosfera. Solos com

uma boa cobertura impedem ou diminuem a ação direta das gotas de chuva, mantêm mais uniforme a umidade e temperatura, favorecem o desenvolvimento do sistema radicular e atividade microbiana e contribuem para a criação de um ambiente mais favorável à agregação (Wendling *et al.*, 2005).

### **Efeitos da mecanização na estruturação do solo**

Na atualidade a exigência da prática de uma agricultura cada vez mais intensiva e mecanizada, com um acentuado tráfego de máquinas e implementos agrícolas, do peso e da potência dos tratores utilizados, tem concorrido para que se processem alterações na estrutura do solo e formação de camadas compactadas Gomes & Pauletto (1999).

A mecanização agrícola através de tecnologias inadequadas constitui sem dúvida, um dos principais agentes comprometedores da produtividade do solo. A característica principal dessas tecnologias é a dominância dos processos mecânico-químicos de manejo do solo decorrente da própria ênfase dada à modernização da agricultura para promover o desenvolvimento do setor agrícola no País. Nos estágios iniciais de expansão da agricultura mecanizada, as práticas tradicionais de preparo do solo incluíam a queima dos resíduos após a colheita, seguida do uso intensivo de grades de discos, que promoviam a decomposição acelerada da matéria orgânica e intensificavam a desagregação de partículas na superfície do solo Muzilli (2001).

Ações relativamente simples como não proceder às operações mecânicas em solos molhados, conjugadas com práticas que promovam aumentos dos teores de matéria orgânica podem garantir o bom estado físico do solo. A consistência dos solos pode ser avaliada com o solo seco (dureza), úmido (friabilidade) e molhado (plasticidade e pegajosidade). Operações de preparo do solo e plantio só devem ser realizadas com o solo úmido, evitando-se o estado seco, quando torna-se duro, e o estado molhado, quando tende a ser pegajoso e plástico. Solos argilosos tendem a apresentar comportamentos extremos quanto à consistência, sendo duros quando secos e plásticos e pegajosos quando molhados, havendo uma estreita faixa de umidade que permite as operações. Essa faixa de umidade pode ser ampliada com o aumento dos teores de matéria orgânica, que atua como um condicionador que diminui a dureza, a plasticidade e a pegajosidade Nunes & Gomes (2006).

### **Efeitos na Densidade do solo e Porosidade**

A densidade do solo é reconhecidamente um fator fundamental no que se diz respeito ao uso do solo. Solos com um alto grau de compactação são caracterizados pela resistência à penetração radicular, dificultando a absorção de água e nutrientes vitais para as plantas. O aumento da densidade do solo trás consigo o conseqüente aumento da porosidade do solo causando uma diminuição dos macroporos e um aumento de microporos o que dificulta a infiltração de água podendo causar problemas como erosão do solo.

Segundo Gomes & Pauletto (1999), a densidade do solo é um atributo físico que reflete o arranjo das suas partículas que, por sua vez, determina as características do espaço poroso. Portanto, todas as manifestações que influenciam a disposição das partículas no solo afetam os valores de sua densidade.

A densidade do solo é um fator que muito influi na capacidade do mesmo sustentar a vida vegetal e por conseqüência, a vida animal também, determinando, portanto o potencial agrícola e pecuário da terra. Em geral aumenta com a profundidade do perfil devido as pressões exercidas pelas camadas superiores provocando a compactação, reduzindo a porosidade. A movimentação de material fino dos horizontes superiores (eluviação) também contribui para a redução dos espaços porosos aumentando a densidade aparente dessas camadas (PIACENTINI, 2008).

De acordo com Tormena et al. (2002), os sistemas de preparo do solo promovem modificações nas propriedades físicas como a densidade e porosidade do solo. A macroporosidade é drasticamente reduzida com a compactação do solo. De forma geral estas propriedades funcionam como indicadores de possíveis restrições ao crescimento radicular das culturas, afetando a absorção de água e nutrientes.

Leguminosas e gramíneas são consideradas plantas recuperadoras das propriedades do solo, quer biológicas, químicas e físicas, sendo que as leguminosas se destacam pela fixação simbiótica de nitrogênio e pela facilidade de decomposição de seus tecidos vegetais, face a baixa relação carbono / nitrogênio, além de apresentar sistema radicular profundo, e serem fixadoras de nitrogênio do ar ( PEQUENO, 1999).

Novak et al. (1992), citado por Streck et al. (2004), relatam que as alterações significativas nas propriedades físicas do solo, ocorrem em virtude do tráfego contínuo de máquinas pesadas, do não revolvimento do solo e do uso freqüente de equipamentos agrícolas em dias que o nível de umidade é muito elevado. Essas alterações referem-se ao decréscimo da porosidade e da permeabilidade e ao aumento da compactação em relação às condições originais.

Segundo Carvalho et al. (2007), as causas das alterações na densidade dos solos podem ser naturais, difíceis de ser definidas e avaliadas, agindo lentamente no solo, como por exemplo, a eluviação de argilas e as forças mecânicas originadas da pressão causadas pelas rodas das máquinas agrícolas e pela própria ação de implementos sobre o solo.

No entanto, segundo Motta et al. (2004), o uso de máquinas no preparo inicial do solo mostrou-se eficiente na redução da densidade do solo e conseqüente aumento na porosidade total, porém não se pode atribuir esse resultado como melhoria, face a degradação da estrutura do solo à umidades bem menores, provocada pelo uso de máquinas no preparo inicial do solo, o que possivelmente aumentaria a quantidade de microporos e redução de macroporos.

De acordo com Deneff (2007), citado por Custódio (2007), a matéria orgânica do solo ocupa papel fundamental no funcionamento de agroecossistemas e sua preservação é importante para a prática sustentável da agricultura.

Silva (2008) ao analisar os efeitos das formas de uso do solo utilizadas por Souza (2008) em três profundidades estudadas e de forma individual, constatou que o milho solteiro e o Milho + Amendoim foram os que melhor contribuíram para o incremento de matéria orgânica ao solo nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm, enquanto que na de 20-30cm estes tratamentos foram iguais ao *Brachiaria brizantha*, que mostrou-se igual aos demais tratamentos. Em se tratando da análise da interação entre os tratamentos, ele observou também que o amendoim foi o único dos tratamentos a externar significância estatística em relação as profundidades analisadas, com efeito depressivo com a profundidade. Tal fato foi

atribuído a tipologia radicular deste em relação aos outros tratamentos, haja vista as leguminosas apresentarem sistema radicular pivotante e sua contribuição isolada com o aporte de matéria orgânica para o solo ser menor que o das gramíneas, de acordo com Custódio (2007), Pequeno (1999), Silva & Mielniczuk (1997). Nascimento et al. (2003), encontraram resultados semelhantes avaliando o comportamento de doze leguminosas forrageiras em um Luvissolo Crômico Pálico abrupto e Alcântara (1998), Pequeno (1999) e Ribeiro (1999).

