



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**ATRIBUTOS DIFERENCIAIS DE LATOSSOLOS E ARGISSOLOS
AMARELOS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O SiBCS**

GEOVANE BARBOSA DO NASCIMENTO

Sob a Orientação da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

e Co-orientação dos Professores
Marcos Gervasio Pereira e

Gilson Cândido Santana

Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Doutor em Ciências em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2005

631.44981

N244a

T

Nascimento, Geovane Barbosa do, 1970-

Atributos diferenciais de latossolos e argilosos amarelos : uma contribuição para o SiBCS / Geovane Barbosa do Nascimento. - 2005.

143f. : il., tab.

Orientador: Lúcia Helena Cunha dos Anjos.

Tese(doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 95-103.

1. Solos - Classificação - Brasil - Teses. 2. Latossolos - Brasil - Teses. 3. Solos - Processamento de dados - Brasil - Teses. I. Anjos, Lúcia Helena Cunha dos. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

A primeira referência ao solo brasileiro dizia: “Esta terra... traz ao longo do mar em algumas partes grandes barreiras, umas vermelhas, e outras brancas; e a terra em cima é toda chã e muito cheia de arvoredos...”

(Pero Vaz de Caminha, 1500)

“A atividade criativa em Ciência está na escolha imaginosa feita pela mente do homem que propõe uma teoria. Esta escolha ultrapassa os fatos. É um processo de indução, de especulação, que vai além do que os fatos permitem”.

(J. Bronowski, 1964;
apud Marcos, 1979)

“É de se esperar que um objeto complexo como o solo apresente comportamento dinâmico em que a complexidade seja a regra e não a exceção”.

(Marcos, 1979)

“Encontrar a pergunta certa é freqüentemente mais importante do que encontrar a resposta certa”.

(Tukey, 1980;
apud Magnusson & Mourão, 2003)

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO

GEOVANE BARBOSA DO NASCIMENTO

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/02/2005

Lúcia Helena Cunha dos Anjos. Ph.D. UFRRJ
(Orientador)

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Co-Orientador)

Humberto Gonçalves dos Santos. Dr. Embrapa Solos

Doracy Pessoa Ramos. Dr. UENF

Marcos Bacis Ceddia. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

Dedico esta Tese às pessoas que formaram a base da minha vida:

- Elizene, amada esposa e melhor amiga;
- Ana Beatriz, filha linda com quem mais terho convivido nestes últimos 19 meses;
- Caique, filho querido que sempre viveu longe de mim;
- Evanise, amada mãe;
- Rita, Elisângela e George Jr., amados irmãos;
- Tia Maisa e Tia Olga, tias queridas;
- E com amor e saudade, ao meu pai George e aos meus avós maternos (*in memoriam*).

Deixo registrada também uma dedicatória muito especial para meu bebezinho que, nesta reta final de defesa de Tese, acabara de confirmar presença na barriga de Elizene. Que Deus te abençoe filhinha!

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço pela vida, saúde, proteção, e principalmente, pelo amor que existe em cada um de nós;

A Elizene, minha amada e admirável esposa, e Ana Beatriz, minha princesa, agradeço pela companhia, energia, amor e luz que vocês duas me proporcionam;

A “minha” Orientadora, Professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, agradeço pela orientação deste e de tantos outros trabalhos, de maneira que me sinto bastante orgulhoso por ter sido seu Orientado. Agradeço ainda por ter confiado a mim a responsabilidade para a execução desta Tese, fruto de um projeto idealizado pela Sra., e que espero ter atendido suas expectativas;

Ao Amigo Professor Marcos Gervasio Pereira, agradeço pela Co-Orientação desta Tese, e tal como para com a Professora Lúcia, tenho muito orgulho de ter trabalhado contigo durante todo este tempo;

À sociedade brasileira representada pelo CNPq, agradecemos pela bolsa de estudo e pela concessão de recursos destinados à realização do projeto de Tese, indispensáveis para a realização deste trabalho;

Aos companheiros neste trabalho: Fernando Zuchello, Gustavo Lopes do Amaral Plieski, Paulo Geovane Meireles, Ademir Fontana, José Dioenes, e Júlio César Lucena Araújo, agradecemos pela contribuição valiosa que nos deram durante a “alimentação” do banco de dados deste trabalho;

Ao Professor Gilson Cândido Santana, agradeço pela Co-Orientação em parte deste trabalho, especificamente no que se refere ao estudo de banco de dados;

Aos professores da UFRPE, Dr. Mateus Rosas Ribeiro e Dr. Paulo Kingler Tito Jacomine, agradecemos pela hospitalidade e por nos ter concedido inúmeros perfis de LAs e PAs de Alagoas e Pernambuco, muitos dos quais foram trabalhos particulares, dos quais organizamos num banco de dados de solos;

Aos professores da UFBA, Dr. Joelito de Oliveira Rezende e Dr. Lucedino Paixão Ribeiro, agradecemos pela hospitalidade e por nos terem ajudado na busca de inúmeros perfis de LAs e PAs da Bahia, os quais também foram organizados em um banco de dados de solos;

A COPENER Florestal Ltda, agradecemos por nos ter concedido inúmeros perfis de LAs e PAs e dados climáticos das áreas de produção da referida empresa, na Bahia, cujos perfis de solos também estão organizados em um banco de dados de solos;

Ao pesquisador da CEPLAC de Ilhéus, BA, Dr. Sandoval O. de Santana, agradecemos pela hospitalidade e por nos ter concedido inúmeros perfis de LAs e PAs da Bahia, os quais também estão organizados em um banco de dados de solos;

Aos pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, Dr. João Marcos Lima e Silva e Dr. Tarcísio Ewerton Rodrigues, agradecemos pela hospitalidade e por nos ajudado na busca de perfis de solos LAs e PAs da região Norte, os quais também estão organizados em um banco de dados de solos;

Ao Professor e Amigo, Dr. Alexandre Ravelli Neto, por disponibilizar dados de perfis de solos do Espírito Santo, oriundos de trabalho de consultoria particular, os quais também estão organizados em um banco de dados de solos;

Ao Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros Dr. Fernando Luis Dultra Cintra, agradecemos pela hospitalidade e por nos ter ajudado na busca de inúmeros artigos e perfis de LAs e PAs relacionados aos Tabuleiros Costeiros, cujos perfis também estão organizados em um banco de dados de solos;

Ao Professor da UNESP de Rio Claro, SP, Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, agradecemos pela orientação no procedimento de algumas análises estatísticas e por nos emprestar um Software estatístico;

Aos membros da Banca Examinadora, agradecemos pelas críticas e sugestões.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, agradecemos pelos ensinamentos teóricos e práticos;

Aos funcionários técnicos administrativos, estagiários e prestadores de serviços do Depto de Solos da UFRRJ; agradecemos pelo convívio harmonioso e pela dedicação dos senhores quanto aos serviços prestados para todos nós estudantes. Em especial destaque: Anselmo, Nilson, Luciene, Marcos, Roberto, Pedro, Tadeu (*in memoriam*), Jorge;

Aos colegas de todas as horas e de longas datas: Luciano Toledo, Gustavo Valadares, Geraldo Gravina, Anselmo Lúcio, Adierson Ebeling, Fabiano Balieiro, Jerri Zilli, Fabiano Guimarães, Adriano Perin, Fábio Luiz, Ricardo Alexandre, Edson Souchie, Felipe Brasil, Fabiana Soares, Diego Mureb, Érica Flavia, Francisco Fadigas, e Eliane Borges, obrigado pela amizade, incentivo e apoio;

E finalmente, a todos que indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho,

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!!!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Geovane Barbosa do Nascimento nasceu na cidade de São Paulo-SP em 07 de dezembro de 1970. Em 1990 diplomou-se Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Catu-BA. Em 1999 diplomou-se Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Em março de 2001 obteve o Grau de *Magister Scientiae* em Agronomia, Área de Concentração Ciência do Solo, pelo Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo da UFRRJ. Em março de 2001 ingressou no Curso de Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo da UFRRJ, e conclui nesta data (18/02/05) seu trabalho de Tese. Durante toda sua vida estudantil, Geovane esteve envolvido com alguma atividade “política”, técnica ou científica, tendo exercido a função de Presidente da Cooperativa Escola da EAFC-BA; Presidente do Diretório do Curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas da UFRRJ; Monitor das disciplinas Fertilidade do Solo e Expressão Gráfica; Bolsista de Pré-Iniciação Científica pelo Depto de Solos da UFRRJ; Bolsista de Iniciação Científica pela Embrapa / Agrobiologia; e Representante dos Mestrados junto ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da UFRRJ.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1	Os Latossolos Amarelos (LAs) e os Argissolos Amarelos (PAs).....	2
2.1.1	Gênese e evolução dos LAs e PAs	2
2.1.2	Feição, extensão e distribuição territorial dos LAs e PAs	7
2.2	Taxonomia dos Latossolos Amarelos e dos Argissolos Amarelos	14
2.2.1	Classificação de LAs e PAs no SiBCS, Soil Taxonomy e WRB	14
2.2.2	Desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos	21
2.2.3	Principais questionamentos sobre a classificação dos LAs e PAs.....	23
2.2.4	Desafios para o estabelecimento de famílias e séries no SiBCS e importância da identificação de perfis modais (típicos)	27
2.3	Importância de Banco de Dados de Solos no Desenvolvimento do SiBCS	30
2.3.1	Conceitos, objetivos e aplicações de banco de dados de solos	30
2.3.2	Características desejáveis de um banco de dados de solos	33
2.3.3	Perguntas a um banco de dados de solos	34
2.4	Clima, Vegetação Primária, Cobertura Vegetal e Aspectos Sócio-econômicos no Ambiente dos LAs e PAs	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1	Levantamento de Informações e Desenvolvimento do Banco de Dados de Solos.....	42
3.2	Levantamento de Informações e Desenvolvimento do Banco de Dados Climatológico.....	44
3.3	Caracterização de Perfis Modais, Agrupamento dos LAs e PAs e Análises Estatísticas	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Informações Obtidas da Base de Dados de Solos e Critérios Taxonômicos para os Latossolos e Argissolos de Tabuleiro no 1º e 2º Níveis.....	47
4.1.1	Perfis de solos, atributos de cor e relação textural B/A.....	47
4.1.2	Distribuição por estado e reclassificação dos perfis no banco de dados	56
4.1.3	Ocorrência dos Latossolos e Argissolos na paisagem, seqüência de horizontes e espessura do horizonte superficial.....	58
4.1.4	Escolha de atributos para fins taxonômicos, a partir da distribuição de freqüência dos dados observados	61
4.2	Aplicação da Distribuição de Freqüência na Avaliação de Critérios Diagnósticos	65
4.2.1	Consistência seca (dureza) e úmida (friabilidade) e densidade do solo como diagnóstico da coesão em solos de tabuleiro.....	65
4.2.2	Classe textural, teor de carbono orgânico, Valor V% e soma de bases como critérios diagnósticos nos níveis de família e série	73

4.2.3	pH em água, alumínio trocável (Al^{3+}) e saturação por alumínio como critérios diagnósticos	83
5	CONCLUSÕES.....	91
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
8	ANEXO	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Manchas de LAs e PAs circundadas com “Buffer” de 50 km, obtidas no Mapa de Solos do Brasil (Adaptado de IBGE, 2005a).	10
Figura 2. Representação dos limites territoriais do Brasil (adaptado de GuiaNet, 2005), e expressão dos LAs e PAs, contorno em preto obtido do “Buffer” da Figura 1.	11
Figura 3. Representação das principais unidades geológicas do Brasil (adaptado de GuiaNet, 2005), e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.	12
Figura 4. Representação dos domínios morfoestruturais no Brasil (Adaptado de IBGE, 2005a), e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.	13
Figura 5. Adaptação do Mapa de Solos do Brasil segundo o Sistema Americano (Estados Unidos, 1999) (a) e o WRB (FAO, 1998b) (b), destacando-se a expressão dos LAs e PAs neste contexto (contornos obtidos do “Buffer” da Figura 1).	18
Figura 6. Representação da variabilidade climática do Brasil (Adaptado de GuiaNet, 2005) e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.	36
Figura 7. Representação do predomínio de vegetação do Brasil (Adaptado de GuiaNet, 2005) e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.	37
Figura 8. Representação da devastação antrópica da vegetação nativa do Brasil até 1988 (IBGE, 2005a) e expressão dos LAs e PAs, contorno em preto obtido do “Buffer” da Figura 1.	38
Figura 9. Representação do predomínio de cobertura vegetal do Brasil (adaptado de GuiaNet, 2005) e expressão dos LAs e PAs, contorno em preto obtido do “Buffer” da Figura 1.	39
Figura 10. Exemplo de planilha EXCEL usada como banco de dados.	43
Figura 11. Ilustração parcial da planilha BHC.	45
Figura 12. Distribuição de freqüência do matiz, valor e croma nos 1.205 perfis (2897 horizontes B, até a profundidade de 150 cm) de Latossolos e Argissolos Amarelos.	51
Figura 13. Relação entre matiz, valor e teor de Fe_2O_3 ($g\ kg^{-1}$) de 993 horizontes B (exclusive BC) de Latossolos e Argissolos Amarelos.	52
Figura 14. Relação entre matiz, croma e teor de Fe_2O_3 ($g\ kg^{-1}$) de 993 horizontes B (exclusive BC) de Latossolos e Argissolos Amarelos.	53
Figura 15. Comparação entre os índices relação textural adotados pelo Soil Taxonomy, SiBCS e uma nova proposta. As linhas verticais pontilhadas delimitam os percentuais de argila considerados para o horizonte A.	55
Figura 16. Relação da freqüência de ocorrência dos horizontes principais dos Latossolos e Argissolos de tabuleiro.	61
Figura 17. Categorização das espessuras dos horizontes superficiais A, AB (e horizonte E) em Latossolos e Argissolos de tabuleiro. N = nº de observações de cada classe de solo.	61
Figura 18. Ilustração dos tipos de distribuição segundo a assimetria. Figura adaptada de Martins & Donaire (1990).	64
Figura 19. Caracterização da densidade do solo nos horizontes AB e BA de Latossolos Amarelos. N = nº de observações de cada horizonte.	67

Figura 20. Caracterização da densidade do solo nos horizontes AB e BA de Argissolos Amarelos.	67
Figura 21. Relação entre a distribuição de freqüência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 157 horizontes AB e BA de Latossolos.	68
Figura 22. Relação entre a distribuição de freqüência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 310 horizontes Bw.	69
Figura 23. Relação entre a distribuição de freqüência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 233 horizontes AB e BA dos Argissolos.	70
Figura 24. Relação entre a distribuição de freqüência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 600 horizontes Bt.	71
Figura 25. Relação entre consistência do material de solo seco e úmido de perfis de Latossolos e Argissolos originalmente classificados como coesos.	72
Figura 26. Relação entre teor de argila e C-org de horizontes de Latossolos e Argissolos considerados coesos, segundo a avaliação da consistência do solo.	73
Figura 27. Distribuição das frações granulométricas dos horizontes A de Latossolos (a) e Argissolos (b) de tabuleiro.	75
Figura 28. Distribuição do teor de C-org do horizonte A de Latossolos e Argissolos.	76
Figura 29. Relação entre o teor de argila e carbono orgânico do horizonte A em Latossolos e Argissolos Amarelos.	76
Figura 30. Representação dos valores médios e erros-padrões-estimados dos teores de C-org de horizontes A de LAs e PAs, nas principais Unidades da Federação e por Região Geográfica. A linha pontilhada representa o valor médio do teor de C-org, considerando-se todos os Estados.	77
Figura 31. Distribuição do Valor V% no horizonte A de Latossolos e Argissolos Amarelos.	80
Figura 32. Distribuição do Valor S no horizonte A de Latossolos e Argissolos Amarelos.	81
Figura 33. Relação entre a soma de bases (Valor S) e a saturação por bases (Valor V%), de amostras de 1.116 horizontes A de Latossolos. As linhas dentro da figura servem apenas de parâmetro de comparação da referida relação.	81
Figura 34. Relação entre a soma de bases (Valor S) e a saturação por bases (Valor V%), de amostras de 1.116 horizontes A de Argissolos.	82
Figura 35. Proposta de classificação segundo o critério conjugado de valor S e valor V%, para os horizontes A de LAs e PAs.	82
Figura 36. Caracterização do pH em água até a profundidade de 40 cm, em Latossolos e Argissolos Amarelos.	84
Figura 37. Distribuição da saturação por alumínio em horizontes B de Latossolos e Argissolos Amarelos.	85
Figura 38. Relação entre pH em água e Al^{3+} de horizontes A em Latossolos Amarelos. As linhas tracejadas servem para comparação dos limites máximos toleráveis de alumínio trocável e pH do solo para a maioria das lavouras.	86
Figura 39. Relação entre pH em água e Al^{3+} de horizontes A em Argissolos 'Amarelos'. As linhas tracejadas servem para comparação dos limites máximos toleráveis de alumínio trocável e pH do solo, para a maioria das lavouras.	86
Figura 40. Relação entre pH em água e alumínio trocável. Dados obtidos de horizontes A de Latossolos Amarelos da Amazônia e de Alagoas.	87

Figura 41. Relação entre pH em água e alumínio trocável. Dados obtidos de horizontes B de Latossolos Amarelos da Amazônia e de Alagoas.	87
Figura 42. Estimativas de deficiência, excesso, retirada e reposição de água no solo (a) e variação da precipitação e temperatura (b) ao longo do ano, em Manaus, AM. Fonte: INMET série histórica 61/90, dados de temperatura e precipitação.	89
Figura 43. Estimativas de deficiência, excesso, retirada e reposição de água no solo (a) e variação da precipitação e temperatura (b) ao longo do ano, em Maceió, AL. Fonte: INMET série histórica 61/90, dados de temperatura e precipitação.	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Principais unidades de relevo e seguimentos de solos predominantes associados à unidade geoambiental de tabuleiro. Adaptado de Embrapa (1993).	9
Tabela 2. Equivalências dos horizontes diagnósticos B latossólico e B textural do SiBCS (Embrapa, 1999; Embrapa, 2003) em relação aos do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e WRB (FAO, 1998a).	18
Tabela 3. Equivalência de classificação dos LAs e PAs do SiBCS (Embrapa, 1999), até o terceiro nível taxonômico, com o Sistema Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999).	20
Tabela 4. Equivalência de classificação dos LAs e PAs do SiBCS (Embrapa, 1999), até o terceiro nível taxonômico, com o nível inferior do WRB (FAO, 1998a).	20
Tabela 5. Relação dos tipos de lavouras (temporário e permanente) mais expressivas em extensão territorial nos principais Estados com ocorrência de solos de tabuleiro. ..	40
Tabela 6. Relação das fontes bibliográficas dos perfis de solos armazenados em banco de dados, em planilha Excel.	47
Tabela 7. Relação entre os perfis de solos armazenados em banco de dados, segundo a classificação original dos mesmos e sua reclassificação.	50
Tabela 8. Contagem do número de perfis de solos contidos no banco de dados segundo a classificação atual por Unidade da Federação (UF).	57
Tabela 9. Relação e descrição de situação e declive dos perfis de solos.	59

RESUMO

NASCIMENTO, Geovane Barbosa do. **Atributos Diferenciais de Latossolos e Argissolos Amarelos: uma contribuição para o SiBCS.** Seropédica: UFRRJ, 2005. 106f. (Tese, Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo).

Os Latossolos Amarelos (LAs) e os Argissolos Amarelos (PAs) são bastante estudados no Brasil, mas mesmo assim, ainda há uma série de questões sobre os critérios de classificação destes solos, que ocupam uma área de aproximadamente 1.000.000 km² (\approx 12% do território brasileiro). Esta situação motivou o presente projeto, que teve como principal objetivo organizar informações em um banco de dados de solos e usá-las para subsidiar a estruturação destes solos no SiBCS. Para tanto, foi construída uma base de dados com informações provenientes de mais de 1.200 perfis de solos, contendo análises completas e /ou parciais com granulometria. Os referidos perfis são oriundos de diferentes levantamentos de solos, realizados por empresas públicas, trabalhos particulares, dissertações e teses. Após a reunião e organização dos dados procedeu-se com as avaliações de identificação dos atributos modais e suas variações, que foi feita a partir da análise descritiva dos dados, cujas medidas consideradas foram: média, mediana, moda, valores limites do 1º e 3º quartis, coeficientes de assimetria e de curtose, coeficiente de variação. A representação dos dados foi feita através de histogramas. Com estas avaliações foi possível identificar os atributos modais e suas variações, avaliar e sugerir propostas e critérios de classificação dos LAs e PAs (principalmente) em todos os níveis taxonômicos. Entre os resultados obtidos, destacam-se as seguintes: novas definições dos atributos para cor dos Latossolos e Argissolos ao nível de Sub-Ordem; o atributo caráter alumínico é proposto para Latossolos Amarelos ao nível de Grande Grupo, bem como o coeso para Argissolos Amarelos; classes de saturação por bases (V%) conjugada com a soma de bases (Valor S), espessura do horizonte superficial, textura, teor de carbono orgânico no horizonte superficial e de valores de pH em água são propostas para os níveis de família e série, com suas respectivas qualificações em função da distribuição de frequências dos dados observados. Quanto ao caráter coeso, é proposto que apenas a consistência (dureza e friabilidade) do solo seja usada para qualificar graus de coesão, uma vez que a densidade do solo não mostrou correlação com a coesão. É ainda recomendada a inclusão de atributo indicador de condições climáticas atuais, a exemplo do balanço hídrico climático, em especial no 6º nível categórico. Quanto ao uso de banco de dados e avaliações subsequentes através da distribuição de frequência de potenciais atributos diagnósticos para subsidiar o SiBCS este método mostrou-se adequado e permitiu com segurança identificar classes novas para os Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos.

Palavras chave: Solos de tabuleiro, formação Barreiras, solos coesos, taxonomia de solos brasileiros

ABSTRACT

NASCIMENTO, Geovane Barbosa do. **Differential attributes for Yellow Latosols and Yellow Argisols: a contribution to the SiBCS.** Seropédica: UFRRJ, 2005. 106f. (Thesis, Doctor Science in Agronomy, Soil Science).

Latossolos Amarelos (LAs) (Xanthic Oxisols) and Argissolos Amarelos (PAs) (Xanthic Ultisols) are extensively studied in Brazil, although there is still a series of questions open on the soil classification criteria for these classes, that occupy an area of approximately 1.000.000 km² (\approx 12% of the Brazilian territory). This situation motivated the present project, which had as main objective to organize information in a soil data base and to use them to subsidize the structuring of these soils in Brazilian Soil System of Classification (SiBCS). For that, a database was built with information from more than 1,200 soil profiles, containing complete analyses and/or partial with granulometry. The profiles were originated from different soil surveys, rendered by public agencies, private business, dissertations and thesis from universities. After collecting and organizing the data it was preceded with the evaluations for identification of modal attributes and their variations. This was done by using data descriptive analysis methods, whose considered measures were average, median, mode, 1st and 3rd quartis value limits', asymmetry and curtness coefficients, variation coefficient. The representation of the data was made through histograms. With these evaluations it was possible to identify the modal attributes and their variations, to evaluate and to suggest proposals and criteria for classification of the LAs and PAs in all taxonomic levels. Among the results obtained, the following were detached: new definition for the attributes related to color of Latosols and Argisols at the suborder level; proposal of the attributes aluminic characteristic for Yellow Latosols at the great group level, as well as cohesion for Yellow Argisols; base saturation associated to sum of bases, surface horizon thickness, texture, organic carbon at the surface horizon, and pH measures in water levels, are proposed as classes for the family and series taxonomic levels. Their respective qualifications are derived from the frequency distribution of the observed data. As for the cohesion attribute, it is proposed the usage of soil consistency (rupture resistance and friability) only to qualify cohesion degrees, since there was no correlation of soil bulk density with soil consistency. It is also recommended the inclusion of an attribute indicator of nowadays climate conditions, for example the hydric climate balance, especially in the 6th category level. As for the usage of database and following evaluations through the frequency distribution of potential diagnostic attributes to subsidize the SiBCS, the method showed adequate and allowed with security to identify new classes for the Yellow Argisols and Yellow Latosols.

