

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

A Cultura do Arroz no Brasil

*2ª Edição
Revisada e ampliada*

Alberto Baêta dos Santos
Luís Fernando Stone
Noris Regina de Almeida Vieira
Editores Técnicos

*Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
2006*

Exemplares desta publicação devem ser solicitados à:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO
Fone: (62) 3533-2110
Fax: (62) 3533-2100
sac@cnpaf.embrapa.br
www@cnpaf.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)
Fone: (61) 3340-9999
Fax: (61) 3340-2753
CEP 70770-901 - Brasília, DF
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br

Supervisor Editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Revisor de Texto: *Noris Regina de Almeida Vieira*

Normalização Bibliográfica: *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

Tratamento das Ilustrações: *Sebastião José de Araújo e Fabiano Severino*

Editoração Eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (1999): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

A cultura do arroz no Brasil / editores, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. - 2. ed. rev. ampl. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 85-7437-030-4

1. Arroz - Produção. 2. Arroz - Tecnologia. 3. Arroz - Pesquisa. I. Santos, Alberto Baêta dos, *ed.* II. Stone, Luís Fernando, *ed.* III. Vieira, Noris Regina de Almeida, *ed.* IV. Embrapa Arroz e Feijão.

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Solos

*Maurício Rizzato Coelho; Humberto Gonçalves dos Santos;
Ronaldo Pereira de Oliveira; José Francisco Valente Moraes*

RESUMO - Neste capítulo são discutidos os mais relevantes atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos que definem e diferenciam as principais classes de solos onde se cultiva arroz de terras altas e irrigado por inundação no Brasil. Ênfase é dada aos solos dos Cerrados brasileiros em que se cultiva arroz de terras altas e aos de várzea do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, mais utilizados com arroz irrigado por inundação. Aspectos relativos à natureza, ao ambiente de ocorrência, às limitações e à aptidão agrícola dos solos, são também enfocados para cada classe de solos representativa dos locais onde se cultiva arroz nos estados de maior produção orizícola do país.

INTRODUÇÃO

A palavra solo, tal como outras palavras de uso comum, apresenta vários significados. Em seu significado tradicional, expresso de maneira bastante simplista, é conceituado como um meio natural onde crescem as plantas terrestres. Tal conceito traz, em si, a idéia de que solo é o meio natural onde crescem as raízes e de onde a maioria das plantas retira água e nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento.

É evidente que o conceito que se tem de algo tão complexo como o solo reflete o conhecimento acumulado no transcorrer do tempo, de tal forma que o moderno conceito estende seu significado a materiais que não são capazes de suportar o crescimento de plantas, como, por exemplo, os solos da Antártica, onde há desenvolvimento pedogenético, embora o clima seja muito severo para permitir o crescimento de plantas, mas que apresentam relação genética entre os vários horizontes ou camadas dos quais são formados.

O território brasileiro se caracteriza por uma grande diversidade de solos, correspondendo, diretamente, à intensidade de interação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, todos atuando em um determinado período de tempo. Essa diversidade deve-se à natureza de nosso país, às potencialidades e limitações de uso dos solos e, em grande parte, às diferenças regionais no que se refere às diversas formas de ocupação, uso e desenvolvimento do território nacional.

Considerando-se a diversidade dos solos brasileiros, cada qual com atributos físicos, químicos, morfológicos e mineralógicos próprios,



que afetam diretamente o comportamento e a resposta das plantas cultivadas, é necessário conhecê-lo a fim de que se possa proceder ao uso e manejo adequados. Neste capítulo, são apresentadas as características, propriedades e distribuição geográfica das principais classes de solos onde se cultiva o arroz de terras altas e o irrigado por inundação no Brasil, bem como são discutidos alguns aspectos relacionados às peculiaridades edáficas que afetam o comportamento e o manejo da cultura arrozeira.

ORIGEM, CONSTITUIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Origem e constituição

Os solos como encontramos hoje na paisagem, com seus atributos próprios, refletem e remontam a história de sua evolução. Através do tempo, a rocha, seu principal material de origem, é decomposta pela ação combinada do clima, predominantemente precipitação pluvial e temperatura, e organismos vivos, promovendo adições, perdas, transportes e transformações de matéria mineral e orgânica ao longo de sua evolução, originando os solos na paisagem em diversas formas de relevo. Como existem diferentes tipos de rochas e formas de relevo, os quais estão sujeitos à ação das mais variadas condições climáticas e atuação diferenciada de organismos vivos, é fácil entender a existência de tipos diversos de solos.

A variação dos solos se dá tanto em profundidade como ao longo da paisagem. Quando se analisa um barranco de estrada, ou uma trincheira, é fácil observar uma seqüência de seções ou volumes que contrastam entre si, mais ou menos paralelos à superfície do terreno, compondo o solo. São os chamados horizontes pedogenéticos, resultantes do processo de formação que ocorreu ao longo do tempo. Diferenciam-se uns dos outros quer pela organização, quer pelos constituintes ou pelo comportamento.

À seção vertical, englobando a sucessão de horizontes ou camadas, acrescidos do material mineral subjacente pouco ou nada transformado pelos processos pedogenéticos, dá-se o nome de perfil de solo. Horizonte diferencia-se de camada pela origem do primeiro ser resultante de processos pedogenéticos ou de formação dos solos (adições, perdas, transporte e transformação de matéria mineral e orgânica), enquanto camada é pouco ou nada influenciada por aqueles processos, ou seja, camada é a própria rocha que origina o solo. Esta pode estar mais ou menos alterada pela ação dos agentes de



intemperismo (Embrapa, 1988). O perfil é uma face exposta do solo, geralmente observado em trincheiras e cortes de estradas, sendo considerado a unidade básica de referência para fins de classificação (Embrapa, 1995). Assim, durante um levantamento pedológico, um segmento da paisagem que apresenta solos com características semelhantes é caracterizado mediante observação, descrição, coleta e interpretação de dados morfológicos e analíticos de vários perfis representativos daquele segmento.

Praticamente, todo o processo de identificação dos solos inicia-se no campo, por meio do exame morfológico cuidadoso do perfil, pelo qual os horizontes são identificados, delimitados e nomeados. Os diferentes tipos de horizontes são convencionalmente simbolizados por letras maiúsculas, H, O, A, E, B, C, F e R, e complementados por letras minúsculas, Ap, Bw, Bt, Bi, Cr, etc., a fim de separar as diferentes modalidades do mesmo horizonte (Embrapa, 1988). Na Tabela 6.1 são apresentados os horizontes principais encontrados nos perfis de solos.

As diferentes modalidades de alguns dos horizontes (Embrapa, 1999), comumente encontrados nos solos onde se cultiva arroz de terras altas e irrigado por inundação, são descritos a seguir.

Horizontes superficiais

Em geral, têm maiores conteúdos de matéria orgânica em relação aos horizontes subsuperficiais e, por isso, exibem cores comumente mais escuras. Devido a condições de umidade elevada, aqueles situados nos ambientes de várzea geralmente apresentam maior conteúdo de matéria orgânica em relação aos solos bem drenados. Em ambos os ambientes, o horizonte A é o predominante, podendo ocorrer horizonte H, hístico, naqueles de várzea, principalmente.

De acordo com o conteúdo de carbono orgânico, os horizontes superficiais são divididos em: hístico > húmico > chernozêmico = proeminente > moderado > fraco. Enquanto o primeiro ocorre quase que exclusivamente nos ambientes de várzea, os demais, com exceção do A fraco, presente apenas nos solos bem drenados, aparecem tanto nas várzeas como nos solos bem drenados. No entanto, é o A moderado o horizonte superficial mais comum dos solos onde se cultiva arroz.

O horizonte A chernozêmico diferencia-se do A proeminente pela maior fertilidade natural do primeiro, com valores de saturação por bases de 65% ou mais, enquanto o A proeminente apresenta valores inferiores a este.



Tabela 6.1. Horizontes e camadas principais do solo.

Símbolo	Significado
A	Horizonte mineral de superfície de maior atividade biológica. É nele que há incorporação de matéria orgânica mineralizada, intimamente em associação com a matéria mineral.
H	Horizonte ou camada orgânica de superfície ou não, formado por acumulação de resíduos vegetais depositados sob condições de estagnação prolongada ou permanente de água
O	Horizonte ou camada orgânica de superfície formado sem estagnação de água.
E	Horizonte mineral resultante da perda de minerais de argila e matéria orgânica, separadamente ou em combinações.
B	Horizonte mineral, subsuperficial, situado principalmente sob horizonte A ou E, originado de transformações relativamente acentuadas do material originário.
F	Horizonte ou camada de material mineral endurecido, rico em ferro com ou sem alumínio, plintita e petroplintita.
C	Horizonte ou camada mineral, relativamente pouco alterado pelo intemperismo.
R	Camada mineral de material consolidado que, em muitos solos, constitui a rocha.

Fonte: Embrapa (1988).

Horizontes subsuperficiais

Situam-se abaixo do horizonte superficial e, por isso, são menos alterados com as práticas de manejo dos solos. Os tipos de horizontes subsuperficiais mais comuns são:

- a) Horizonte B latossólico (Bw): horizonte mineral, cujos constituintes evidenciam avançada intemperização, explícita pela presença quase que exclusiva de minerais muito estáveis ao intemperismo, tais como caulinita, óxidos de ferro e alumínio na fração argila e quartzo na areia; sua macroestrutura é fraca e, naqueles com elevados teores de ferro, a microestrutura é forte, com aparência de pó de café.
- b) Horizonte B textural (Bt): horizonte que apresenta aumento do teor de argila em relação ao horizonte superficial A. Em geral, é bem estruturado e apresenta cerosidade, aspecto lustroso na superfície dos agregados.
- c) Horizonte B nítico (Bt): é um tipo especial de horizonte B textural, argiloso e bem estruturado, manifestando cerosidade bastante nítida na superfície dos agregados; o aumento do teor de argila em profundidade é inexpressivo.



- d) Horizonte B incipiente (Bi): horizonte em início de formação, incipiente, evidenciado pela presença comum de fragmentos de rocha e/ou de minerais facilmente alteráveis na fração areia do solo. Em geral, não há aumento no teor de argila em profundidade e nem cerosidade.
- e) Horizonte B plânico (Bt): é também um tipo especial de horizonte B textural, subjacente a horizonte A ou E, horizonte eluvial, resultante da perda de argila e matéria orgânica e precedido por uma mudança textural dita abrupta, ou seja, o teor de argila aumenta rapidamente em profundidade, numa distância sempre inferior a 7,5 cm; apresenta estrutura muito bem desenvolvida, geralmente com agregados grandes; sua permeabilidade é lenta ou muito lenta e, em conseqüência, apresenta cores acinzentadas ou escurecidas, podendo ou não conter cores neutras de redução, com ou sem mosqueados.
- f) Horizonte ou camada C: horizonte ou camada assente sobre os horizontes A e B, relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos, evidenciado pela persistência de características do material de origem; sua presença é facilmente observada em solos rasos, como nos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos.
- g) Camada R: camada mineral de material consolidado que constitui a rocha sã, ou seja, sem alteração de suas características originais.

É através desses horizontes, analisados morfologicamente no campo pela cor, textura, estrutura, consistência, cerosidade, etc., e complementados com dados laboratoriais, que os solos são separados em grupos, as classes. São denominados de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais. Portanto, determinado solo é reconhecido através da individualização de seus horizontes e/ou camadas diagnósticos.

Solos pertencentes à classe dos Latossolos, por exemplo, para serem classificados como tal devem apresentar horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo Bw, com atributos bem definidos, qualitativa e quantitativamente. Essa definição dos atributos, que agrupam os solos em classes, está organizada num sistema de classificação.

Alguns comentários sobre atributos químicos diagnósticos selecionados, bem como sobre sistemas taxonômicos de solos, com ênfase no sistema brasileiro atualmente em uso, são relevantes ao entendimento do presente texto e são descritos a seguir.



Taxonomia e classificação de solos

Taxonomia é uma forma de classificação baseada no conjunto de características próprias dos objetos ou indivíduos. No caso dos solos, as classificações ditas taxonômicas ou naturais consideram, simultaneamente, um grande conjunto de atributos, mediante interpretação e hierarquização de dados morfológicos obtidos em campo, e analíticos, oriundos de laboratório. Não é orientada para aplicações imediatas, embora as viabilize (Embrapa, 1995).

Classificação é um termo mais abrangente, inclui a taxonomia e também as classificações técnicas, levando em consideração poucas propriedades e atendendo sempre a um objetivo específico de aplicação prática (Resende et al., 1995) como, por exemplo, separar as terras de acordo com sua aptidão agrícola, caso do Sistema de Classificação da Capacidade de Uso das Terras. Qualquer que seja a classificação, tem sempre objetivos comuns: (1) estabelecer hierarquia de classes, agrupando os solos de acordo com certos atributos comuns, de modo a permitir o entendimento da relação entre os solos, suas semelhanças e diferenças, bem como os fatores responsáveis por suas características (Estados Unidos, 1999); (2) servir de ferramenta para previsão do comportamento dos solos frente a determinados usos e/ou práticas de manejo; (3) permitir e facilitar a comunicação entre os diversos profissionais que atuam na ciência do solo (Resende et al., 1995).