O bom desempenho de leguminosas no aumento do teor de matéria orgânica do solo é ressaltado por Alleoni & Beauclair (1995), avaliando o efeito da rotação de culturas, no cultivo de cana de açúcar recomenda o uso do amendoim devido a fixação atmosférica de nitrogênio em suas raízes e por possuírem uma estreita relação carbono/nitrogênio e por deixarem no solo, após a colheita uma matéria orgânica facilmente decomponível.

Costa et al. (2003), concluíram que o teor de matéria orgânica tem grande influência sobre a densidade do solo apresentando maiores valores de densidade aqueles solos com menor teor de matéria orgânica. Esse aspecto é favorecido pela matéria orgânica, a qual tem a densidade menor que a matéria mineral e tem a função de flocular o solo, melhorando a sua estrutura e diminuindo a sua compactação. Em solos florestais ocorre um maior favorecimento em relação a este parâmetro, devido ao grande aporte de matéria orgânica proveniente das árvores. Isso faz com que os mesmos apresentem, ao menos nas camadas superiores, grandes teores da mesma (PIACENTINI, 2008).

**Tabela 7:** Teores de matéria orgânica dos tratamentos nas três profundidades analisadas

Tratamento	Profundidade								
	0 – 10cm		10 – 20cm		20 – 30cm				
Testemunha	17,40	c	A	15,47	c	A	11,05	b	A
Amendoim	20,11	b c	A	14,68	c	AB	11,82	b	B
Milho	27,86	a b	A	25,35	a b	A	22,07	a	A
Amendoim+milho	30,10	a	A	28,24	a	A	22,33	a	A
Forrageira 1	17,93	c	A	18,53	b c	A	15,52	a b	A
Forrageira 2	15,42	c	A	13,75	c	A	11,16	b	A
Forrageira1+amendoim	17,41	c	A	15,38	c	A	12,93	b	A
Forrageira2+amendoim	12,94	c	A	11,75	c	A	10,26	b	A

DMS para coluna= 8.71

DMS para linhas = 8.10

Adaptado de Silva (2008)

Segundo Kluthcouski et al. (2000), o sistema de plantio direto tem sido adotado expressivamente por agricultores do cerrado brasileiro. Contudo, seu uso continuado em regiões tropicais, com insuficiência de cobertura do solo e sucessivas adubações superficiais, podem resultar no aumento de parâmetros do solo como a compactação e o acúmulo de nutrientes na superfície, e na baixa expressão do potencial produtivo das culturas. Tratando-se de plantio direto (Silveira et al., 2008), observaram que a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir com o passar dos anos devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, podendo melhorar inclusive a estrutura do solo. De acordo com os autores, a rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistemas radiculares agressivos e pelos aportes diferenciados de matéria seca também pode melhorar os atributos físicos do solo e a intensidade da melhoria depende do período de cultivo, do número de cultivo por ano e das espécies cultivadas.

Goedert et al. (2002), reafirmam a melhoria das características físicas do solo nesse sistema de uso e manejo através da avaliação do estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. Eles observaram não haver compactação do solo na área experimental ou em glebas de lavoura, cultivada em plantio direto por um longo período de tempo, concluindo que um adequado manejo do solo pode minimizar ou mesmo eliminar os efeitos compactantes advindos do tráfego de máquinas e implementos agrícolas.

No entanto Tormena et al. (2002), avaliando a densidade, porosidade e resistência a penetração em um latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo constatou que o cultivo mínimo e preparo convencional apresentaram condições físicas menos restritivas ao crescimento das plantas em relação ao plantio direto.

De acordo com Laurindo (2006), a camada de resíduos vegetais em processo de decomposição é fundamental no sistema de plantio direto, pois desprende ácidos fúlvicos capazes de tamponar o alumínio trocável neutralizando sua toxidez. Segundo os mesmos, as leguminosas por imobilizarem nos seus tecidos o nitrogênio da fixação biológica feita pelo rizobium associado, possuem relação C/N próximo a 20 e taxa de decomposição rápida ao passo que as gramíneas são de decomposição mais lenta, pois seu conteúdo de nitrogênio na fitomassa é menor. Nos primeiros anos de implantação do sistema de plantio direto deve se dar preferência ao cultivo de gramíneas de relação C/N larga, para acelerar a formação da camada de palha. Pequeno (1999), relata que as gramíneas se distinguem dos outros vegetais, pela alta taxa de fotossíntese e baixa perda de CO<sub>2</sub> na fotorespiração, e ainda, pelo baixo consumo de água por unidade de matéria seca produzida. A maior capacidade de regeneração e de produção de matéria seca associado ao vasto sistema radicular, fazem dessas plantas, aquelas com melhor desempenho na formação e estabilização de agregados do solo.

De acordo com Moraes et al. (1995), a mecanização da agricultura introduziu, juntamente com seus benefícios, fatores desfavoráveis ao bom desenvolvimento das plantas, como por exemplo, a desagregação do solo, a erosão e a compactação resultante do tráfego de tratores e da ação de máquinas e implementos. Como efeito da compactação tem-se a redução do volume de solo explorado pelas raízes aumentando o risco de deficiência hídrica e nutricional. De acordo com Silva et al. (2000), os pneus usualmente utilizados no Brasil possuem a parte lateral do pneu (carcaça) rígida, sendo chamados de pneus de banda diagonal. Essa rigidez impede que o pneu se molde no solo de acordo com as irregularidades do terreno, e por isso, a sua área de contato fica reduzida, aumentando a pressão na superfície do solo. Flowers & Lal (1998) citado pelos autores relatam que a principal causa da compactação em solos agrícolas é o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita.

Streck et al. (2004), relatou que com a modernização da agricultura, o peso das máquinas e equipamentos e a intensidade de uso do solo têm aumentado. Esse processo, no entanto não foi acompanhado por um aumento proporcional no tamanho e largura dos pneus, resultando em significativas alterações nas propriedades físicas do solo. Aliado a isso, ocorreu a adoção do sistema conservacionista de preparo do solo, onde o solo deixou de ser revolvido e a compactação presente deixou de ser aliviada pelo preparo nos cultivos sucessivos.



Segundo Custódio (2007), as deformações ocasionadas pelo tráfego de máquinas, constitui-se em um fator determinante de modificações físicas do solo, podendo até mesmo anular possíveis efeitos benéficos dos sistemas conservacionistas.

### **Efeito de leguminosas em algumas propriedades físicas do solo**

A adoção de sistemas de manejo, que protejam contra os efeitos erosivos e o contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção da estrutura do solo. Os sistemas de adubação verde, em sucessão à cultura principal, protegem o solo do impacto direto das gotas de chuva e evitam grandes variações no teor de umidade do solo. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos, constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes de estabilização dos agregados do solo. Além desses aspectos, destaca-se o efeito físico das raízes sobre a formação, manutenção e tamanho dos agregados do solo.