Key words: Tableland soils, Barreiras formation, high cohesion soils, Brazilian soil taxonomy

1 INTRODUÇÃO

Os solos de tabuleiro estão associados a uma grande expressão territorial dos domínios morfoestruturais de sedimentos terciários no Brasil, apesar de que a estimativa total da área compreendida por estes solos ainda não está bem definida. A expressão territorial desses solos é acompanhada de grandes variações climáticas e diversidade de vegetação. Dentre as classes de solos no ambiente dos tabuleiros costeiros, os Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos ocorrem em maior área. Entretanto, a distinção taxonômica entre Latossolos e Argissolos ainda não está bem caracterizada, uma vez que vários atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos são comuns a ambas e ao próprio material originário, sendo a presença dos horizontes diagnósticos B latossólico ou B textural o critério discriminatório único entre estas duas classes de solos, com exceção é obvio da cor. Em relação aos Latossolos Amarelos (LAs) e Argissolos Amarelos (PAs), destacam-se como principais características destes solos o caráter coeso, a topografia principalmente plana ou suave ondulada, a baixa fertilidade natural e uma isotropia vertical da morfologia dos horizontes, principalmente nos LAs (Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Nascimento, 2001; Embrapa, 2003a).

Há uma série de questões que ainda precisam ser discutidas na conceituação das classes dos LAs e PAs, como por exemplo, distinção de LAs e PAs dos demais Latossolos e Argissolos em função do material de origem e cor dos solos; distinção entre LAs e PAs pelo critério de atendimento ou não da relação textural B/A; uso do caráter coeso como característica de diagnóstico em 3º nível taxonômico; definição de perfis modais segundo a amplitude de variação dos atributos de solos; e sugestões para a estruturação dos LAs e PAs, bem como dos demais solos, no 5º e 6º níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Diante do contexto apresentado, tem-se como hipótese deste estudo que a caracterização edafoclimática dos LAs e PAs, a partir da análise de perfis de solos descritos no país, pode contribuir para a identificação de atributos diagnósticos e estruturação taxonômica destes solos, principalmente nos níveis hierárquicos de família e série.

A constatação da necessidade de se estudar as questões taxonômicas relacionadas aos LAs e PAs motivou o presente trabalho, que teve como objetivos: (a) Criar um banco de dados de solos (LAs e PAs) e “climático”, de abrangência nacional; (b) Caracterizar os indivíduos modais dos LAs e PAs, segundo a amplitude de variação dos atributos de solos; (c) Sugerir critérios diagnósticos para a estruturação dos níveis hierárquicos inferiores (família e série, principalmente); e (d) Disponibilizar informações que contribuam para o contínuo desenvolvimento do SiBCS, bem como de outros sistemas de classificação de uso do solo.

O alcance destes objetivos por si só denota o caráter inédito, a contribuição científica e a relevância do presente trabalho, cujos detalhes sobre material e métodos utilizados, resultados e discussão, e conclusões, estão no escopo da Tese.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Os Latossolos Amarelos (LAs) e os Argissolos Amarelos (PAs)

2.1.1 Gênese e evolução dos LAs e PAs

A maioria dos Latossolos Amarelos e dos Argissolos Amarelos descritos no país está relacionada aos solos de tabuleiro, solos que apresentam como principal material de origem sedimentos argilosos, argilo-arenosos ou arenosos, constituídos de material bastante intemperizado, tipicamente caulínítico e pobre em ferro, referidos e/ou relacionados, principalmente, ao Terciário e à Formação Barreiras (Lamego, 1944 e 1955; Geiger, 1956; Brasil, 1958; Camargo & Rodrigues, 1979; Jacomine, 1979; Reunião..., 1979a e b; Embrapa, 1980; RADAMBRASIL, 1983; Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Oliveira et al. (1992); Ribeiro, 1998, Manzatto, 1998; Nascimento, 2001). Além do Terciário são encontrados Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos referidos a materiais de origem de períodos geológicos distintos, Pré-Cambriano, Cretáceo, Quaternário etc, constituídos de diferentes coberturas geológicas (IPEAN, 1972; Embrapa, 1974; Embrapa, 1977; Embrapa, 1979; Diniz, 1981; Embrapa, 1982; Guia..., 1998; Embrapa, 2001a; COPENER, 2002). Acontece que, da mesma forma que há Latossolos Amarelos em períodos geológicos distintos, também há Latossolos Vermelho-Amarelos cuja cronologia é do Terciário, como por exemplo, os Latossolos Vermelho-Amarelos fase terraço, encontrados ao Leste do Estado de São Paulo, e outros no interior nordestino da Bahia.

De acordo com Jacomine (2001a), os sedimentos da Formação Barreiras ocorrem na maior parte da costa brasileira, da região Norte a Sudeste, estendendo-se até o Vale do Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo. Na região Amazônica, os solos são derivados de sedimentos similares aos da Formação Barreiras, que em determinados locais recebem denominações diferentes, como Formação Alter do Chão. Noutras regiões, como no Médio Jequitinhonha, em Minas Gerais e no Sertão de Pernambuco e na Bahia os solos são provenientes de cobertura de material similar ao da Formação Barreiras sobre o embasamento cristalino (Jacomine, 2001a).

O principal fator de formação dos LAs e PAs é o material de origem, constituído pelos sedimentos do Grupo ou Formação Barreiras (e congêneres), e secundariamente, os condicionantes do relevo estariam atuando na pedogênese (Ribeiro, 1998). Acredita-se que os pedomateriais originadores dos sedimentos da Formação Barreiras passaram por um intenso processo de pré-edação, antes do seu desmonte e transporte (Corrêa, 1984), o que resultou num material caulínítico e quartzoso muito estável o qual não se modificou substancialmente com os processos de pedogênese posterior (UFV, 1984). Esses sedimentos, após um período de certa calma em termos morfogênicos, estabilizaram-se formando extensos planaltos que são denominados de tabuleiros. As mudanças climáticas, as transgressões e regressões marinhas, os processos tectônicos e, por consequência, as variações dos níveis de bases regionais e/ou locais, geraram processos de entalhamento no planalto, permitindo a manutenção da forma primitiva com diferenciações locais ou regionais discretas (Ribeiro, 1996).

Fonseca (1986), com objetivo de obter diferenciais capazes de auxiliar na distinção entre Latossolos e Podzólicos (Argissolos) do Terciário no litoral brasileiro, e aumentar o conhecimento sobre a pedogênese dos mesmos, considerou em algumas de suas conclusões que a maioria dos perfis estudados caracterizam-se como pré-

edafizados e descontínuos, onde o gradiente textural encontrado é originado em função do material de origem e em parte por processos pedogenéticos.

Manzatto (1998), com objetivo de identificar os principais processos de formação de solos de tabuleiro desenvolvidos em sedimentos do Terciário no Norte Fluminense, menciona que os solos estudados apresentam pequeno desenvolvimento de características genéticas, não havendo comprovação da ação dos processos de latolização e de eluviação / iluviação das argilas, diferenciando-se apenas por efeito de perdas ou não das frações finas em superfície, resultante da ação do relevo e/ou depósito seletivo do material de origem. Além disso, em função do intenso uso agrícola o grau de antropização dos solos dos tabuleiros costeiros é elevado, alterando propriedades que podem ser indicadoras de processos pedogenéticos (Anjos et al., 1999).

Ribeiro (1998) sugere a existência de um modelo pedogenético pré-atual ou pseudo-atual, legando aos solos de tabuleiros algumas características em processo de transformação, e considera o material de origem e o relevo como principais condicionantes no desenvolvimento dos processos e fatores da pedogênese atual. Lucas et al. (1984), Melo & Santos (1996) e Duarte et al. (2000), em estudos de gênese, morfologia e classificação de solos de tabuleiro da Amazônia, Pernambuco e Espírito Santo, respectivamente, apresentam em seus trabalhos evidências de pedogênese atual, cuja diferenciação pedológica observada em topossequência esteve relacionada ao retrabalhamento do relevo e a dinâmica interna da água nos solos.

Segundo Ribeiro (1998), a pedogênese atual, apesar das variações de clima, do tipo de entalhamento a qual o relevo foi submetido e das variações biológicas que abrangem as regiões brasileiras onde esses solos ocorrem, não parece ter força suficiente para alterar significativamente as características que o material de origem imprime aos processos evolutivos na cobertura pedológica que contém os solos amarelos. Ribeiro (1998) argumenta que a pedogênese atual se caracteriza pela atuação de processos de transformação sobre a cobertura pedológica, com base na pedobiogeoquímica, onde possivelmente os fatores mais atuantes estão ligados tanto à atividade das substâncias húmicas, inclusive as frações leves da matéria orgânica, à atividade e à dinâmica da água e da temperatura, como aos processos de ferrólise, acidólise, oxi-redução e hidrólise, em menor ou maior grau, a depender dos condicionamentos locais (áreas florestais, caatinga, sob cultivo, pluviosidade etc). Desta forma, tais variações ou condicionantes não levam a diferenciações de grande monta entre as regiões de ocorrência dessa cobertura pedológica. Neste sentido, parece que os solos de tabuleiros começam a apresentar processos pedogenéticos incipientes, mas que ainda precisam ser mais bem estudados.

De todos os processos de transformação pedológica que vêm sendo observados em solos de tabuleiro, os relacionados com a formação de gradiente textural e com a formação de horizontes coesos (adensados) parecem ser os mais comuns. A origem do gradiente textural em solos de tabuleiro é um assunto controvertido (Manzatto, 1998), mas que começa a ser explicado e entendido através de um modelo interdisciplinar, conforme sugeriu Moniz (1996). Neste modelo, a origem do gradiente textural é investigada a partir de fatores e processos de formação. Para os solos de tabuleiro, um dos fatores a ser considerado quanto à origem do gradiente textural diz respeito à possibilidade de estratificações com variação de textura nos sedimentos (processo geológico) além das perdas de material fino no horizonte superficial (Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Manzatto, 1998).

A formação do gradiente pode ainda ser atribuída, em grande parte, ao intemperismo biológico que inclui, além do intemperismo bioquímico, outros processos associados mais especificamente com a presença e atividade de organismos (Moniz,

1996; Ribeiro, 1998; Manzatto, 1998). Em se tratando de organismos, a ação do homem, pode ser considerada como a mais importante nestes últimos 500 anos (Nascimento, 2001).

Segundo Moniz (1996), o processo de adensamento por dessecação se aplica à formação de todos os tipos de horizonte Bt, independente de apresentar ou não indícios de iluviação de argilas (argilãs) em lâminas delgadas. O autor acrescenta ainda que qualquer horizonte mais denso que o subjacente, desde que da mesma natureza, como os horizontes coesos dos latossolos de tabuleiro, pode ser formado pelo mesmo processo. Segundo o autor, o processo de adensamento por dessecação é um fenômeno comum e pode ser observado nas delgadas camadas de sedimentos depositados em lagos ou, mesmo, em pequenas poças de água, de maneira que, com a evaporação, estabelece-se a tensão superficial entre as partículas que compõem o sedimento, promovendo a sua agregação e, em consequência, produz-se um intenso fendilhamento no sedimento.

Os solos de tabuleiro, com ou sem gradiente textural, Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo, respectivamente, podem ser encontrados tanto no terço médio quanto no terço superior de encostas, de forma a sugerir que a transformação do gradiente textural pode ocorrer nos sentidos: LA → PA ou PA → LA (e ainda LA → PA → LA) (Nascimento, 2001). A transformação de Podzólico em um Latossolo foi evidenciada por UFV (1984), em solos de tabuleiros do Baixo Rio Doce (MG) e da região Norte do Estado do Espírito Santo. Neste trabalho foi verificado que existem trechos na paisagem relativamente mais dissecados que outros, sendo que os Podzólicos ocorrem nas partes menos dissecadas. De acordo com UFV (1984) os solos mais jovens são os Podzólicos, ocorrendo na paisagem mais plana, contrariando o que normalmente se observa, Podzólicos associados a pedoformas mais acidentadas. Para justificar esta aparente contradição, UFV (1984) faz duas considerações: (i) o gradiente textural e não a profundidade ou mineralogia do horizonte B é que irá determinar se o solo formado é Podzólico ou não; (ii) a deficiência de drenagem, num relevo mais plano, pode impedir ou retardar os processos de “envelhecimento” tomados, neste caso, como transformação de Podzólico para Latossolo. Para UFV (1984) esta transformação se deu por remoção não seletiva do horizonte A.

Quanto ao contorno geral da paisagem, as pedoformas observadas por UFV (1984), assemelham-se as observadas por Brasil (1958) na região Norte Fluminense, onde nos tabuleiros de nível superior o relevo é mais movimentado, com elevações de topo aplainado, altitude relativa muito uniforme e vertente suavemente convexa, enquanto nos de nível inferior as vertentes são praticamente planas e os declives são menos acentuados. Todavia, na região Norte Fluminense, os solos com ou sem gradiente textural podem ser encontrados em pedopaisagens distintas (terço superior e terço inferior das encostas), diferentemente do que foi observado por UFV (1984), que encontrou maior incidência de Podzólicos nos tabuleiros de nível inferior. Tudo isto sugere que os fatores e processos envolvidos na formação do gradiente textural e na homogeneização dos horizontes em solos de tabuleiro ocorrem simultaneamente e são inter-relacionados, sendo controlados, principalmente, pelas condições de relevo e clima, e acentuados por processos de erosão, aumentando a perda superficial de argilas ou do próprio horizonte superficial (Nascimento, 2001).

Embora existam hipóteses discordantes sobre a evolução das classes LA e PA, é consenso que morfologicamente esses solos possuem propriedades (características) que indicam um elevado grau de transformação do material de origem. As características herdadas do material parental são mais importantes do que aquelas decorrentes dos processos pedogenéticos, para a identificação e classificação dos solos de tabuleiro (Anjos, 1985; Fonseca, 1986).

No que diz respeito à gênese de horizontes coesos e/ou de camadas ou horizontes adensados, notadamente em solos desenvolvidos de sedimentos do Terciário, os estudos ainda são poucos, localizados e, na maioria das vezes são inconclusivos, apesar de terem sido iniciados já em 1968 (Manzatto, 1998; Rezende, 2000; Giarola, 2002), destacando-se o trabalho de Oliveira et al. (1968), e de outros autores destacados por Oliveira et al. (2002), no trabalho de coletânea de estudos em tabuleiros costeiros.

O termo coeso é usado para distinguir horizontes pedogenéticos subsuperficiais muito resistentes à penetração da faca e muito duros a extremamente duros quando secos, passando a friáveis ou firmes quando úmidos. Uma amostra úmida, quando submetida à compressão, deforma-se lentamente, ao contrário do fragipã que apresenta quebradicidade (desintegração em fragmentos menores). Estes horizontes são de textura média, argilosa ou muito argilosa e, em condições naturais, são geralmente maciços ou com tendência a formação de blocos. São comumente encontrados entre 30 e 70 cm da superfície do solo, podendo-se prolongar até o Bw ou coincidir com o Bt, no topo ou em parte. Uma amostra de horizonte coeso, quando seco, desmancha-se rapidamente ao ser imersa em água (Jacomine, 2001a; Ribeiro, 2001). O horizonte coeso é encontrado com mais frequência abaixo do horizonte A, nos horizontes AB e/ou BA, podendo encontrar-se também à superfície, por erosão do horizonte que esteve acima dele, ou podendo atingir a faixa de 1m, sobretudo nos solos com horizonte B textural (Argissolos) (Jacomine, 2001a).

A falta de definição de parâmetros que indiquem, de forma consistente, a presença do atribuo coeso e, ainda, da quantificação dos diferentes graus de coesão (forte, média, fraca), impossibilita que se realize um reconhecimento fácil e seguro do mesmo (Giarola, 2002; Souza et al., 2001). A identificação do caráter coeso tem sido feita por meio de análise morfológica do perfil, sendo facilitada quando o solo encontra-se com baixo teor de umidade (seco), e pode se observar in situ a consistência dura a extremamente dura, e dificultada quando o solo encontra-se no estado de friabilidade (úmido), onde o material de solo apresenta consistência friável. No Brasil, há carência de estudos referentes à umidade ideal para definir a consistência do solo em condições de campo, o que dificulta a determinação do caráter coeso (Lima et al., 2004).

Fonseca (1986), Silva (1989), Ribeiro (1991) e Manzatto (1998), atribuíram ao caráter coeso uma origem genética, visto que o mesmo foi evidenciado em horizontes subsuperficiais tanto sob vegetação nativa quanto sob áreas cultivadas. No entanto, ainda não se chegou a um consenso quanto ao(s) possível(is) processo(s) de formação do(s) horizonte(s) coeso(s), assim como, não estão bem definidos os critérios para sua caracterização, até agora perceptível de forma subjetiva no momento da descrição do perfil, pelo auxílio da faca ou martelo pedológico, cuja identificação irá depender do grau de umidade em que se encontram os horizontes (coesão aparente). Quanto à avaliação da consistência do solo, estes horizontes se apresentam duros, muito duros ou até extremamente duros quando secos, e friáveis quando úmidos. A coesão também é percebida, por vezes, pelo aumento da densidade do solo no perfil, o que pode ser devido a outros processos pedogenéticos ou a compactação do solo. O que se sabe é que o caráter coeso vem sendo constatado em inúmeros levantamentos de solos nas diferentes unidades geoambientais que compõem os tabuleiros.

A ocorrência de adensamento parece ser comum nos tabuleiros, e segundo Bennema & Camargo (1979) está relacionada à baixa estabilidade dos agregados, como consequência dos baixos conteúdos de óxidos de ferro e alumínio, que atuam como elementos cimentantes, e da baixa superfície específica da caulinita, que é o mineral dominante na fração argila desses solos.

UFV (1984), ao referir-se à consistência dos solos de tabuleiro, sugere uma hipótese para a origem da dureza da camada adensada, baseada na observação da coesão aparente. Segundo Ufv (1984), as partículas da caulinita têm a tendência de se ajustarem face a face, assim, em condições restritas de umidade haverá maior possibilidade de atração entre as partículas de mesma espécie, mas de carga elétrica variável, o que faz com que a coesão seja maior e, como consequência, os torrões são mais difíceis de serem quebrados. Além disso, este ajustamento face a face tende a fazer com que a atração por um corpo estranho também aumente (adesão), aumentando com isto a suscetibilidade do solo ao adensamento e/ou compactação. O aumento do teor d'água, depois de determinado ponto, faz com que a coesão caia a níveis muito baixos. Assim, a dureza da camada adensada é substituída por um estado de friabilidade, quando o solo é umedecido. No entanto, o teor de água aumenta mais ainda a quantidade de moléculas d'água, que envolvem as partículas, favorecem o deslizamento e orientação entre elas, facilitando sobremaneira a formação de camadas compactadas (adensadas) ou torrões muito duros de quebrar posteriormente (UFV, 1984). E de acordo com esta hipótese, o comportamento coeso não deveria estar vinculado apenas a um grupo geológico específico (Barreiras, no caso), mas a solos que reúnam as características gerais que se enquadrem dentro daquele comportamento (Giarola, 2002).

Resende et al. (1999), ao tratarem da consistência do solo apresentam um quadro com as relações gerais entre organização microscópica das partículas de argila, condições em que ocorrem e seu efeito na consistência. Estes autores explicam que a gibbsita, os óxidos de Fe (hematita, goetita) e a matéria orgânica tendem a desorganizar as partículas no seu aspecto microestrutural, o que significa que maiores teores desses componentes correspondem a um arranjo mais casualizado das partículas de argilas silicatadas, que têm geralmente a forma laminar. Mas, em se tratando de solos de tabuleiro, onde há pobreza natural em agentes desorganizadores (óxidos de Fe, de Al, e matéria orgânica), principalmente nos solos de textura mais arenosa, o aumento da coesão é facilitado.

Abrahão (1995), ao estudar os fatores que afetam a gênese de camadas adensadas em solos desenvolvidos de sedimentos do Grupo Barreiras, no domínio dos tabuleiros costeiros, no sul da Bahia, conclui que a compacidade relativa (variável tomada a partir da densidade do solo, densidade do solo máxima e densidade do solo mínima) mostra-se como uma variável mais adequada do que a densidade do solo para avaliar a dureza do solo, merecendo mais estudos comparativos entre solos de diferentes características, na tentativa de conseguir uma variável numérica que melhor reflita a dureza de camadas de solo nas condições de campo. Segundo este autor, para solos de textura arenosa e fraca agregação, o grau de floculação de argila não é um balizador eficiente dos efeitos de dispersão ou floculação causado pelas espécies químicas utilizadas ($\text{NaOH } 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ e água deionizada), nem pelo afastamento do pH em relação ao PCZ, sugerindo que melhorias devem ser feitas no método de determinação de argila dispersa em água, a fim de refletir melhor as condições naturais de campo.

Para Ribeiro (1991 e 1998) e Rezende (2000), a origem dos horizontes coesos esta associada a vários processos, provavelmente de atuação simultânea e cuja intensidade de ocorrência está relacionada às variações climáticas e morfopedológicas existentes nas diferentes unidades geoambientais que compõem os tabuleiros. Rezende (2000) destaca os seguintes processos: perda do plasma argiloso da camada superficial para as subjacentes; presença de compostos orgânicos poucos polimerizados; presença de sílica secundária, ferro e argila dispersa nos microporos; e adensamento resultante da alteração da estrutura do solo pela alternância de ciclos de umedecimento e secagem.

Segundo Giarola (2002), alguns parâmetros quantitativos, como por exemplo, o comportamento das curvas de resistência do solo ou o índice de resistência máxima, podem ser testados nos horizontes coesos, associados aos constantes valores elevados de densidade do solo, podendo inclusive ser utilizados no estabelecimento de novos grupamentos de solos no sistema taxonômico brasileiro, em níveis hierárquicos inferiores. Giarola (2002) ressalta ainda que o conteúdo de água na resistência máxima também pode ser um parâmetro auxiliar para a subdivisão de classes de solos que manifestam o caráter coeso, e que o uso de atributos morfológicos para o reconhecimento do caráter coeso, como é o caso particular da estrutura maciça moderadamente coesa a coesa, é de valor limitado como feição distintiva auxiliar.

Lima et al. (2004) em trabalho de identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará, avaliaram o caráter coeso em Argissolos Amarelos e Acinzentados através de estudos morfológicos, físicos e químicos, e através da resistência à penetração (RP), técnica que segundo Lima et al. (2004) foi o indicador mais sensível da coesividade, apontando valor de RP de 8,5 Mpa em horizonte Bt1 coeso de Argissolo Acinzentado.

2.1.2 Feição, extensão e distribuição territorial dos LAs e PAs

Os LAs e PAs são também referidos como solos de tabuleiro, ainda que ocorram em outras feições e materiais de origem. 'Tabuleiro' é o termo utilizado para designar a feição geomorfológica ou forma de superfície do tipo tabular (Lamego, 1944). Portanto, os solos de tabuleiro estão associados às paisagens de topografia tabular (relevo plano e suave ondulado) dissecadas por vales que chegam a ser profundos e com encostas que podem apresentar forte declividade (relevo ondulado ou forte ondulado), e estão situados em altitudes que variam de 20 a 220 m, na faixa litorânea, desde o Amapá até o Rio de Janeiro. No vale do Paraíba do Sul, em São Paulo, os tabuleiros estão compreendidos em altitudes de 550 a 750 m; na região do Médio Jequitinhonha, as altitudes variam de 450 a 800 m; nos Sertões de Pernambuco, Bahia e Piauí predominam altitudes de 320 até 600 m, em algumas chapadas (Jacomine, 1996 e 2001a). Vários esquemas representando as feições tabulares e os solos predominantes associados a estas podem ser verificados no Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil (Embrapa, 1993 e 2000), conforme adaptação apresentada na Tabela 1, observando-se que apesar de ser um estudo da região Nordeste do Brasil, tais feições são também verificadas nas demais áreas de tabuleiros do país.