Existem vários sistemas de classificação criados e utilizados em diferentes países. Neste capítulo, as definições, conceitos e critérios taxonômicos utilizados na classificação dos solos referem-se àqueles descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), vigente no país. No entanto, é também apresentada uma correlação entre as classes de solo do Sistema Brasileiro com a antiga nomenclatura de solos utilizada (Camargo et al., 1987), bem como entre aquele e os sistemas de classificação americano (Estados Unidos, 1999) e o *World Reference Base for Soil Resources* – WRB (FAO, 1998), universalmente utilizados, a fim de que o leitor possa comparar as informações aqui contidas com antigas publicações nacionais ou, ainda, com publicações estrangeiras que adotam tais sistemas de classificação.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) congrega o conhecimento e o estado da arte sobre os solos brasileiros, nomeando, hierarquizando, agrupando e separando os solos de acordo



com suas características comuns ou diferenciais. Da forma como está estruturado, é hierarquizado em diversas categorias, os chamados níveis categóricos, formando classes de solos em diferentes níveis de generalização de seus atributos.

Assim, níveis categóricos de um sistema de classificação de solos referem-se a um conjunto de classes definidas num mesmo nível de generalização, incluindo todos os solos que satisfizerem a essa definição, identificados por um conjunto de características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas comuns, necessárias à sua classificação. O Sistema Brasileiro apresenta seis níveis categóricos, porém, devido ao grau de generalização pretendida neste capítulo, trataremos predominantemente dos dois primeiros níveis, denominados de Ordem (1º nível) e Subordem (2º nível).

Atributos diagnósticos: químicos

A distinção de solos é feita mediante comparação da natureza de individualização de cada qual, expressa pela presença de horizontes diagnósticos que são separados, coletados e analisados para o enquadramento de determinado solo em sua classe. Isso implica na identificação de um conjunto de atributos diagnósticos próprios dos horizontes integrantes de cada solo. Alguns deles, essencialmente aqueles atributos associados às características químicas, serão mostrados a seguir a fim de possibilitar a compreensão dos demais tópicos abordados neste capítulo. As definições e conceitos abaixo reproduzidos referem-se aos descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

a) Atividade da fração argila: refere-se à capacidade de troca de cátions (CTC) correspondente à fração argila do solos, calculada pela expressão: $CTC \times 100/\%$ de argila. Atividade alta, simbolizado por "Ta", designa valor igual ou superior a $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila e atividade baixa, Tb, valor inferior a este.

Alguns solos, como os Latossolos e Argissolos, são de argila de atividade baixa e outros, como os Chernossolos, são de argila de atividade alta. Aqueles que podem ser tanto Ta como Tb, como os Gleissolos, apresentam tal critério como diagnóstico e discriminante da classe em níveis categóricos inferiores no sistema taxonômico de solos brasileiro.



b) Saturação por bases (V%): refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada em pH7. Alta saturação específica refere-se aos solos **Eutróficos**, avaliados no horizonte diagnóstico da classe, em que a saturação por bases é igual ou superior a 50%, enquanto baixa saturação refere-se a solos **Distróficos**, com saturação por bases inferior a 50%. Os Eutróficos são solos normalmente de alta fertilidade natural, com teores de alumínio nulo ou reduzido e os Distróficos, de baixa fertilidade e teores de Al variando desde nulo a alto.

A inferência sobre a fertilidade de determinado solo, além dos atributos supracitados, é feita, costumeiramente, mediante observação de valores de soma de bases (SB), saturação por alumínio (m%) e grau de acidez, ou pH, dos solos. As fórmulas para obter esses valores são as seguintes:

$$\text{Soma de bases: } SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

$$\text{Capacidade de troca catiônica: } CTC = SB + H^{+} + Al^{3+}$$

$$\text{Saturação por bases: } V(\%) = 100 \times SB/CTC$$

$$\text{Saturação por Al: } m(\%) = 100 \times Al^{3+} / Al^{3+} + SB.$$

Valores de saturação por Al igual ou superiores a 50% especificam solos **Álicos**, os quais, em geral, são de baixa fertilidade natural e apresentam teores elevados de Al extraível.

Solos onde se cultiva arroz de terras altas

O arroz de terras altas é encontrado em praticamente todos os estados brasileiros. No entanto, é nas Regiões Nordeste e Centro-Oeste, predominantemente em áreas de Cerrados e, em menor extensão, sob influência amazônica, no Estado do Maranhão, que se concentra as maiores áreas de cultivo. As considerações a seguir enfatizam os fatores edafoclimáticos relacionados, predominantemente, ao bioma dos Cerrados.

O clima dos Cerrados apresenta características próprias, definidas pela precipitação média anual entre 1.200 e 1800 mm de chuva e pela duração de um período seco pronunciado, de cinco a seis meses na maior parte da região, estendendo-se de abril-maio a setembro-outubro (Adámoli et al., 1986). Outra característica climática



peculiar desses ambientes é a ocorrência de períodos de interrupção da precipitação em plena época das chuvas (veranicos), que podem variar de duas a quatro semanas nos meses de janeiro e fevereiro, predominantemente. Tal fenômeno, que na maioria das vezes coincide com a fase de crescimento do arroz, assume importância decisiva na produtividade, principalmente quando consideramos as características intrínsecas da grande maioria dos solos dos Cerrados: elevada acidez; baixa capacidade de troca de cátions e de retenção de umidade; baixa fertilidade natural, traduzida pela deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de P, associada a teores elevados de Al e alta saturação de Al no complexo sortivo do solo. Esses fatores limitam o crescimento das raízes nos primeiros centímetros superficiais do solo, na maioria das vezes a menos de 10 cm, onde se concentra a matéria orgânica. Em consequência, ocorre redução do volume de solo explorado pelas raízes, impossibilitando que as plantas desenvolvam todo seu potencial produtivo.

No entanto, podem destacar-se como aspectos positivos dos solos dos Cerrados: (a) facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade; (b) possibilidade de irrigação, apesar das controvérsias sobre a disponibilidade de água na região; (c) elevada profundidade, friabilidade, porosidade e boa drenagem interna dos solos. Esses atributos são inerentes à classe dos Latossolos, mais representativos dos Cerrados e de todo o território brasileiro e, sem riscos de salinização quando irrigados. Esse fatores concorrem para que a região seja considerada dentre aquelas de maior potencial agrícola do país (Ker et al., 1992).

CLASSES DE SOLOS

Com base no mapa de solos do Brasil (Embrapa Solos, 2003) e no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), podem distinguir-se sete classes de solos (nível categórico de Ordem), mapeáveis e representativas dos Cerrados. Encontra-se na Fig. 6.1 o mapa de solos generalizado das principais classes de solos dos Cerrados, evidenciando somente as localizadas nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil. Apenas os Neossolos, pouco evoluídos, foram considerados até o segundo nível categórico, Subordem, devido ao maior grau de generalização em relação às demais classes, inerente a esta Ordem de solos.



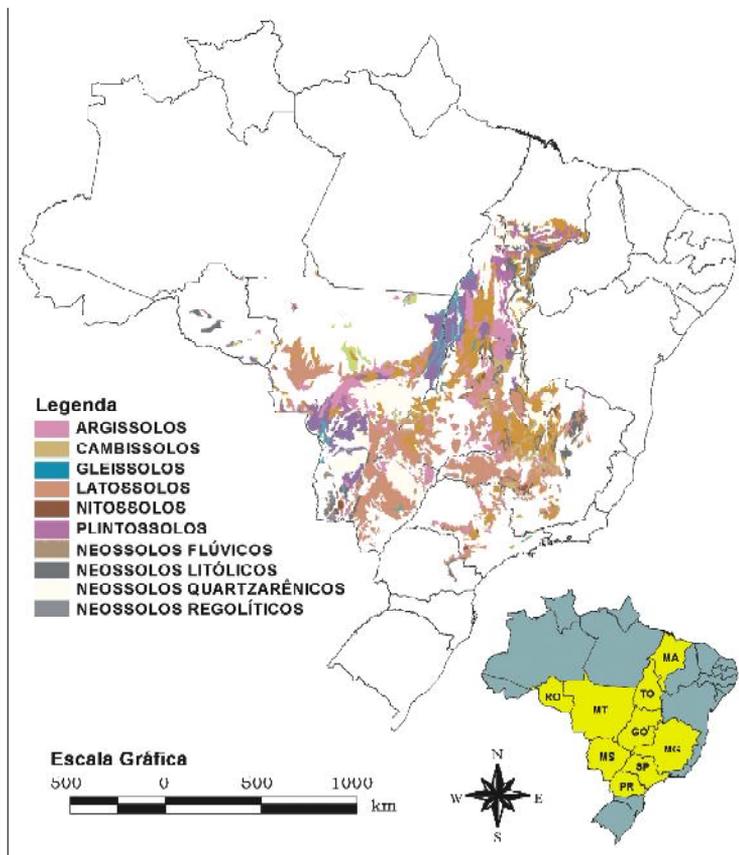


Fig. 6.1. Mapa de solos da região dos Cerrados nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil.

Fonte: Embrapa Solos (2003).

As áreas absolutas e relativas desses solos nos estados maiores produtores de arroz de terras altas são mostradas na Tabela 6.2. Em geral, quando se fala em solos de cerrado, imediatamente são associados à classe dos Latossolos, possivelmente devido à sua grande extensão geográfica (Tabela 6.2) ou, ainda, por consistirem nos solos mais utilizados na região (Ker et al., 1992). Nos estados maiores produtores de arroz de terras altas, os Latossolos distribuem-se por aproximadamente 45% da área, consistindo, atualmente, nas áreas mais exploradas com culturas anuais da região. Juntos, a classe dos Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Plintossolos e Argissolos distribuem-se por aproximadamente 90% dos Cerrados, compreendida nos estados maiores produtores de arroz de terras altas, perfazendo uma extensão de 1.192.862,73 km². As demais classes, em geral, são pouco utilizadas com cultivos anuais, quer pela pequena área que ocupam, quer pelas limitações que apresentam ao uso agrícola.



Na Tabela 6.2, também é apresentada a correlação entre o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) e a antiga nomenclatura de solos utilizada no Brasil (Camargo et al., 1987), bem como entre eles e o *Soil Taxonomy*, sistema de classificação americano (Estados Unidos, 1999) e o WRB (FAO, 1998).

Tabela 6.2. Distribuição das principais classes de solos dos Cerrados nos nove estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil e correlação com outras nomenclaturas ou sistemas de classificação de solos.

Classe de solo	Correlação com			Área ⁽¹⁾	
	Antiga nomenclatura	Soil Taxonomy	WRB	Absoluta (km ²)	Relativa (%)
Latossolos	Latossolos	Oxisols	Ferralsols	612.929,85	44,59
Neossolos Quartzarênicos	Areias Quartzosas	Quartzipsamments	Arenosols	239.540,91	17,43
Plintossolos	Plintossolos e Petroplintossolos	Oxisols, Ultisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols	Sexquisols	174.790,04	12,77
Argissolos	Podzólicos	Ultisols, Alfisols	Acrisols, Lixisols	165.601,93	12,05
Neossolos Litólicos	Solos Litólicos e Litossolos	Orthents	Leprosols	79.164,47	5,76
Cambissolos	Cambissolos	Inceptisols	Cambisols	49.279,20	3,59
Gleissolos	Gleis Pouco Húmicos e Gleis Húmicos e Solonchak. Tiomórficos e Solonchak.	Inceptisols, Ultisols, Mollisols, Alfisols, Entisols	Fluvisols, Gleysols	26.983,83	1,96
Nitossolos	Terra Roxa Estruturada, Terra Bruna Estruturada e parte dos Podzólicos	Ultisols, Alfisols	Nitisols	14.737,86	1,07
Neossolos Regolíticos	Regossolos e parte dos Solos Litólicos	Psamments	Regosols	5.095,90	0,37
Neossolos Plúvicos	Solos Aluviais	Fluvents	Fluvisols	1.846,42	0,13
Corpos de água e drenagens duplas				4.188,19	0,33
TOTAL				1.374.458,85	100,00

⁽¹⁾ Fonte: Embrapa Solos (2003); IBGE (1992, 2003).

No Brasil, as classes dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos, bem como dos Argissolos Vermelho-Amarelos, dominam nos estados maiores produtores de arroz de terras altas (Tabela 6.3). Especificamente para essas classes, a cor, analisada em uma carta de cores própria, denominada carta de cores de Munsell, é o critério diagnóstico utilizado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos para separar os diferentes tipos de Latossolos e Argissolos no segundo nível categórico, Subordem, tal como sugere o nome da classe. Assim, os Latossolos Vermelhos são de coloração mais avermelhada em relação aos Latossolos Vermelho-Amarelos, devido à presença mais expressiva de um mineral de Fe denominado hematita, de elevado poder pigmentante e presente na fração argila, conferindo a coloração avermelhada a esses solos.



Tabela 6.3. Área absoluta e relativa das principais classes de solos em nível categórico de Subordem e, eventualmente Ordem, nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil.