#### *- Sistema radicular versus compactação*

Segundo Rosolem et al. (1994), o crescimento radicular de plantas é afetado pela distribuição espacial das partículas e agregados e na disponibilidade de nutrientes, provocadas pela compactação do solo. A compactação diminui o volume de solo explorado pelas raízes, podendo também, reduzir a absorção de P e K, especialmente em solos pobres nesses nutrientes. Esses pesquisadores, após estudarem o sistema radicular e a nutrição mineral da soja em solo compactado, obtiveram redução significativa na produção de matéria seca das raízes com o aumento da densidade da camada subsuperficial. Tendência semelhante foi observada também na produção da matéria seca na parte aérea, de modo que a relação raiz - parte aérea foi praticamente constante. Esta situação faz refletir não ser apenas a compactação o agente influenciador na esperada redução significativa dessa relação.

A maior percentagem de massa seca de raízes foi observada por Marschner (1986) nos primeiros 15cm de solo com densidade de 1,72 g/cm<sup>3</sup> acondicionados em vasos. O pesquisador concluiu que não havendo limitação de água e nutrientes, isto é, stresse hídrico e nutricional, a planta concentra sua maior proporção de raízes nas camadas onde o crescimento é mais adequado, procurando, com isso, manter a relação raiz - parte aérea e sofrer a menor redução possível na absorção de água e nutrientes.

Moraes (1998) estudou efeitos da compactação sobre algumas propriedades físicas do solo e o reflexo no desenvolvimento das raízes das plantas de soja em uma Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo, observaram que o rendimento biológico das raízes diminuíram com o aumento do nível de compactação com maior expressão no latossolo roxo.

#### *- Sistema radicular versus absorção de água e nutrientes*

Os problemas relacionados com a absorção de água pelas plantas, em geral, podem ser classificados em três tipos: os que ocorrem na interface solo-raiz, ao nível do parênquima cortical, onde o movimento da solução é função do gradiente de pressão osmótica, os relacionados à retenção de água pelo solo e que dependem, principalmente, do potencial

mátrico e os relacionados à planta como um todo que envolvem o movimento de água do solo até as folhas e inclui todos os fenômenos originados na interface solo-raiz, no endoderma e nas partes aéreas através da regulação osmótica (Cintra, 1997).

*- Produção de matéria orgânica pelas raízes e sua função na estruturação do solo*

Um dos efeitos mais importantes que ocorre com a incorporação dos adubos verdes, é a sua contribuição na formação e estabilização da agregação do solo. A formação e estabilização de agregados do solo contribui para melhorar as condições de aeração e infiltração, as quais são consequências dos aportes de matéria orgânica que através de uma atividade microbiana intensa, exerce efeito no condicionamento físico, químico e biológico do solo.

Para Harris et al. (1966), o efeito das culturas na agregação deve-se à grande massa de raízes que penetram no solo, e através dos exudados e demais compostos orgânicos favorecem a união entre suas partículas. Alguns autores afirmam ser os polissacarídeos (Tisdal & Oades, 1982) presentes na matéria orgânica os responsáveis pela formação dos agregados do solo, enquanto outros atribuem esses efeitos aos ácidos húmicos (Chaney & Swift, 1986).

Segundo Baver et al. (1972), o efeito da vegetação sobre a gênese da estrutura do solo pode ser baseada em três pontos: a) produção resíduos que são as fontes de energia para a atividade microbiana responsável pela formação de compostos húmicos; b) o sistema radicular não apenas contribui para a acumulação de resíduos vegetais, mas também na formação de agregados estáveis; e c) a cobertura exerce efeito protetor na estabilidade dos agregados superficiais contra a ação erosiva de chuva.

Nas substâncias consideradas como agregantes, existem alguns compostos ativos, que são realmente responsáveis pelo desencadeamento do processo dentro do sistema e, são representados por: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, exudados orgânicos e substâncias orgânicas provenientes da ação microbiana (Silva, 1993).

Goss & Reid (1979) e Reid & Goss (1980), encontraram um aumento na estabilidade de agregados de um solo arenoso após quatro semanas de cultivo com a gramínea azevém (*Lolium perene*). Tal efeito foi atribuído à liberação de substâncias orgânicas pelas raízes, que atuam na estabilização de forma direta ou indireta através da atividade microbiana. Para Tisdall & Oades (1979), o aumento da estabilidade dos agregados devido à ação das raízes de gramíneas se deve à liberação de polissacarídeos por hifas de micorrizas associadas.

Segundo Carpenedo & Mielniczuk (1990) a maior estabilidade dos agregados de um campo nativo, deve-se provavelmente ao tipo de matéria orgânica, resultado da decomposição das raízes das gramíneas e aos mecanismos de formação e estabilização de agregados, tais como a variação da temperatura e da umidade do solo.

A quantidade de matéria orgânica deixada pelas raízes no solo mesmo sendo inferior, em relação a produzida pela parte aérea é muito importante, porque é difícil obter de outra forma o enriquecimento das camadas mais profundas do perfil (Scaranari & Inforzato, 1952)

No Paraná foi avaliada a produtividade efetiva do sistema radicular do milho, em diversas situações de manejo do solo. Em áreas de 6 a 14 anos de plantio direto, foi registrado

sistema radicular bem desenvolvido, na profundidade de 75 até 90cm. Foi observado, também, presença abundante de galerias formadas pelos microrganismos do solo, onde a concentração de matéria orgânica em decomposição era visível em “sítios” nas camadas de 50 a 90cm de profundidade, com expressiva quantidade de raízes (Sá, 1993).

As gramíneas se distinguem dos outros vegetais, pela alta taxa de fotossíntese e baixa perda de CO<sub>2</sub> na fotorespiração, e ainda, pelo baixo consumo de água por unidade de matéria seca produzida. A maior capacidade de regeneração e de produção de matéria seca, associado ao vasto sistema radicular, fazem dessas plantas, aquelas com melhor desempenho na formação e estabilização dos agregados do solo. Com relação a esses efeitos benéficos em forma de agregação, muitos aspectos são levantados e várias são as especulações sobre os possíveis mecanismos envolvidos. Substâncias ou compostos orgânicos resultantes da decomposição das gramíneas são ressaltadas pelos seus efeitos mais duradouros, o que de certa forma está ligado à qualidade do material, à maior quantidade de raízes em termos de comprimento e à densidade do sistema radicular (Silva, 1993).

Para Silva & Mielniczuk (1997), os exudados orgânicos, constituídos de açúcares, compostos aminados, ácidos orgânicos, ácidos graxos, esteróis e compostos diversos podem atuar diretamente na união de partículas sólidas e, indiretamente, como substrato orgânico utilizado pelos microrganismos para produção de polissacarídeos. Segundo Barber & Martin (1976), materiais orgânicos liberados pelas raízes vivas no solo, podem atingir de 40 a 79% do seu peso seco e, as mucilagens podem constituir uma apreciável fração do material total armazenado.

Ao estudar a formação, estabilidade e qualidade de agregados do solo afetado pelo uso agrícola, Silva (1993) conclui que: a) As raízes, apesar de representarem uma pequena fração dos constituintes orgânicos do solo, sua distribuição no mesmo, exerce grande influência na formação e estabilização dos agregados. Neste contexto, as gramíneas perenes se destacam pela melhor distribuição do seu sistema radicular, favorecendo as ligações entre as partículas minerais e agregados para formação e estabilização dos agregados no solo; b) as gramíneas perenes, através de seus mecanismos e ação do sistema radicular, foram fundamentais para formar e estabilizar os agregados do solo, sendo portanto, indicadas como plantas recuperadoras da estrutura nos solos degradados.