De acordo com Diniz (1981), a evolução geomorfológica dos solos de tabuleiro é recente, devendo-se, possivelmente, às variações climáticas ocorridas no Quaternário que, associadas às mudanças do nível do mar, constituíram formas de várzeas, planícies arenosas, vales afogados, campos de dunas e baixos tabuleiros. Os solos de tabuleiro do litoral possuem um declive geral de oeste para leste apresentando-se como terraços intermediários entre a planície (baixada litorânea) e falésias e os patamares cristalinos ('inselbergs' ou morros de formato arredondado) (Lamego, 1944).

Os solos de tabuleiro estão distribuídos em praticamente toda a faixa costeira do Brasil, desde o Estado do Amapá até o Estado do Rio de Janeiro, com extensão até o vale do rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo (Jacomine, 1996). O autor ainda destaca que além destas áreas, eles ocupam grandes faixas no médio e baixo vale do rio Amazonas e afluentes, bem como nos Estados do Maranhão e Piauí, e que nos últimos anos, os referidos solos foram constatados também na zona semi-árida de Pernambuco e Bahia, com extensão para o Sul e para a região do Médio Jequitinhonha, em Minas Gerais. Os solos de tabuleiro de maior expressão em extensão territorial brasileira são os Latossolos Amarelos e, secundariamente, os Argissolos Amarelos, seguindo-se a estes

os Neossolos Quartzarênicos e, em menores proporções, os Espodossolos, os Argissolos Acizentados e Plintossolos.

A área total dos solos de tabuleiro ainda não está bem definida. Segundo Embrapa (1993), o total das áreas de solos de tabuleiro da região Nordeste do Brasil está em torno de 98.503 km². No entanto, Jacomine (1996) estimou as áreas de solos de tabuleiro para o litoral oriental do Brasil em 64.235 km², e que as áreas de Latossolos, Argissolos e outros solos provenientes de sedimentos do tipo Barreiras ou similares, atinjam extensão de 200.000 km². Todavia, segundo Santos (2004) a área ocupada por solos das antigas classes Latossolo Amarelo álico e distrófico (Haplic Feralsol) seria de aproximadamente 973.300 km².

Na Figura 1 são apresentadas as manchas descontínuas dos Latossolos Amarelos (LA) e Argissolos Amarelos (PA) verificadas no Mapa de Solos do Brasil (IBGE, 2005a). Considerando a área territorial do Brasil, estimada em 8.511.996 km², com base na Figura 1, e pela afirmação de Santos (2004), estima-se que os LAs e PAs ocupem uma área superior a 1.000.000 km² (superior a 12% do território brasileiro), sendo que sua maior parte encontra-se no interior do país, de forma descontínua e/ou espalhada, e sob uma cobertura pedológica complexa e com mapeamentos pedológicos generalizados, questões que certamente induziram a subestimar a extensão territorial dos LAs e PAs. Na Figura 2 são apresentados os limites estaduais do território brasileiro e a expressão de ocorrência dos solos de tabuleiro. Apenas nos Estados da Região Sul do país e nos Estados do Acre e Mato Grosso do Sul é que não foram mapeados LAs e PAs (Figura 2). Na Região Sudeste a maior expressão destes solos está nos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, e segundo Jacomine (1996) há uma pequena extensão destes solos no Médio Jequitinhonha, em Minas Gerais e no vale do Rio Paraíba do Sul, em São Paulo. Apesar de não serem identificados na Figura 2 LAs e PAs no Estado de São Paulo, o que pode ser justificado por se tratar de uma mapa generalizado.

Os solos de tabuleiro têm maior representação nas Regiões Norte e Nordeste, com destaque para os Estados da Amazônia; Pará, Bahia, Maranhão e Piauí, respectivamente. Na Região Centro-Oeste é possível encontrar pequenas manchas de solos de tabuleiro no noroeste de Goiás, na divisa com a Bahia, e no sudoeste de Mato Grosso do Sul, nas divisas com Rondônia e Bolívia (Figura 2).

Áreas expressivas de solos de tabuleiro estão localizadas próximas a grandes centros industriais e de consumo (Capitais), o que aumenta o seu potencial agrícola e relevância social e econômica. A importância social e econômica desse ecossistema foi justificada por Rezende (1996 e 2000), referindo-se às grandes concentrações urbanas, a diversidade de exploração agrícola, a ampla infra-estrutura de transporte rodoviário e terminais marítimos para escoamento da produção, além do que, grande parte da Mata Atlântica restante no país encontra-se sob os tabuleiros costeiros (importância ambiental). No entanto, estas características geográficas, associadas às condições de relevo, contribuíram para o seu uso intensivo, e para Rezende (1996), o ecossistema dos tabuleiros costeiros é continuamente ameaçado de degradação.

Tabela 1. Principais unidades de relevo e seguimentos de solos predominantes associados à unidade geoambiental de tabuleiro. Adaptado de Embrapa (1993).

Esquematisação	Tipo de relevo	Unidade geomorfológica e Solos Predominantes	Locais Observados
	Superfícies bastante dissecadas com tabuleiros residuais	- Topos planos (residuais): LAs - Vertentes íngremes: PAs - Fundos chatos de vales: RY	Una, Valença, São Felipe, Salvador e Itacaré-BA
	Superfícies planas ligeiramente dissecadas	- Tabuleiros: LAs e/ou Pas - Vertentes dos tabuleiros: PAs - Fundos chatos de vales: RY	Mucuri, Helvécia, Itapebi e Medeiros Neto-BA
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas com veredas rasas	- Topos de chapadas baixas: LAs e/ou PAs - Vertentes: Argissolos concrecionários - Veredas rasas: PACs e RQ	Região de Mirinzal, Curupu e São José do Ribamar-MA
	Superfícies pouco dissecadas com tabuleiros extensos	- Topos arredondados e vertentes: PAs - Topos planos de tabuleiros residuais: LAs - Fundos chatos de vales: G	Esplanada e Feira de Santanta, BA
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas, com algumas superfícies dissecadas	- Topos de chapadas baixas e topos residuais: LAs - Pequenas depressões nos tabuleiros: PAs com fragipan, PAs plínticos, E - Áreas dissecadas e encostas: PAs concrecionários - Áreas de várzea: G e RY	Região de Marechal Deodoro e São Miguel dos Campos, AL; Goiana e Paudalho, PE; Aquidabã, Muribeca e N. S. das Dores, SE
	Superfícies dissecadas com tabuleiros dissecados	- Topos arredondados e vertentes dos relevos ondulados: PAs - Topos planos (tabuleiros estreitos): LAs - Fundos chatos de vales: RY	Estância, Aporanga, D'Ajuda e Divina Pastora, SE
	Superfícies dissecadas com tabuleiros residuais	- Tabuleiros residuais: Las - Vertentes íngremes: PAs - Fundos chatos de vales: RY	Cruz das Almas e Mutuípe, BA
	Superfícies dissecadas com tabuleiros residuais	- Tabuleiros residuais: Las - Topos arredondados e vertentes: PAs - Fundos chatos de vales: RY	Itanhaém e Guaratinga, BA
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas, com várzeas	- Chapadas baixas litorâneas: LAs - Áreas de várzea: G	Rio Grande do Norte, Região de Ceará Mirim, São Gonçalo do Amarante, Macaíba, São José do Mipibu, Monte Alegre e Brejinho, RN
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas, com várzeas e mangues	- Chapadas baixas litorâneas: RQ; PAs, PACs - Pequenas depressões nos tabuleiros: E - Vertentes: PAs concrecionários - Áreas de várzeas: RY, G, O	Região de Extremoz e Cangaretama, RN; Mataraca, Alhandra, Mari e Santa Rita, PB
	Superfícies pouco dissecadas com tabuleiros extensos	- Tabuleiros: LAs, RQ - Vertentes dos entalhes: PAs concrecionários - Fundos chatos de vales abertos: RQ, G	Região de Urbano Santos, Santa Quitéria e Barreirinhas, MA
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas	- Superfícies mais baixas e abaciadas dos tabuleiros: PAs plínticos e PACs - Trechos mais elevados dos tabuleiros: LAs - Superfícies de várzeas: RY, S, E	Áreas tabulares costeiras do Estado do Piauí e a Oeste do Ri Curu no Ceará. Região de Acarau, Bela Vista, Barrento e Chaval, CE
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas	- Tabuleiros costeiros baixos: RQ, PAs - Áreas abaciadas: PAs plínticos - Pequenos vales: E, S, RY	Áreas tabulares costeiras a Oeste da Foz do Rio Jaguaribe no Estado do Ceará. Região de Parajus e Cascavel, CE
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas	- Superfícies tabulares: RQ - Superfícies de várzeas influenciadas pelo mar: E	Áreas tabulares costeiras no Estado do Ceará (Baixo Jaguaribe) e Rio Grande do Norte. Região de Aracati, CE e Região de Pedra Grande e São Bento do Norte, Touros, RN
	Superfícies tabulares aplainadas litorâneas	- Tabuleiros costeiros baixos: PAs plínticos, F - Depressões: S - Superfícies de várzeas: RY	Áreas tabulares costeiras próximas ao Rio Curu. Região de Itapipoca, São Luiz do Curu, São Gonçalo do Amarante e Caucaia, CE

LAs = Latossolos Amarelos; PAs = Argissolos Amarelos; RY = Neossolos Flúvicos; PACs = Argissolos Acinzentados; G = Geissolos; E = Espodossolos; RQ = Neossolos Quartzarênicos; O = Organossolos; F = Plintossolos; S = Planossolos

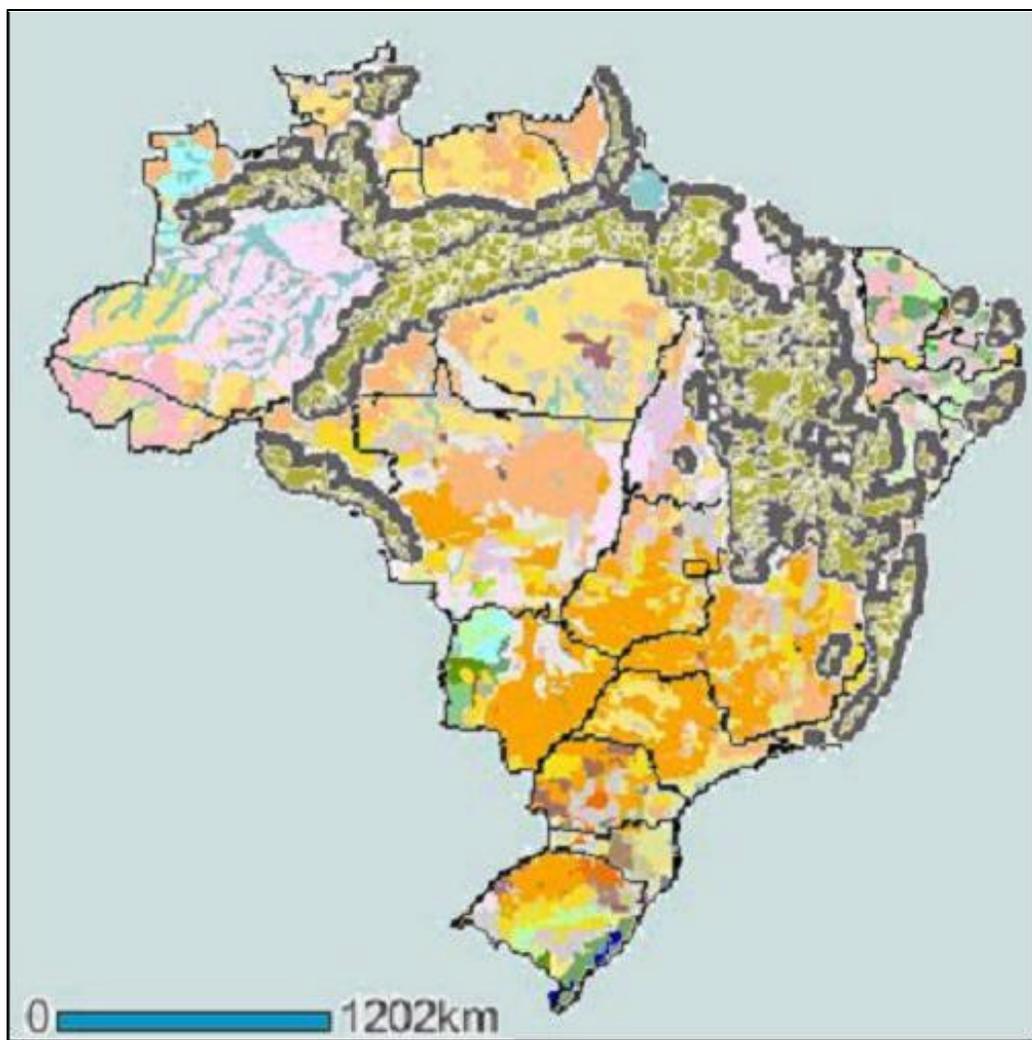


Figura 1. Manchas de LAs e PAs circundadas com “Buffer”¹ de 50 km, obtidas no Mapa de Solos do Brasil (Adaptado de IBGE, 2005a).

¹ O “Buffer” de 50 km que circunda as manchas de LAs e PAs da **Figura 1** foi remarcado e utilizado para superpor estas manchas de solos em outros mapas geoambientais a serem apresentados a seguir.

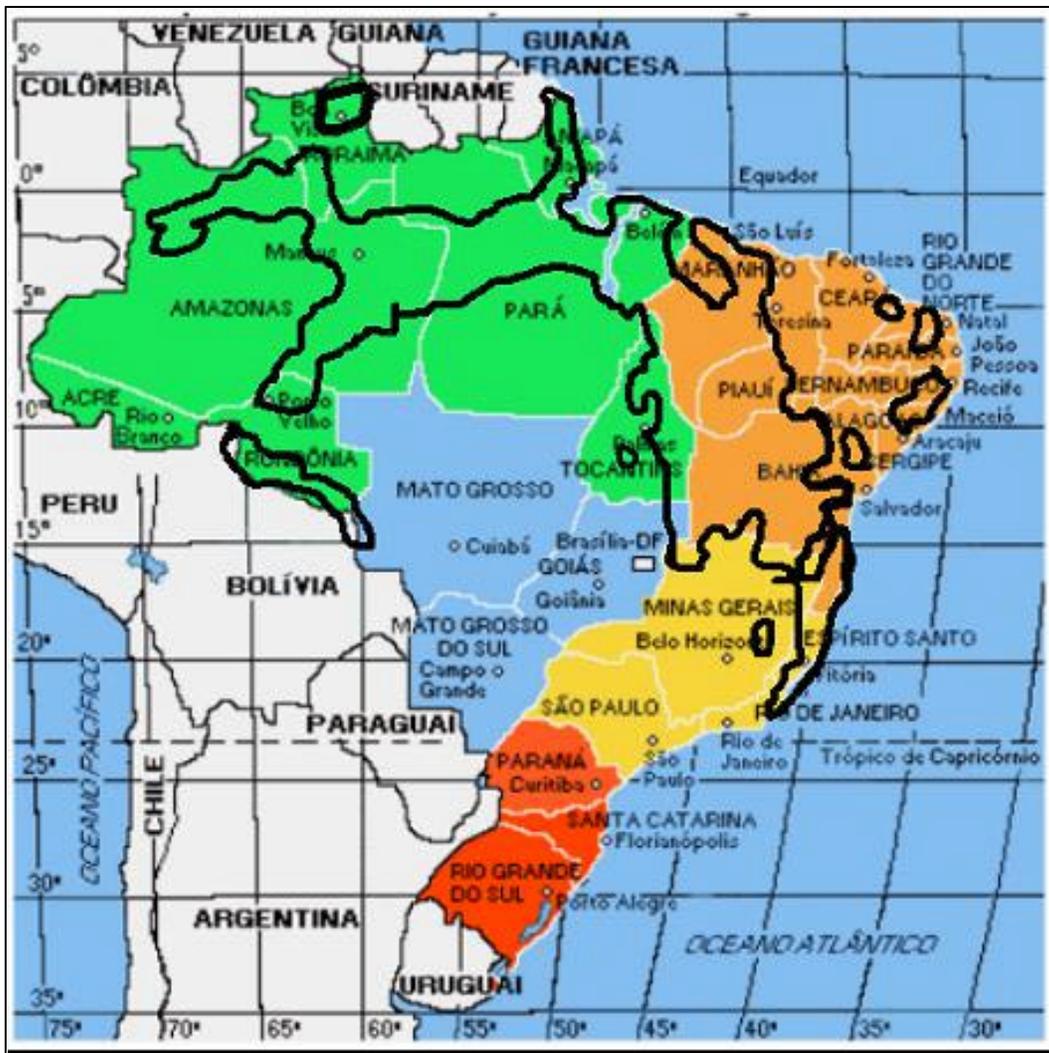


Figura 2. Representação dos limites territoriais do Brasil (adaptado de GuiaNet, 2005), e expressão dos LAs e PAs, contorno em preto obtido do “Buffer” da Figura 1.

As figuras seguintes ilustram a expressão das principais unidades geológicas (Figura 3) e os domínios morfoestruturais do Brasil (Figura 4).

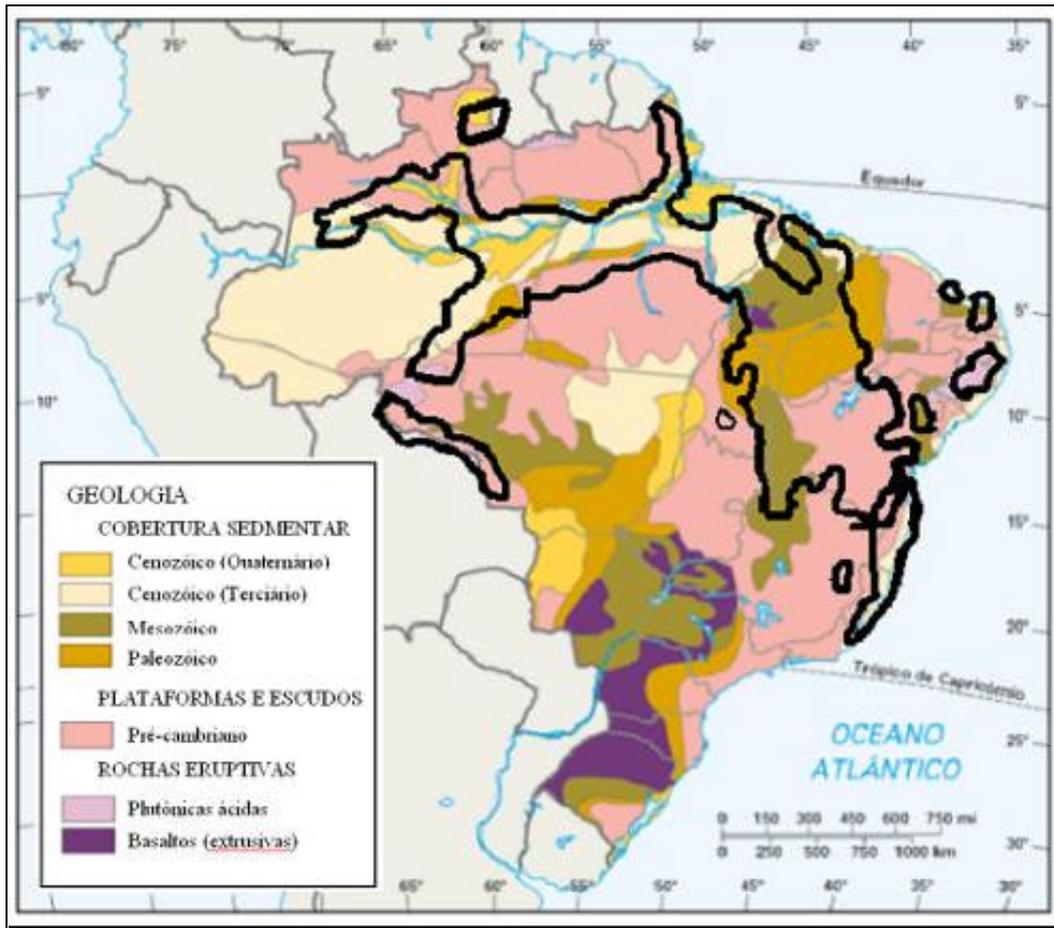


Figura 3. Representação das principais unidades geológicas do Brasil (adaptado de GuiaNet, 2005), e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.

Observando-se a Figura 3 e, considerando a área ocupada pelos solos de tabuleiro de cerca de 1.000.000 km², constata-se que a área ocupada pelos depósitos terciários no Brasil, estimada por Fonseca (1986) em 200.000 km², pode ter sido subestimada. De acordo com Ribeiro (1998 e 2001), estudos atuais sobre a Formação (ou Grupo) Barreiras parecem evidenciar que a referida Formação ocupa um espaço geográfico maior do que se pensava para o nordeste e o sudeste brasileiro, de maneira que parece que há pequenas frações ou fragmentos, descontínuos e espalhados por boa parte do espaço geográfico brasileiro. Embora não seja ilustrada na Figura 3 a presença de manchas de sedimentos terciários no litoral sul do país, tal fato é registrado em mapa (ilustração) por Fonseca (1986).

Com base nas Figura 1, Figura 3 e Figura 4, constata-se que a maioria dos solos de tabuleiro estão em áreas de sedimentos argilo-arenosos do Terciário-Quaternário, principalmente os localizados no litoral e junto às margens do Rio Amazônia no Estado do Pará. A outra parte dos solos, os localizados no interior do país, estão em bacias e coberturas sedimentares associadas que, de acordo com a Figura 4, correspondem ao

arcabouço geológico constituído do preenchimento de bacias cratônicas e intracratônicas, compostas de litologias mesozóicas e/ou paleozóicas, na maioria concordante, com ou sem capeamento sedimentar Terciário relacionadas ao Cretáceo total ou parcialmente removidas ou desmanteladas, em função da combinação de fatores geotectônicos/litoestruturais e fases de pediplanação (pleistocênica e pliopleistocênica).

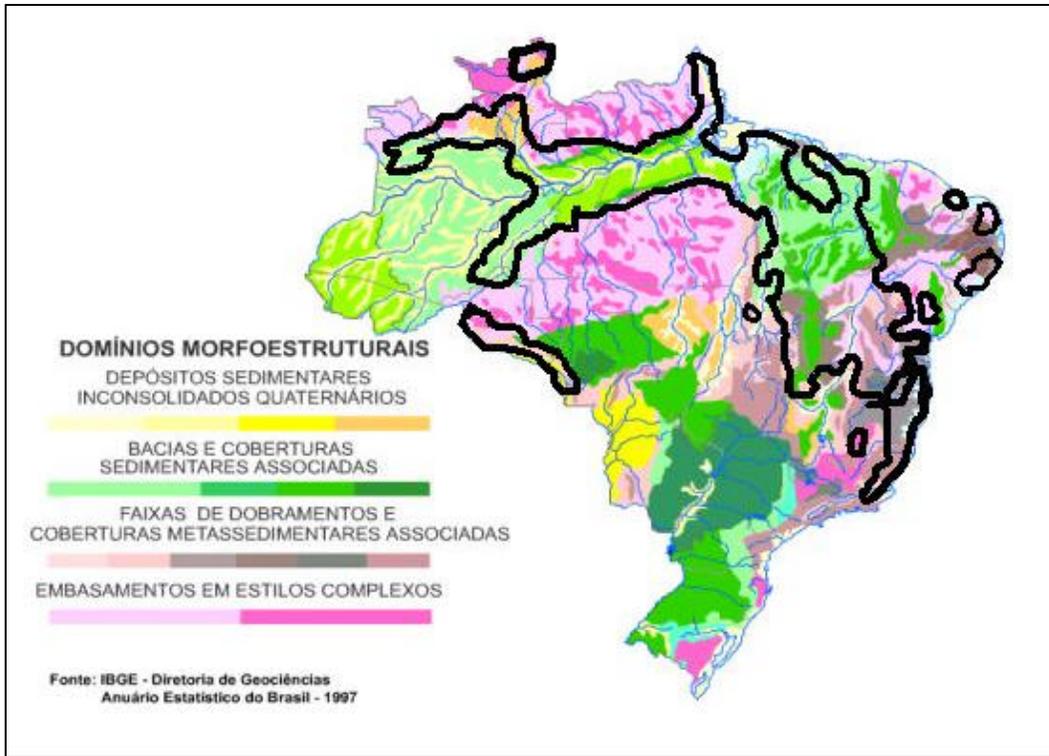


Figura 4. Representação dos domínios morfoestruturais no Brasil (Adaptado de IBGE, 2005a), e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.