Estado	Área estimada por classe de solo											
	LVA ⁽¹⁾		LV		PVA		RO		F		N	
	Absoluta km ²	Relativa %	Absoluta km ²	Relativa %	Absoluta km ²	Relativa %	Absoluta km ²	Relativa %	Absoluta km ²	Relativa %	Absoluta km ²	Relativa %
Maranhão	69.532,44	20,94	908,92	0,27	50.672,33	15,26	55.444,16	16,70	56.125,85	16,91	0,00	0,00
Goiás	87.264,99	25,66	130.560,99	38,39	61.691,19	18,14	3.364,97	0,99	11.216,58	3,30	7.851,61	2,31
Mato Grosso	123.349,14	36,65	82.082,43	9,09	113.427,09	33,85	86.817,95	25,85	103.956,04	30,85	4.961,03	1,48
Mato Grosso do Sul	0,00	0,00	140.493,32	39,34	21.074,00	5,90	86.562,01	24,24	24.473,03	6,85	6.344,86	1,78
Tocantins	71.992,46	21,59	449,95	0,13	22.047,69	6,59	45.220,26	13,59	63.668,33	18,99	5.174,46	1,54
Rondônia	42.520,73	12,62	0,00	0,00	70.417,94	20,85	21.597,83	6,39	13273,67	3,93	2.699,73	0,79
Minas Gerais	182.608,92	54,19	151.247,34	44,79	89.636,29	26,79	25.133,75	7,49	0,00	0,00	11565,97	3,45
São Paulo	35.779,96	10,61	92712,86	27,59	82.586,45	24,59	11.476,59	3,42	0,00	0,00	4.725,66	1,41
Paraná	1.136,34	0,34	58.635,38	17,39	33.408,53	10,00	454,54	0,13	0,00	0,00	36363,03	10,79

⁽¹⁾ Simbologia para a classes de solos: LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; LV = Latossolo Vermelho; PVA = Argissolo Vermelho-Amarelo; RO = Neossolo Quartzarênico; F = Plintossolo; N = Nitossolo.

Fonte: Embrapa Solos (2003); IBGE (2003).

A seguir, são descritos os atributos morfológicos e analíticos que caracterizam e diferenciam as principais classes de solos onde se cultiva arroz de terras altas no Brasil.

Latossolos

Características gerais

São solos muito antigos, resultantes de energéticas transformações de seu material constitutivo, ou oriundos de sedimentos já pré-intemperizados. Em consequência, há o predomínio, na fração argila, de minerais nos últimos estádios de intemperismo, caulinitas e óxidos de ferro e alumínio, sendo a fração areia também dominada por minerais altamente resistentes à decomposição, quartzo predominantemente. Em geral, são muito profundos, porosos, bem drenados, macios e permeáveis, de textura variável, de média a muito argilosa em função do material que lhes deu origem, apresentando pequeno ou quase nulo aumento de teor de argila do horizonte A para o B e, comumente, são de baixa fertilidade natural (Coelho et al., 2002). A razão de não apresentar aumento considerável do conteúdo de argila do horizonte A para o B é ser inexpressiva tanto a mobilização, ou migração, de argila ao longo do perfil de solo, como o desenvolvimento de outros mecanismos de formação de solos que concorram para o aumento significativo do conteúdo de argila em profundidade.

Os Latossolos apresentam seqüência de horizontes A-Bw-C. Portanto, a característica básica desses solos é o desenvolvimento de horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo B latossólico (Bw), em seqüência a qualquer tipo de horizonte A, exceto horizonte hístico, com elevado conteúdo de matéria orgânica, típico da classe dos Organossolos.

Horizontes diagnósticos são utilizados como elementos-chave na formulação das diferentes classes. Um solo, para ser enquadrado em determinada classe, deve possuir o(s) horizonte(s) diagnóstico(s) que define(m) a classe. Tais horizontes apresentam uma combinação de atributos morfológicos e analíticos bem definidos, qualitativa e quantitativamente. Para o caso do horizonte B latossólico, essas características são as seguintes (Embrapa, 1999):

- Pouca diferenciação entre os subhorizontes Bw. Os horizontes B podem ser divididos em diferentes subhorizontes.
- Macroestrutura de grau fraco ou moderado ou, ainda, microestrutura forte.
- Menos que 5% do volume do solo com presença de estrutura da rocha original.



- Grande estabilidade dos agregados, analisado em condições laboratoriais, com grau de floculação da argila igual ou muito próximo a 100%.
- Textura franco-arenosa ou mais fina, com baixos teores de silte e da relação silte/argila.
- Menos que 4% de minerais primários alteráveis, menos resistentes ao intemperismo, na fração areia, evidenciando baixa reserva de nutrientes.
- Capacidade de troca de cátions da fração argila inferior a $17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila.
- Cerosidade, pouca e fraca, quando presente. Cerosidade refere-se ao brilho observado na superfície dos agregados estruturais que compõem os solos. Sua formação está relacionada a vários mecanismos, principalmente aqueles atribuídos à mobilização de argila dos horizontes superficiais e deposição nos inferiores. Sua orientação na superfície dos agregados é responsável pela manifestação do brilho observado a olho nu ou com a utilização de lupa.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), os Latossolos são subdivididos nos demais níveis categóricos com base na cor Bruno, Amarelo, Vermelho-Amarelo e Vermelho, fertilidade natural, Eutrófico, rico em nutrientes; Distrófico, pobre em nutrientes, teor de óxidos de Fe. Férrico, por exemplo, significa teor de Fe, obtido por ataque sulfúrico, variando entre 180 e 360 g kg^{-1} , e características comuns ou intermediárias para outras classes de solos, além da textura, tipo de horizonte superficial, composição mineralógica, entre outros atributos.

Na Tabela 6.4 podem ser vistos alguns atributos relacionados a perfis selecionados das principais classes de Latossolos do Cerrado brasileiro. Os Latossolos Vermelho-Amarelos estão entre os mais expressivos na região, ocupando aproximadamente 20% de sua superfície nos estados maiores produtores de arroz de terras altas. Apresentam coloração amarelada devido à predominância de goethita (FeOOH) em relação à hematita (Fe_2O_3), embora seja a caulinita o mineral mais expressivo da fração argila, podendo ocorrer conteúdos expressivos de gibbsita (Al_2O_3). Esses minerais podem estar presentes em quantidade e proporção variadas na classe dos Latossolos, imprimindo importantes características e propriedades químicas e físicas aos solos, bem como respostas diferenciadas às práticas de manejo (Gomes, 2002). Geralmente, os Vermelho-Amarelos são de drenagem interna mais restrita em relação aos Latossolos Vermelhos (antigos Vermelho-Escuros), sendo comum ouvir dos agricultores dos Cerrados a afirmação de que os solos amarelos são sempre os mais úmidos da região (Ker et al., 1992). A diferença básica entre ambas as classes reside tanto nos menores teores de Fe como pela coloração amarelada dos Latossolos Vermelho-Amarelos, comparativamente aos Vermelhos.



Tabela 6.4. Alguns atributos morfológicos, físicos e químicos de horizontes selecionados dos principais Latossolos típicos dos Cerrados do Brasil.

Hor.	Prof. cm	Cor (úmida)	Silte	Argila	C.Org.	pH		SB --- cmol _c kg ⁻¹ ---	CTC	V ---- % ----	m	Fe ₂ O ₃ g kg ⁻¹	P ass. mg kg ⁻¹
						H ₂ O	KCl						
(1) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado													
A	0-15	5YR 3/3	100	880	25,3	5,1	4,1	0,5	10,0	5	69	61	1
Bw	50-120	5YR 5/8	60	920	8,8	5,6	5,2	0,2	2,8	7	0	69	1
(1) LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado													
A	0-20	2,5YR 3/5	110	850	23,0	4,9	4,3	0,4	9,9	4	73	134	1
Bw	100-120	2,5YR 3/6	90	880	11,7	5,2	4,9	0,3	5,0	6	40	138	1
(2) LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura muito argilosa, A fraco													
A	0-10	10YR 3/3	110	560	17,0	5,2	3,9	2,2	8,9	25	39	245	2
Bw	45-90	10YR 3/4	80	620	6,9	5,4	4,1	0,9	4,5	20	61	252	1
(3) LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado													
A	0-10	10YR 4/2	100	430	13,5	5,2	4,1	0,2	6,2	3	75	210	1
Bw	37-60	10YR 6/4	80	490	6,8	5,4	4,4	0,1	3,4	3	80	250	< 1

Abreviações: Hor. = Horizonte; Prof. = Profundidade; C. Org. = Carbono orgânico; SB = Soma de bases (Ca²⁺ Mg²⁺ k + Na⁺); CTC = Capacidade de troca de cátions (SB + H + Al); V = Saturação por bases (100 x SB/T); m = Saturação por alumínio (100 x Al³⁺/S + Al³⁺); P ass. = Fósforo assimilável.
 Fonte: ⁽¹⁾ Embrapa (1978); ⁽²⁾ Brasil (1971); ⁽³⁾ Embrapa (1983).



Do exame do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (Tabela 6.4), evidenciam-se aqueles atributos mais característicos desta classe: valores baixos de silte, Fe e pH; pobreza em nutrientes expressa pelos baixos valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC). Portanto, são solos predominantemente Distróficos, com baixos teores de bases trocáveis e pobres em micronutrientes, como Co, Zn, Cu, Ni, entre outros, mas que, corrigidos e fertilizados podem sustentar elevadas produções agrícolas. Mais de 95% dos Latossolos dos Cerrados são Distróficos e ácidos, com teores de P disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1 mg kg^{-1} (Resende et al., 1995).

Os Latossolos Vermelhos compreendem aqueles antigamente classificados como Latossolos Vermelho-Escuros e Latossolos Roxos. No sistema taxonômico vigente, tais solos diferenciam-se apenas no terceiro nível categórico (Tabela 6.5). Assim, os antigos Latossolos Vermelho-Escuros correspondem aos atuais Latossolos Vermelhos Distróficos ou Eutróficos, com teores de Fe, obtidos por ataque sulfúrico, inferiores a 180 g kg^{-1} , enquanto o correspondente aos Latossolos Roxos são atualmente designados de Latossolos Vermelhos Distrofêrricos ou Eutrofêrricos, por exemplo, com teores de Fe variando entre 180 e 360 g kg^{-1} , definindo o caráter férrico. No campo, pode-se facilmente diferenciá-los pela atração magnética, havendo maior aderência de partículas de solo pelo imã nos Latossolos Vermelhos férricos, quando as amostras secas e manualmente destorroadas são aproximadas do magneto, evidência do maior conteúdo de Fe e de minerais magnéticos, como a magnetita. Esse mineral é uma importante reserva e fonte de micronutrientes essenciais às plantas e animais. Com a alteração e decomposição da magnetita, esses microelementos são lentamente liberados para a solução do solo (Curi & Lopes, 1988).

Devido ao seu desenvolvimento a partir de rochas de origem vulcânicas, os Latossolos Vermelhos férricos são comumente mais férteis dentre os demais solos dos Cerrados, embora, a maioria deles sejam predominantemente Distróficos em virtude da intensa lixiviação à qual foram submetidos ao longo dos milhares de anos de sua formação. A distribuição espacial, correlação com a antiga nomenclatura de solos e os teores de Fe diferenciais entre as diferentes classes de Latossolos dos Cerrados nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil são mostrados na Tabela 6.5.



Tabela 6.5 Variação dos teores médios de óxidos de ferro, classificação anteriormente utilizada no Brasil, e distribuição espacial e percentual dos Latossolos dos Cerrados, localizados apenas nos estados maiores produtores de arroz de terras altas do Brasil.

Classe de solo	Teores médios de óxidos de ferro (Fe_2O_3) ⁽¹⁾ g/kg	Classificação anterior	Área ⁽²⁾ km ²	Distribuição	
				Relativa à classe dos Latossolos	Relativa ao total de solos dos Cerrados
				-----%	
Latossolo Vermelho-Amarelo	< 80	Latossolo Vermelho-Amarelo	261.014,83	42,59	18,99
Latossolo Vermelho (Eutrófico ou Distrófico)	$80 \leq \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 180$	Latossolo Vermelho-Escuro	283.803,99	46,30	20,65
Latossolo Vermelho férrico (Futrófico ou Distrófico)	$180 < \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 360$	Latossolo Roxo	50.535,21	8,24	3,68
Latossolo Amarelo	< 80	Latossolo Amarelo e parte dos Latossolos Vermelho-Amarelos	17.575,82	2,87	1,28
TOTAL	-	-	612.929,85	100,0	44,60

Fonte: ⁽¹⁾ Embrapa (1999); ⁽²⁾ Embrapa Solos (2003); IBGE (1992, 2003).

Os Latossolos Amarelos, de coloração mais amarelada que os anteriores devido tanto aos baixíssimos a nulos teores de hematita, como à manifestação das cores provenientes da goethita, mineral amarelo, são pouco expressivos nos Cerrados, correspondendo a aproximadamente 1,30% dos solos da região nos estados maiores produtores de arroz de terras altas e a apenas 2,87% da Ordem dos Latossolos (Tabela 6.5). Além da baixa fertilidade natural e da alta saturação por Al (Tabela 6.4), comuns aos demais Latossolos, apresentam problemas de natureza física, com limitações quanto à permeabilidade restrita e lenta infiltração de água devido à elevada coesão dos agregados e a baixa porosidade nos horizontes B mais superficiais. Segundo Correia et al. (2004), os Latossolos Amarelos de textura mais argilosa têm certa tendência ao “selamento” superficial, condicionado pela ação das chuvas torrenciais, próprias dos climas equatoriais e tropicais. Em consequência, mesmo em relevos relativamente planos apresentam alta erodibilidade, à proporção que permanecem desnudos.