#### *- Influência de materiais orgânicos sobre o sistema radicular de plantas*

O sistema radicular da planta está relacionado com a absorção de água e nutrientes. O seu desenvolvimento é influenciado pela interação de alguns fatores físicos, químicos e biológicos do solo, como práticas culturais, aplicação de fertilizantes e disponibilidade de água. As substâncias húmicas presentes na matéria orgânica aceleram o crescimento das plantas, favorecem o aumento do rendimento biológico das e produção de raízes laterais (Schinitzer, 1991).

Na competição por nutrientes, as raízes das plantas podem inclusive acidificar o solo (Conkling & Blanchar, 1989). A secreção de ácidos orgânicos pelas raízes jovens contribui, significativamente com este quadro ( Petersen & Bottger, 1991), favorecendo com isso, a heterogeneidade do pH da rizosfera (Pijnenborg et al., 1990). Estima-se que a zona de redução do pH no ambiente das raízes de algumas leguminosas seja em torno de 0 a 2 mm (

Blanchar & Linton, 1986). A fina camada que recobre as raízes tem importante influência na absorção de nutrientes e apresenta considerável concentração de ácidos orgânicos (Morelli & Bortoluzzi, 1992), os quais promovem aumento na disponibilidade de fósforo e fosfatos de alumínio e ferro (Linton et al., 1987).

*- Ação das leguminosas no beneficiamento do solo*

A habilidade das raízes das plantas em penetrar solos de densidades elevadas tem sido estudada por vários pesquisadores. Para Baver et al. (1972), é difícil separar os efeitos de falta de aeração e impedimentos mecânicos devido ambos serem afetados negativamente pelas densidades altas do solo resultantes da decomposição.

Sampaio (1995), avaliou o crescimento radicular do feijão caupi e do milho em Latossolo Amarelo coeso, observando grande presença de raízes de feijão caupi em profundidades, mesmo nos horizontes coesos, indicando ser esta uma cultura muito promissora na recuperação desse tipo de solo.

Cintra & Mielniczuk (1983) estudando o potencial de algumas espécies vegetais na recuperação de solos com propriedades físicas degradadas, observaram severa redução no comprimento de raízes das espécies testadas em função dos níveis de compactação, tendo a colza e o tremoço, pela capacidade de penetração da raiz pivotante em solos compactados, sido reveladas como culturas promissoras na recuperação de solos com esse problema.

Segundo Cordeiro & Franco (1988), na adubação verde, além da matéria orgânica produzida pela decomposição da massa verde da parte aérea das plantas, é muito importante a quantidade de raízes produzidas e a sua distribuição nas diferentes camadas do solo. Essas raízes, além de melhorarem a estrutura do solo, aumentam a retenção de água, em virtude dos canalículos deixados após sua decomposição. Além dessas vantagens, promovem também, a translocação de nutrientes das camadas mais profundas para o horizonte superficial do solo, quando da deposição de restos culturais sobre a superfície do solo.

## **QUALIDADE FÍSICA DO SOLOS SOB CAFEIEIRO ROBUSTA ARBORIZADO**

A influência do componente arbóreo na proteção se dá principalmente em dois âmbitos principais: na proteção contra erosões causadas por ventos ou chuvas e no maior incremento de partículas orgânicas ao solo, que acabam servindo tanto como adubo, como agente aglutinante das partículas minerais edáficas. A arborização não deixa de ser também uma forma de sistema agroflorestal, pois os princípios conservacionistas e estruturais são os mesmos. Assim, como ocorre em uma floresta natural, guardadas as devidas proporções, os SAFs estabelecem mecanismos de proteção contra a compactação, lixiviação e erosão do solo, como também propicia uma eficiente ciclagem de nutrientes (OLIVEIRA 2006).

Uma das maneiras de verificar o sucesso de um agroecossistema é através da análise da qualidade do solo. O conceito de um solo fisicamente ideal é complexo e carece de melhor definição quantitativa. No entanto, já há indicação clara de uma série de valores quantitativos de indicadores da qualidade física de um solo, sejam valores ideais, críticos ou restritivos ao crescimento de plantas ou na qualidade ambiental (REINERT, 2006). Algumas vezes, as propriedades físicas são confundidas com as propriedades químicas, sendo difícil separá-las, daí o termo físico-químicas. São exemplos de propriedades físicas: a densidade, a textura, a estrutura, a porosidade e a distribuição do tamanho dos poros (FAGERIA, 2006). Duas propriedades físicas, hierarquicamente mais importantes, referem-se a textura do solo, que é definida pela distribuição de tamanho de partículas, e a estrutura do solo definida pelo arranjo das partículas em agregados. Não menos importantes são as propriedades associadas à reação mecânica do solo à aplicação de forças externas (REINERT, 2006).

A degradação física do solo é fator de influência negativa para a fertilidade do solo, visto que condiciona a disponibilidade de ar e água para as plantas, assegurando, ainda, o transporte de elementos nutritivos em solução, além de influenciar a infiltração e distribuição da água dentro do solo que tem, por sua vez, papel importante no controle da erosão hídrica (TAVARES FILHO, 2005). O interesse em avaliar a qualidade do solo tem sido incrementado devido à consciência crítica em considerá-lo como um importante componente da biosfera. O conceito de qualidade de solo é bastante amplo e a dificuldade na sua definição provém da dependência de características intrínsecas, de seu uso e manejo, de interações do agroecossistema, e de fatores socioeconômicos e políticos. O conhecimento da qualidade física do solo é de extrema importância para avaliar o nível de degradação imposta pelo uso agrícola e para estabelecer estratégias de utilização e manejo sustentável (LIMA, 2007). Os solos agrícolas estão sujeitos a modificações em seus atributos físicos e químicos de acordo com o tipo de uso e sistemas de manejo adotados. Por outro lado, se a degradação do solo é revertida e a qualidade do solo é mantida ou melhorada, pela utilização de métodos de manejo adequados, a sustentabilidade agrícola pode ser uma realidade. Logo, entender e conhecer a

qualidade do solo é imprescindível à adoção de estratégias para um manejo sustentável sem comprometer sua qualidade no futuro (EFFGEN, 2006).

Para a maioria dos autores (Reinert 2006; Effgen 2006; Aguiar 2008; Portugal 2005) o uso principal da densidade do solo é como indicador da compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo. “A densidade do solo relaciona-se com a estrutura, uma vez que esta é função do arranjo e orientação das partículas do solo, assim como da quantidade e geometria dos espaços porosos” (AGUIAR, 2008). Em trabalho realizado por Silva (2002b) a compactação do solo teve efeito sobre a produção de matéria seca de raízes da soja na camada central. Michelin (2009) apud Soane e Van Ouwerkerk (1994) explica que um solo compactado apresenta aumento de sua densidade e resistência mecânica a penetração, além de redução na porosidade, principalmente a macroporosidade ou porosidade de aeração.