Observando a Figura 3 verifica-se que numa parte dos depósitos terciários do Brasil não há manchas de LAs e PAs, principalmente na região Sul e região Oeste do país. Para a região Oeste o que pode ter ocorrido é que possíveis depósitos terciários foram influenciados por eventos do Quaternário, favorecendo a formação e/ou preservação de outros solos (Plintossolos, Gleissolos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos). Para a região litoral Sul e parte do Sudeste ainda não se têm uma explicação que justifique sua inexistência, necessitando investigação geológica e pedológica mais detalhada nestas áreas. Para as demais regiões, a não identificação dos LAs e PAs nos depósitos terciários pode decorrer do fato de que os sedimentos Barreiras não foram ainda suficientemente estudados (Ribeiro, 1998), bem como os levantamentos de solos desenvolvidos nessas áreas são, em sua grande maioria, generalizados (de reconhecimento e/ou exploratório). Por outro lado, as figuras apresentadas referem-se a mapas esquemáticos, cuja escala é da ordem de 1:5.000.000, de maneira que os LAs e PAs devem estar presentes em outras áreas, mas encontram-se representados como parte de associações com outras classes de solos.

2.2 Taxonomia dos Latossolos Amarelos e dos Argissolos Amarelos

2.2.1 Classificação de LAs e PAs no SiBCS, Soil Taxonomy e WRB

A equivalência de classes entre o SiBCS (Embrapa, 1999), o Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e o Referencial Básico para Recursos do Solo (WRB) (FAO, 1998a e b) é justificável apenas para o primeiro nível taxonômico, de Ordem, daí pra frente ela se torna difícil, incompleta e as vezes impraticável (ou injustificável), uma vez que estes sistemas apresentam objetivos, critérios diagnósticos e conceitos distintos. Para ilustrar, será apresentada neste item uma síntese das concepções centrais utilizadas em cada um dos três sistemas de classificação, a fim de proceder à classificação de equivalência dos LAs e PAs, comparando-se o SiBCS (Embrapa, 1999) com o Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) até o nível de Grande Grupo, e o SiBCS (Embrapa, 1999) com o WRB (FAO, 1998) até o segundo nível taxonômico do WRB.

Os sistemas modernos de classificação de solos são sistemas hierarquizados que têm como fundamento básico o estudo dos fatores, processos e mecanismos de formação do solo, e a identificação de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais. A diferença entre os diferentes sistemas de classificação de solos se dá basicamente em função dos seus objetivos. Assim, enquanto o SiBCS tem o objetivo específico de classificar os solos do território brasileiro, outros Sistemas têm a pretensão de classificar os solos do mundo inteiro, como é o caso do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e o Mapa Mundial de Suelos (FAO, 1990), além do Word Reference Base for Soil Resources (WRB) (FAO, 1998a e b).

Todos os sistemas de classificação de solos têm suas peculiaridades e especificidades, principalmente no que diz respeito dos critérios norteadores de cada classe de solo e mesmo sobre os nomes dos solos. O Sistema Americano de Classificação de Solos (Estados Unidos, 1999) apresenta duas características especiais. A primeira refere-se à junção de prefixos (elementos formativos do nome), em sua maioria de origem grega ou latina, para formar os nomes das classes das categorias de nível superior (Ordem, Subordem e Grande Grupo); e a segunda é que as subdivisões, em nível de Subordem, baseiam-se, salvo outros critérios e elementos formativos de nomenclatura, nos regimes hídrico e, às vezes, térmico do solo.

Os regimes hídricos considerados no Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) são: **Aquic** (agua do latim = água), ambientes saturados por água; **Aridic** and **Torric** (aridus do latim = árido; torridus do latim = tórrido), aridic and torric representam o mesmo regime hídrico, mas em categorias diferentes de taxonomia, talvez o regime “torric” indique condições mais severas de aridez; **Udic** (Udus do latim = úmido); **Ustic** (Ustus do latim = seco), regime intermediário entre udic e aridic, ou seja, relativamente seco; **Xeric** (xeros do grego = seco) regime de umidade típico em áreas de climas Mediterrâneos onde os invernos são úmidos e frescos e os verões são mornos e secos.

Os regimes térmicos considerados no Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) baseiam-se na temperatura do solo, até a profundidade de 50 cm, e na diferença da temperatura média anual entre verão e inverno. São eles: **Cryic** (kryos do grego = frieza), significando terras muito frias, com temperatura média anual abaixo de 8°C; **Frigid** = temperatura média anual do solo abaixo de 8°C, diferindo de **Cryic** por apresentar um verão mais ameno, mais morno); **Mesic** = temperatura média anual do solo entre 8° e 15°C, com diferença maior que 6°C entre o verão e o inverno; **Thermic** = temperatura média anual do solo entre 15° e 22°C, com diferença maior que 6°C entre o verão e o inverno; **Hyperthermic** = temperatura média anual do solo mais alta que 22°C, com diferença maior que 6°C entre o verão e o inverno; **Isofrigid** = temperatura média

anual do solo mais baixa que 22°C; *Isomesic* = temperatura média anual do solo entre 8° e 15°C; *Isothermic* = temperatura média anual do solo entre 15° e 22°C; *Isohyperthermic* = temperatura média anual do solo é mais alta que 22°C.

Por exemplo, a classe de solo *Hapludox* (Grande Grupo) do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) foi formada pela junção dos prefixos *hapl* (haplous do Grego ~ simples; horizonte pouco desenvolvido) + *ud* (do Subgrupo *udic* = úmido) + *ox* (ox do latim ~ ferrugem e sol = solo; *ox* da Ordem dos *Oxisols*).

Quanto ao Referencial Básico para Recursos do Solo (WRB) (FAO, 1998a), trata-se de um sistema estruturado em dois níveis taxonômicos, sendo o primeiro formado por 30 grupos de solos, e o segundo denominado de níveis inferiores, que correspondem às subdivisões dos Grupos a partir da utilização de uma lista com 121 nomes (adjetivos) e 10 prefixos (complementação dos adjetivos). A classificação dos solos se baseia, como nos demais sistemas, em atributos de solo, definidos em termos de horizontes e características diagnósticas mais facilmente medidas e observadas no campo. No nível categórico superior (Grupos) as classes se diferenciam principalmente de acordo ao processo pedogenético principal, responsável pelas características dos solos, exceto quando materiais originários “especiais” são de importância determinante. Nos níveis categóricos inferiores as classes (Grupos) são diferenciadas de acordo com qualquer processo secundário de formação do solo, e em certos casos podem ser consideradas algumas características do solo que tenham efeito significativo para uso (FAO, 1998a).

Dos referidos 30 grupos de solos do WRB, 27 foram incorporados da antiga Legenda Revisada FAO (FAO, 1988), obviamente sendo feitas revisões destas, e alguns outros grupos da referida legenda foram incorporados em três novos Grupos de Solos no WRB. No WRB, diferentemente do Soil Taxonomy, não se faz uso de parâmetros climáticos na classificação de solos, pois consideram que estes devem ser utilizados para propósitos de interpretação, em combinação dinâmica com as propriedades do solo (FAO, 1998a). Este é um fato interessante, pois o SiBCS também não utiliza parâmetros climáticos na classificação de solos, mas poderia ser incluído caso dispusesse de tais informações, nos níveis categóricos mais baixos, Família e Série principalmente. No Soil Taxonomy, conforme já demonstrado, utilizam-se parâmetros climáticos (mais especificamente, regime hídrico e térmico do solo) para separação dos solos em Subordem e, com mais detalhes, nos níveis taxonômicos inferiores, justificável devido a importância do clima na duração do ano agrícola, nos Estados Unidos em especial.

Devido à condição de relativa estabilidade inata, em relação a mudanças causadas por efeitos antrópicos, o horizonte B é considerado o atributo distintivo para a maioria das classes de solos (Camargo et al., 1986). Daí, é importante de ser observado os critérios definidores dos horizontes B latossólico e B textural do SiBCS (Embrapa, 1999; e modificações de Embrapa, 2003), com seus respectivos horizontes “equivalentes” do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e WRB (FAO, 1998a), conforme apresentado na Tabela 2. Deve ser considerado na Tabela 2 que os horizontes B latossólico e B textural do SiBCS apresentam alguns critérios similares aos seus respectivos concernentes do Soil Taxonomy e WRB, e por tanto, são destacados apenas os critérios específicos ou adicionais usados no SiBCS.

Além das diferenças aqui destacadas existem algumas relativas à ênfase no processo de argiluvização, no horizonte B argílico do Soil Taxonomy, onde o atributo iluviação de argila é caracterizado não só pela diferença textural, mas também pelo atributo cerosidade, no sentido de filmes de argila (“clay skins”) revestindo superfícies de contato de agregados do solo. O mesmo é exigido no horizonte argílico no WRB. No SiBCS está é uma característica diagnóstica de alguns horizontes B texturais, mas não é

a única. Em especial nos LA e PA, onde, como já destacado por vários autores (Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Ribeiro, 1998 e 2001; Embrapa, 1999), a perda de argila no horizonte superficial é um importante mecanismo na gênese dos solos de tabuleiro. Neste caso, o gradiente textural não é necessariamente acompanhado da presença de cerosidade no horizonte B textural. Portanto, sua equivalência no Soil Taxonomy seria mais apropriada ao horizonte “kandic” que ao “argillic” (Estados Unidos, 1999).

Observando-se a Tabela 2 fica evidente que as diferenças nos critérios usados no SiBCS (Embrapa, 1999 e Embrapa, 2003) para definição dos horizontes diagnósticos B latossólico e B textural acabam criando certo conflito para o estabelecimento de equivalências dos solos entre os demais sistemas de classificação apresentados, e isto já em primeiro nível taxonômico. Uma interpretação da Tabela 2 indica que para o Soil Taxonomy e o WRB um horizonte B latossólico, por exemplo, equivale plenamente aos respectivos horizontes, “Oxic Horizon” ou “Horizonte Ferrálico”, enquanto que para o SiBCS, nem todo “Oxic Horizon” ou “Horizonte Ferrálico” equivalerá ao B latossólico. Ressalta-se, contudo, que tal especificidade de critérios definidores dos horizontes B latossólico e B textural do SiBCS decorreu do ganho de conhecimento sobre os solos brasileiros ao longo do tempo, pelos pedólogos que contribuíram para o desenvolvimento do referido sistema, sendo esta a forma encontrada para melhor discriminar a diversidade de solos do país.

Considerando-se haver equivalência entre os horizontes apresentados na Tabela 2 e, conseqüentemente, entre as classes de solos que cada um deles designa segundo o sistema de classificação taxonômica, sugere-se que os Latossolos e Argissolos, de maior expressão territorial nos tabuleiros (os LAs e PAs do SiBCS) equivalem-se, respectivamente, aos Oxisols e Ultisols ou Alfisols do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999), e aos Ferralsols e Acrisols do WRB (FAO, 1998b), conforme ilustra a Figura 5.

Tabela 2. Equivalências dos horizontes diagnósticos B latossólico e B textural do SiBCS (Embrapa, 1999; Embrapa, 2003) em relação aos do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e WRB (FAO, 1998a).

Sistemas de Classificação			Critérios específicos ou adicionais usados no SiBCS
SiBCS	Soil Taxonomy	WRB	
B latossólico	Horizonte óxico	Horizonte ferrálico	<p>a) não leva em consideração a relação textural B/A de argila, mas considera que o horizonte B latossólico não apresenta características diagnósticas de horizonte B textural, horizonte glei, B nítrico e plúntico; e é um horizonte presente abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial, exceto o hístico, e que tenha as seguintes características principais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - espessura mínima de 50 cm; - < 5% por volume de fragmentos de rocha ou saprolito; - grau de flocculação da argila igual ou próximo de 100% e o teor de argila dispersa < 20% desde que o horizonte tenha C-org $\leq 0,40\%$ e $\text{pH} < 0$ - < 4% de minerais facilmente intemperizáveis; - textura franco arenosa ou mais fina, sendo a relação silte/argila < 0,7 (solos de textura média) ou < 0,6 (solos de textura argilosa), isto até a profundidade de 200 cm (ou 300 cm se o horizonte A exceder 150 cm de espessura); - a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (índice ki) $\leq 2,2$; - CTC < 17 cmolc/kg de argila, sem correção para carbono; - cerosidade, quando presente, é no máximo pouca e fraca.
B textural	Horizonte argílico	Horizonte árgico	<p>a) os critérios que definem a presença de gradiente textural (razão média do conteúdo de argila do horizonte B/A), excluindo o BC, são diferentes, com índices muito mais elevados no SiBCS;</p> <p>b) o gradiente textural não é requerido para: (i) solos de textura média e com ausência de unidades estruturais que apresente argila iluvial, em quantidade no mínimo comum; (ii) solos de textura média com estrutura prismática ou em blocos subangulares e cerosidade no mínimo moderada; ou estrutura fraca conjugada com cerosidade forte; ou estrutura forte conjugada com cerosidade fraca; tudo isto apresentado dentro de 100 cm a partir do horizonte B; (iii) solos com gradiente textural maior que 1,4, conjugado com presença de fragipã dentro de 200 cm da superfície, desde que não satisfaça os requisitos para horizonte B espódico; (iv) solos de textura argilosa que apresente estrutura em blocos subangulares fraca e cerosidade no mínimo comum e fraca conjugada com o aumento da relação silte/argila em profundidade; ou estrutura em blocos fraca conjugada com cerosidade no mínimo pouca e moderada (a estrutura o exclui do B nítrico); ou estrutura moderada e cerosidade comum e fraca (cerosidade o exclui do B nítrico), ou teor de argila dispersa $\geq 20\%$ dentro de 100 cm a partir do topo do horizonte B, desde que este horizonte apresente C-org. $\leq 0,40\%$ e $\text{pH} < 0$; estrutura forte e cerosidade no mínimo comum e moderada, conjugadas com teor de argila total < 300 g/kg de solo no horizonte A e relação textural B/A > 1,5; estrutura moderada e cerosidade abundante e moderada, ou comum e forte ou abundante e forte, conjugadas com teor de argila total < 350 g/kg de solo no horizonte A e relação textural B/A > 1,5.</p>

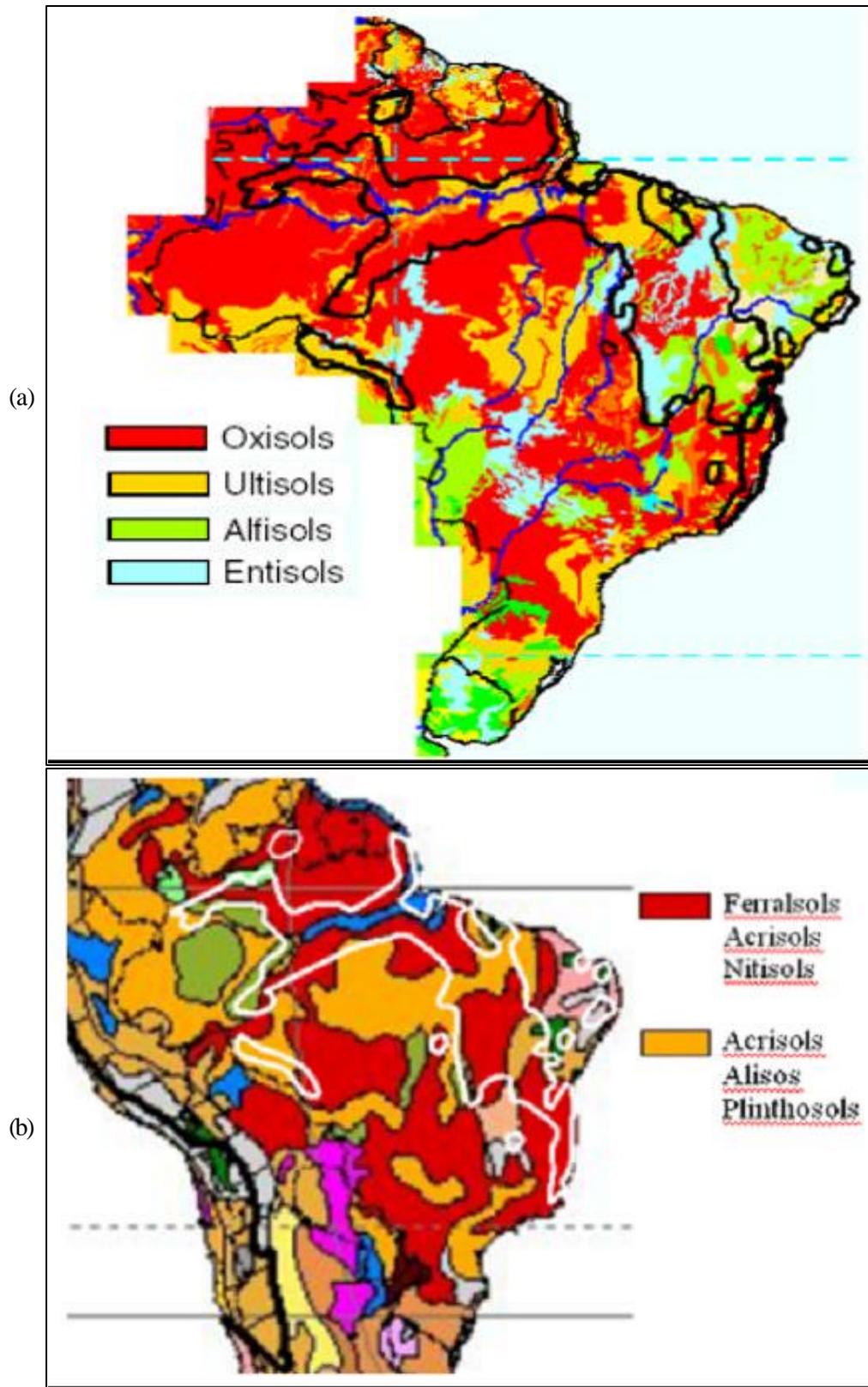


Figura 5. Adaptação do Mapa de Solos do Brasil segundo o Sistema Americano (Estados Unidos, 1999) (a) e o WRB (FAO, 1998b) (b), destacando-se a expressão dos LAs e PAs neste contexto (contornos obtidos do “Buffer” da Figura 1).

A comparação tentativa de equivalência entre os LAs e PAs do SiBCS (Embrapa, 1999), até o terceiro nível taxonômico, com os solos supracitados do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e do WRB (FAO, 1998a), é apresentada na Tabela 3 e na Tabela 4, respectivamente, sendo que no WRB o nível categórico mais homogêneo é chamado de nível inferior, em seguida a Ordem, mas que equivale mais para o terceiro que o segundo nível categórico dos demais sistemas em questão. “Exercício” semelhante ao apresentado aqui foi feito por Camargo et al. (1986), onde consideraram não apenas os LAs e PAs, mas dezesseis classes de solos usadas em levantamentos pedológicos, na época, no Brasil. Analisando-se a Tabela 3 e a Tabela 4, é fácil perceber que as comparações de equivalência entre os solos dos diferentes sistemas de classificação são difíceis e confusas, e até mesmo injustificáveis, uma vez que uma classe de solo do SiBCS pode ser equivalente a mais de uma classe pelos demais sistemas. Camargo et al. (1986) também chegaram a estas mesmas conclusões, atribuindo tal fato a uma grande dispersão entre as subclasses de solos dos diferentes sistemas de classificação de solos.

Observando-se a Tabela 3, verifica-se que as classes de solos do terceiro nível taxonômico do SiBCS foram equivalentes a várias classes de solos (inclusive a nível de Grupo) do Soil Taxonomy, independentemente da condição climática considerada pelo Soil Taxonomy. Este fato sugere que a utilização de parâmetros climáticos como característica diferencial de solos no segundo nível categórico parece não fazer muito sentido. No entanto, o seu uso como característica diferencial em níveis hierárquicos inferiores, principalmente Família e Série, é de extrema importância, pois estes níveis taxonômicos servem como ferramenta auxiliadora de interpretação dos sistemas de classificação de solos para fins de uso dos recursos naturais, solo e água.

Verificando-se a Tabela 3 e a Tabela 4, verifica-se que houve grande dispersão na equivalência entre as classes de solo, sendo provocada, no caso do Soil Taxonomy, principalmente pela utilização de parâmetros climáticos como característica diferencial de Subordem, e no caso do WRB, devido aos atributos (em sua maioria propriedades dos solos) indicadores de processos pedogenéticos como nível inferior discriminante de Ordens, os quais são utilizados pelos sistemas nacionais para agrupar solos homogêneos no terceiro nível categórico de classificação, até se chegar ao quarto nível categórico com a aplicação de critérios que identificam o solo típico.

Tabela 3. Equivalência de classificação dos LAs e PAs do SiBCS (Embrapa, 1999), até o terceiro nível taxonômico, com o Sistema Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999).

SiBCS (Embrapa, 1999)			Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999)		
Ordem	Subordem	Grande Grupo*	Great Group	Suborder	Order
Latossolo	Amarelo	Coeso ¹	Acrotorrox ^{2,3}	Torrox	Oxisols
		Acriférrico ²	Eutrotorrox ^{4,5,6}		
		Ácrico ³	Haplotorrox ^{4,5}		
		Distróférico ⁴	Acrustox ^{2,3}	Ustox	
		Distrófico ⁵	Eustrustox ^{4,5,6}		
		Eutrófico ⁶	Haplustox ^{4,5}		
Argissolo	Amarelo	Distrófico ⁷	Acrudox ^{2,3}	Udox	Ultisols
			Eutrófico ⁸		
		Fragiudults ^{7,8}			
		Hapludults ^{7,8}	Ustults		
		Haplustults ^{7,8}	Udults		
		Durustalfs ^{7,8}			
		Haplustalfs ^{7,8}			
		Fragiudalfs ^{7,8}	Ustults	Alfisols	
Hapludalfs ^{7,8}					

* Os números iguais nas colunas Grande Grupo e 'Great Group' indicam possibilidades de equivalência de classificação de uma classe de solos do SiBCS em relação ao Soil Taxonomy. Por exemplo: não há correspondência de classificação para o Grande Grupo Coeso do SiBCS, enquanto que para o Grande Grupo Acrico³ do SiBCS há correspondência com o Great Group Acrustox^{2,3} do Soil Taxonomy.

Tabela 4. Equivalência de classificação dos LAs e PAs do SiBCS (Embrapa, 1999), até o terceiro nível taxonômico, com o nível inferior do WRB (FAO, 1998a).

SiBCS (Embrapa, 1999)			WRB (FAO, 1998a)	
Ordem	Subordem	Grande Grupo*	Nível Inferior	Ordem
Latossolo	Amarelo	Coeso ¹	Acrico ²	Ferralsoles
		Acriférrico ²	Alúmico ²	
		Ácrico ³	Háplico ⁶	
		Distróférico ⁴	Hiperdístrico ^{4,5}	
		Distrófico ⁵	Xántico ^{2,3,4,5,6}	
		Eutrófico ⁶		
Argissolo	Amarelo	Distrófico ⁷	Abrúptico ^{7,8}	Acrisoles
			Eutrófico ⁸	
		Háplico ^{7,8}		
		Hiperdístrico ⁷		
		Profúndico ^{7,8}		

* Os números iguais nas colunas Grande Grupo e Nível Inferior indicam possibilidades de equivalência de classificação que podem existir entre uma classe de solos do SiBCS em relação ao WRB. Por exemplo: não há correspondência de classificação para o Grande Grupo Coeso do SiBCS, enquanto que para o Grande Grupo Acrico³ do SiBCS há correspondência com o Nível Inferior Xántico^{2,3,4,5,6} no WRB.