Em geral, os Latossolos do Brasil são muito ácidos, com valores de pH inferiores a 5,5, podendo ser tão baixos como 4,0. Os valores de pH mais baixos nos horizontes superficiais, similarmente ao observado



na Tabela 6.4, são devidos ao maior conteúdo de matéria orgânica, a qual também confere maior capacidade de troca de cátions aos horizontes superficiais. Além de ser fonte de nutrientes para as plantas e melhorar a capacidade de retenção de cátions, a matéria orgânica promove melhores condições físicas aos solos, aumentando sua capacidade de retenção de água.

Valor de saturação por Al superior a 50% também é comum entre os Latossolos. Em geral, os teores de Al extraível aumentam em profundidade em função da complexação do elemento com a matéria orgânica nos horizontes superficiais. No passado, a constatação do elemento no complexo sortivo dos solos dos Cerrados, que comumente é superior aos cátions básicos trocáveis (Ca, Mg, K e Na), associado ao desconhecimento da resposta das culturas aos solos da região, favoreceu a iniciativa de recomendações, por parte de técnicos, de aplicações expressivas de calcário a fim de fornecer Ca e Mg, corrigir a acidez dos solos e eliminar o efeito do Al tóxico. Tal prática concorreu para o aparecimento de deficiências severas de micronutrientes, notadamente Zn, e completa falta de resposta do arroz de terras altas à aplicação de calcário nos solos dos Cerrados. Atualmente, com o avanço das pesquisas agrícolas na região, recomendam-se doses módicas de calcário no cultivo de terras altas, para elevar a saturação por bases a 50%, e o teor de Mg para valores entre 0,5 e 1,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, no mínimo (Sousa & Lobato, 2004).

A baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e baixa saturação por bases (V%) definem os Latossolos como de baixa capacidade de armazenamento e suprimento de nutrientes às plantas. Efetivamente, as quantidades de Ca, Mg e K trocáveis no horizonte A são muito baixas e diminuem drasticamente no horizonte B, evidenciando que a matéria orgânica é a maior responsável pela CTC desses solos. Do mesmo modo, os teores de P disponível, quase sempre inferiores a 2 mg kg^{-1} (Tabela 6.4), são extremamente baixos, comparados ao nível crítico de 8,0 – 10,0 mg kg^{-1} de P, extraído com solução H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,050N, estabelecido para o cultivo de arroz nos solos dos Cerrados (Moraes, 1982; Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás, 1988).

Os baixos valores de CTC podem ser melhorados, adotando-se práticas de manejo que promovam a elevação dos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que a CTC depende essencialmente dela. Sistemas de cultivo como o plantio direto, associado à rotação de culturas, são capazes de permitir a elevação desses teores.



Ambiente de ocorrência

Os Latossolos ocorrem em todo território brasileiro, distribuídos nas amplas chapadas e fundos de vales em relevo plano e suave ondulado, declives de até 8%. Nos Cerrados, são comuns em posições de topos de morros, estendendo-se até o terço médio das vertentes suave onduladas, típicas das áreas de derrames basálticos e de influência dos arenitos (Correia et al., 2004).

Plintossolos

Características gerais

São solos que apresentam uma diversificação morfológica e analítica muito grande. No entanto, sua característica mais marcante é a presença de manchas ou mosqueados avermelhados, ricos em Fe e de consistência macia, que podem ser facilmente individualizados da matriz do solo ou, ainda, de nódulos ou concreções ferruginosas, extremamente duros, algumas vezes formando espessas camadas contínuas e endurecidas de material ferruginoso. Os materiais ferruginosos macios, denominados plintita, geralmente compõem um emaranhado de cores bem contrastante com a matriz do solo. São constituídos de uma mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em Fe, ou Fe e Al, com quartzo e outros materiais (Embrapa, 1999).

Em geral, a plintita forma-se pela acúmulo de Fe, importando em mobilização, transporte e concentração final dos compostos de Fe, que pode se processar em qualquer solo onde o teor do elemento seja suficiente para permitir seu acúmulo, sob a forma de manchas vermelhas macias. Sob efeito de ciclos repetitivos de umedecimento e secagem, é inerente a esses materiais sofrerem endurecimento irreversível, dando lugar à formação de nódulos ou concreções ferruginosas, extremamente duras, denominadas petroplintitas. Nos perfis de solos, tais feições podem estar presentes em dimensão, forma e quantidade variáveis, individualizadas ou aglomeradas em camadas contínuas, assim como apresentar-se desde a superfície do solo, ou iniciar-se a diversas profundidades abaixo dela. Caso manifestem em profundidade, é comum a ocorrência de horizontes B latossólico ou B textural imediatamente acima da camada ferruginosa, embora outros tipos de horizontes podem estar presentes.

A profundidade de ocorrência, a quantidade e intensidade de cimentação do material ferruginoso são fatores que condicionam a aptidão agrícola das áreas onde predominam os Plintossolos. A presença de



petroplintita, por exemplo, à pouca profundidade ou em superfície, formando camadas contínuas e espessas, muito comum no leste e norte de Goiás e no Distrito Federal, constitui forte limitação ao uso agrícola, uma vez que a permeabilidade do solo, a restrição por enraizamento das plantas e o entrave ao uso de equipamentos agrícolas podem se tornar críticos. A isso soma-se a baixa fertilidade natural, elevada acidez e toxicidade por Al, muito comum na classe dos Plintossolos em geral (Tabela 6.6), tornando-os, nesse caso, inaptos ou com aptidão restrita ao cultivo. Tais solos devem ser mantidos como reserva para proteção da biodiversidade dos ambientes onde ocorrem.

Ambiente de ocorrência

Em geral, os Plintossolos são encontrados em relevo plano e suave ondulado. Aqueles com ocorrência única ou predominância de material ferruginoso mais brando no perfil, plintita, localizam-se em áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores das encostas, situações que impliquem o escoamento lento da água no solo. Nessas condições, os ciclos de umedecimento e secagem não se processaram em intensidade suficiente a fim de permitirem o endurecimento irreversível e formação da petroplintita. Suas maiores extensões encontram-se na região Amazônica, no alto Amazonas do território brasileiro, Amapá, Ilha de Marajó, Baixada Maranhense, Pantanal Mato-Grossense e baixadas da região da Ilha do Bananal (Oliveira et al., 1992). Plintossolos com predominância de nódulos endurecidos, petroplintita, são mais comuns em ambientes bem drenados, como nas rupturas de chapadas em todo o Planalto Central Brasileiro, sob domínio dos Cerrados, e em muitas rupturas de declive na Amazônia (Resende et al., 1988).

Argissolos

Características gerais

Os Argissolos formam uma classe bastante heterogênea que, em geral, têm em comum um aumento substancial no teor de argila em profundidade. O gradiente textural B/A, média do teor de argila do horizonte B dividido pela média do horizonte A, é comumente superior a 1,5 unidade.

A presença do horizonte diagnóstico B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E, horizonte eluvial, resultante da perda de argila e matéria orgânica, de coloração clara, define a classe dos Argissolos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). Além do incremento de argila em profundidade, tal horizonte deve apresentar as seguintes características:



- a) Textura franco-arenosa ou mais fina; para a classe textural franco-arenosa, os teores de argila são próximos a 150 g kg⁻¹.
- b) Presença de cerosidade constituída por películas de colóides minerais que, se bem desenvolvida, é facilmente perceptível pelo aspecto lustroso e brilho graxo observado na superfície dos agregados estruturais do solo.

Essa classe distribui-se em uma superfície de 165.601,93 km², o que corresponde a aproximadamente 12% do domínio dos Cerrados nos estados maiores produtores de arroz de terras altas do Brasil (Tabela 6.2).

A análise de alguns horizontes de um Argissolo Vermelho-Amarelo da região dos Cerrados, apresentada na Tabela 6.6, revela que, mesmo no horizonte superficial A, mais rico em matéria orgânica, a CTC do solo é muito baixa, do mesmo modo que o conteúdo de cátions trocáveis (SB). Assim, embora existam Argissolos Eutróficos, ricos em nutrientes, predomina, tanto no território brasileiro como nos Cerrados, aqueles de relativa pobreza em nutrientes, Distróficos e Álicos, muitas vezes com teores de Al extraível e saturação do elemento no complexo de troca elevados.

O conteúdo de matéria orgânica é, em geral, baixo a médio no horizonte A, diminuindo com a profundidade do solo. Observa-se, também, a drástica diminuição na concentração de nutrientes no horizonte subsuperficial Bt (Tabela 6.6), o que constitui forte limitação à proliferação profunda das raízes do arroz, predispondo as plantas ao estresse hídrico por não poderem aproveitar a água disponível nas camadas mais profundas do solo.

Entretanto, muitos Argissolos são profundos, porosos, permeáveis, bem drenados, com boa capacidade de retenção e armazenamento de água, não apresentando impedimentos mecânicos ao crescimento das raízes. Sua maior limitação está associada à baixa fertilidade natural e, em determinadas áreas, à pequena profundidade efetiva, presença de cascalhos à superfície, às condições de relevo e suscetibilidade à erosão hídrica. A grande variabilidade das características e ambientes de ocorrência desses solos dificulta generalizar suas qualidades e limitações ao uso agrícola.

Habitualmente, ocupam terrenos de relevos mais movimentados na paisagem, quando comparados aos Latossolos. Fato que, associado ao elevado gradiente textural, comum à maioria desses solos, promove taxas de infiltração diferenciadas ao longo do perfil, rápida nos horizontes superficiais e mais lenta nos subsuperficiais, que pode resultar no escoamento superficial das águas das chuvas, contribuindo para



aumentar os riscos de erosão, principalmente naqueles de textura mais arenosa nos horizontes superficiais, com maiores valores da relação textural B/A e situados em relevos acidentados.

Nessas situações de solos pobres com elevado gradiente textural, arenosos em superfície e situados em relevos movimentados, é imprescindível a utilização de práticas ou de manejo conservacionistas, como o cultivo em nível e construção de terraços em gradiente/ou, ainda, o sistema de plantio direto, a fim de evitar as perdas de solo e água, de fertilizantes e corretivos por erosão.

Ambiente de ocorrência

Semelhante aos Latossolos, distribuem-se em praticamente todo o território brasileiro, desde o Rio Grande do Sul até o Amapá e do Acre até Pernambuco (Oliveira et al., 1992). Nos Cerrados, não ocorrem em grandes áreas contínuas, mas sua presença é freqüente na paisagem. Em geral, ocupam relevos mais dessecados, quando comparados aos Latossolos, comumente associados as porções médias e inferiores das vertentes, onde o relevo apresenta-se ondulado, 8 a 20% de declive ou forte ondulado, 20 a 45% de declive.

Nitossolos

Características gerais

São solos minerais, não hidromórficos, de textura argilosa ou mais fina e que não apresentam incremento de argila do horizonte A para o B ou com pequeno incremento, porém não suficiente para caracterizar a relação textural B/A do horizonte B textural, típico dos Argissolos.

São caracterizados pela presença de horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo B nítico (Bt) com argila de atividade baixa. A origem do termo nítico, refere-se à presença expressiva, ou "nitidez", das superfícies reluzentes, relacionadas principalmente à cerosidade, presente na superfície dos agregados estruturais que compõe o solo. Além da cerosidade, que deve ser descrita no campo como moderada ou forte quanto a sua nitidez ou intensidade de manifestação, o horizonte B nítico apresenta estrutura bem desenvolvida.

Nos Cerrados, os Nitossolos compreendem tanto aqueles solos antigamente classificados como Terra Roxa Estruturada provenientes do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, como os Podzólicos



Vermelho-Escuros com pequeno gradiente textural, dotados de argila de atividade baixa e nítida manifestação de cerosidade, originários de outros tipos de rochas. No entanto, os comentários que se seguem tratam da classe dos Nitossolos Vermelhos férricos, teores de Fe_2O_3 de 15 a 36%, provenientes de rochas básicas devido a sua maior área ocorrência. Tais solos são de coloração vermelho-escura, tendendo à arroxeada, daí sua classificação de Nitossolo Vermelho em contraposição àqueles de coloração mais amarelada, denominados de Nitossolos Háplicos, embora nem todos os Nitossolos Vermelhos sejam originários de rochas magmáticas.

Uma característica peculiar é que, semelhante a alguns Latossolos Vermelhos, amostras secas e destorroadas de Nitossolos Vermelhos férricos são atraídas pelo imã em função da presença expressiva de minerais magnéticos, contendo ferro como a magnetita, presente na fração areia do solo. Devido ao seu material de origem, rico em minerais ferromagnesianos, e maior proximidade da rocha em relação aos Latossolos Vermelhos férricos, apresentam saturação por bases média a alta, sendo comuns Nitossolos Eutróficos com elevado potencial nutricional. Aqueles Distróficos, expressivos no Brasil e menos freqüentes nos Cerrados, embora de menor fertilidade natural, apresentam maiores respostas às adubações quando comparados aos Latossolos, conseqüência de sua CTC mais elevada (Correia et al., 2004).