A maioria das culturas é seriamente afetada quando a densidade do solo ultrapassa  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , essencialmente por duas razões: primeiro, pela falta de  $\text{O}_2$  para a respiração das raízes, devido à baixa porosidade e má drenagem e, segundo, por impedimento mecânico para o crescimento das raízes, limitando-se a zona de exploração de água e nutrientes (ANDRADE, 2005 apud SOUZA et al, 1997). A densidade do solo é reconhecidamente um fator fundamental no que se diz respeito ao uso do solo. Solos com um alto grau de compactação são caracterizados pela resistência à penetração radicular, dificultando a absorção de água e nutrientes que são vitais para as plantas. O aumento da densidade do solo diminui o número dos macroporos e um aumento de microporos o que dificulta a infiltração de água podendo causar problemas como de erosão do solo (SILVA 2008a).

A densidade de partículas serve como indicador do peso da partícula do solo e como parâmetro posteriormente para aferir a porosidade total juntamente com a densidade do solo. Expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume de sólido do solo; portanto, não inclui a porosidade do solo e não varia com o manejo do solo. Depende primariamente da composição química e composição mineralógica do solo. (REINERT, 2006) A porosidade do solo é reflexo direto da estrutura e textura do solo, sendo os poros determinados pelo arranjo e geometria das partículas, diferindo quanto a forma, largura e tortuosidade (AGUIAR, 2008). A determinação da densidade de partículas do solo ( $D_p$ ) possui grande relevância como indicativa da composição mineralógica, cálculo da velocidade de sedimentação de partículas em líquidos e determinação indireta da porosidade (GUBIANI, (2006) apud FORSYTHE, 1975).

Textura é um termo empregado para designar a proporção relativa das frações argila, silte e areia no solo. Estes se diferenciam entre si pelo tamanho de suas partículas ou granulometria. Para Reinert (2006), a caracterização da textura se dá desconsiderando a presença da matéria orgânica e de partículas maiores do que 2 mm no solo, o total de partículas de um solo é igual ao somatório da proporção de areia, silte e argila, de maneira que um solo pode ter de 0 a 100% de areia, de silte e de argila. O número possível de arranjos resultante da combinação das proporções de classes de partículas é muito grande, o que impulsionou o desenvolvimento de um sistema de classificação gráfico e funcional para definição das classes de textura dos solos.

De acordo com Santos (2006), para se subsidiar a produção agrícola, no caso a soja, tem que haver uso racional dos recursos e insumos tornando-se necessário o conhecimento e

modelagem das variáveis envolvidas no sistema solo-planta, contemplando as diferentes classes texturas do solo. Segundo a mesma, definiu a textura como a mais importante propriedade do solo, sendo também um dos mais importantes indicadores da qualidade do solo. Influencia também nos processos ligados a disponibilidade de água, compactação, drenagem entre outros aspectos que irão resultar na produtividade. Para Portugal 2005, a textura do solo tem influencia na estrutura do solo e na resposta desses aos componentes biológicos e ao manejo.

## **Matéria orgânica**

Segundo Ricci (2006) a matéria orgânica do solo é resultante da deposição natural de resíduos vegetais (exudados e/ou morte de raízes, queda de folhas, galhos, frutos, etc) e animais (excrementos e/ou morte da biota) que chegam ao solo, podendo ter a sua origem também no próprio homem, por meio da adubação orgânica feita com esterco (bovinos, de aves e de suínos), compostos orgânicos preparados na fazenda, adição de resíduos vegetais, tais como restos culturais ou adubos verdes plantados com a finalidade de incorporação ao solo.

Sistemas de cultivo que promovam o aporte de resíduos orgânicos ao solo são alternativas viáveis e sustentáveis, pois esse acúmulo na superfície tem reflexo na subsuperfície pela ação da fauna de solo que transportam esse material, auxiliam na mineralização e na agregação do solo. Observando-se o trabalho de Souza (2008), avaliando cinco modelos de sistemas de arborização de cafeeiro Robusta constata-se que a diversificação promove o aumento do conteúdo de matéria orgânica com a profundidade quando se utiliza o cultivo de cafeeiro consorciado (Figura 2), apresentando teores maiores nos primeiros 10 centímetros de profundidade.

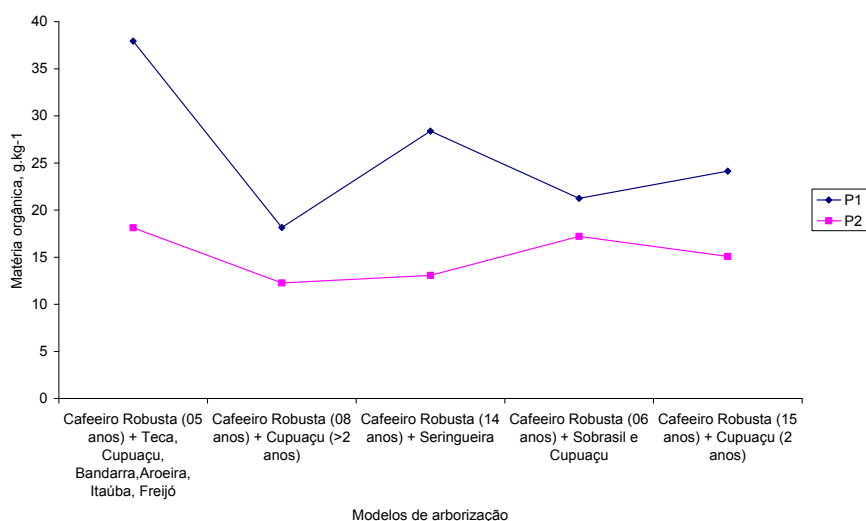


Figura 2. Conteúdo de matéria orgânica nas profundidades de 0-10cm (P1) e 10-20cm (P2) em diferentes modelos de arborização de café.

Tal fato de acordo com Pequeno (1999), está relacionado diretamente com a adição de

material orgânico pelos sistemas, onde a floresta natural, apresenta-se em equilíbrio dinâmico, cujas perdas são iguais às adições provável razão da superioridade em relação aos demais. Outro fator contribuinte para o incremento de CO é a relação C/N, que segundo Pequeno *et. al* (2002), esta da uma base para previsão de taxa de decomposição do material orgânico depositado, pois aquelas com teores de C maiores em relação ao de N, tem um tempo maior para que ocorra a completa decomposição.

A matéria orgânica do solo (MOS) é frequentemente citada como um dos principais indicadores de qualidade do solo, em razão do seu papel na regulação de uma série de processos que ocorrem no solo e sua estreita relação com a disponibilidade de águas e nutrientes (OLIVEIRA, 2006).