2.2.2 Desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

Segundo Coelho e Rossi (2001), as bases da pesquisa pedológica no Brasil tiveram início em 1887 com F.W. Dafert, primeiro diretor da antiga Estação Agronômica, hoje Instituto Agronômico do Estado de São Paulo (IAC). Para Santos et al. (2001), o início dos estudos de solos no Brasil, do ponto de vista pedológico, remonta à década 30, no Nordeste brasileiro e em São Paulo, para fins de irrigação e conservação. Contudo, parece ser consenso que foi a partir de 1947, com a criação da Comissão de Solos do Ministério da Agricultura que a classificação de solos em nível nacional ganhou força, norteadas por um programa definido através de metas e objetivos pedológicos específicos. A referida Comissão tinha a meta de suprir rapidamente a falta de informações sobre as potencialidades e as limitações dos solos brasileiros, dando início aí aos trabalhos de levantamento de solos do tipo reconhecimento-exploratório.

O referencial inicial utilizado para classificação dos solos no Brasil baseava-se nos trabalhos de Baldwin et al. (1938) e Thorp & Smith (1949). Este primeiro referencial trouxe uma série de problemas para os pedólogos da época, pois vários dos solos mapeados não tinham qualquer correspondência ou não se ajustavam satisfatoriamente às definições e critérios utilizadas por Baldwin et al. (1938) e Thorp & Smith (1949).

Na medida em que se aumentava o conhecimento dos solos brasileiros aumentava-se também a necessidade de criação de um sistema de classificação de solos compatível com a realidade dos solos do país, desde a identificação dos solos em níveis categóricos mais elevados, até repartições mais específicas, com classes mais homogêneas (Oliveira, 2004; Embrapa, 1999; Santos et al, 2001). E é dessa necessidade que em 1978 é criado, pelo então Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, o projeto “Desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos”, pois até esta época as principais referências para classificação de solos do Brasil eram o “Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros” (Bennema & Camargo, 1964) e o “Delineamento esquemático dos solos do Brasil” (Camargo & Bennema, 1966).

De 1947 até 1978 os solos do Brasil eram classificados por referências baseadas no Sistema de Classificação dos Estados Unidos, desde as aproximações do Sistema Norte Americano de Classificação de Solos até o desenvolvimento do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1975), bem como por alguns conceitos e critérios firmados no esquema referencial do mapa mundial de solos (FAO, 1974). Após este período, no intuito de promover o desenvolvimento do SiBCS, começaram a surgir as Aproximações sucessivas e evolutivas do SiBCS, sendo: 1ª Aproximação (Embrapa, 1980), 2ª Aproximação (Embrapa, 1981), 3ª Aproximação (Embrapa, 1988), 4ª Aproximação (Embrapa, 1997).

Depois do lançamento da 4ª Aproximação o Projeto de Classificação de Solos ficou paralisado até sua retomada definitiva em 1996, quando sob uma nova concepção metodológica e intensa e efetiva participação de pedólogos de diferentes instituições do país é finalmente lançada, em 1999, a primeira edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). O desenvolvimento do SiBCS contou com a participação de 25 instituições públicas de pesquisa, ensino e extensão e envolvimento de cerca de 65 representantes destas instituições, fato considerado fundamental no processo de reformulação do sistema, conceituações, definições e organização geral da classificação (www.cnps.embrapa.br/search/novids/oqvai8/oqvai8.html).

É sabido que uma série de fatores contribuiu para que o SiBCS não estivesse disponível há mais tempo, sendo destacado por Oliveira (2004) os seguintes: a) a grande

extensão territorial do país e a precária rede de estradas em grande parte do território; b) ausência de cartas topográficas em escala grande e de fotos aéreas; c) incipiente conhecimento dos solos do país; d) condições econômicas do país; e) elevado custo de execução dos levantamentos e publicação de mapas.

De acordo com Embrapa (1999), o referido SiBCS consiste numa evolução do antigo sistema Americano, e o ponto de referência inicial para seu desenvolvimento efetivo foi a 3ª Aproximação do sistema (Embrapa, 1988) juntamente com uma série de publicações: Mapa Mundial de Suelos (FAO, 1990), Référentiel Pédologique Français e Référentiel Pédologique (Association Française pour L'Étude du Sol, 1990 e 1995), Keys to Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1994 e 1998) e Word Reference Base for Soil Resources (FAO, 1994 e 1998), seguindo a uma intensa revisão dos parâmetros e critérios utilizados na 4ª Aproximação (Embrapa, 1997) e incorporação de conhecimentos baseados em pesquisas geradas no país e no exterior. O SiBCS (Embrapa, 1999) foi concebido para ser estruturado em seis níveis categóricos, sendo que atualmente encontra-se desenvolvido até o quarto nível categórico, compreendendo portanto, as seguintes categorias: Ordem, Subordem, Grande Grupo e Subgrupo. Para Família e Série são apresentadas sugestões de atributos que podem ser usados para classificar os solos nestes níveis taxonômicos.

O Sistema Norte Americano (Estados Unidos, 1999) teve a sua organização estruturada e hierarquizada de maneira ascendente (Família → Ordem), enquanto que o SiBCS foi estruturado e hierarquizado de maneira descendente (Ordem → Sub-grupo). Acontece que, no extenso território dos Estados Unidos da América, os levantamentos detalhados dos solos tiveram início há mais de 100 anos e utilizaram a Série como nível categórico básico, ou seja, partiram do conhecimento da população de solos identificados ao nível de Série agregando-as em níveis categóricos sucessivamente mais elevados. Tais levantamentos formaram um imenso “banco de dados” relativo à caracterização de perfis representativos de muitas Séries de solos cartografadas em mapas municipais (Lepsch, 2002; Oliveira, 2004). Conforme assinala Lepsch (2002), por volta de 1951, cerca de milhares dessas Séries de solos haviam sido identificadas e mapeadas, surgindo assim à necessidade de agrupá-las (em mapas estaduais, por exemplo) usando níveis categóricos adequados. No Brasil, os levantamentos de solos disponíveis são, em sua grande maioria, generalizados, levantamentos de reconhecimento e exploratório, principalmente, sendo este um dos motivos pelo qual não foi possível proceder com a hierarquização do SiBCS de forma ascendente, e por isso foram agregando-se os atributos diagnósticos em níveis categóricos sucessivamente mais homogêneos, chegando-se atualmente até o 4º nível categórico.

O SiBCS baseia-se preferencialmente nos atributos morfopedológicos, os quais são indicadores dos processos de formação do solo. Sua característica é ser multicategórico, pois comporta a hierarquização de várias categorias; ser descendente, ou seja, está estruturado partindo-se de classes de categoria mais elevada (classes de solo de maior generalização) para classes de categoria mais baixa (menor generalização); e ser aberto, pois admite a incorporação de classes de solos recém-conhecidas, conforme preconizado desde a 1ª Aproximação do SiBCS (Embrapa, 1980) e consolidado com o lançamento do SiBCS (Embrapa, 1999).

A atual estrutura do SiBCS abrange 14 classes no 1º nível categórico (Ordem), de acordo com os grandes processos de formação que lhes deram origem, que por sua vez se subdividem em 44 classes no 2º nível (Subordem), conforme a intensidade de atuação destes processos, em 150 classes no 3º nível (Grande Grupo), com base nas propriedades resultantes de processos pedogenéticos, como tipo e arranjo de horizontes, atividade da fração argila, saturação por bases, por alumínio ou por sódio e teores de

sais solúveis, e 580 classes no 4º nível (Subgrupo), diferenciadas por critérios de conceito central de classe (solo típico) e características (e propriedades) intermediárias ou extraordinárias (solos transicionais). E embora o SiBCS tenha apresentado uma lista de características diferenciais e de propriedades que poderão ser utilizadas para a classificação no 5º nível (Família) e no 6º nível (Série), tal estruturação requer necessariamente o conhecimento de um razoável número de “pedons” a fim de poder-se avaliar a extensão da variação dos atributos (características e propriedades) e a relação do solo – paisagem onde eles ocorrem (Oliveira, 2004).

Acredita-se, contudo, que a edição atual do SiBCS, em processo de revisão e atualização, é um tipo desejável de classificação hierárquica (chave de classificação), multicategórica, descendente e aberta para inclusão de novas classes à medida que o país vai sendo mais bem conhecido, o que será possível na medida em que sejam feitos mais levantamentos de solos, menos generalizados (levantamentos semidetalhados e detalhados) e abrangentes. E para que o SiBCS continue evoluindo (aperfeiçoando) será necessário dentre outras coisas: (i) aumentar do número de áreas mapeadas, principalmente em escalas menos generalizadas e mais abrangentes em extensão geográfica; (ii) continuar com as viagens de correlação; (iii) execução de levantamento de solos segundo normatização de descrição e coleta de solos no campo, bem como homogeneização dos métodos analíticos, conforme as peculiaridades dos solos; (iv) formação de novos pedólogos, para que não se deixe perder, dos pedólogos mais experientes, o valioso conhecimento dos solos brasileiros, adquirido ao longo do tempo e com muita dificuldade.

2.2.3 Principais questionamentos sobre a classificação dos LAs e PAs

Informações obtidas de Atas do Comitê Executivo de Classificação de Solos do Brasil demonstram que há necessidade de validação do SiBCS, sendo destacadas a seguir algumas questões relevantes que os pedólogos precisam avaliar para ratificação e/ou aperfeiçoamento dos critérios propostos pelo SiBCS (Embrapa, 1999), em especial para as classes de Latossolos e Argissolos.

- a) Definição de uma determinada seção de controle do solo para aplicação dos critérios de cor do solo;
- b) Identificação de horizontes e/ou subhorizontes e subscritos específicos em uma determinada seção de controle do solo, para verificação de alguns atributos do solo;
- c) Estabelecer uma tabela de contingência entre o caráter eutrófico ou distrófico dos perfis, o valor de soma de bases e o de saturação por bases no horizonte B;
- d) Estudar uma possível relação entre o teor de argila total e os teores de óxidos de ferro no horizonte subsuperficial, para os Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuros.

Tais questões, obviamente sobre a população de perfis já descritos no país, principalmente sobre os mais representativos em termos de extensão territorial, só poderão ser respondidas com eficiência e precisão, a partir de consultas estruturadas e orientadas por pedólogos experientes a um banco de dados de solos.

Segundo Embrapa (1999), foi a partir do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (Brasil, 1960) que pela primeira vez, no Brasil, os conceitos do horizonte B latossólico e horizonte B textural passaram a ser empregados como critério diagnóstico para estabelecimento e definição de classes de solos em se tratando de sistema natural de classificação.

A distinção taxonômica entre Latossolos e Argissolos ainda não está bem caracterizada, uma vez que vários aspectos morfológicos, físicos, químicos e

mineralógicos são comuns a ambas as classes e ao próprio material originário, sendo a presença dos horizontes diagnósticos B latossólico ou B textural o critério discriminatório único entre estas duas classes de solos, com exceção é obvio da cor. Em relação aos LAs e PAs, destacam-se como principais características destes solos o caráter coeso, a topografia plana ou suave ondulada, a baixa fertilidade natural e uma isotropia vertical da morfologia dos horizontes, principalmente nos LAs (Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Jacomine, 1996).

As classes dos LAs e PAs, apesar de criadas inicialmente para abrigarem os solos de tabuleiro, segundo a definição do atual SiBCS (Embrapa, 1999), abrigam também, ainda que em menor extensão, entre outros, Latossolos Amarelos formados em materiais de origem, clima e relevos diversos. Um exemplo são os Latossolos variação Una, inicialmente identificados na região cacauzeira do sul da Bahia. E por outro lado, da mesma forma que há Latossolos Amarelos em materiais de origem, clima, e relevo diversos, também há Latossolos Vermelho-Amarelos na feição “tabuleiro”, como por exemplo, os Latossolos Vermelho-Amarelos fase terraço, encontrados ao leste do Estado de São Paulo, e outros no interior da Bahia.

Segundo Oliveira et al. (1992), a denominação de Latossolos Amarelos adveio da denominação “Kaolinitic Yellow Latosols”, a partir dos estudos de Sombroek (1966) na Amazônia. No entanto, uma das primeiras tentativas de caracterizar os solos do Brasil, conhecida como ‘Delineamento Esquemático dos Solos do Brasil’ (Camargo & Bennema, 1966), não contemplava os Latossolos Amarelos, apesar de reconhecerem que a coloração dos Latossolos variava de vermelho até amarelo ou bruno forte. Já a denominação dos Argissolos Amarelos (PAs) surgiu com a publicação do SiBCS (Embrapa, 1999), e antes disso, estes solos recebiam a denominação de Podzólicos Amarelos (PAs), num período compreendido entre o início da década de 80 até a publicação do SiBCS, pois antes da década de 80 eram denominados de Podzólicos Vermelho-Amarelos.

Na primeira identificação e classificação sistemática dos solos de tabuleiro no Brasil, na região Norte Fluminense (Brasil, 1958), os Latossolos Amarelos e os Argissolos Amarelos ali compreendidos foram incluídos na classe Regolatosol Amarelo fase tabuleiro. Esta primeira classificação já pressupõe, de forma implícita, o menor desenvolvimento genético dos solos de tabuleiro da referida região, o que foi indicado por Anjos (1985). Brasil (1970), em trabalhos de levantamento de reconhecimento dos solos da zona do Médio Jequitinhonha (MG) também reconheceu e classificou solos relacionados aos sedimentos não consolidados da formação terciária como Regolatosol Amarelo (fase tabuleiro). De 1958 até 1979 a grande maioria dos solos de tabuleiro reconhecidos no Brasil foi classificada como Latosol Vermelho Amarelo Distrófico e Podzólico Vermelho Amarelo Tb. O caráter coeso passou a ser mencionado no 4º nível categórico (subgrupos) a partir de 1975, incluso como Latosol Vermelho Amarelo Distrófico coeso, em decorrência dos levantamentos de solos dos estados de Sergipe (Embrapa, 1975a) e Alagoas (Embrapa, 1975b).

A atribuição da cor amarela dada aos solos de tabuleiro foi feita pela primeira vez por Brasil (1958), sendo os solos classificados como Regolatosol Amarelo (fase tabuleiro). Em virtude dos trabalhos de Day (1959) e Sombroek (1961) na região Amazônia, Sombroek (1966), em levantamento de reconhecimento, os solos relacionados ao Terciário na referida região foram classificados como Latossolos Amarelos Cauliníticos. O Projeto RADAMBRASIL (1974), em seus levantamentos de solos no Estado do Pará, também classifica os solos relacionados ao Terciário como Latossolos Amarelos. No entanto, tudo indica que foi a partir da I Reunião de Classificação e Interpretação da Aptidão Agrícola dos Solos, realizada em 1978

(Reunião..., 1979a; Jacomine, 1979), que a cor amarela atribuída à classe dos Latossolos de tabuleiro passou a substituir a denominação ‘Vermelho Amarelo’. Logo em seguida, em virtude da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos (Reunião..., 1979b) e do Estudo expedito de solos do Estado do Rio de Janeiro para fins de classificação, correlação e legenda preliminar (Embrapa, 1980b), que começa a ser cogitada a distinção também para os Podzólicos Vermelho-Amarelos.

Os Podzólicos Amarelos (hoje Argissolos Amarelos) passaram a ser reconhecidos a partir de meados da década de 80 e até então os solos dessa classe estavam sendo indevidamente incluídos na classe dos Podzólicos Vermelho-Amarelos Rezende (2000). Da mesma forma, pode-se dizer também que os Latossolos Amarelos estavam sendo indevidamente incluídos na classe dos Latossolos Vermelho-Amarelos. No que diz respeito à distinção da classe Podzólico Vermelho-Amarelo, mesmo sem haver um reconhecimento formal da legenda de classificação da época, IAA/Sondotécnica (1983) e RADAMBRASIL (1983) em trabalhos de levantamento de solos de tabuleiro na região Norte Fluminense já classificam os solos com horizonte B textural neste ambiente como Podzólicos Amarelos.

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), pode-se constatar que, por definição, pertencem às classes dos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos os solos que apresentarem matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). A principal distinção entre LAs e PAs se deve à presença ou não do gradiente textural (relação textural B/A), sendo que para sua determinação leva-se em consideração o teor de argila e a espessura dos horizontes A e B. A constatação de que há gradiente textural expressivo caracteriza o horizonte B textural.

Anjos (1985), ao dissertar sobre o sistema de classificação de solos adotado na época (1ª e 2ª aproximação, Embrapa (1980a) e Embrapa (1981), respectivamente), destaca que os referidos sistemas, utilizados nos levantamentos de solos são principalmente uma taxonomia descritiva, que utiliza diversas propriedades (características) diagnósticas do Sistema Americano de Classificação (Estados Unidos, 1975), de maneira que a diferenciação entre as classes de solos com horizonte B textural e B latossólico, em solos de tabuleiro, deve-se principalmente à presença ou não de gradiente textural, com ou sem cerosidade no horizonte B. Anjos (1985) considerou para os perfis de seu estudo que o pequeno grau de evolução genética deveria ser uma diferencial mais importante que a presença de gradiente textural, sugerindo que embora os solos de tabuleiro sejam classificados como solos com horizonte B textural ou B latossólico, estes seriam mais apropriadamente classificados como solos com horizonte B de pequena evolução genética. Segundo UFV (1984), os Podzólicos do Grupo Barreiras podem possuir horizonte B textural indistinguível (mineralogia, estrutura, cerosidade, profundidade, cor etc.) do horizonte B do Latossolo Amarelo.

Boa parte dos solos dos tabuleiros apresenta um pequeno horizonte A arenoso assente sobre grandes espessuras de horizontes constituídos por uma massa latossólica. Nestes casos, devido à presença de um gradiente textural, esses solos mudam de classe, passam para Argissolos, quando do ponto de vista genético e, até certo ponto morfológico, são apenas “Latossolos com gradiente textural” (Ribeiro, 2001). Acontece, porém, que para priorizar o enquadramento dos Latossolos em detrimento aos Argissolos seria necessário aumentar os índices de relação textural B/A, os quais já são considerados elevados se comparados com o que é utilizado pelo Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999), exceto para teores de argila no horizonte A menores que 15%, onde o critério utilizado pelo SiBCS apresenta índices menores.

Os conceitos de horizonte B latossólico (processo de latolização) e horizonte B textural (processo de eluviação/iluviação de argila), empregados no Brasil a partir de 1960 como critérios diagnósticos para estabelecimento e distinção das classes Latossolo e Podzólico, respectivamente, são coerentes para solos autóctones, formados a partir de rocha matriz 'in situ'. No entanto, estes mesmos conceitos foram e ainda continuam sendo utilizados para definição e distinção dos solos de tabuleiro, solos alóctones, formados a partir de sedimentos pré-edafizados, cujos processos de formação ainda não estão bem definidos (Nascimento, 2001).

Quanto aos solos coesos dos tabuleiros, estes foram constatados primeiramente na região Norte Fluminense (tabuleiros costeiros), durante o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio de Janeiro (Brasil, 1958). No trabalho de Brasil (1958) a estrutura do horizonte B é descrita como fraca fina granular, coerente, porosa, sendo que a coerência confere a este solo estrutura próxima da maciça, e salienta ainda que, quando secos, apresentam resistência à penetração do martelo pedológico, mas que se tornam friáveis ou muito friáveis com pequeno teor de umidade. Os primeiros estudos relacionados à formação dos horizontes coesos foram feitos em Recife, por Oliveira et al. (1968).

Segundo Jacomine (1996), em geral, a parte coesa endurecida (tenaz), coincide com uma faixa compreendida entre 20 e 60 cm, podendo atingir maiores profundidades. Essa parte endurecida corresponde normalmente aos horizontes AB (A₃) e/ou BA (B₁), podendo chegar ao topo do B. A constatação de horizontes coesos caracteriza-se como informação de capital importância agrônômica, conforme ressaltou Rezende (2000). Segundo o autor, seu efeito atinge diretamente o espaço poroso do solo, prejudicando sensivelmente a dinâmica do ar, da água e dos nutrientes, a temperatura do meio, os microorganismos e o crescimento radicular das plantas.

O caráter coeso, comum em solos de tabuleiro, principalmente nos tabuleiros costeiros, é considerado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) como característica diferencial no 3º nível categórico (Grande grupo) dos Latossolos Amarelos (Latossolos Amarelos Coesos). Para a classe dos Argissolos Amarelos e Acinzentados o caráter coeso não foi incluído pelo referido Sistema como característica diferencial de classificação, possivelmente por entenderem que este caráter se manifesta em todas as classes de Argissolos relacionadas aos solos de tabuleiro, e sendo assim, não caberia seu enquadramento como característica diferencial. No entanto foi sugerida a inclusão do caráter coeso como característica diferencial no 3º nível hierárquico dos Argissolos Amarelos e Argissolos Acinzentados, tal como vem sendo feito para os Latossolos Amarelos (Nascimento, 2001), sendo constatado inclusive registros de horizontes coesos em Argissolos Amarelos e Argissolos Acinzentados no trabalho de Jacomine (2001). A inclusão do caráter coeso como característica diferencial no 3º nível hierárquico dos Argissolos Amarelos foi feita pelo Comitê Executivo de Classificação de Solos em 2003 (Embrapa, 2003a).

Durante a I Reunião de Classificação e Interpretação da Aptidão Agrícola dos Solos (Jacomine, 1979), e posteriormente num Comunicado (Comunicado 03, cnps.embrapa.br/sibcs/atas/com03.html) do Comitê Executivo de Classificação de Solos, são apresentados e discutidos os principais critérios de classificação distintivos dos Latossolos Amarelos de tabuleiro em relação aos Latossolos Amarelos do Cristalino e aos solos Vermelho-Amarelos, sendo destacadas as seguintes características nos Latossolos Amarelos de tabuleiro: morfologia expressa por maior grau de coesão entre partículas, estrutura mais para maciça sem blocos definidos, consistência dura a muito dura ou extremamente dura quando seco, horizonte B latossólico abaixo do B coeso; relação silte/argila muito baixa, geralmente < 0,25; tipicamente cauliniticos (Ki entre

1,7 e 2,1); teores de “Al” mais altos que de “Fe” ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 > 6,0$), teores de Fe_2O_3 muito baixos (inferiores a 7% (70 g kg^{-1}) na grande maioria dos solos não concrecionários lateríticos e/ou sem plintita); cores amarelas (amarelo, amarelo-brunado, brunado-amarelado, bruno-amarelado-claro, bruno-forte) no horizonte B até cerca de 1,5 m, com matizes 10YR a 7,5YR, valores altos (5 a 7) e cromas 4 ou maiores (6 a 8 na grande maioria dos solos).

Em relação aos Latossolos Amarelos, fora do ambiente dos tabuleiros e terraços, o referido Comunicado descreve-os da seguinte maneira: são solos que apresentam estrutura mais bem definida, em blocos fraca a moderada, geralmente com fraco grau de coesão entre partículas (pouco coesos ou não coesos); são friáveis a muito friáveis; apresentam policromia freqüente em profundidade; apresentam consistência a seco mais para ligeiramente duro a duro; apresentam B latossólico mais espesso; os teores de Fe_2O_3 são mais altos ($> 8\%$, em geral 9% (90 g kg^{-1})), e a relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ é mais baixa que a dos Latossolos Amarelos de tabuleiros; e são caulíníficos-oxídicos.

Ainda sobre a I Reunião de Classificação e Interpretação da Aptidão Agrícola dos Solos (Jacomine, 1979), em que foi proposta a inclusão dos solos de tabuleiro nas classes dos Latossolos Amarelos e Podzólicos Vermelho-Amarelos, foram apresentadas também as principais características do Podzólico Vermelho-Amarelo, sendo: solos com horizonte B textural, não hidromórficos, com distinta individualização de horizontes, decorrente da acentuada diferença de textura, cor e estrutura, tendo seqüência de horizontes A (A_1 , A_2 e/ou A_3), Bt e C, usualmente com transições claras ou abruptas de A para o Bt; solos moderadamente profundos a profundos (raramente rasos); apresentam cores desde vermelhas até amarelas no horizonte Bt; vias de regra apresentam um gradiente textural alto, com valores entre 2,0 e 2,4, tendo variações extremas de 1,5 a 8,0 ou mais.