Na Tabela 6.6 podem ser vistos alguns atributos físicos e químicos de um Nitossolo Vermelho típico dos Cerrados. Nesse ambiente, são comuns solos Eutróficos em superfície, com elevada CTC e saturação por bases, aumentando a saturação e o conteúdo de alumínio em profundidade, sem, contudo, alcançar os valores comumente encontrados nos Latossolos e Argissolos. Em geral, os níveis de alumínio são inferiores aos considerados tóxicos para as plantas cultivadas (Moraes, 1999).

Como os Nitossolos são comumente profundos, muito porosos, sem problemas de drenagem ou aeração, com boas condições físicas, ou seja, sem impedimentos mecânicos ao crescimento das raízes, apresentam boa aptidão para lavouras e demais usos agropastoris, principalmente quando Eutróficos. Esses, são predominantemente cultivados com culturas mais rentáveis, como café, soja e milho e pouco utilizados com arroz de terras altas (Moraes, 1999). Suas maiores limitações ao uso agrícola estão relacionadas à suscetibilidade natural à erosão, quando localizados em relevos acidentados.

Ambiente de ocorrência

Os Nitossolos Vermelhos férricos formam-se sobre rochas básicas, geralmente associados aos Latossolos Vermelhos férricos na paisagem.



Enquanto estes localizam-se nos topos e terço superior das vertentes, os Nitossolos ocupam as porções médias e inferiores, próximas aos cursos d'água, em áreas bem drenadas e de relevo ondulado ou forte ondulado.

Neossolos Quartzarênicos

Características gerais

Nessa classe são incluídos os solos considerados pouco evoluídos, com ausência de horizonte B diagnóstico. Compreende aqueles em vias de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário, muito resistente ao intemperismo.

Os Neossolos Quartzarênicos, antigamente denominados de Areias Quartzosas, são solos com pouca diferenciação de horizontes, com individualização de horizonte A seguido de C. No entanto, sua principal característica reside na textura essencialmente arenosa por todo o perfil, com predominância de minerais altamente resistentes ao intemperismo, como o quartzo e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis, menos resistentes ao intemperismo, na fração areia. O teor máximo de argila nesses solos pode chegar a 150 g kg⁻¹, quando o silte está ausente.

Em geral, são muito profundos e bem drenados, sem problemas mecânicos ao crescimento das raízes das plantas. Por outro lado, apresentam problemas relacionados com a granulometria: por serem muito arenosos, com baixa capacidade de agregação das partículas devido aos baixos teores de argila e de matéria orgânica, são muito suscetíveis à erosão; são de baixa fertilidade natural; muito permeáveis, apresentando séria limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível, sobretudo naqueles em que a areia grossa predomina sobre a areia fina (Moraes, 1999).

Pode-se verificar, na Tabela 6.6, que os Neossolos Quartzarênicos agrupam solos ácidos, com pouco cátions trocáveis (SB) e baixa saturação por bases (V%). Em geral, a saturação por Al (m%) é alta. Portanto, são de baixa fertilidade natural e com pouca reserva dos principais nutrientes para as plantas, principalmente o P, cujos teores são muito baixos. Quando cultivados, o P aplicado nas adubações é pouco adsorvido no solo, tornando-o prontamente disponível às plantas cultivadas. No entanto, existem problemas sérios quanto à lixiviação de nitratos e sulfatos devido à grande macroporosidade e permeabilidade, inerente aos solos de textura arenosa (Correia et al., 2004).



Tabela 6.6. Atributos físicos e químicos de perfis selecionados de algumas classes de solos representativas dos Cerrados.

Hor. cm	Prof.	Cor (úmida)	Silte	Argila	C.Org.	pH		SB	CTC	V	m	Fe ₂ O ₃	P ass.
						H ₂ O	KCl						
(1) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média, A moderado													
A	00-20	7,5YR 4/4	250	160	8,2	4,7	3,8	0,8	4,6	17	60	81	1
Bt	50-85	5YR 5/6	230	250	2,5	5,0	3,9	0,3	2,7	11	83	106	1
(2) PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Distrófico típico, textura média cascalhenta/argilosa, A moderado													
A	00-18	5YR 3/2	390	320	18,6	5,5	4,2	3,7	9,2	40	7	82	1
F	28-100	10R 3/6	250	260	12,8	5,6	4,3	2,2	5,0	44	9	135	1
(3) NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura argilosa/muito argilosa, A moderado													
A	00-20	5YR 3/3	280	380	13,0	5,6	4,4	6,3	10,0	60	14	530	2
Bt	40-85	1,5YR 4/6	230	510	6,0	5,3	4,0	2,5	9,0	28	46	710	1
(1) NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado													
A	00-12	7,5YR 3/2	50	80	12,0	5,0	4,0	0,3	6,3	5	77	20	<1
C	65-105	5YR 4/4	50	90	3,3	5,3	4,5	0,2	4,1	5	50	18	<1

Abreviações: Hor. = Horizonte; Prof. = Profundidade; C. Org. = Carbono orgânico; SB = Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + k⁺ + Na⁺); CTC = Capacidade de troca de cátions (SB + H + Al); V = Saturação por bases (100 x SB/T); m = Saturação por alumínio (100 x Al³⁺/S + Al³⁺); P ass. = Fósforo assimilável.
 Fonte: ⁽¹⁾ Embrapa (1978); ⁽²⁾ Brasil (1977); ⁽³⁾ Embrapa (1983).



Os Neossolos Quartzarênicos são considerados solos de baixa aptidão agrícola. O uso contínuo com culturas anuais e perenes mal manejadas pode levá-los rapidamente à degradação (Silva et al., 1994), sendo, por isso, mais recomendados para conservação da fauna e flora.

Ambiente de ocorrência

As maiores ocorrências de Neossolos Quartzarênicos estão nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, oeste e norte da Bahia, sul do Pará, sul e norte do Maranhão, no Piauí e Pernambuco, em relevo predominantemente plano (Oliveira et al., 1992). Nos Cerrados, estão relacionados a depósitos arenosos de cobertura, também em relevo plano ou suave ondulado (Correia et al., 2004). Embora menos frequentes, podem ocorrer em condições de topografia mais movimentada, quando se tornam extremamente suscetíveis à erosão e degradados com pouco tempo de uso.

SOLOS ONDE SE CULTIVA ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO

Devido à expressividade das várzeas da Região Sul com respeito a sua utilização com a cultura do arroz, será dado ênfase à distribuição e características dos solos de várzea do sul do país, seja pela sua representatividade, comuns nas demais áreas arrozeiras do Brasil, seja pelo maior conhecimento dos solos daquela região.

Por suas características especiais, o arroz irrigado por inundação requer solos planos e mal drenados a fim de garantir a manutenção de uma lâmina de água sobre a superfície do solo durante todo ou a maior parte do ciclo das plantas. O requerimento por água em abundância, barata e de fácil acesso, é outro fator importante na seleção de áreas para a implantação do cultivo de arroz irrigado por inundação (Klamt et al., 1985).

Em função dessas exigências é que as lavouras de arroz irrigado por inundação estão localizadas em áreas total ou parcialmente inundadas ao longo do ano, as várzeas, encontradas nas planícies dos rios, lagoas e lagunas. No Rio Grande do Sul, o arroz irrigado está concentrado nas várzeas ao longo do Rio Jacuí e seus afluentes, na Depressão Central; junto aos Rios Ibicuí e Icamaquã e seus afluentes, na fronteira com a Argentina; junto ao Rio Negro e seus afluentes, na fronteira com o Uruguai; e nas margens das Lagoas dos Patos e Mirim, no litoral. Esta região abrange uma



área de aproximadamente 5.400.000 ha em altitudes que não ultrapassam 200 m (Pinto et al., 2004). Em Santa Catarina, as várzeas ocupam áreas relativamente menores, 685.000 ha, localizadas principalmente nas planícies costeiras e aluviais do Litoral Sul, de Joinville e de Itajaí, e nas planícies aluviais do Planalto de Canoinhas, na fronteira com o Paraná, em altitudes que variam desde valores próximos ao nível do mar até 1.100 m (Pinto et al., 2004). Em São Paulo, nas várzeas do Rio Paraíba; no Rio de Janeiro, nas várzeas do Rio Paraíba do Sul; no Espírito Santo, nas várzeas dos Rios Doce e Itapemirim; em Pernambuco, no médio São Francisco; em Sergipe e Alagoas, nas várzeas do baixo São Francisco; e no Tocantins, nas várzeas do Rio Araguaia e seus tributários, dos quais os Rios Formoso e Javaés concentram a maior área de arroz irrigado por inundação. Podem ser vistas na Fig. 6.2 as principais zonas onde se concentram as lavouras de arroz irrigado por inundação no Brasil.



Fig. 6.2. Mapa esquemático evidenciando as principais zonas onde se concentram as lavouras de arroz irrigado por inundação no Brasil.

Fonte: Adaptada de Moraes (1999).



As várzeas caracterizam-se por apresentarem solos planos, comumente formados em condições de excesso de água ou sujeitos a inundações periódicas, que lhes conferem condições especiais, diferentes dos solos de terras altas, no que diz respeito às características físicas, químicas, morfológicas, mineralógicas e biológicas.

Por ser planta hidrófila, o arroz adapta-se bem aos solos mal drenados das várzeas e beneficia-se da maior disponibilidade de nutrientes quando são submetidos à inundação. Espécies de terras altas, como trigo, milho, feijoeiro, soja, pastagem, também podem ser cultivadas nos solos de várzea sempre que o excesso de água for drenado e o arejamento do solo for garantido. O arejamento do solo é importante para o suprimento de oxigênio para a respiração das raízes e permitir a reoxidação dos compostos reduzidos durante o período de inundação, tais como Fe e Mn, que podem tornar-se tóxicos à maioria das plantas cultivadas em condições de alagamento.

A seguir, são apresentados a distribuição e os atributos que caracterizam as classes de solos mais representativas onde se cultiva arroz irrigado por inundação no Brasil, com ênfase aos solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Classes de Solos

Os solos de várzea desenvolvem-se sobre materiais de origens bastante distintas, bem como são formados em diferentes graus de hidromorfismo, excesso de água. Em conseqüência, apresentam grande variação, vertical no perfil e horizontal na paisagem, das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, o que determina seu agrupamento em diferentes Ordens, com diferentes limitações e aptidões de uso. Conforme o tipo, o solo pode, ou não, ser adequado ao cultivo com arroz irrigado.

As principais Ordens e eventualmente Subordens taxonômicas em que estão incluídos os solos de várzea, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), são apresentadas na Tabela 6.7, onde também é mostrada a correlação com a antiga nomenclatura de solos utilizada no Brasil (Camargo et al., 1987), com o *Soil Taxonomy* (Estados Unidos, 1999) e WRB (FAO, 1998).



Tabela 6.7. Principais classes de solos de várzea onde se cultiva arroz irrigado por inundação no Brasil e correlação taxonômica com outros sistemas de classificação de solos.

Classe de solo	Classificação segundo		
	Antiga nomenclatura usada no Brasil	<i>Soil Taxonomy</i>	WRB
Planossolos	Planossolos, Solonetz Solodizado e parte dos Hidromórficos Cinzentos	Alfisols	Planosols
Gleissolos	Gleis Pouco Húmicos e Gleis Húmicos, Solonchak e parte dos Hidromórficos Cinzentos	Aquents	Gleysols
Vertissolos	Vertissolos	Vertisols	Vertisols
Organossolos	Solos Orgânicos	Ilistosols	Ilistosols
Neossolos Flúvicos	Solos Aluviais	Fluvents	Fluvisols
Neossolos Quartzarênicos (hidromórficos)	Areias Quartzosas Hidromórficas	Quartzipsamments	Arenosols
Plintossolos	Plintossolos e Petroplintossolos	Subgrupos Plinthic de Oxisols, Ultisols, Alfisols, Entisols, Inceptisols	Plinthosols
Chernossolos	Brunizéns	Molisols	Chernozems e Kastanozems

Solos de várzea do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Na Fig. 6.3 pode ser vista a distribuição dos principais solos de várzea nos estados sulinos. No Rio Grande do Sul, os solos pertencentes às classes citadas na Fig. 6.3 correspondem a cerca de 17% da área total do estado, sendo a classe dos Planossolos a que ocupa maior área, aproximadamente 49% dos solos de várzea, o que corresponde a 8% dos solos de todo estado (Tabela 6.8).