Alcântara (1997) constatou que o aumento da matéria orgânica diminuiu a densidade do solo e aumentou a porosidade melhorando as condições do cafezal. Para Effgen (2006), os resultados encontrados para a maioria dos atributos do solo estudados em sua dissertação foi influenciada pelo trato cultura e sítio de amostragem e a melhoria das condições de solos cultivados com lavouras cafeeiras está associada à utilização de práticas conservacionistas, que aumentam o teor de matéria orgânica no solo..Resultado semelhante foi encontrado por Alves (2007) após adicionar lodo de esgoto e introduzir plantas recuperadoras em um solo compactado.

Pequeno (1999) descreve que um dos efeitos mais importantes que ocorre com a incorporação dos adubos verde, é a sua contribuição na formação e estabilização da agregação do solo, pois contribui para melhorar as condições de aeração e infiltração,descrevendo a importância da matéria orgânica como agente cimentante dos agregados do solo.

Souza (2005b) verificou que a aplicação de 50 Mg ha<sup>-1</sup> de biossólido de lodo de esgoto aumentou a agregação do solo na camada de 0,0–0,1 m, onde foi incorporada. Fidalski (2007) verificou no cítrós que o volume de poros drenados foi dependente do sistema de manejo da vegetação. A MOS atua sobre outros atributos, tais como: ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo. Solos tropicais, intensamente intemperizados, apresentam como uma das suas principais características químicas a baixa CTC. Nesses solos, o teor de MOS tem importância preponderante na CTC efetiva (CONCEIÇÃO *et al.* 2005 ). Os mesmos autores concluíram que a análise do teor de matéria orgânica é um atributo importante para a avaliação da qualidade do solo. Para Canellas (2000) apud Batjes (1996) a quantidade de matéria orgânica presente é regulada pela taxa de produção primária de material orgânico, pela distribuição dos fotoassimilados entre parte aérea e raízes e pela velocidade de decomposição dos compostos orgânicos.



## LITERATURA CONSULTADA

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115- 119, jan./abr. 1995.

ALCÂNTARA, F.A. de. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado**. Lavras: UFLA, 1998. 104p. Dissertação Mestrado.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, out./dez. 1999.

ALLEONI, L. R. F.; BEAUCLAIR, E. G. F. **Cana de açúcar cultivada após milho e amendoim, com diferentes doses de adubo**. *Sci. Agric.*, Piracicaba, 53 (3) p 409 – 415, set – dez 1995.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciências de Solo*, Campinas, v. 18, n. 0, p. 139-145, 1994.

BASTOS, R.S.MENDONÇA, E.S. ALVAREZ, V.H. CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* vol.29 no. 1 Viçosa Jan./Feb. 2005.

BARBER, D. A.; MARTIN, J. K. The release of organic substances by cereal roots into soil. *New Phytol.*, 76:69-80, 1976.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. M.; GARDNER, W. R. Física de Suelos. México, Hispano-Americana, 1972.

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647p.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A. LEITE, D.; AMARAL,A.J.; JUNIOR,W.A.Z. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparada as do campo nativo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 28:155-163,2004.

BLANCHAR, R. W.; LINPTON, D. S. The pe and pH in alfafa seedling rhizosphere. *Agron. J.* 78:216-218, 1986.

BORGES, J. R.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O. de.; GOMES, A. da S.; SILVA, J. B. da; & LEITZKE, V. W. Agregação de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. *R. Bras. Agrocência*, v. 9, n. 4, p. 389-395, out - dez, 2003

AMBROSANO, E. *Agricultura ecológica*. Guaíba: Agropecuária, 1999. 398p.

CAMPOS, B.C.; REINERT D.J.; NICOLÓDI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 19:121-126, 1995.

CARVALHO, J. I. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos. Viçosa, MG: UFV, 1995. 83p. Tese de Mestrado.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 14:99-105, 1990.

CHANEY, K.; SWIFT, R. S. Studies on aggregates stability. I. Reformation of soil aggregates. *J. Soil Sci., London*. 37:329-335, 1986.

CINTRA, F. L. Dom & MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:197-201, 1983.

CINTRA, F. L. D. Disponibilidade de Água no Solo para Porta-enxertos de Citros em Ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz-USP, 1997. 90p. (Tese de Doutorado).

CONKLING, B. L. & BLANCHAR, R. W. Glass microelectrode techniques for in situ pH measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:53-58, 1989.

CORDEIRO, D. S. & FRANCO, D. F. Efeito do resíduo de leguminosas sobre o rendimento do trigo em casa de vegetação. *Agropecuária Catarinense*. Santa Catarina, 9:11-15, 1988.

COSTA, F.de S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A. FONTOURA, S.M.V.; Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010384782004000200041&lng=e&nrm=iso&tlng=e](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782004000200041&lng=e&nrm=iso&tlng=e) Acessado em: 06/11/2008.

COSTA, A.M. da; SOUSA, M. A.S.; JUNIOR, A. M. da S.; FALQUETO, J.; BORGES, E. N. **Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos de cerrado**. Universidade Federal de Uberlândia, departamento de pós graduação de Agronomia. 2003.

CUSTÓDIO, F. A. Estabilidade de agregados em solo sob plantio convencional e floresta nativa secundária em Rondônia. 2007. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – Unir, ônia – Unir, Rolim de Moura, 2007

D'ANDRÉA, A. F. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no Sul de Goiás. 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

DE MARIA, I. C. *et al.* Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.3, p. 703-709, 1999.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special publication, 35).

EFFGEN, T. A. M.- Atributos do solo em função de tratos culturais em lavouras de cafeeiro conilon no sul do estado do Espírito Santo. Dissertação de mestrado. UFES. 2006,106 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja Paraná 2004. Embrapa Soja – Sistema de Produção No 1. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosojaPR/manejo.htm>. Acessado em: 04/11/2008.

FRANCO, F. S. et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, Nov. 2002

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, J.; FREITAS, F. C. de.; Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. *Pesq. Agropec. Brás.* V.37, n 2 , p. 223 – 227. 2002.

GOSS, M. J.; REID, J. B. Influence of Perennial Ryegrass Roots on Aggregate Stability. *Agricultural Research Council Letcombe Laboratory Annual Report*, p.24-25, 1979.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of Soil Aggregation. *Adv. Agron.*, New York, 18:107-169, 1966.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H. ; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:145-154, 1999.

JUCKSCH, I. Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Viçosa, MG: UFV, 1987. 37p. Tese de Mestrado.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E.; A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B.A. (Ed) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, WI. Soil Science Society of America, 1994 (Special Publication, 35).

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO – NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L. A. **Manejo do solo e rendimento de soja, milho e arroz em plantio direto**. Sci. Agri. V.37, nº 1. Piracicaba, jan./ mar. 2000.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J. *et al.* Densidade do solo ao longo de uma rotação de *Pinus taeda* no município de Cambará do Sul – RS. In: XV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Santa Maria:SBCS. 2002. Anais (cdroom).

KAY, B.D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. Adv. Soil Sci., 12: 1-41, 1990.

KIEHL, E.J.; Manual de Edafologia , Relações Solo – Planta. Editora Agronômica Ceres, Ltda. São Paulo – SP. p. 149, 1979.