Dentre as principais dúvidas sobre a classificação dos LAs e PAs destacam-se: (i) definição sobre o critério de cor (matiz, valor e croma), seção de controle, levando em considerando os solos Amarelos de ambiente de tabuleiro versus outros Amarelos, bem como os solos Vermelho-Amarelos sob Tabuleiro; (ii) distinção dos LAs e PAs (na verdade Latossolos e Argissolos) pelo critério de relação textural (índices de relação textural B/A). Será que os índices estão baixos? Ou será que há mais solos com horizontes B textural do que se imagina?; (iii) Sobre o caráter coeso, qual é a melhor forma de identificar e/ou medir a coesão em LAs e também em PAs? (iv) Sobre os perfis modais de LAs e PAs, quais as amplitudes de variação dos atributos destes solos a serem utilizadas na estruturação dos 5º e 6º níveis categóricos do SiBCS?

2.2.4 Desafios para o estabelecimento de famílias e séries no SiBCS e importância da identificação de perfis modais (típicos)

O estabelecimento dos critérios diferenciadores entre classes de solos é uma ação totalmente artificial e subjetiva, criada (e arbitrada) pela mente do homem, conforme pode ser constatado no que foi apresentado no item anterior (item 2.2.2). Para as classes de solos até a categoria de Subgrupo encontram-se no SiBCS (Embrapa, 1999) os critérios identificadores de cada classe, o mesmo não se dá ao nível de Família e de Série pois, tais categorias, ainda não estão estruturadas (Oliveira, 2004). Neste particular, entende-se que os critérios diferenciadores entre classes de solos vão sendo acrescentados, melhorados, substituídos, adaptados, obviamente por meio de raciocínio lógico, a partir do ganho de conhecimento e/ou informação ao longo do tempo, e isto é válido para qualquer que seja a Ciência.

Os 5º e 6º níveis categóricos (Família e Série, respectivamente) constituem-se nos sistemas de classificação de solos os níveis categóricos mais baixos, com a Série

representando a classe mais homogênea dentro deste sistema, e com filiação direta com outras classes de níveis categóricos mais elevados (Família, Subgrupo, Grande Grupo, Subordem, Ordem). A rigor, não há ainda nenhuma Série oficialmente estabelecida pelo SiBCS. As poucas Séries que por ventura se encontram em levantamentos de solos executados no Brasil, correspondem a classes de solos cujos critérios identificadores, foram estabelecidos sem levar em conta a hierarquia existente no SiBCS e/ou sem um controle oficial que a tenha considerado como Série (Oliveira, 2004).

Os critérios quantitativos usados para discriminar as Séries dentro das Famílias terão que apresentar uma amplitude menor do que a utilizada na categoria de Família ou nas categorias mais elevadas. Em decorrência do grande número de características e propriedades de diagnóstico do solo, utilizadas para estruturação das Séries, e pela pequena amplitude de variação que estas têm que ter, seu conceito está intimamente ligado ao uso interpretativo dos sistemas de classificação de solos para fins agrícolas e geotécnicos (Baldwin et al., 1938; Wilson et al., 1947; Butler, 1980; Oliveira, 2004). Por isso, o número de classes de Família e de Série tornou-se imprevisível no SiBCS. Para se ter uma idéia, o Sistema de Classificação de Solos dos Estados Unidos (Estados Unidos, 1999) é formado por 12 classes no 1º nível categórico (Ordens) e mais de 19 mil classes no 6º nível categórico (Séries). Salienta-se, contudo, que o uso interpretativo dos sistemas de classificação de solos para fins agrícolas tem que considerar o clima, sendo o balanço hídrico climático (BHC) o modelo mais utilizado, enquanto que para fins geotécnicos há necessidade de estudar, além do BHC, a intensidade e a duração das chuvas. Segundo Jacomine (2001), é desejável, tanto quanto possível, o uso de atributos morfológicos na discriminação de classes do 5º nível, como por exemplo, grupamentos de classes texturais (mais detalhadas que as empregadas atualmente), tipos de horizonte "A" (quando não foram utilizados na distinção de classes em níveis mais elevados), profundidade do solo, classes de drenagem. E para o 6º nível categórico devem-se buscar atributos que discriminem classes de solos por sua importância utilitária.

Para o desenvolvimento destes dois níveis categóricos no SiBCS, será essencial a busca de informações geradas em levantamentos pormenorizados (detalhados, principalmente) e avaliar nas classes de solos mapeadas a amplitude dos atributos que se julgarem aplicáveis na discriminação de classes dos referidos níveis (Embrapa, 1999; Jacomine, 2001, Oliveira, 2004). O estabelecimento de uma Série requer necessariamente o conhecimento de um razoável número de pedons para se conhecer a extensão da variação dos atributos e a relação do solo-paisagem onde os solos de uma série ocorrem. Ou seja, a Série não só tem que ter características de perfil de solo bem definidas, mas também tem que ocupar uma área representativa na paisagem.

Estima-se o número de perfis de solos descritos no Brasil em 30 mil, um número muito pequeno se considerado sua extensão territorial. Além disso, há uma série de problemas a considerar: estes perfis estão distribuídos em publicações de diferentes instituições, estão dispersos nas mais variadas formas, com levantamentos de solos realizados em diferentes épocas (a maioria utilizando escalas mais generalizadas) e por diferentes pedólogos, apresentando perfis de solos com análises de terra realizadas por diferentes laboratórios, com descrição e/ou análises incompletas etc, problemas que dificultam ainda mais a avaliação e a estruturação taxonômica dos solos, principalmente nos níveis categóricos menos generalizados (mais homogêneos - Família e Série). Ou seja, a estruturação e o emprego dos 5º e 6º níveis categóricos no SiBCS defronta com sérias dificuldades, conforme destacou Oliveira (2004) num artigo onde o autor questiona : "é hora de se estabelecer Séries?"... e "quem deverá gerenciar e validar o estabelecimento das mesmas?" O que se sabe é que a caracterização dos perfis modais constituiu-se em trabalho básico (de referência), que poderia contribuir para a

estruturação taxonômica dos solos, principalmente nos níveis hierárquicos de Família e Série do SiBCS, tendo como consequência, subsidiar a avaliação das limitações e potencial agrônomo e geotécnico dos solos.

Devido à falta de levantamentos pormenorizados e abrangentes, uma alternativa que poderia subsidiar o desenvolvimento dos 5º e 6º níveis categóricos, bem como a ratificação e/ou retificação dos demais níveis categóricos seria através da análise de características e propriedades de perfis de solos e identificação de perfis modais com auxílio de um banco de dados funcional. O que não se concebe, conforme destaca Oliveira (2004), é, por exemplo, a criação de uma Série (ou Família) decorrente de um levantamento de uma determinada área, na qual apenas alguns hectares tenham sido observados com um determinado solo, e principalmente, se acompanhado de poucos perfis analisados, ou estabelecendo amplitude tão estreita de determinados atributos que se torna impraticável visualizar diferenças de comportamento entre seus solos.

Contudo, acredita-se que é possível sim estabelecer critérios para definir Séries a partir de um levantamento de solos, desde que este apresente os detalhes necessários para tal e que abranja uma área representativa de determinada localidade, a exemplo do trabalho realizado por Nascimento (2001), que utilizou 100 perfis de LAs e PAs de um levantamento (IAA/MIC, 1983) semi-detalhado de solos da região Norte Fluminense. Neste caso, a amplitude de variação dos atributos avaliados é específica da área em estudo, e, portanto, não devem ser extrapolados para outras localidades, embora sirvam como referência. Posteriormente, na medida em que sejam organizadas mais informações de solos de outras regiões (áreas) é natural que seja estabelecido o confronto dos dados disponíveis para avaliação da necessidade de ajustes referentes às Séries propostas, e isto se prolonga até que as Séries sejam totalmente validadas. Acredita-se, contudo, que o mais importante é se ter apreciável conhecimento da população que se deseja classificar e da amplitude dos atributos diagnóstico elegidos para discriminá-las (Cline, 1949; Oliveira, 2004).

Em termos taxonômicos, entende-se que uma classe de solo representa um grupo de indivíduos similares em determinados atributos, e que se distingue de outras na mesma população por diferenças nesses atributos (Cline, 1949). Segundo este mesmo autor, dentro de cada classe há um núcleo central, ou indivíduo modal, definido pela média, mediana e moda das propriedades ou atributos diferenciais da classe. Ao centro de uma distribuição de frequência estaria o indivíduo modal no qual são tipificados os atributos modais da classe. Na vizinhança imediata estariam os indivíduos mais semelhantes ao indivíduo modal, enquanto que às margens estariam os indivíduos menos semelhantes (Cline, 1949).

No entanto, Smith (1986) assinala que o conceito de indivíduo típico (modal) não é de forma alguma o de indivíduo definido pela moda estatística. A idéia de indivíduo modal é facilmente explicada quando se considera apenas um critério diferencial. Como as classes de solos apresentam vários atributos diferenciais (tanto mais numerosos quanto mais baixo o nível categórico utilizado), havendo ainda o complicador de apresentar vários horizontes, ou vários subhorizontes dentro de um mesmo horizonte diagnóstico, com a maior parte dos atributos dos solos não apresentando distribuição normal, isto faz com que a definição de indivíduo modal sob tais complexidades seja feita através de funções multivariadas e multidimensionais.

Os conceitos e princípios de indivíduo modal também se aplicam quando dois ou mais atributos variarem ao mesmo tempo, desde que seja levado em consideração que a aplicação destes depende de uma compreensão dos tipos diferentes de características de classes, ou seja, alguma propriedade deve ser escolhida como a base de se agrupar; são colocados indivíduos que são semelhantes em determinado atributo no mesmo grupo, e

os que são distintos colocados em grupos diferentes. O indivíduo modal especificamente não só pode ser definido em termos de um valor do atributo diferenciado, mas também em termos de valores de todos os atributos adicionais considerados (Cline, 1949).

Acredita-se que a identificação de perfis modais é a melhor maneira para se promover à estruturação taxonômica dos solos nos níveis hierárquicos inferiores, bem como para validar ou não os níveis hierárquicos já estruturados no SiBCS, o que deve ser feito a partir de consultas a uma base de dados de solos. Entretanto, é preciso atentar para algumas questões discutidas a seguir.

A primeira delas seria definir que ou quais características e/ou propriedades do solo devem ser avaliadas, e neste caso, é importante estar atento sobre a epistemologia pedológica, sendo sugerido a atenção ao trabalho de Marcos (1979), bem como às contestações levantadas por Oliveira (2004), sobre o estabelecimento de Séries.

Segundo Marcos (1974), “como as características fazem parte da definição do solo e independem da participação de fator externo para sua manifestação, a identificação de um determinado solo é feita com mais precisão pelo conjunto de suas características. Identificar um solo pelo conjunto de propriedades requer, necessariamente, especificação das condições do meio-ambiente, em função das quais se manifestou. Assim, por exemplo, pode-se admitir que o teor de argila de um solo será uma característica constante num determinado período em que ocorra variação natural da temperatura ambiente, enquanto que, nessas mesmas condições, a retenção de água pelo solo, uma propriedade, sofrerá variações com a temperatura”. Marcos (1979), assinala também que a dúvida na classificação de um determinado atributo pode ser considerada como indicação de deficiência de conhecimento a respeito do mesmo, indicando que há muitos atributos que deverão ser mais bem conhecidos antes que se possa categorizá-los com segurança.

Oliveira (2004) salienta que o estabelecimento de uma Série requer acurada observância dos atributos utilizados nos níveis categóricos mais altos, bem como criteriosa escolha de atributos diagnósticos que sejam facilmente observáveis no campo e que possam ser acuradamente medidos. Além disso, ressalta o autor, tais atributos devem apresentar significativa importância no comportamento do solo a fim de evitar o surgimento de número muito elevado de Séries, estas discriminadas por atributos de inexpressiva relevância do ponto de vista de utilização do solo, ou por apresentarem amplitude muito estreita; devendo-se acrescentar ainda que o estabelecimento de uma Série requer que seus solos representem uma área de significativa extensão, a fim de evitar também, multiplicação de Séries.

Observando os textos de Cline (1949), Marcos (1979) e Oliveira (2004), parece implícito que para a estruturação dos níveis categóricos mais altos (Ordem, Subordem e Grande Grupo) dever-se-ia dar prioridade à observação das características do solo, enquanto que para os níveis mais baixos (Subgrupo e Família e Série, principalmente) a ênfase seria para as propriedades do solo, pois estas em tese é que teriam mais importância para fins de utilização do solo.

2.3 Importância de Banco de Dados de Solos no Desenvolvimento do SiBCS

2.3.1 Conceitos, objetivos e aplicações de banco de dados de solos

Um banco de dados pode ser definido de forma simplificada como um conjunto de dados devidamente relacionados. Porém, o significado do termo banco de dados é mais restrito e, de acordo com (www.locasite.com.br/sistemas/banco_dados.shtml), ele deve ter as seguintes “propriedades”:

- Um banco de dados é uma coleção lógica coerente de dados com um significado inerente; uma disposição desordenada dos dados não pode ser referenciada como um banco de dados. Por exemplo, embora a Internet possa ser considerada um gigantesco banco de dados, seus dados não estão bem organizados. A Internet é uma coleção de dados irregular, heterogênea e distribuída (SQL-Magazine, 2003).
- Um banco de dados é projetado, construído e manipulado com dados para um propósito específico; possuindo um conjunto pré-definido de usuários e aplicações.
- Um banco de dados representa algum aspecto do mundo real, o qual é chamado de “mini-mundo”; qualquer alteração efetuada no mini-mundo é automaticamente refletida no banco de dados.

Portanto, um banco de dados pode ser entendido como uma estrutura na qual são alojadas informações em uma ou mais tabelas. Essa estrutura dá suporte à criação e manutenção das tabelas nos seus aspectos físicos, lógicos, de segurança e de compartilhamento de informações em ambientes multiusuários (Wilderom & Wilderom, 2001). Um banco de dados pode ser criado e mantido por um conjunto de aplicações desenvolvidas especialmente para esta tarefa ou por um “Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacionais” (SGBDR). O Access Microsoft® é um SGBDR. Um SGBDR é usado para armazenar as informações de uma forma que permita às pessoas examiná-las de diversas maneiras. O conjunto formado por um banco de dados mais as aplicações que manipulam o mesmo é chamado de “Sistema de Banco de Dados” (www.locasite.com.br/sistemas/bancodados.shtml) e www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indicec.htm#cons_bdr.

A idéia de bancos de dados relacionais foi apresentada pela primeira vez por Codd, pesquisador da IBM, em 1972. Ele partiu da noção matemática de relação. Numa visão intuitiva, pode-se entender uma relação como um conjunto de atributos associados à uma entidade do mundo real (www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indicec.htm#cons_bdr). Por exemplo, para descrever um "cadastro rural" pode-se utilizar a relação: índice (identificador), proprietário, endereço, área, atividade etc. Daí, todos os dados referentes a determinado proprietário estão na mesma linha, a isso chama-se **registro**. O tipo ou categoria da informação (índice, proprietário, endereço, área, atividade etc) sobre uma pessoa está separado em colunas, as quais denomina-se de **campos**.

O modelo relacional de Codd mostrou-se bastante útil para lidar com os problemas de bancos de dados para aplicações administrativas e comerciais e até hoje é a tecnologia mais difundida na área. Sua formulação rigorosa permitiu a definição de uma linguagem de consulta padronizada SQL (“Structured Query Language”) (www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indicec.htm#cons_bdr). SQL é a linguagem utilizada por todos os RDBMSs (“Relational Database Management System”), ou seja, SGBDR. Portanto, é utilizando a linguagem SQL que vão ser criados os bancos de dados, tabelas, índices etc.

A forma usual de ligação entre um SIG (Sistema de Informação Georeferenciado) e um banco de dados relacional é através de um SGBDR (Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional) - chamado modelo geo-relacional, onde os componentes espacial e descritivo do objeto geográfico são armazenados separadamente. Os atributos convencionais são guardados no banco de dados, em forma de tabelas, onde a interseção de um registro (linha) de um determinado campo (coluna) define um atributo (valor). Os dados espaciais são tratados por um sistema dedicado, cuja conexão é feita por identificadores (**id**) de objetos. Para recuperar um objeto, os dois subsistemas devem ser pesquisados e a resposta é uma composição de resultados (www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indicec.htm#cons_bdr).

Um banco de dados de solos pode apresentar vários objetivos, que para serem atendidos é preciso considerar, dentre outros fatores, o número e tipo de dados disponíveis e a qualidade das informações nele contidas. Considerando um banco de dados de solos do Brasil, que tem como principal fonte de informação dados de levantamentos pedológicos de todos os níveis de detalhamento, dos quais em sua grande maioria com informações não georreferenciadas e generalizadas, a aplicação mais natural de um banco de dados com estas características é dar suporte ao desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e/ou desenvolvimento de funções de pedotransferência.

Verifica-se que uma grande variedade de informações básicas relacionadas aos solos, ao clima, a vegetação, às culturas etc, são geradas em escala geométrica por diferentes instituições de pesquisa, ensino e extensão em todo o mundo. Atualmente, este conjunto de informações se encontra disperso pelas diversas instituições do país e do mundo, nas mais variadas formas, o que dificulta a busca e o acesso às informações por parte de usuários externos e internos (Carvalho & Cruz, 2004).

A exploração racional e sistemática das informações edafoclimáticas acumuladas por instituições como a Embrapa, IAC, Universidades (através das dissertações e teses geradas), Pesagro, IBGE (RADAMBRASIL) etc, só será possível a partir do desenvolvimento de um sistema de armazenamento e recuperação de dados por computador. Ainda não há no Brasil um banco de dados de solos reconhecido e capaz de recuperar e disponibilizar informações de solos em nível nacional. Todavia, a Embrapa-Solos vem reunindo esforços para criar um Sistema de Informações Georreferenciadas de Solos do Brasil (SIGSOLOS). Iniciado em 1981, o SIGSOLOS tem armazenado um total aproximado de 4.600 perfis de solos gerados pela Embrapa e por outras instituições de pesquisa e órgãos de governo não vinculados à Embrapa (Embrapa, 1983a e 1984). Estima-se que o número de perfis de solos descritos no Brasil por diferentes instituições de pesquisa, ensino e extensão, bem como por trabalhos particulares, é de aproximadamente 30.000 perfis (Jacomine, 2001a), um número muito pequeno se considerar a extensão do território brasileiro. Segundo Fuks (2004), o SIGSOLOS encontra-se em fase final de implementação e funcionará em estação de trabalho de forma multiusuário, podendo ser acessada via INTERNET, e outra monousuário, fornecida aos geradores de informação de solos em ACCESS[®]. Portanto, o SIGSOLOS é uma aplicação que objetiva organizar e sistematizar o gerenciamento da Informação de Solos do Brasil, através do emprego de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) para o tratamento dos dados alfanuméricos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para os dados espaciais (Baca et al., 1997).

A falta de um banco de dados de solos fez com que alguns grupos de pesquisa de diferentes órgãos do governo não vinculados à Embrapa criassem seus bancos de dados de solos para estudos específicos, utilizando para isso diferentes SGBD, conforme pode ser observado nos trabalhos de Abitante et al., (1989), Nascimento (2001), Assunção & Santos (2001), Souza et al. (2001), Iossi et al., (2003), Olsen et al., (2003), USP (2004) e Gregório et al., (2004).

Dentre os países que possuem uma base de dados de solos robusta e com SIG destacam-se, os Estados Unidos (<http://soildatamart.nrcs.Estados Unidos.gov>) e a Austrália (<http://audit.ea.gov>). O Sistema Australiano de Informação do Recurso Solo (ASRIS) é um banco de dados e mapas digitais sobre os atributos dos solos em nível continental com mais de 160.000 descrições de perfis de solos e análises de laboratório (Embrapa, 2003). Diferentes instituições de pesquisa dos Estados Unidos da América e da Austrália constituíram uma base de dados de solos e clima que abrange todo o Mundo, conforme pode ser observado em Cochrane et al. (1985); Beinroth et al. (1988);

Fisher et al. (2002), tendo as duas primeiras publicações informações de solos e clima do Brasil.

2.3.2 Características desejáveis de um banco de dados de solos

Dentre as características que supostamente um banco de dados deve apresentar (principalmente um de solos), destacam-se (Wilderom & Wilderom, 2001), entre outras:

- Garantir um alto nível de segurança e integridade de dados;
- Possibilitar o armazenamento e recuperação de grande volume de dados;
- Possuir recursos nativos de criação e recuperação de cópias de segurança (“backup/restore”);
- Possibilitar melhor balanceamento e distribuição de cargas de trabalho entre o servidor e as estações de trabalho, otimizando o aproveitamento do processador; e
- Possibilitar a redução do volume de tráfego pela rede, aumentando a performance dos sistemas em geral.

Esse conjunto é o que caracteriza os sistemas comumente conhecidos como do tipo cliente/servidor.

Segundo Wilderom & Wilderom (2001), todo profissional da área de microinformática sabe que o ‘calcanhar-de-aquiles’ de todos os sistemas desenvolvidos para ambiente Windows[®] estão relacionados com os arquivos utilizados no desenvolvimento dessas aplicações. Ainda segundo Wilderom & Wilderom (2001), os arquivos mais utilizados atualmente são do tipo Access[®], Paradox[®], Xbase[®] etc. Não importam as linguagens utilizadas, Visuais Basic[®], Delphi[®], Access[®], todos eles fatalmente esbarram, mais dia menos dia, nos seguintes problemas:

- Perda de informações devido à corrupção de índices;
- Perda de informações devido à corrupção das bases de dados;
- Queda de performance à medida que as bases de dados crescem em tamanho e complexidade;
- Falta de instrumentos nativos para controle de operações de “backup” e “restore”;
- Falta de funções para controle de transações (operações de “commit” e “roll back”).

A solução existente até há pouco tempo era a migração dos aplicativos para uma arquitetura de gerenciadores de banco de dados relacionais de fabricantes de programas de computação tradicionalmente voltados ao mercado de aplicações de grande porte, só que isto implicava em dois problemas: (a) custos e (b) complexidade para instalação, configuração e manutenção desses gerenciadores de banco de dados (Wilderom & Wilderom, 2001). Mas, finalmente, a Borland/Inprise, proprietária do Delphi, resolveu este problema, ao liberar o InterBase 6, um completo sistema gerenciador de banco de dados relacional (SGBDR), como um sistema “open source” (fonte aberta). Qualquer desenvolvedor de Delphi pode substituir em suas aplicações as atuais bases de dados (Paradox[®], Dbase[®], Access[®] etc) pelo InterBase 6, com todas as vantagens de um SGBDR, e sem ter que pagar nada por isto, pois o InterBase 6 é gratuito. O InterBase 6 é um gerenciador de banco de dados relacional similar aos melhores do mercado, podendo ser utilizado em aplicações mono ou multiusuários, “desktop” ou em rede, sem limite de número de usuários. No SGBD-R InterBase 6 o acesso aos arquivos de dados (tabelas) é feito e gerenciado pelo InterBase 6, e não diretamente pelo programa

aplicativo (sistemas Dbase/Paradox), o que diferencia o produto por apresentar todas as características desejáveis de um banco de dados relacional.

O que se tem observado junto aos profissionais de programação é que o desenvolvimento de novos SGBDR tem permitido, cada vez mais, maior facilidade para o desenvolvimento de banco de dados relacionais.

2.3.3 Perguntas a um banco de dados de solos

Dentre as perguntas mais frequentes que os pedólogos têm interesse de obter respostas num banco de dados destacam-se, como exemplos, algumas apresentadas por Embrapa (1983):

a) Quais são, no momento, os trabalhos já armazenados e, para estes, qual é o código usado para o armazenamento e o ano de publicação?

b) Quais são, no momento, as unidades de mapeamento e os perfis já armazenados e, para estes, qual é o código usado para o armazenamento?

c) Quais são as classes de vegetação e de relevo local dos perfis de Latossolos coletados a uma altitude superior a 800 m?

d) Determinar o teor de matéria orgânica (ou carbono orgânico) no horizonte superficial dos perfis de Latossolos coletados sob vegetação de cerrado.

e) Estabelecer uma tabela de contingência entre o caráter eutrófico ou distrófico dos perfis e o valor de saturação por bases medido no horizonte B (ou até a uma determinada profundidade).

6) Estudar uma possível relação entre cor, teor de argila total e teores de óxido de ferro no horizonte subsuperficial, para os Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros.