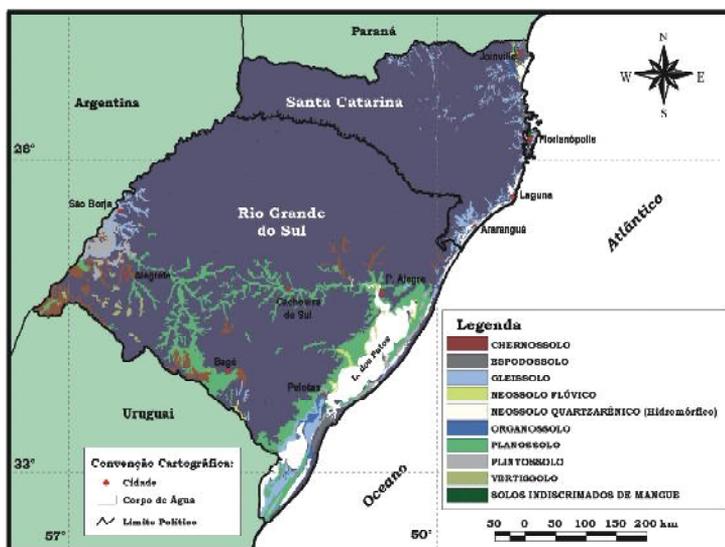


Fig. 6.3. Mapa dos solos de várzea dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Fonte: Embrapa (1991); Embrapa Solos (2002).

Tabela 6.8. Principais classes de solos de várzea do Rio Grande do Sul e suas respectivas áreas absolutas e relativas.

Classe de solo	Área absoluta (km ²)	Área relativa (%)	
		Várzea	Estado
Planossolos	23.667,18	49,15	8,40
Gleissolos	12.013,82	24,95	4,26
Chernossolos	5.710,97	11,86	2,03
Plintossolos	2.625,41	5,45	0,93
Neossolos Flúvicos	1.313,87	2,73	0,47
Vertissolos	1.226,99	2,55	0,44
Neossolos Quartzarênicos (Hidromórficos)	943,09	1,96	0,33
Organossolos	653,61	1,36	0,23
TOTAL	48.154,94	100	17,09

Fonte: Embrapa (1991); Embrapa Solos (2000); IBGE (2003).

Em Santa Catarina, os solos de várzea distribuem-se por aproximadamente 7% da área total do estado (Tabela 6.9). A classe dos Gleissolos, geralmente em associação com Cambissolos e Organossolos, é a mais representativa, distribuída em aproximadamente 60% dentre as classes desenvolvidas em ambiente de várzea, o que corresponde a cerca de 4% dos solos de todo o estado.



Tabela 6.9. Principais classes de solos de várzea de Santa Catarina e suas respectivas áreas absolutas e relativas.

Classe de solo	Área absoluta (km ²)	Área relativa (%)	
		Várzea	Estado
Gleissolos	4.056,33	60,39	4,25
Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos ou não	1.167,62	17,38	1,22
Espodossolos	526,93	7,84	0,55
Organossolos	458,16	6,82	0,48
Neossolos Flúvicos	237,40	3,53	0,25
Solos Indiscriminados de Mangue (Gleissolos Sálícos e alagadiços)	156,95	2,34	0,16
TOTAL	6.717,41	100	7,05

Fonte: Embrapa Solos (2002); IBGE (2003).

Na Tabela 6.10 são apresentados alguns atributos físicos e químicos de horizontes selecionados das principais classes de solos de várzea dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina onde se cultiva arroz irrigado por inundação. A descrição dos atributos morfológicos e analíticos que as caracterizam e as diferenciam são detalhadas a seguir.

Neste capítulo não se inclui a descrição das características dos solos situados em patamares mais elevados das várzeas ou em terras baixas adjacentes a elas, de relevo plano a suave ondulado, em geral, de drenagem imperfeita, eventualmente utilizados com a cultura de arroz irrigado por inundação. Tais solos não-hidromórficos, porém mal drenados em sua maioria, pertencem predominantemente às classes dos Luvisolos, solos de elevada fertilidade natural, com horizonte diagnóstico B textural ou B nítico de argila de atividade alta, Cambissolos, solos jovens, com horizonte B em início de formação, denominado B incipiente, Argissolos, solos com horizontes Bt e elevado gradiente textural, e Alissolos, solos com elevado teor de Al extraível. No Rio Grande do Sul, são encontrados na região da Campanha e Fronteira Oeste, enquanto em Santa Catarina ocorrem em patamares mais elevados das várzeas de praticamente todas as regiões, sendo, conforme as condições de relevo, sistematizados e incorporados à lavoura arrozeira (Pinto et al., 2004).



Tabela 6.10. Caracterização físico-química de horizontes selecionados das principais classes de solos de várzea onde se cultiva arroz irrigado por inundação nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Hor.	Prof. cm	Cor (úmida)	Silte	Argila	C.Org.	pH		SB	CTC	V	m	Fe ₂ O ₃	P ass.
						H ₂ O	KCl						
			----- g kg ⁻¹ -----				--- cmol _c kg ⁻¹ ---	----- % -----			g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
(1) PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico, típico, textura arenosa/argilosa, A moderado													
A	00-23	10YR 4/1	360	120	4,8	5,4	3,8	3,5	6,7	52	24	12	3
Bt	40-80	10YR 4/2	280	420	2,8	5,3	3,6	10,5	13,6	77	11	38	<1
(2) GLEISSOLO HÁPLICO Tb Aluminico típico, textura argilosa/muito argilosa, A proeminente													
A	00-25	N/3	300	500	34,0	5,7	5,1	17,7	28,2	63	0	42	8
C	55-95	Variegada	200	720	6,9	4,2	3,7	0,9	14,7	6	90	55	1
(1) CHERNOSSOLOS EBÂNICO Carbonático vértico, textura média/argilosa													
A	00-30	10YR 2/1	500	250	16,2	5,9	4,8	17,5	19,4	90	0	25	1
Bt	30-57	10YR 2/1	400	370	9,9	6,5	5,2	30,4	32,0	95	0	39	<1
(2) ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico, textura orgânica													
H1	00-45	N2/	440	190	99,7	4,3	4,3	1,4	38,5	4	74	18	6
H2	45-85	N2/	340	350	32,5	4,5	4,3	0,4	21,9	2	85	19	11
(2) NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado													
A	00-20	10YR 4/2	-	-	6,9	5,1	-	0,7	7,8	9	82	-	1
C	30-50	10YR 5/3	-	-	67,9	4,6	-	1,7	19,2	9	68	-	3
(1) VERTISSOLO EBÂNICO Órtico chernossólico, textura argilosa													
A	00-15	7,5YR N2/	430	520	56,4	5,3	4,5	43,8	56,5	78	0	80	3
C	70-120	10YR 4/1	300	590	4,4	6,7	5,3	55,0	56,6	97	0	151	7
(1) NEOSSOLO QUARTZARÊNCIO Hidromórfico Distrófico típico, A proeminente													
A	00-20	N2/	130	80	54,7	4,0	3,6	1,4	20,8	7	73	3	5
C	20-80	10YR3/4	10	20	2,8	5,2	4,3	0,3	2,1	14	50	4	4

Abreviações: Hor. = Horizonte; Prof. = Profundidade; C. Org. = Carbono orgânico; SB = Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); CTC = Capacidade de troca de cátions (SB + H + Al); V = Saturação por bases (100 x SB/T); m = Saturação por alumínio (100 x Al³⁺/S + Al³⁺); P ass. = Fósforo assimilável. Fonte: ⁽¹⁾ Brasil (1973); ⁽²⁾ Dados extraídos do relatório do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina (não publicado).

Solos de várzea do Tocantins

No domínio dos Cerrados, destaca-se o Estado de Tocantins, terceiro maior produtor de arroz irrigado no Brasil e atualmente considerado entre as regiões mais promissoras para a expansão orizícola irrigada do país devido à grande oferta de extensas áreas de várzea, cujos tipos e características dos solos e condições de hidromorfismo tornam-se aptos ao cultivo irrigado por inundação.

As classes, a extensão e a distribuição geográfica dos solos do Estado de Tocantins são genericamente mostrados na Tabela 6.11 e Fig. 6.4. É na planície sedimentar do Rio Araguaia, onde os solos da classe dos Plintossolos Argilúvicos e Plintossolos Háplicos, Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânicos, predominantemente distróficos e álicos, portanto de baixa fertilidade natural, estão sendo cultivados com arroz irrigado. O vale do Rio Javaés, entre o Rio Araguaia e seus afluentes, Urubu, Javaés e Formoso, é considerado a maior área contínua para irrigação por gravidade do mundo. Nessa extensa planície, com mais de 500.000 ha contínuos de várzea, estão instalados projetos como o Rio Formoso e o Javaés, que visam ao aproveitamento agrícola e racional das várzeas regionais (Vale do Javaés..., 2003). Atualmente a área cultivada com arroz irrigado é de apenas 72.000 ha, evidenciando o grande potencial para a expansão da cultura irrigada no estado.

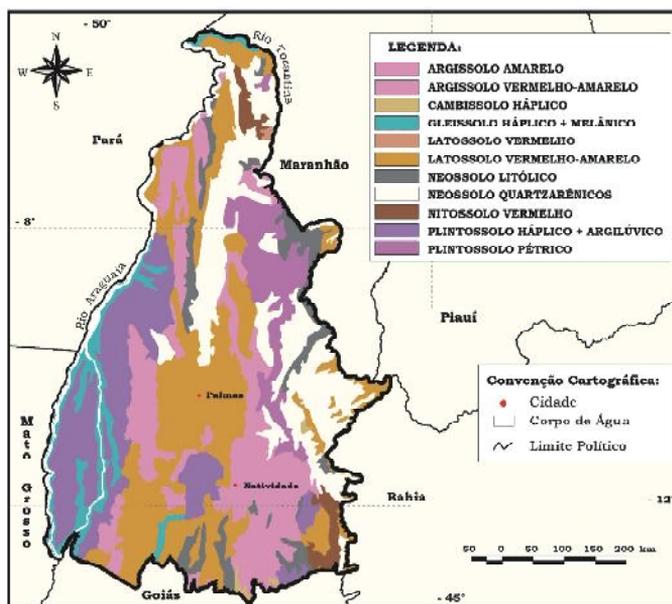


Fig. 6.4. Mapa de solos do Estado de Tocantins.

Fonte: Embrapa Solos (2003).



Tabela 6.11. Área absoluta e relativa das classes de solos, em nível categórico de Grande Grupo, do Estado do Tocantins.

Classe de solo	Área absoluta km ²	Área relativa %
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	72.541,32	26,13
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	46.671,12	16,81
PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico + PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico	42.831,89	15,43
ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO AMARELO Eutrófico	34.316,07	12,36
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	22.068,01	7,95
PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Distrófico	19.002,36	6,85
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	16.317,68	5,88
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico	13.311,56	4,79
NITOSSOLO VERMELHO Distrófico + NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico	5.666,85	2,04
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	886,85	0,32
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico + LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico	275,48	0,10
Corpos de água	3.731,74	1,34
TOTAL	277.620,93	100,00

Fonte: Adaptada de Embrapa Solos (2003).

DESCRIÇÃO GERAL DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS DE VÁRZEA

Planossolos

São solos mal drenados, com horizonte superficial, A e/ou E, de textura mais leve, em geral, arenosa, que contrasta abruptamente com o horizonte subsuperficial, Bt, imediatamente subjacente, adensado e extremamente endurecido quando seco, comumente de acentuada concentração de argila, bem estruturado e de permeabilidade muito lenta, apresentando visíveis sinais de hidromorfismo, cores acinzentadas ou neutras devido à redução do Fe em condições de excesso de água.

Em geral, apresentam seqüência de horizontes A-E-Btg-C, ou Cg ou, menos freqüente, A-Btg-C, ou Cg, sendo o horizonte B plânico considerado o diagnóstico da Ordem dos Planossolos. O sufixo “g” que acompanha o horizonte plânico Bt, Btg, indica a presença de sinais de hidromorfismo. Tal horizonte é um tipo especial de B textural, com elevados teores de argila dispersa, que pode ser responsável pela retenção de lençol de água suspenso, de existência temporária.



O horizonte A quase sempre é acompanhado de horizonte E, horizonte de máxima perda de argila e matéria orgânica no perfil, predominando colorações claras relacionadas a minerais remanescentes e resistentes ao intemperismo, como o quartzo, ambos de textura arenosa e, menos freqüente, média. Os Planossolos com horizontes A + E espessos e arenosos, comumente são de baixa fertilidade natural, podendo encontrar aqueles com elevada saturação por Al extraível. Tais solos não são adequados ao cultivo de arroz irrigado por inundação, pois além da baixa disponibilidade de nutrientes, requerem grande quantidade de água para a manutenção de condições adequadas ao cultivo. São mais usados para pastagens ou culturas de sequeiro, como cebola, milho, abacaxi, melancia e fumo, entre outras. Os Planossolos com horizontes A+E de espessura ao redor de 40 cm são os solos mais cultivados com arroz irrigado por inundação no Rio Grande do Sul.

Em contraste à baixa fertilidade natural dos horizontes A e E, comuns nos Planossolos em geral, normalmente o horizonte B plânico apresenta elevada saturação por bases, Eutrófico, e argila de atividade alta (Tabela 6.10) devido à presença de argilas 2:1 expansivas, como a montmorilonita. Em consequência da elevada quantidade e tipo de argila, são mais difíceis de trabalhar, pois tornam-se muito duros quando secos e muito plásticos e pegajosos quando molhados, o que dificulta o seu preparo.