LAL, R.; PIRCE, F. J. The vanishing resource. In: LAL, R.; PIRCE, F. J. (Ed.). Soil management for sustainability. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1991. p.1-5.

LAURINDO, M. C. de O. **Propriedades físicas do solo e matéria orgânica em sistema de plantio direto e cultivo mínimo**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Centro de ciências exatas e tecnológicas. Programa de pós – graduação em engenharia agrícola. Cascavel – PR. (dissertação de Mestrado), 2006.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. Advances in Soil Science, 1: 277-294, 1985.

LEITE, L. F. C.; AZEVEDO, D. M. P. de & NETO, M. L. T. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros maranhenses: características físicas sob sistema de preparo convencional e floresta nativa. In: XV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Santa Maria: UFSM, 2004 (Anais CDROOM).

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R. - Qualidade Física do Solo: Indicadores Quantitativos. (Documento 196) EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2007.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R; RIBEIRO,A.I. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.3, p.276-280, 1999, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

LINPTON, D. S.; BLANCHARD, R. W. & BLEVINS, D. G. Citrate, malate and succinate concentration in exudates from P-sufficient and P-stressed *Medicago sativa* L. seedlings. *Plant Physiol.*, 85:315-317, 1987.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. New York, Academy Press, 403p., 1986.

MATIAS, M. I. A. S. Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro. 2003. 78f. - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Ba, 2003.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas em Itajubá/MG. *Cerne, Lavras*, v. 12, n. 3, p. 211-220, jul./set. 2006.

MIELNICZUK, J. SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas Agrícolas. In: *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Gênese, Porto Alegre, 1999. p 1 – 8.

MIGUEL, P. DALMOLIN, R.S.D ; ZALAMENA, J.; MEDEIROS,P.S.C.de.; FINK,J.R.; ROSA, A.S.; Efeitos de usos diferentes usos do solo na microporosidade e macroporosidade do solo. Disponível em: [http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS\\_Gramado/Arquivos%20trabalhos/Efeitos%20de%20diferentes%20usos%20do%20solo\\_Pablo%20M..pdf](http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_Gramado/Arquivos%20trabalhos/Efeitos%20de%20diferentes%20usos%20do%20solo_Pablo%20M..pdf). Acessado em: 04/11/2008.

MONTOVANI, E.V. Compactação do solo, máquinas e implementos agrícolas. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v.13, n.147, p.17-32, mar. 1987.

MORAES, M. H. Efeitos da Compactação em Algumas Propriedades Físicas do Solo e no Desenvolvimento do Sistema Radicular de Plantas de Soja. Piracicaba, Escola de Agricultura Luis de Queiroz-USP, 1998. 105p. (Tese de Mestrado).

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H.; LIBARDI, P. L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. *Bragantia: Campinas*, 54(2): 393-403. 1995.

MORELLI, M. & BORTOLUZZI, G. Efeito do humato e do poligalacturonato na adsorção de fosfato pelo solo. *R. bras. Ci. Solo*, 16:373-377, 1992.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D. & NETO, L. de F. da S. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 29:825-831, 2005.

OLIVEIRA, T.S. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre propriedades físicas e químicas de quatro latossolos brasileiros. Viçosa, MG: UFV, 1992. 104p. Tese de Mestrado.

OLIVO, F.; PAULETTO, E.A.; PINTO, L.P.S.; TREVISAN, V.; HARTWIG, M.P.; TEIXEIRA, C.F.A.; SEVERO, C.; FRANCO, A.P; LUCKOW, F.C; SILVA, J.B.da. Distribuição dos agregados estáveis em água em um solo hidromórfico submetidos à diferentes sistemas de manejo. Disponível em: [www.ufpel.edu.br/cic/2005/arquivos/CA\\_01099.rtf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2005/arquivos/CA_01099.rtf). Acessado em: 03/11/2008.

PEQUENO, P. L.L. Sistema radicular de leguminosas: efeito em algumas propriedades de um Podzólico Vermelho Amarelo. Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias. Areia: UFPB/CCA. (Dissertação de Mestrado), 1999.

PEQUENO, P.L de L. *et. Al.* **Aspectos sobre a matéria orgânica do solo**. R. do CREA. P. 21. Porto Velho: CREA – RO, DEZ 2002/JAN 2003.

PETERSEN, W. & BOTTGER, M. Contribution of organic acids to the acidification of the rhizosphere of maize seedling. Plant and Soil, 125:159-163, 1991.

PIJNENBORG, J. W. M.; LIE, T. A. & ZEHNDER, A. J. B. Simplified measurement of soil pH using the agar contact technique. Plant and soil, 126:155-190, 1990.

PIACENTINI, S. A. S. **Densidade do solo e teores de matéria orgânica em quatro formas de manejo de uso de um latossolo vermelho – amarelo em Rondônia**. Universidade Federal de Rondônia / Rolim de Moura: UNIR. (Defesa de graduação), 2008.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1990, 549 p.

REINERT, D. J. ; REICHERT, J. M. - Propriedades físicas do solo. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria- 2006. Disponível em: [http://w3.ufsm.br/fisica\\_e\\_genese/Graduacao/Fisica/Propriedades\\_fisicas\\_do\\_solo\\_I\\_semestr\\_e\\_2006.pdf](http://w3.ufsm.br/fisica_e_genese/Graduacao/Fisica/Propriedades_fisicas_do_solo_I_semestr_e_2006.pdf) Acessado em 20 de janeiro de 2009.

REICHERT, J.M.; LIMA, C.L. R; DALMOLIN, R.S.D.; REINERT, D.J.; GONÇALVES, C.; NUNES, M.; Agregação de um planossolo sistematizado há um ano e sob cultivo de arroz irrigado. Ciência Rural, v.36, n.3, p. 837 – 844, mai-jun. 2006.

RIBEIRO, P.A. **Utilização de leguminosas na produção de biomassa e como fonte de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo no município de Alagoinha, PB**. Areia: UFPB, 1999. 57p. Dissertação Mestrado.

RICCI, M. S. F. 2006. A importância da matéria orgânica para o cafeeiro. Acessado em 11 de janeiro de 2010. Disponível em: [http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat\\_org\\_cafeeiro.html](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat_org_cafeeiro.html).

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. da S. & SACRAMENTO, L. V. S. do. Sistema Radicular e Nutrição da Soja em Função da Compactação do Solo. Bragantia. Campinas. v.53. 2:259-266, 1994.

RUHOFF, A. L.; SOUZA, B. S. P; GIOTTO, E.; PEREIRA, R.S. Assessment of hazard erosion with USLE and GIS to implement with LEGAL algorithms from SPRING. Rev. Geomática, Vol. 1 - Nº 1 – 2006.

SALTON, J.C. ; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH,D.L.; Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. Rev. Bras. Ciênc. Solo v.32 n.1 Viçosa jan./fev. 2008.

SÁ, J. C. M. Sistema de produção de Milho Visando Alta Produtividade na Região dos Campos Gerais no Centro -Sul do Paraná. In: Bull, T.; Cantarella, H.(ed.). Cultura do Milho: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, p.249-279, 1993.