Em relação aos solos de tabuleiro, as perguntas que mais têm sido feitas do ponto de vista de taxonomia dos LAs e PAs estão relacionadas, principalmente, com os critérios de cores para separação dos Latossolos Amarelos em relação aos Latossolos Vermelho-Amarelos, bem como dos Argissolos Amarelos em relação aos Argissolos Vermelho-Amarelos, e quanto aos critérios, atributos quantitativos e conceitos que possam definir o caráter coeso, atualmente identificado por atributos qualitativos vulneráveis ao estado de umidade do solo no momento da descrição do perfil de solo (Embrapa, 2003). Além disso, há ainda muitas questões a serem formuladas quanto a amplitude de variação dos atributos edáficos utilizados na classificação de solos, importantes para o estabelecimento de perfis modais e estruturação do 5º e 6º níveis categóricos no SiBCS.

Daí que num banco de dados de solos o ideal seria que o usuário pudesse resgatar qualquer informação nele armazenada, o que é possível através de um processo de consulta baseado em filtragens seqüenciadas de informações, cuja recuperação dos dados deverá ser feita na forma de uma ‘grande’ tabela. Tais filtragens geralmente são feitas em função do(s) tipo(s) de horizonte(s), seção de controle de profundidade do perfil, classe de solo, unidade de mapeamento, localização (Estado, Município etc). Para formular uma “pergunta” (“mostrar linhas onde determinado registro é:___”), o usuário deverá definir sequencialmente qual(quais) atributo(s) deseja recuperar do banco de dados e em função de que: horizonte, profundidade, índice (perfil), referência, material de origem, situação de declive etc. O processo de filtragem da planilha Excel®, feito sobre planos de informação que disponibilizam operações personalizadas em modelo cadastral seria o ideal para consulta de uma base de dados de solos. Essas operações identificariam indivíduos ou registros que deveriam atender a questões formuladas mediante o uso de filtros como: igual a; diferente de; maior do que; menor do que;

maior ou igual a; menor ou igual a; começa com; não começa com; termina com; não termina com; contém; não contém etc.

2.4 Clima, Vegetação Primária, Cobertura Vegetal e Aspectos Sócio-econômicos no Ambiente dos LAs e PAs

Os LAs e PAs são encontrados sob grande variação climática (Figura 6). A localização de cerca de 92% do território brasileiro na zona intertropical e as baixas altitudes do relevo explicam a predominância de climas quentes, com médias de temperatura superiores a 20°C, conforme pode ser observado nas regiões Norte e Sudeste no ambiente dos tabuleiros, onde o clima é predominantemente quente e úmido (com apenas 1 a 3 meses secos), enquanto que na região Nordeste o clima é predominantemente quente e seco (de 4 a 7 meses secos), com exceção em algumas áreas do litoral onde as precipitações são elevadas (GuiaNet, 2005; Brasil, 1983). Todavia, embora as áreas tenham a mesma classificação climática (curta estação seca, por exemplo), é possível verificar diferenças importantes no balanço hídrico climático, até em áreas relativamente próximas, ou seja, a contabilidade da água disponível no solo pode revelar a ocorrência de períodos com déficit hídrico em função do regime de distribuição das chuvas e da evapotranspiração potencial.

A falta de dados climáticos, principalmente de temperatura, é notória no Brasil, o que dificulta a utilização destes dados como mais um componente taxonômico no SiBCS. Anexo é apresentado uma lista dos municípios em que foram armazenados dados de perfis de solos de tabuleiro, e dentre estes, as quais foi possível obter dados de precipitação e temperatura. O clima equatorial domina a região Amazônia e se caracteriza por temperaturas médias entre 24°C e 26°C, com amplitude térmica anual (diferença entre a máxima e a mínima registrada durante um ano) de até 3°C. As chuvas são abundantes (mais de 2.500 mm/ano) e regulares, causadas pela ação da massa equatorial continental. No inverno, a região pode receber frentes frias originárias da massa polar atlântica. Elas são as responsáveis pelo fenômeno de friagem, a queda brusca na temperatura, que pode chegar a 10°C (GuiaNet, 2005). O clima predominante nas áreas de LAs e PAs da região Norte é do tipo “Am” e em menor proporção “Af”, segundo a classificação de Köppen (Figura 6). Ressalta-se, contudo, que a representação da variabilidade climática do Brasil (Figura 6) é feita numa escala muito generalizada, indicando que para uma dada classificação climática certamente haverá variações climáticas importantes.

A faixa litorânea que vai do Rio Grande do Norte ao Paraná é afetada pela atuação do clima tropical atlântico. As temperaturas variam entre 18°C e 26°C, com amplitudes térmicas crescentes conforme se avança para o sul. As chuvas são de aproximadamente 1.500 mm/ano. No litoral do Nordeste, as chuvas intensificam-se no outono e no inverno. Mais ao sul, são mais fortes no verão (GuiaNet, 2005). Segundo a classificação de Köppen (Figura 6), o clima predominante nas áreas de LAs e PAs do litoral brasileiro varia desde “Aw”, “Am”, “Bsh”, até mesmo “Af”, no litoral baiano.

O clima semi-árido predomina nas depressões entre planaltos no sertão nordestino e no trecho baiano no vale do rio São Francisco. Suas características são temperaturas médias elevadas, em torno de 27°C, e amplitude térmica em torno de 5°C. As chuvas, além de irregulares, não excedem os 800 mm/ano, o que leva às “secas do Nordeste”, os longos períodos de estiagem (GuiaNet, 2005). Segundo a classificação de Köppen (Figura 6), o clima predominante nos LAs e PAs nestas áreas é do tipo “Bsh” e, predominantemente o “Aw”.

De acordo com Jacomine (1996), na Amazônia as precipitações variam de 1.500 a 3.000 mm; e de 400 a 600 mm no Sertão de Pernambuco, Bahia e Piauí. A temperatura média anual está compreendida entre 23 e 24 °C no litoral, entre 25 a 26°C na Amazônia e entre 24 e 26°C no Sertão de Pernambuco e Bahia.

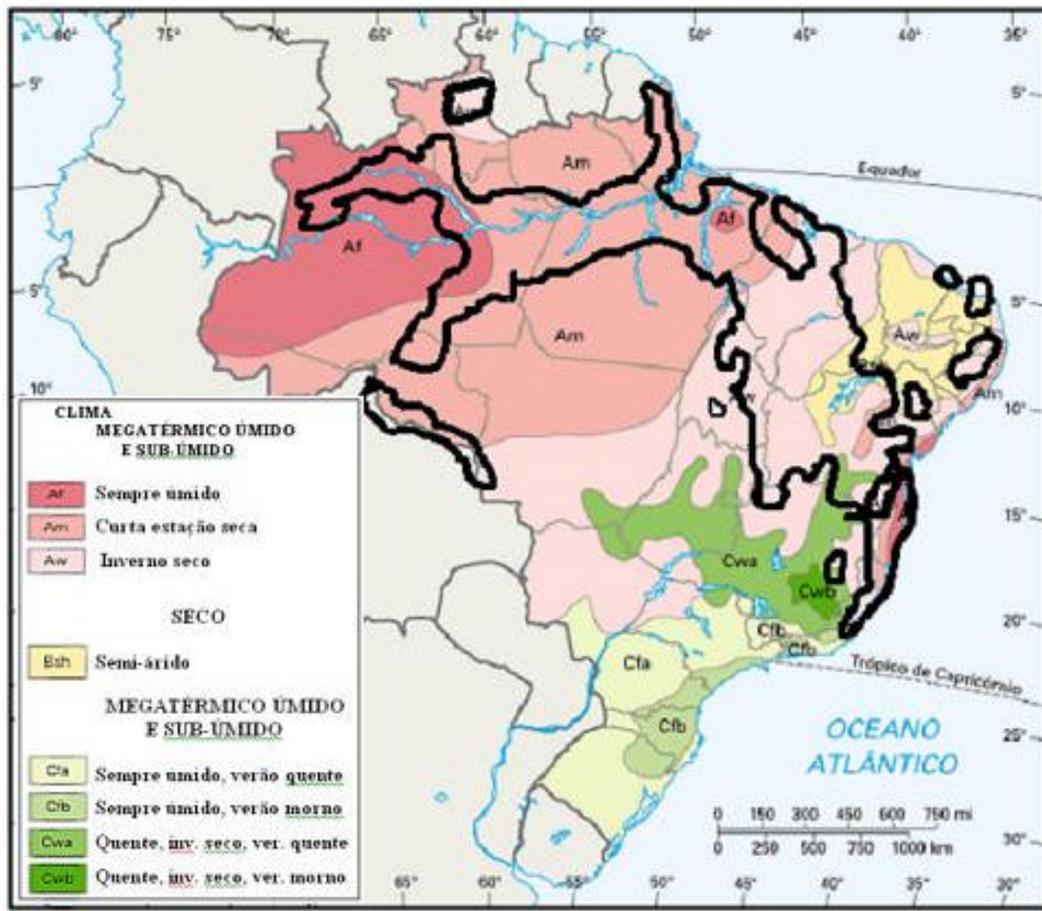


Figura 6. Representação da variabilidade climática do Brasil (Adaptado de GuiaNet, 2005) e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.

Seguindo às variações climáticas é verificada uma diversidade de vegetação sob as áreas dos LAs e PAs (Figura 7), podendo ser encontrada desde caatingas até florestas equatoriais (Embrapa, 1993; Ribeiro, 1996; Jacomine, 1996). Observando-se a Figura 6 e a Figura 7 é possível perceber como o padrão climático se correlaciona bem com o da vegetação.

Segundo Jacomine (1996), na Amazônia e no litoral predominam florestas perenifólias e subperenifólias, onde também ocorre o cerrado em pequena proporção. Mais para o interior, ainda na faixa costeira, prevalece às florestas tropicais subcaducifolia e caducifolia, as quais também ocorrem em Minas Gerais, na região do Médio Jequitinhonha. No Sertão de Pernambuco e da Bahia domina a caatinga hiperxerófila. De acordo com Haynes (1970), a vegetação natural dos solos dos tabuleiros mais argilosos no Nordeste foi, provavelmente, constituída por florestas tropicais sub-perenifólias, e nos solos mais arenosos, provavelmente, por arbustos do tipo raquitico denominado “cerrado”. Mais para o interior do Nordeste podem ser

encontrado LAs e PAs sob florestas de transição entre a caatinga e o cerrado, enquanto que mais próximo da faixa costeira o ambiente é de florestas tropicais subcaducifólia e caducifólia (Figura 7).

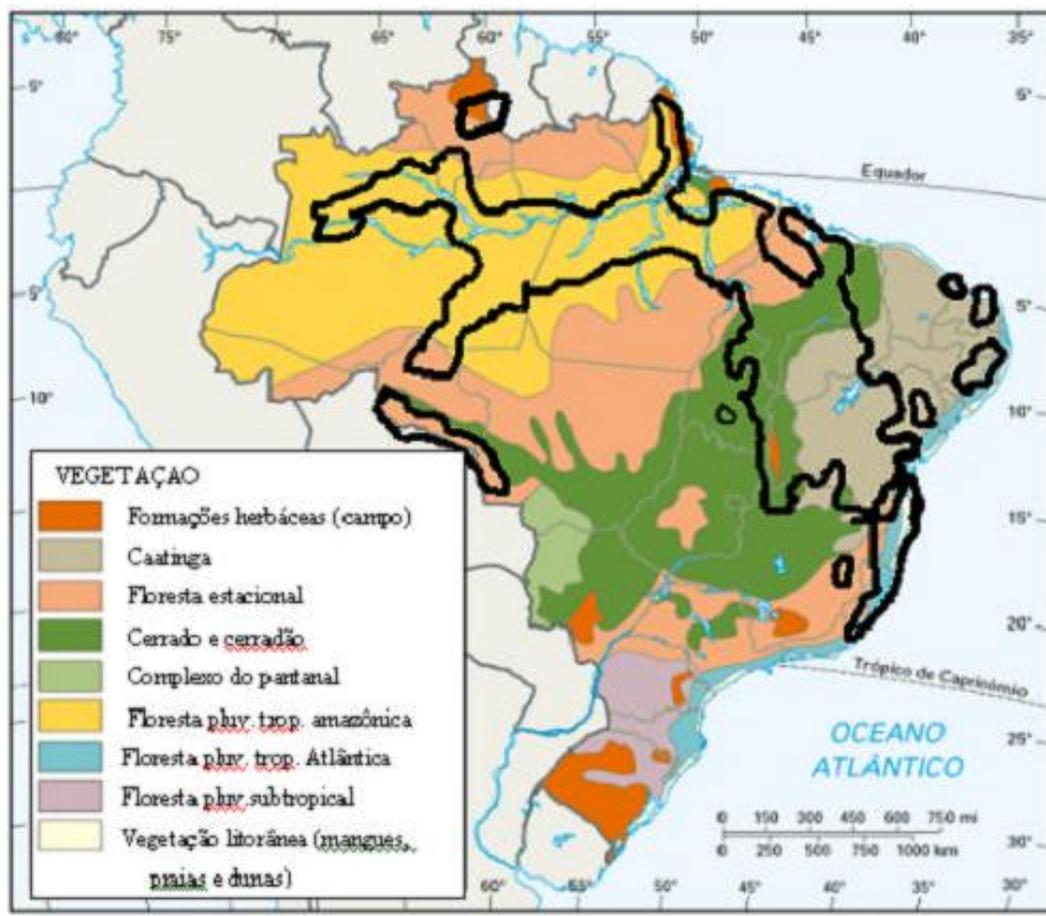


Figura 7. Representação do predomínio de vegetação do Brasil (Adaptado de GuiaNet, 2005) e expressão dos LAs e PAs, contorno em cor preta obtido do “Buffer” da Figura 1.

A variação climática sob a extensão dos solos de tabuleiro (Figura 6) permite pressupor ações pedogenéticas variadas na paisagem de fisiografia aparentemente uniforme dos tabuleiros. E sob estas variações de clima, solos, e diversidade de vegetação têm-se agregado as limitações e potencialidades de uso dos solos de tabuleiro, o que geralmente é refletido nos aspectos sócio-econômicos dos municípios e localidades onde estes solos ocorrem.

Desde o ano de 1500 que a vegetação que cobre os solos brasileiros vem sendo devastada. A área afetada é extensa, principalmente nas localidades onde há maior concentração da população, e onde os recursos hídricos são mais escassos. Na Figura 8 é apresentada a área de devastação antrópica da vegetação nativa do Brasil até 1988 e, neste contexto, é ilustrada a expressão dos solos de tabuleiro nas mesmas. Verificando a Figura 8 é possível constatar que os tabuleiros costeiros foram os que sofreram maior impacto, observando-se que a vegetação primária de maior ocorrência no litoral, a Mata Atlântica, foi praticamente extinta. As áreas mais preservadas encontram-se no interior do país, principalmente na Amazônia e em parte do Cerrado (Figura 8). O ecossistema

dos Tabuleiros Costeiros vem sendo destacadamente degradado desde o descobrimento do Brasil, no início com a exploração da Mata Atlântica. Quando da instalação das Capitanias Hereditárias, implantou-se a cana-de-açúcar e depois o cacau e a pastagem. Acredita-se que as razões que mais contribuíram para a ocupação agropecuária dos solos de tabuleiro foram o relevo plano a suave ondulado e a proximidade do mar.

Nos dias atuais, a principal ocupação dos tabuleiros costeiros é com o cultivo da cana-de-açúcar e/ou pastagens, destacando-se os tabuleiros de Alagoas, Pernambuco, Rio de Janeiro, e Espírito Santo, como ilustrado na Figura 9. Nos Estados da Amazônia e Pará os solos de tabuleiros são utilizados com extrativismo em áreas de florestas e policultura. No interior do Nordeste a criação extensiva e a policultura predominam nos tabuleiros. E é no Estado da Bahia onde há maior diversificação de uso dos solos tabuleiros, podendo encontrar-se criação extensiva e melhorada, monocultura e policultura. Nas demais áreas, os solos de tabuleiro estão sendo utilizados com policultura, criação de animais e florestas homogêneas (incluindo áreas de eucalipto e pinus) (Figura 9) (GuiaNet, 2005). Portanto, a pressão do uso das terras sob os solos de tabuleiro é menor nas áreas menos populosas, especialmente na região Norte do país e nas áreas sob Cerrado e Caatinga, conforme apresentado também em Embrapa (2002).

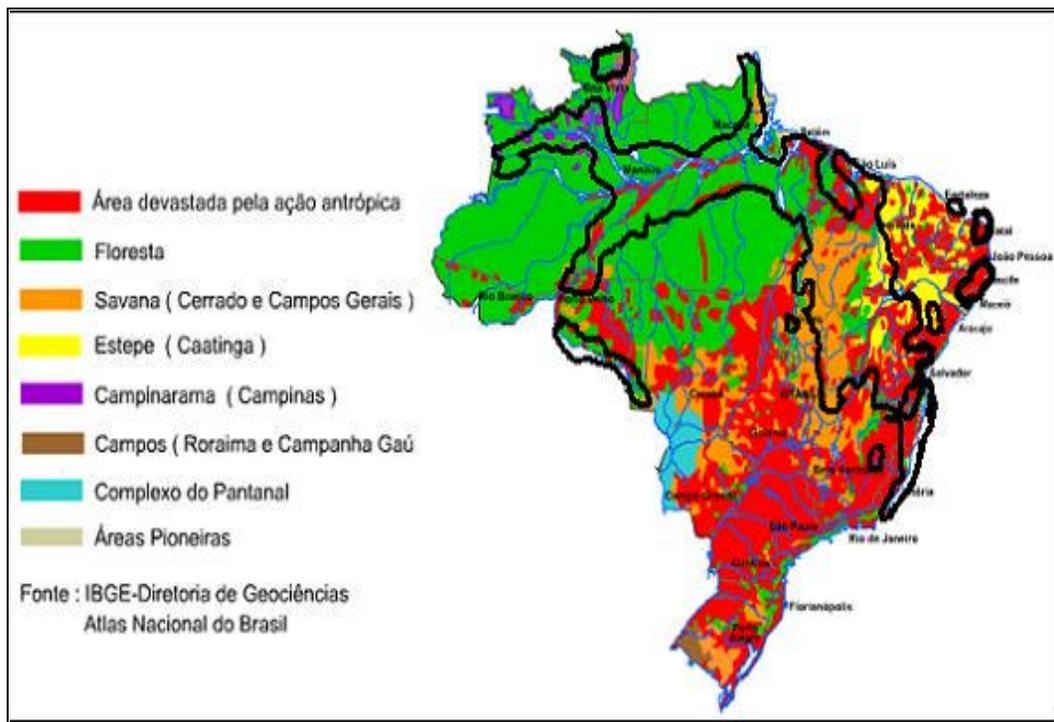


Figura 8. Representação da devastação antrópica da vegetação nativa do Brasil até 1988 (IBGE, 2005a) e expressão dos LAs e PAs, contorno em preto obtido do “Buffer” da Figura 1.

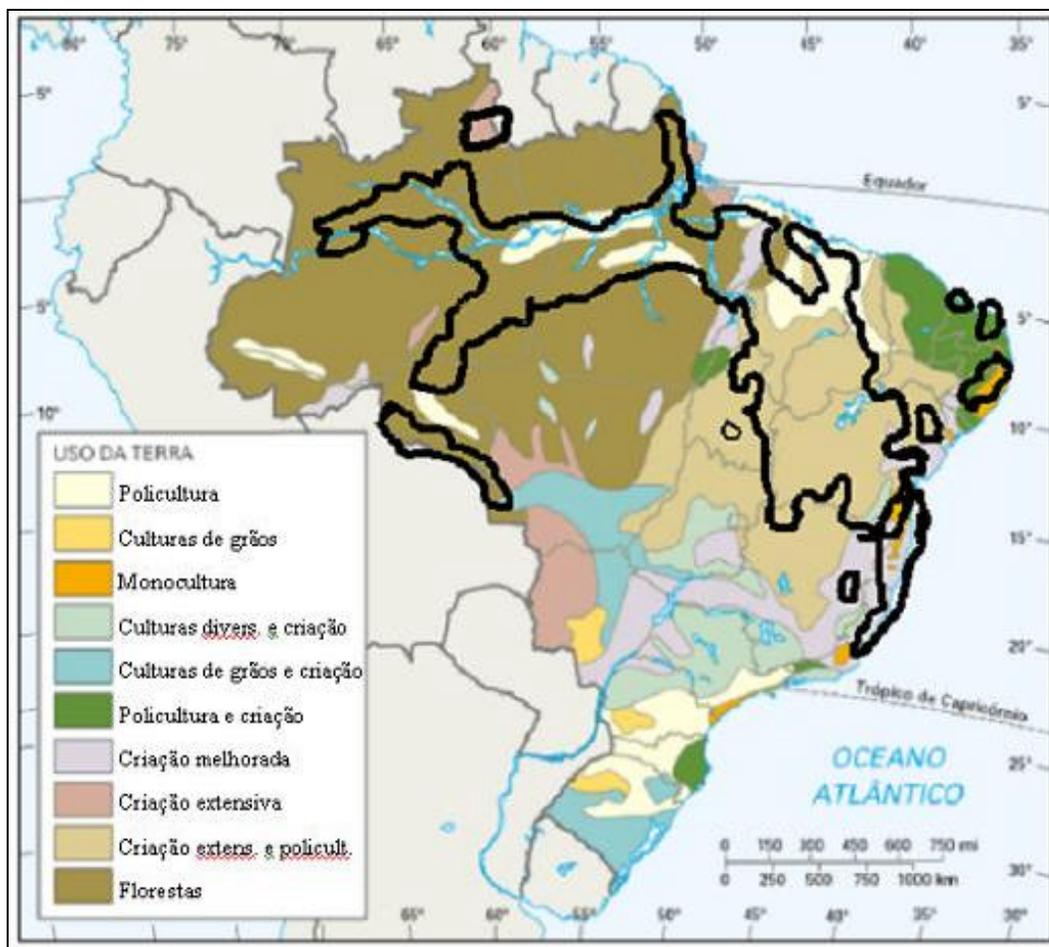


Figura 9. Representação do predomínio de cobertura vegetal do Brasil (adaptado de GuiaNet, 2005) e expressão dos LAs e PAs, contorno em preto obtido do “Buffer” da Figura 1.

A ocupação da zona dos tabuleiros costeiros, principalmente os do Nordeste, é muito dependente das precipitações pluviiais. A zona mais úmida é de domínio da cana-de-açúcar (agroindústrias) e a zona mais seca é de domínio da pecuária extensiva à semi-extensiva, com atividades agrícolas limitadas em médias e pequenas propriedades. Portanto, o nível de intensificação e de diversificação agrícola dos sistemas de produção depende da pluviosidade, ou seja, consiste de diferenças de precipitação sazonal em vez de diferenças de temperatura (Haynes, 1970; Embrapa, 2000). Para os LAs e PAs do Nordeste do Brasil, a principal atividade pecuária é a bovinocultura de corte e de leite, que vem passando por processo de intensificação com a introdução de pastagens plantadas. O predomínio da pastagem nas áreas subcosteiras do Nordeste Meridional foi constatado também em 1975, conforme trabalho de Diniz (1981). A agricultura é diversificada, pois são encontradas culturas de subsistência (milho, feijão, arroz, mandioca), fruteiras (laranja, banana, caju) e outras, como cana-de-açúcar, coco e fumo (Araújo, 2000; Embrapa, 2000).

No intuito de detalhar um pouco mais as informações apresentadas na Figura 9, elaborou-se um quadro (Tabela 5) que traz uma relação dos tipos de lavouras (temporárias e permanentes) mais expressivas em extensão territorial dos principais

Estados com ocorrência de solos de tabuleiro. O referido quadro foi obtido com base na área colhida e 'Produção Agrícola Municipal' (PAM) de 2001 (IBGE, 2005b e SEI, 2001), e abrangeu os municípios e/ou cidades que apresentaram maior número de perfis de LAs e PAs, os quais estão armazenados no banco de dados de solos.