A análise química de horizontes e atributos selecionados mostrada na Tabela 6.10 revela que os Planossolos são, em geral, muito ácidos, com baixa CTC no horizonte A e alta no B. Os valores de soma e saturação por bases são baixos a médios no horizonte A, mas aumentam com a profundidade, enquanto o Al extraível é baixo por todo o perfil e os teores de matéria orgânica, baixos a médios em superfície.

Os principais fatores limitantes ao uso agrícola desses solos são a má drenagem e os valores relativamente baixos de soma de bases, principalmente nos horizontes superficiais, requerendo fertilização e parcelamento das adubações nitrogenadas e potássicas a fim de diminuir as perdas por lixiviação, que podem ser grandes, notadamente nos Planossolos com horizontes A + E arenosos e espessos, onde o P e K normalmente ocorrem em quantidades limitantes ao crescimento normal das plantas de arroz.

No litoral Sul do Rio Grande do Sul, principalmente ao redor das lagoas Mirim e Mangueira e ao longo do Canal de São Gonçalo, podem ser encontrados Planossolos Nátricos, caracterizados pela presença de elevados teores de sódio trocável. São, em geral, solos pouco



profundos e de permeabilidade muito baixa no horizonte B, resultante da grande proporção de argila dispersa produzida pelo teor elevado de Na. Devido aos elevados teores do elemento e às más condições de drenagem, esses solos são utilizados apenas com pastagens (Pinto et al., 2004).

Ambiente de ocorrência

São típicos de áreas baixas planas e extensas, onde o relevo favorece o excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução que resultam no desenvolvimento de perfis de coloração neutra ou acinzentada, podendo ou não apresentar manchas avermelhadas (mosqueamento), típicas da movimentação e segregação de compostos de Fe.

Os Planossolos são os mais utilizados com arroz irrigado por inundação no Estado do Rio Grande do Sul e se localizam predominantemente nas regiões da Depressão Central, Campanha e Fronteira Oeste (Pinto et al., 2004). Também ocorrem no nordeste do Brasil, muitos deles com elevados teores de sódio trocável.

Gleissolos

Compreendem solos hidromórficos, isto é, formados sob grande influência do excesso de umidade, permanente ou temporária. Caracterizam-se por apresentar um horizonte com cores cinzentas ou neutras, horizonte glei, que, em geral, inicia-se dentro de 50 cm da superfície do solo ou imediatamente abaixo de um horizonte A. Tais cores são indicativas da formação dos solos em ambiente redutor devido ao lençol freático permanecer elevado durante a maior parte do ano. Podem, ainda, apresentar mosqueados avermelhados, brunos ou amarelados em decorrência da mobilização e segregação de compostos de Fe em ambiente redutor, que contrastam com o fundo neutro ou acinzentado característico dos Gleissolos. A ausência dessas cores vivas, geralmente nos horizontes mais profundos, evidencia a formação desses solos em condições de umidade permanente, com pouca flutuação do lençol freático.

O horizonte glei, diagnóstico da classe, pode ser um horizonte C, B, E ou A. Os Gleissolos podem apresentar seqüência de horizontes A-Cg, A-Big-Cg, A-Btg-Cg, A-E-Btg-Cg, A-Eg-Btg-Cg, Ag-Cg, H-Cg. O sufixo "g", que acompanha o tipo de horizonte superficial ou subsuperficial, é indicativo das condições de hidromorfismo.



São solos que ocasionalmente podem ter textura arenosa somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei com teores de argila próximos a 15%, não apresentando horizonte B textural seguido de mudança textural abrupta, o que os diferencia dos Planossolos. A textura pode ser bastante desuniforme ao longo do perfil e, via de regra, com apreciáveis variações horizontais a curta distância, porém sempre com teores de argila próximos ou superiores a 15% nos primeiros 50 cm de profundidade ou imediatamente abaixo de um horizonte A. A seqüência de textura ao longo do perfil é bastante importante no delineamento da rede de drenagem, pois é sempre a camada menos permeável a que comanda o processo de percolação da água através do solo, sendo comum encontrar, nesses solos, uma relação inversa entre o teor de argila e a permeabilidade (Oliveira et al., 1992).

Tanto podem ser solos de argila de atividade alta como baixa, com elevada saturação por bases, Eutróficos, ou pobres em bases trocáveis, Distróficos, ou, ainda, com teores de Al elevados (Tabela 6.10). Além disso, podem apresentar conteúdos expressivos de carbonatos, de matéria orgânica no horizonte superficial, sais, sódio ou compostos de enxofre oxidáveis, os quais têm grande influência no comportamento desses solos, muitas vezes impossibilitando seu uso para fins agrícolas.

Por suas características químicas, os Gleissolos Eutróficos possuem boa reserva de nutrientes disponíveis para as plantas. Os Distróficos (Tabela 6.10) são menos férteis, requerendo, além da drenagem que mantém o lençol freático em nível adequado, calagem e adubação para o cultivo de outras espécies anuais de sequeiro. A drenagem promove tanto o melhoramento e manutenção da aeração desses solos, importantes ao cultivo de espécies de sequeiro, como também reduz a concentração de Fe e Mn solúveis e potencialmente tóxicos às plantas, que costumam se desenvolver nos solos com excesso de umidade.

Normalmente, para melhorar a drenagem interna e a aeração, bem como permitir o cultivo de espécies de sequeiro, esses solos são sistematizados em camalhões.

Alguns Gleissolos, denominados de Gleissolos Tiomórficos, contêm compostos de S, materiais sulfídricos, que, após drenagem e oxidação, dão origem a sulfatos de Fe e Al e ácido sulfúrico, os quais tornam o pH extremamente ácido, < 3,5. A presença de tiomorfismo é



evidenciada pelo forte odor de gás sulfídrico (cheiro de ovo podre), e por manchas amarelas de sulfato de Fe, características do mineral denominado jarosita.

Os Gleissolos Tiomórficos têm sido identificados na orla marítima do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Espírito Santo e no baixo São Francisco, tanto em Sergipe como Alagoas.

Devido ao excesso de S que, em condições de inundação, forma gás sulfídrico, tóxico para o arroz, e que, quando drenados, resulta em valores de pH muito baixos, tornando-os difíceis de reidratar depois de secos, os Gleissolos Tiomórficos são inaptos ao uso agrícola. Devem ser mantidos como reserva da flora e fauna.

Não menos adequados ao uso agrícola são os Gleissolos Sálícos, encontrados em áreas baixas eventualmente inundadas com águas salinas. São caracterizados pela presença de sais solúveis em níveis tóxicos que impossibilitam o desenvolvimento da grande maioria das plantas cultivadas. Em alguns locais, pode-se observar o solo com crostas esbranquiçadas de sais em superfície, onde não cresce vegetação (Klamt et al., 1985). Em geral, apenas plantas nativas, com alta tolerância a sais e Na, halófitas, desenvolvem-se nestes solos (Pinto et al., 2004).

Ambiente de ocorrência

Ocupam, geralmente, as partes depressionais da paisagem e, como tal, estão permanente ou temporariamente encharcados, salvo se artificialmente drenados. Em geral, desenvolvem-se em sedimentos recentes, nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfismo, como as várzeas e baixadas. Assim, situam-se indiscriminadamente em todas as áreas úmidas do território brasileiro, onde o lençol freático fica elevado a maior parte do ano (Oliveira et al., 1992).

Os Gleissolos são os principais solos cultivados com arroz irrigado em Santa Catarina. No Rio Grande do Sul, ocorrem nas partes mais baixas das várzeas e nas depressões das áreas onde aparecem os Planossolos, sendo também cultivados em grande escala (Pinto et al., 2004). Outras ocorrências expressivas no Brasil são aquelas relacionadas às várzeas da planície amazônica, em Goiás e Tocantins ao longo do Rio Araguaia, em São Paulo e Rio de Janeiro às margens do Rio Paraíba do Sul (Oliveira et al., 1992).



Chernossolos

Nesta classe estão agrupados solos constituídos por material mineral com elevada saturação por bases (Eutróficos), argila de atividade alta e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural, nítico, incipiente ou horizonte C com elevados teores de cálcio.

Nas regiões onde se cultiva arroz irrigado por inundação, são medianamente profundos, moderada a imperfeitamente drenados, influenciados pelas condições de umidade, o que é evidenciado pelas cores cinzenta e mosqueadas ao longo do perfil. Em geral, são argilosos com gradiente textural pouco evidente entre os horizontes A e B. A fração argila é constituída predominantemente de argilas expansivas do tipo 2:1. A seqüência dos horizontes é A-Bt-C e A-Bi-C, podendo ocorrer a presença de nódulos de carbonato de cálcio, que são representados pela letra k, acrescida ao símbolo do horizonte B ou C, Bik, Btk ou Ck. Em geral, são solos de boa fertilidade natural, com boa reserva de nutrientes para as plantas, com exceção do P e K, que comumente são baixos (Tabela 6.10).

Nas áreas cultivadas com arroz, os Chernossolos pertencem predominantemente à classe dos Chernossolos Ebânicos, predominância de cores escuras, preta ou cinzenta muito escura, na maior parte do perfil, e Argilúvicos, horizonte A chernozêmico assente diretamente sobre B textural ou B nítico, muito férteis e de reação ligeiramente ácida no horizonte A e neutra a alcalina no B devido à presença de elevados teores de carbonatos de cálcio.

A capacidade de troca de cátions (CTC) é alta nos horizontes superficiais e aumenta com a profundidade, do mesmo modo que a soma de bases (SB) e a porcentagem de saturação por bases (V%), o que os caracteriza como Eutróficos (Tabela 6.10). Por serem pouco porosos, moderada a imperfeitamente drenados, com excesso de água durante o período chuvoso, e por apresentarem argilas do tipo 2:1, expansivas e pegajosas quando molhadas, podem apresentar dificuldades à mecanização durante o preparo do solo.

Devido à fertilidade natural elevada desses solos, o arroz irrigado por inundação cresce bem e produz boas colheitas. Podem ser cultivados, também, com outras espécies vegetais desde que manejados adequadamente, promovendo a drenagem superficial a fim de permitir o escoamento superficial da água. Não devem ser trabalhados muito secos, pois são muito duros, nem quando molhados, por serem muito



plásticos e pegajosos. Quando em pastagem, deve ser evitado o pastoreio quando muito molhado, o que favoreceria sua compactação e degradação da pastagem. Sob cultivo com espécies anuais, o controle da erosão torna-se necessário (Klamt et al., 1985).

Ambiente de ocorrência

Os Chernossolos nas áreas cultivadas com arroz são encontrados normalmente em terras baixas e áreas de várzea de relevo plano ou em áreas contíguas às várzeas em relevo suave ondulado. São derivados de basalto, xistos e siltitos e, no Rio Grande do Sul, estendem-se principalmente nas regiões da Campanha e da Fronteira Oeste. Chernossolos bem drenados são encontrados em patamares mais elevados nas várzeas de rios da Depressão Central daquele estado, próximos às encostas basálticas (Pinto et al., 2004).

Organossolos

São solos pouco desenvolvidos, de constituição orgânica proveniente de acumulações de restos vegetais em grau variável de decomposição, em ambientes mal a muito mal drenados. Apresentam cor preta, cinzenta muito escura ou marrom, devido aos elevados teores de carbono orgânico. Apesar da natureza predominantemente orgânica, estes solos podem apresentar proporções variáveis de constituintes minerais. Usualmente são ácidos, com altos teores de alumínio trocável, alta capacidade de troca de cátions e baixa saturação por bases, com esporádicas ocorrências de saturação por bases média a alta (Tabela 6.10).

Apresentam horizonte superficial hístico com espessura mínima de 40 cm e teor de matéria orgânica igual ou superior a $0,2 \text{ kg kg}^{-1}$ de solo, geralmente de coloração escura e freqüentemente assente sobre outras camadas orgânicas. Sua espessura pode atingir vários metros, como nas margens do Rio Jari e outros afluentes do Rio Amazonas, que assentam sobre camadas minerais gleizadas, horizontes minerais de cores neutras ou azuladas em decorrência da redução do ferro na ausência do oxigênio.

A matéria orgânica dos Organossolos pode estar quase completamente decomposta, tipo "muck", menos fibrosa, ou parcialmente decomposta, tipo "peat", mais fibrosa, o que afeta as características físicas desses solos, como a sua densidade, porosidade, retenção de água e nutrientes, drenagem e subsidência, que é a redução da espessura do horizonte H devido à combustão da matéria orgânica após a drenagem, dentre outros fatores.



Apesar de ácidos a fortemente ácidos, apresentam razoável fertilidade natural e a saturação por alumínio, normalmente alta, não se constitui em um problema para as plantas cultivadas, devido, principalmente, a sua complexação pelos compostos orgânicos.