SAMPAIO, C. B. V. Utilização do Milho (*Zea mays* L.) e Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) como Plantas Indicadoras dos Efeitos das Subsologens Mecânicas e "Biológica" num Latossolo Amarelo. Cruz das Almas, Universidade Federal da Bahia, 1995. 73p. (Tese de Mestrado).

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P. M. da; MARCHÃO, R. L. & BECQUER, T. Estabilidade de agregados em sistema de plantio direto sob diferentes culturas de cobertura em um latossolo do Cerrado. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado-RS, 2007 (Anais CDROOM).

SCARANARI, H. J. & INFORZATO, R. Sistema radicular das principais leguminosas empregadas como adubos em cafezal. Bragantia, 12: 291-296, 1952.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREJDA, J. J. Soil resilienc: a fundamental component of soil quality. Soil Science, Baltimore, v. 164, p. 224-234, 1999.

SCHINITZER, M. Soil organic matter the next 75 years. Soil Sci., 151:41-58, 1991

SILVA, R. R. da; SILVA, M. L. N. ; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do Alto do Rio Grande – MG. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, jul./ago., 2005.

SILVA, M. A. S. da; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, A.; ROSA, J. D.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo, 30:329-337, 2006.

SILVA, M.L.N. BLANCANEUX, P; CURI, N; LIMA, J.M.de. MARQUES, J.J.G.S. M; CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro com sucessão milho-adubo verde. In: Trabalho apresentado no XIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, SP, 4 a 8 de agosto de 1996.

SILVA, I. de F. da. Formação, Estabilidade e Qualidade de Agregados do Solo Afetados pelo Uso Agrícola. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1993. 126p. (Tese de Doutorado ).

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 21, n. 1, p. 113-117, jan./mar. 1997.

SILVA, V. R. da;, REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. Ciência Rural: Santa Maria, v.30, n 5, p.795-801, 2000.

SILVA NETO, L. de F. da; ANDRADE, A. P. de; SILVA, I. de F. da;*et al.* Produtividade de milho, agregação e teores de mos em solo sob sistema de plantio direto na Paraíba. In: XV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Santa Maria:SBCS. 2002. Anais (cdroom).

SILVEIRA, P. M. da.; STONE, L. F.; JUNIOR, J.A.; SILVA, J. G. da. **Efeito do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo.** Biosci. J. Uberlândia, v. 37, nº 2. p. 53 – 59, jul. / set. 2008

SUMNER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solo ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. Anais. Brasília: Nagy, 1992. p.7-40.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. & ZIMMERMAN, F. J. P. Características físico-hídricas e químicas de um latossolo após adubação e cultivos sucessivos de arroz e feijão, sob irrigação por aspersão. R. Bras. Ci. Solo. Campinas, 18:533-539, 1994.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. **Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto.** Ciência Rural: Santa Maria, v.34 nº 3, p.755 – 760, 2004.

TAVARES FILHO, J.; GRIMALDI, M.; TESSIER, D. - Compressibilidade de agregados de um latossolo amarelo da Amazônia em resposta ao potencial da água do solo - Revista brasileira de ciência do solo 2005.



TISDALL, J. M. & OADES, J. M. Stabilization of Soil Agregates by the Root Systems of Rygrass. Aust. J. Soil Res. v. 17, 429-441, 1979.

TORMENA, C. A.; BARBOZA, M. C.; COSTA, A. C. S. da.; GONÇALVES, A. C. A. **Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo.** Sci. Agric. Piracicaba, v.59 n° 4, 2002.

TOPP, G.C. & ZEBCHUK, W. The determination of soil-water desorption curves for soil cores. Can. J. Soil Sci., 59:19- 26, 1979.

VIEIRA, D. F. A.; KATO, E. & RAMOS, M. L. G. Efeito de diferentes usos atuais nas propriedades físicas de um latossolo vermelho amarelo no Cerrado. In: XV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Santa Maria: UFSM, 2004 (Anais CDROOM).

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1995.

VEPRASKAS, M.J.; WAGGER, M.G. Corn root distribution and yield response to subsoiling for Paleudults having different aggregate sizes. Soil Science Society of America. Journal, Madison, v.54, p.849-854, 1990.

VEZZANI, F.M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. Porto Alegre, 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

WENDLING, B. JUICKSCH, I. MENDONÇA, E.S. NEVES, J.C.L.; Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.5, p.487-494, maio 2005.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Washington: Department of Agriculture, 1965. 47p. (USDA. Agriculture Handbook, 282)

## **Biografia**

O Autor é paraibano de Campina Grande, graduado em Engenharia Agrônômica e Mestre em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal da Paraíba. Atualmente é Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo atuando na área Solo-Planta-Atmosfera. Na Graduação foi orientando do Dr. José Pires Dantas e no Mestrado do Dr. Ivandro de França da Silva. Veio para Rondônia em 1999 como Pesquisador/bolsista trabalhar na Embrapa Rondônia com manejo de micronutrientes na lavoura cafeeira com o Dr. Francisco das Chagas Leônidas. Passados 2 anos, passou a participar do Programa de Bolsa de Desenvolvimento Regional Embrapa/CNPq com o Dr. Abadio Hermes Vieira e Dra Marília Locatelli no projeto Zoneamento edafo-climático para o plantio de espécies florestais em Rondônia. Em 2003 foi trabalhar na CEPLAC-SUERO dentro do mesmo programa, desta feita no projeto Recuperação de Áreas degradadas utilizando sistemas agroflorestais com cacaueteiro em Rondônia com o Dr. Caio Márcio Vasconcelos Cordeiro de Almeida. Em novembro de 2004 entrou para equipe de articuladores do Programa de Assessoria técnica, social e ambiental para assentamento de reforma agrária – ATES do INCRA, ficando como responsável pelas equipes técnicas do Território Vale do Jamari. Em 2006 ingressou através de concurso público para o corpo docente da Fundação Universidade Federal de Rondônia. Nesta, foi Diretor e Vice-diretor do Campus de Rolim de Moura de novembro de 2006 a novembro de 2009, coordenou o Programa de Pós-Graduação em Solos e Ambiente, coordenou o programa Conexões de Saberes. Foi Chefe e Vice-Chefe do Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Presidente da Comissão Permanente de Pessoal Docente da UNIR, Membro ativo do Comando de Greve em 2011, Membro eleito do Conselho Superior Acadêmico – CONSEA e por último Membro da Comissão Eleitoral para escolha do novo(a) reitor(a) da Unir em 2011/2012. É Líder do Grupo Interinstitucional de Pesquisa e Ensino em Extensão Rural-GIEPER. Após ameaças de morte sofrida quando da saída da administração do referido campus, foi removido e lotado no departamento de Engenharia Civil no Campus Ribeiro Filho, onde leciona disciplinas para o curso de engenharia civil e ciências sociais, coordena os programas e projetos do departamento, é membro da Comissão Nacional de Extensão Rural, Membro do Conselho de Extensão da Universidade e GIEPER – Grupo Interinstitucional de ensino e pesquisa em extensão rural.