Devido as suas propriedades físicas e ao excesso de água durante a maior parte do ano, que limitam a mecanização, os Organossolos são de difícil aproveitamento agrícola e, portanto, pouco cultivados. O Projeto Jari, nas margens do Rio Jari, no Pará, foi um exemplo interessante de manejo e aproveitamento de Organossolos para o cultivo de arroz irrigado por inundação e pastagem (Moraes, 1999). Em alguns locais no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em condições favoráveis, eles têm sido utilizados com arroz irrigado, milho, soja, hortigranjeiros e pastagem. Quando convenientemente drenados e manejados, os Organossolos apresentam bom potencial para cultivos hortigranjeiros. Entretanto, sua drenagem e utilização podem prejudicar irreversivelmente o ecossistema típico, muito delicado, devendo, por isso, ser muito ponderada sua utilização agrícola (Pinto et al., 2004).

Uma das características desses solos é a diminuição contínua da espessura do horizonte orgânico, subsidência, quando drenados, devido à grande redução do volume pela perda de água, à combustão da matéria orgânica e ao incremento da atividade de microrganismos decompositores de compostos orgânicos. O uso contínuo pode levar ao seu desaparecimento como solo orgânico. A manutenção da umidade no máximo possível é uma das condições de manejo requeridas para diminuir a taxa de subsidência. Do mesmo modo, as queimadas e o emprego de máquinas pesadas, devido à sua baixa capacidade suporte, devem ser evitadas.

O uso de corretivos e fertilizantes aumenta a produtividade, mas também aumenta a atividade biológica, a taxa de decomposição da matéria orgânica e a subsidência, diminuindo a vida útil do solo.

Ambiente de ocorrência

Os Organossolos são comumente encontrados em áreas baixas, várzeas e depressões onde prevaleçam condições de acumulação de água e de sedimentos orgânicos. Em geral, são áreas muito mal drenadas, relacionadas com os sedimentos aluvionais e lacustres. Na Região Sul, constituem áreas relativamente pequenas, localizadas predominantemente na Planície Costeira, geralmente em associação aos Gleissolos Tiomórficos e aos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos (Pinto et al.,



2004). Há registro de áreas relativamente significativas entre São Paulo e Mogi das Cruzes, no Estado de São Paulo; Vale do Paraíba, especialmente Jacareí e Resende; na zona cacauzeira e extremo sul baiano; em algumas áreas ribeirinhas ao longo dos Rios Paraná e Iguaçu, no Paraná; municípios de Macaé e São João da Barra, no Estado do Rio de Janeiro, e na zona costeira no norte do Espírito Santo (Oliveira et al., 1992).

Neossolos Flúvicos

Nesta classe são incluídos os solos considerados pouco evoluídos, derivados de sedimentos recentes, sem desenvolvimento de horizonte B diagnóstico. Em geral, apresentam um horizonte A assente sobre horizonte C, constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, provenientes de depósitos dos rios e lagos e com distribuição irregular de carbono orgânico em profundidade (Tabela 6.10).

São de drenagem variável e, devido à posição que ocupam no relevo, às margens de rios e lagos, podem ser periodicamente inundados, com aporte de depósitos sedimentares, constituindo camadas gleizadas ou não, o que lhes confere morfologia e composição química, mineralógica e granulométrica variáveis.

A grande variação de composição dos sedimentos, originários dos diferentes depósitos, resulta em condições de fertilidade muito variáveis, podendo ocorrer tanto solos Eutróficos, saturação por bases $\geq 50\%$, como Distróficos, saturação por bases $< 50\%$. Sedimentos arenosos, geralmente originam solos de pH ácido a fortemente ácido, soma de bases trocáveis (SB) e saturação por bases (V%) baixas e conteúdo de nutrientes, incluindo o P, muito baixo. Por outro lado, Neossolos Flúvicos originários de sedimentos argilosos genericamente apresentam valores ligeiramente mais altos, principalmente quanto à SB e P assimilável.

Os solos de textura média e argilosa podem apresentar boa fertilidade natural. Entretanto, devido à má drenagem e à ocorrência de inundações periódicas, esses solos não devem ser usados para a exploração agrícola. Mesmo para o cultivo de arroz irrigado por inundação, requerem nivelamento e proteção contra as inundações.

Além da baixa aptidão agrícola, tais solos localizam-se, em geral, em áreas, margens de rios, consideradas por lei como de proteção de flora e fauna. Por isso, devem ser reservados como área de proteção ambiental (Pinto et al., 2004).



Ambiente de ocorrência

Raramente ocupam áreas contínuas apreciáveis, pois estão restritos às margens de cursos d'água, lagoas e planícies costeiras onde, geralmente, ocupam pequenas porções das várzeas (Oliveira et al., 1992). No Rio Grande do Sul, os Neossolos Flúvicos são encontrados principalmente na Planície Costeira e, em menor extensão, ao longo dos principais rios de outras regiões. Em Santa Catarina, ocorrem predominantemente nos municípios de Joinville, Itajaí e Florianópolis (Pinto et al., 2004). Áreas importantes, em termos nacionais, são encontradas na Planície Amazônica e nas planícies aluvionais do Rio Paraguai no extremo oeste mato-grossense e no delta dos Rios Paraíba do Sul, Doce e São Francisco (Oliveira et al., 1992).

Vertissolos

São solos de coloração acinzentada ou preta, argilosos, imperfeitamente drenados, muito plásticos e muito pegajosos, devido à presença de argilas expansivas (tipo 2:1). Comumente são pouco profundos, com seqüência de horizontes A-Cv ou A-Biv-C, sem diferença significativa no teor de argila em profundidade. O sufixo "v", pós-posto aos horizontes B e C refere-se à manifestação de características vérticas, fendas profundas e largas no período seco, ranhuras na superfície dos agregados e presença de agregados cujo eixo longitudinal está inclinado em relação à horizontal, relacionadas à expansão e contração do solo. O horizonte C apresenta, com freqüência, nódulos esbranquiçados de carbonato de cálcio, Ck.

Quimicamente são moderadamente ácidos e de elevada fertilidade natural, ricos em nutrientes, com elevados teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} . No entanto, apresentam propriedades físicas pouco adequadas à exploração agrícola, em decorrência, principalmente, da quantidade e do tipo de argila, montmorilonita, que promove a expansão do solo quando úmido, tornando-o muito plástico e muito pegajoso, aderindo aos implementos agrícolas, e que se contrai quando seco, tornando-se extremamente duro e fendilhado, formando torrões compactos difíceis de serem quebrados com o preparo do terreno.

Observa-se na Tabela 6.10 que esses solos apresentam CTC, soma de bases (SB) e porcentagem de saturação por bases (V%) altas no horizonte A, que aumentam em profundidade. A porcentagem de



saturação por bases, que é de 70-80% no horizonte A, pode chegar a 100% nos horizontes subsuperficiais. Os teores de cálcio, magnésio e potássio são altos em todo o perfil do solo. A matéria orgânica é, comumente, alta no horizonte A.

Uma das características importantes dos Vertissolos é a alta capacidade de retenção de água, que se constitui em sério problema para o cultivo de espécies de sequeiro que não toleram baixa tensão de oxigênio na zona das raízes. O aumento da solubilidade do Fe e do Mn e a ocorrência de outros produtos originários da redução do solo, em níveis tóxicos, são problemas que devem ser considerados no aproveitamento desses solos para cultivos de sequeiro. Devido à elevada capacidade de retenção de água, esses solos podem manter-se saturados por muito tempo após as chuvas, o que dificulta a reoxidação dos compostos reduzidos a níveis toleráveis pelos cultivos (Moraes, 1999).

Quando manejados convenientemente, entretanto, podem ser cultivados com outras espécies, além do arroz. Deve-se considerar, contudo, que são solos de difícil manejo, semelhantes aos Chernossolos Ebânicos desenvolvidos em ambientes hidromórficos, mas com tempo de preparo bem mais curto.

Uma cultura comumente encontrada nos Vertissolos é a cana-de-açúcar. No sul, são muito utilizados com pastagens naturais de boa qualidade e, em menor escala, com culturas anuais como trigo, milho e sorgo. Em áreas planas, são freqüentemente cultivados com arroz irrigado por inundação (Pinto et al., 2004).

Ambiente de ocorrência

São solos desenvolvidos normalmente em ambientes de bacias sedimentares ou a partir de sedimentos com predomínio de materiais de textura fina e com altos teores de Ca e Mg, ou, ainda, diretamente de rochas básicas ricas nesses elementos. Ocorrem distribuídos em diversos tipos de clima, dos mais úmidos, com estação seca definida, aos mais secos (Embrapa, 1999). As maiores áreas estão distribuídas na zona seca do Nordeste, no Pantanal Mato-grossense, no Recôncavo Baiano e na Campanha Rio Grandense (Oliveira et al., 1992) onde se desenvolvem em áreas de relevo plano a suave ondulado, em depressões ou ao longo dos cursos d'água, principalmente nos municípios de Uruguaiana, Alegrete, Quaraí e Santana do Livramento (Pinto et al., 2004).



Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos

Semelhante ao descrito à classe dos Neossolos Quartzarênicos (não hidromórficos), são solos profundos ou medianamente profundos e essencialmente arenosos. A versão hidromórfica dos Neossolos Quartzarênicos diferencia-se dos demais (da Subordem dos Neossolos Quartzarênicos - não hidromórficos) pela presença do lençol freático elevado durante grande parte do ano e, portanto, de drenagem imperfeita ou má. Em conseqüência, ao horizonte A de coloração escura, rico em matéria orgânica, segue-se um horizonte C de cores acinzentadas, geralmente com mosqueados. São solos de baixa fertilidade natural, pois são ácidos, Distróficos, com baixos valores de soma e saturação por bases e, geralmente, apresentam saturação por alumínio alta no horizonte A, diminuindo no horizonte C. A CTC desses solos é elevada no horizonte superficial, devido à matéria orgânica presente, mas a soma e saturação por bases são baixas, reduzindo ainda mais em profundidade (Tabela 6.10).

Devido ao relevo plano, à presença do lençol próximo ou cobrindo a superfície do solo e à baixa fertilidade natural, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos não devem ser utilizados para fins agrícolas. Quando drenados, tornam-se muito suscetíveis à erosão eólica em função da fraca estrutura e consistência, que até mesmo provoca desmoronamentos nos valos de drenagem (Klamt et al., 1985). Normalmente, são encontrados com pastagens nativas muito pobres.

Ambiente de ocorrência

Ocorrem próximos às margens das lagoas e rios das planícies costeiras nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Neste, são bem mais extensos em área comparativamente aos de Santa Catarina, onde não chegam a formar unidades simples nos levantamentos de solos disponíveis da região, e sim, associações ou inclusões com os Neossolos Quartzarênicos não hidromórficos (Pinto et al., 2004). No Brasil, os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos são pouco expressivos em extensão, distribuindo-se nas bordas das veredas e em alguns cursos d'água.

REFERÊNCIAS

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G. de; MADEIRA NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.



BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (DNPEA. Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do sul do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro, 1971. 839 p. (DNPEA. Boletim Técnico, 18).

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, jan./abr. 1987.

COELHO, M. R.; SANTOS, H. G. dos; SILVA, E. F. da; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 1-11.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**: 5. aproximação. Goiânia: UFG: EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-61.

CURI, N.; LOPES, A. S. Difficulties in the application of soil taxonomy in Brazil and the brazilian experience with building up oxisols fertility. In: INTERNACIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP: CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLS, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. Part 1, p. 231-235.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 101 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988. 54 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da margem direita do rio Paraná, Estado de Goiás**. Rio de Janeiro, 1983. 503 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 23).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, 1978. 455 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 53).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Mapa de solos do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. **Programa e resumos...** Porto Alegre: SBCS, 1991. p. 264.



- EMBRAPA SOLOS. **Mapa digital de solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html>>. Acesso em: 15 dez. 2003.
- EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento pedoclimático do Rio Grande do Sul para a cultura do arroz irrigado**. Rio de Janeiro, 2000. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos 20).
- EMBRAPA SOLOS. **Mapa de solos do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html>>. Acesso em 15 dez. 2002. Escala 1:250.000.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2. ed. Washington, 1999. 869 p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).
- FAO. **World reference base for soil resources**. Roma, 1998. 88 p. (FAO. World Soil Resources Reports, 84).
- GOMES, J. B. V. **Solos do bioma cerrado: análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos e macro e micromorfologia**. 2002. 122 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- IBGE. Departamento de Cartografia. Sistema de Projeção Policônica. **Malha municipal digital do Brasil – situação em 2001**. Rio de Janeiro, 2003. Escala 1:2.500.000.
- IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Sistema de Coordenadas Geográficas. **Mapa digital de vegetação atual do Brasil**. Rio de Janeiro, 1992. Escala 1:10.000.000.
- KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; CARVALHO FILHO, A. Cerrado: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31.
- KLAMT, E.; KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 43 p. (Boletim Técnico de Solos, 43).
- MORAES, J. F. V. **Effect of phosphate on zinc adsorption on aluminum and iron hydrous oxides and in soils**. 1982. 142 f. Tese (Doutorado em Solos) - University of California, Riverside.
- MORAES, J. F. V. Solos. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 88-115.
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.
- PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz Irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.



RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORREGA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa, MG: NEPUT, 1995. 304 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília, DF: MEC; Lavras: ESAL ; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81 p.

SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, set./dez. 1994.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283-315.

VALE do Javaés/Formoso: a mesopotâmia tocantinense. **Centro-Norte Agronegócios**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 42-43, ago. 2003.