A revisão de dados censitários relacionados à ocupação dos solos de tabuleiro indicou que a principal cobertura vegetal é a pastagem, com exceção para o Estado de Alagoas, onde o predomínio é de cana-de-açúcar. Depois da pastagem, os canaviais são bastante expressivos nos solos de tabuleiro, e a área de cultivo de cana deverá aumentar nos próximos anos devido ao aumento das cotações do açúcar e do álcool no mercado internacional, bem como pelo lançamento dos carros bi-combustível em 2004, onde a demanda por álcool etílico hidratado deverá subir consideravelmente nos próximos anos. Em alguns Estados, tem ocorrido o aumento das áreas com fruticultura em solos de tabuleiro, com destaque para a região Norte Fluminense, no Rio de Janeiro, e, no Brasil, em praticamente toda Região Nordeste. Para os Estados da Bahia, Espírito Santo e Pará a silvicultura, com cultivo do eucalipto, é uma atividade importante. Destacam-se os seguintes municípios com solos de tabuleiro: Entre Rios, Alagoinhas, Esplanada, Jandaíra e Araçás, na Bahia; Aracruz, Linhares e Conceição da Barra, no Espírito Santo; Almeirim, Itaituba e Santarém, no Pará (IBGE, 2005b).

Tabela 5. Relação dos tipos de lavouras (temporário e permanente) mais expressivas em extensão territorial nos principais Estados com ocorrência de solos de tabuleiro.

Estados	Lavouras Temporárias	Lavouras Permanentes
Alagoas	Cana-de-açúcar, feijão e milho	Côco-da-Bahia, banana e laranja
Amazônia	Mandioca, melancia e milho	Banana, cacau e guaraná
Bahia	Cana-de-açúcar, mandioca, feijão e milho	Banana, cacau e café
Ceará	Milho, feijão e mandioca	Castanha de caju, côco-da-Bahia e banana
Espírito Santo	Cana-de-açúcar, milho e feijão	Cacau, café e banana
Maranhão	Mandioca, milho, arroz e soja	Castanha-de-caju e banana
Pará	Mandioca, milho e arroz	Banana e cacau
Paraíba	Cana-de-açúcar, mandioca e abacaxi	Banana e côco-da-Bahia
Pernambuco	Cana-de-açúcar, feijão e mandioca	Côco-da-Bahia e banana
Rio de Janeiro	Cana-de-açúcar e mandioca	Banana e laranja
Rio Grande do Norte	Cana-de-açúcar e mandioca	Côco-da-Bahia, castanha de caju e banana
Sergipe	Mandioca e milho	Laranja e côco-da-Bahia

Fonte: (IBGE, 2005b e SEI, 2001)

Estudando a distribuição de terras nas diversas atividades agrícolas nos tabuleiros Embrapa (2001b) verificou que 24% das terras são de pastagens plantadas,

23% pastagens naturais, 16% matas e florestas naturais, 14% culturas permanentes, 9% lavouras temporárias, 6% terras produtivas não-utilizadas, 4% terras inaproveitáveis para a agropecuária e 3% de área de lavouras temporárias em descanso. Segundo esta citação, os tabuleiros do Nordeste são de grande importância no cenário econômico regional, pois além de gerarem emprego e renda para a grande massa da população, contribuem com grande parte do valor gerado pelas atividades agropecuárias na região. Conforme Cintra et al. (1997), a produção dos tabuleiros do Nordeste contribui com aproximadamente 26,4% do PIB gerado pelas culturas permanentes. O acesso fácil a centros consumidores, como as capitais de Pernambuco, Alagoas, Rio de Janeiro e Espírito Santo, e a mercados internacionais, via transporte marítimo, torna os solos de tabuleiro destas regiões um importante pólo agropecuário. Entretanto, o sistema de produção tem levado à degradação das terras, principalmente devido ao intenso uso da queima, atividade rotineira no cultivo da cana-de-açúcar e em alguns casos como prática de renovação de pastagens (Nascimento, 2001).

Portanto, no ambiente dos tabuleiros costeiros, o solo não é, de forma isolada, o determinante da qualidade de vida, pois outros fatores de ordem política, econômica e cultural têm-se constituído em elementos decisivos na dinâmica das variáveis de desenvolvimento das comunidades (Araújo, 2000). Talvez o melhor exemplo disso esteja em Alagoas, AL, e em Pernambuco, PE, estados onde a monocultura da cana-de-açúcar predomina nos tabuleiros costeiros e onde pode ser observado um alto índice de pobreza das comunidades rurais. No mais é lembrado mais uma vez que a ocupação dos solos de tabuleiro, bem como o nível de intensificação e de diversificação agrícola é muito dependente das precipitações pluviais (Embrapa, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Levantamento de Informações e Desenvolvimento do Banco de Dados de Solos

A realização do presente trabalho de Tese só foi possível devido à reunião e organização de dados de perfis de Latossolos e Argissolos de tabuleiro em planilha(s) Excel®, doravante chamada(s) de “Banco de Dados”, cujas características de funcionamento serão apresentadas mais à frente.

Foram armazenadas em banco de dados informações de mais de 1.200 perfis de solos, contendo análises completas e /ou parciais com granulometria. O critério adotado para seleção dos perfis de Latossolos e Argissolos de tabuleiro foi o seguinte: selecionar, através de revisão de literatura, o máximo de perfis descritos como Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos (ou Podzólicos Amarelos) no Brasil, independentemente do tipo de material originário ou formação geológica; selecionar o máximo de perfis descritos como Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos (ou Podzólicos Vermelho-Amarelos), encontrados sob os sedimentos argilo-arenosos do Grupo Barreiras. A adoção deste critério visou o estudo sobre a definição dos LAs e PAs segundo os critérios de cor e de material de origem com relação a outros Latossolos e Argissolos.

A maioria dos perfis faz parte de diferentes levantamentos de solos da Embrapa e, secundariamente, de trabalhos de consultoria ou particular, de levantamentos de solos da CEPLAC, do projeto IAA/MIC (1985), perfis que fazem parte de Dissertações e Teses da UFRRJ e de outras Universidades, perfis do projeto RADAMBRASIL, perfis de solos da COPENER Florestal Ltda; e uma minoria de perfis apresentados em artigos científicos. Ressalta-se que muito do material utilizado neste trabalho faz parte do acervo bibliográfico do Departamento de Solos da UFRRJ, e os demais foram obtidos e/ou adquiridos a partir de viagens e visitas a Universidades e Centros de Pesquisa na Bahia, Sergipe, Pernambuco e Pará. As viagens e aquisições bibliográficas foram feitas com recursos disponibilizados pelo CNPq para projeto específico.

Durante a revisão de literatura tomou-se o cuidado de não selecionar perfis de solos repetidos em publicações diferentes, fato comum nos estudos pedológicos do RADAMBRASIL (citando perfis da Embrapa), em levantamento de solos da Embrapa (citando perfis de outros trabalhos da Embrapa), em Anais de correlação de solos (citando perfis de trabalho de tese ou outros) etc. Durante a “alimentação” do banco de dados, que contou com a participação de seis colaboradores e durou mais de dois anos, verificava-se as designações dos horizontes e camadas principais, se estavam de acordo com normas da Embrapa Solos e do SiBCS (www.cnps.embrapa.br/sibcs/atas05.html). Para solos cujas designações de horizontes estavam desatualizadas (perfis descritos em anos anteriores a 1986, principalmente) foram feitas as devidas correções, como alguns exemplos: horizonte A1 \Rightarrow A; A2 \Rightarrow E; A3 \Rightarrow AB; B1 \Rightarrow BA ou BE; B21 \Rightarrow B1.

O banco de dados foi desenvolvido em planilha Excel®, com a estrutura apresentada a seguir e ilustrada parcialmente na Figura 10. Na primeira linha da planilha foram ordenados os atributos de solo e informações gerais contidas nos perfis de solo (horizontes, profundidade, localização, referência bibliográfica, responsável pela descrição do perfil, teor de argila, coordenadas geográficas, descrição de análises mineralógicas etc), ocupando mais de 130 colunas para preenchimento de dados. A

primeira coluna da planilha foi destinada para preenchimento dos horizontes dos perfis de solo, sendo usadas até 12 linhas (registros) para cada perfil de solo armazenado. Todas as informações contidas nos perfis de solos foram armazenadas no banco de dados, exceto algumas avaliações muito específicas que estão fora do padrão normal de descrição de perfis de solo, tais como análise micromorfológica, classes de fração granulométrica mais detalhada, fotos de perfil. Da mesma maneira, não foram contempladas no banco de dados os difratogramas de raios-X, pois seria necessário trabalhar com imagens digitalizadas, o que pode ser considerado como uma limitação do banco de dados de solos, caso fosse necessário avaliar tais informações.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
		Horizonte	Profund 1 (cm)	Profund 2 (cm)	Espessura (cm)	Referência	Estado	Município ou	Nº perfil ou	Data coleta	Classe antiga	Classe atual
1												
2												
3	1	A1	0	10	10	Nascimer	RJ	Campos	cP1 (LA - m	12-1999		Latossolo
4	1	A2	10	21	11							
5	1	AB	21	32	11							
6	1	BA	32	54	22							
7	1	Bw1	54	81	27							
8	1	Bw2	81	119	38							
9	1	Bw3	119	164	45							
10	1											
11	1											
12	1											
13	2	A1	0	20	20	Nascimer	RJ	Campos	cP2 (PA - m	12-1999		Argissolo
14	2	A2	20	29	9							
15	2	E	29	38	9							
16	2	Bt1	38	62	24							
17	2	Bt2	62	86	24							
18	2	Bt3	86	124	38							
19	2	F	124	141	17							
20	2	Bw	141	151	10							
21	2											
22	2											
23	3	Ap	0	11	11	Nascimento, G.B. do		Campos	cP3 (LA - p	12-1999		Latossolo
24	3	AB	11	22	11							
25	3	BA	22	37	15							
26	3	Bw1	37	54	17							

Figura 10. Exemplo de planilha EXCEL usada como banco de dados.

No intuito de diminuir o tempo e os erros com a digitação dos dados contidos nos perfis, todos os campos oriundos de fórmulas (Valor V%, teor de silte etc) foram utilizados como tal, ou seja, nenhum destes dados foi digitado; os campos oriundos de dados qualitativos (grau, tamanho e forma da estrutura, por exemplo) eram preenchidos num primeiro momento com auxílio de uma listagem pré-definida e baseada segundo as normas estabelecidas pelo “Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo” (Lemos & Santos, 1996); para alguns atributos criou-se um campo “complemento” de informação (por exemplo, quando o relevo local ou a classe de erosão estavam descritos com mais detalhe do que é preconizado no referido “Manual”). Além disso, foram criados alguns aplicativos acessórios ao banco de dados, sendo criada uma planilha para determinação da classe textural a partir dos dados de argila e areia (Nascimento et al., 2004a); uma planilha para determinação do nome da cor do solo a partir da informação de matiz, valor e croma (Nascimento et al., 2004b) baseada na edição revisada da Carta Munsell de Cores para Solos (Munsell, 1994); uma planilha que calcula a relação textural B/A e determina se o horizonte é B textural ou não (trabalho submetido para publicação em 2004). Ressalta-se aqui que a forma com que foi estruturado e usado o banco de dados de solos permitiu um ganho inestimável de tempo e de qualidade de informação, pois foram detectados e evitados vários problemas (erros) em parte dos perfis inclusos no banco de dados, tais como: erros de digitação de dados qualitativos e

quantitativos obtidos por fórmulas; dados qualitativos que fugiam do padrão oficial de descrição, e, nestes casos, tomou-se a decisão de armazenar a informação equivalente (mais próxima) do padrão oficial (Lemos & Santos, 1996), como por exemplo, ao encontrar-se a descrição de consistência “moderadamente dura”, registrava-se no banco de dados o termo “correto” equivalente “ligeiramente dura”.

Após o trabalho de armazenamento de informações no banco de dados foi feita uma análise de dispersão dos dados de cada atributo de perfil de solo considerado (colunas). Esta tarefa teve a finalidade de verificar se não houve erro de digitação durante este processo, bem como checar se possíveis erros (grandes desvios dos dados) fazem parte do material bibliográfico utilizado. Os erros de digitação encontrados foram obviamente corrigidos e, quanto aos eventuais erros contidos no material bibliográfico utilizado, estes eram corrigidos na medida do possível, como, por exemplo, destaca-se: foram encontrados valores negativos de água disponível, sendo constatado que o erro estava no preenchimento incorreto (trocado) dos valores de potencial de água na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente; foram corrigidos também vários valores de teor de argila e/ou areia que não totalizavam, juntamente com o teor de silte, os 1000 g/kg de solo (ou 100%); foram corrigidos também vários erros ortografia, sendo estes de mais difícil controle; foram corrigidos vários dados numéricos com a casa decimal incorreta, por exemplo, valor de pH = 58, foi corrigido para 5,8; e além de todos estes equívocos, foram encontradas discordâncias numéricas em muitos dados oriundos de fórmula, principalmente quanto aos valores de relação textural B/A, relação silte/argila, saturação por bases etc; embora alguns destas discordâncias eram apenas devido a aproximação numérica.

Depois que o banco de dados de solos foi considerado válido para utilização (consulta) procedeu-se a reclassificação dos perfis (solos) até o 2º nível categórico do SiBCS (Embrapa, 1999), sendo mantida no banco de dados a classe original do solo (perfil). A reclassificação foi necessária para comparar as classes originais com as novas, com base no SiBCS (Embrapa, 1999), bem como avaliar a relação percentual de cada classe de solo e as principais diferenças entre elas. Posteriormente, o banco de dados de solos foi utilizado (consultado) para atender os demais objetivos da Tese.

3.2 Levantamento de Informações e Desenvolvimento do Banco de Dados Climatológico

O levantamento de informações climáticas, dados de precipitação e temperatura média anual, foi feito através da revisão de literatura, tendo como foco as localidades reconhecidamente situadas em ambiente de tabuleiro e com ocorrência de Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos. Foram consultados boletins climáticos do INMET, balanço hídrico climatológico apresentado em trabalhos de levantamentos de solos e zoneamento agroclimático (trabalhos da Embrapa, RADAMBRASIL, Ministério da Agricultura, Ceplac, Órgãos Estaduais em geral), e em Dissertações e Teses. A maioria das informações climáticas refere-se a séries históricas de mais de 30 anos. Todas estas informações foram organizadas em uma planilha de dados do Excel[®] que funcionou como banco de dados climatológico, permitindo assim, ganho de conhecimento sobre as localidades onde ocorrem solos de tabuleiro que dispõem de informações climáticas.

Para dar agilidade e precisão ao executar os cálculos do balanço hídrico climatológico (BHC) e possibilitar o trabalho de caracterização climática das localidades onde foram obtidos os perfis, foi desenvolvida uma planilha de cálculo, consultando a base de dados de solos (item anterior). A planilha (Figura 11) permitiu

determinar três índices¹ (umidade (IU), hídrico (IH), aridez (IA)), bastante utilizados no Projeto RADAMBRASIL para a caracterização climática regional. O método para o cálculo do BHC foi o de Thornthwaite & Mather (1955), e a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948), com correções.

O desenvolvimento da planilha “BHC” possibilitou a execução e a verificação dos cálculos do balanço hídrico climatológico, bem como, a geração de sete tipos de gráficos, de forma rápida, simples e acessível, contribuindo para o estudo do clima e sua relação com os atributos dos solos estudados, tornando-se assim, uma ferramenta auxiliadora para as inferências e sugestões feitas sobre a utilização destas informações como características de diagnóstico nos níveis taxonômicos inferiores do SiBCS.

Microsoft Excel - BHC Nascimento v1 6_2004

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda Acrobat

A37 =

9	Localidade:	Ecologia Agrícola (Seropédica, RJ)							Lat. (°):	-22,8	S	
11	Série Hist.:	61/90	Fonte:	INMET				Long. (°):	-43,68	W		
13	CAD (mm):	100	I =	124,49	a =	2,84	Alt. (m):	33				
15	Meses	Temp. °C	P	ETP	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ΔA	ETR	DEF	EXC
16				mm								
17	Jan	26,3	195,1	153,0	153,0	42,1	0,0	100,0	16,2	153,0	0,0	25,9
18	Fev	26,7	144,9	138,8	138,8	6,1	0,0	100,0	0,0	138,8	0,0	6,1
19	Mar	25,8	149,7	132,7	132,7	17,0	0,0	100,0	0,0	132,7	0,0	17,0
20	Abr	23,8	109,2	96,2	96,2	13,0	0,0	100,0	0,0	96,2	0,0	13,0
21	Mai	21,9	56,4	74,7	74,7	-18,3	-18,3	83,3	-16,7	73,1	1,6	0,0
22	Jun	20,7	37,9	59,9	59,9	-22,0	-40,4	66,8	-16,5	54,4	5,6	0,0
23	Jul	20,3	30,7	59,2	59,2	-28,5	-68,9	50,2	-16,6	47,3	12,0	0,0
24	Ago	21,2	42,1	70,0	70,0	-27,9	-96,8	38,0	-12,2	54,3	15,7	0,0
25	Set	21,9	62,3	78,8	78,8	-16,5	-113,3	32,2	-5,8	68,1	10,7	0,0
26	Out	22,8	93,6	96,4	96,4	-2,8	-116,1	31,3	-0,9	94,5	1,9	0,0
27	Nov	24,0	118,1	113,0	113,0	5,1	-101,0	36,4	5,1	113,0	0,0	0,0
28	Dez	25,3	184,9	137,5	137,5	47,4	-17,7	83,8	47,4	137,5	0,0	0,0
29	Ano	23,4	1224,9	1210,3	1210,3	14,6		822,0	0,0	1162,9	47,4	62,0
31	Verificação do Balanço Hídrico Climatológico											
33	P = ETP + (P - ETP)			P = 1224,9	ETP + (P - ETP) = 1224,9			Ok!				
34	ALT = 0			ALT = 0,0			Ok!					
35	ETP = ETR + D			ETP = 1210,3	ETR + D = 1210,3			Ok!				
36	P = ETR + E			P = 1224,9	ETR + E = 1224,9			Ok!				
37	Os cálculos estão corretos!											
39	Após calcular o BHC obtiveram-se o índice hídrico (IH), índice de umidade (IU) e o índice de aridez (IA).											
41	IH =	2,8	IU =	5,1	IA =	3,9						

Gráficos BHC \ BHC-Base Dados INMET \ Gráficos BHC-BD INMET \ Bibliografias /

Pronto

Figura 11. Ilustração parcial da planilha BHC.

¹ IU = (100EXC)/ETP; IH = (100EXC-60DEF)/ ETP; IA = (100DEF)/ ETP; EXC = excesso; DEF = deficiência

3.3 Caracterização de Perfis Modais, Agrupamento dos LAs e PAs e Análises Estatísticas

A caracterização de perfis modais de LAs e PAs foi feita com base nos horizontes diagnósticos principais B latossólico e B textural, horizonte A, horizontes transicionais (AB e BA), e em relação a profundidades específicas (controle), sendo analisados dados qualitativos e quantitativos.

O estudo objetivou a avaliação dos atributos considerados mais importantes do ponto de vista taxonômico. Para tanto, fez-se uso da estatística descritiva dos dados, para medidas de posição e dispersão, tais como: média, mediana (valor limite do 2º quartil), moda (valor ou faixa de valor que apresenta maior frequência de observação), valor limite do 1º e 3º quartis, coeficientes de assimetria e de curtose, coeficiente de variação. A representação dos dados foi feita através de histogramas. Foram feitas ainda análises de correlação entre alguns atributos de solo para se explorar as associações entre estes e sua significância do ponto de vista pedológico.

Acredita-se que a melhor maneira de identificar os indivíduos modais ou atributos modais dos solos ou de qualquer outra população é através da organização e descrição dos dados, uma vez que o que se busca é medir as características de cada distribuição, para a partir daí identificar o valor (ou valores) típico(s) de uma população ou amostra dela. Um dos trabalhos clássicos da pedologia, Cline (1949), demonstra isto muito claramente. As análises descritivas são aparentemente simples, mas exigem muita atenção do usuário, experiência e bom senso, como por exemplo, na hora de definir o número de classes e a amplitude de variação entre classes, e o que isto acarreta na interpretação dos dados, principalmente quando o número de dados é muito grande, acima de 100, por exemplo.

Os programas estatísticos que auxiliaram na execução das análises supracitadas foram: planilha do Microsoft Excel® e Statistica (Statsoft, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Informações Obtidas da Base de Dados de Solos e Critérios Taxonômicos para os Latossolos e Argissolos de Tabuleiro no 1º e 2º Níveis

4.1.1 Perfis de solos, atributos de cor e relação textural B/A

O trabalho de coleta de dados de perfis de solos de tabuleiro priorizou os perfis de Latossolos e Argissolos Amarelos, dispersos em diferentes tipos de trabalhos e publicações. Foram reunidos 1.205 perfis de solos em banco de dados, que provavelmente representam mais de 90% do universo de perfis de solos amarelos descritos no país até o momento. A autoria bibliográfica destes perfis é apresentada na Tabela 6. A maioria destes perfis pertence a instituições públicas e uma outra parte também expressiva foi obtida de trabalhos de consultoria, trabalhos particulares concedidos pelos responsáveis das descrições de perfis de solos, cuja referência, créditos e responsabilidade dos mesmos encontram-se no banco de dados.

Tabela 6. Relação das fontes bibliográficas dos perfis de solos armazenados em banco de dados, em planilha Excel.

Fonte de consulta dos perfis de solo	Nº de perfis por fonte de consulta
Embrapa	446
Trabalhos de Consultoria (Particular)	300
RADAMBRASIL	175
IAA/MIC	85
Dissertação de Mestrado	52
CEPLAC	46
COPENER	35
Anais de Guia e Reunião	15
Tese de Doutorado e de Livre Docência	13
CPRM	13
Perfis de referência do Estado de PE*	5
Revista Científica	6
Companhia Florestal Monte Dourado	5
SUDENE. Lev. Semidet de Solos da Área Central do Tab. Sul de Sergipe	4
Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPAP)	2
Informe didático da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará	2
Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia	1
DNPEA/MA	1
Total	1.205

* Perfis concedidos pelo Dr. Paulo.T.K. Jacomine e Dr. Mateus R. Ribeiro.

Todos os perfis de solos foram reclassificados com base no SiBCS (Embrapa, 1999, 2003, e adaptações) até o 2º nível categórico, e na Tabela 7 pode ser verificada a relação entre os perfis de solo com nomenclaturas originais e a equivalência destes segundo a classificação atual do SiBCS. Ressalta-se que durante o trabalho de reclassificação de solos percebeu-se a existência de Latossolos de cores predominantemente acinzentadas e bruno-acinzentadas, o que não é considerado no SiBCS (Embrapa, 1999 e 2004) para a Ordem dos Latossolos. Ainda, com base em avaliações

dos dados disponíveis no bando de dados (Figura 12), bem como pelo estudo da Carta de Cores Munsell, foi evidenciado que o critério de cor utilizado para o agrupamento destes solos no 2º nível taxonômico poderia ter uma definição mais detalhada, sendo sugerido para o Comitê Executivo de Classificação de Solos os seguintes critérios de cor para subdivisão dos solos com horizonte B latossólico e B textural:

- Vermelho: solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho, com valor e croma 4;
- Vermelho-Amarelo: solos com matiz 5YR, com valor 5 e croma 4;
- Amarelo: solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo com valor 5 e croma 4;
- Acinzentados: solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho com valor 3 ou 5YR ou mais amarelo com valor 4;
- Bruno-Acinzentado: outros solos que não se enquadram nas classes anteriores, características dos solos com valor > 4 e croma < 4.

Conforme pode ser verificado na Tabela 7 e com base na Carta de Cores Munsell, os critérios de cores supracitados permitiriam a diferenciação de solos que não seriam incluídos na classe dos Latossolos e Argissolos Amarelos, apesar de estarem associados ou inseridos em ambiente de tabuleiros costeiros ou similar. Deve ser considerado na avaliação da Tabela 7 que o número de solos Acinzentados e Bruno-Acinzentado, aplicando-se como critério de classificação de subordem as cores sugeridas neste trabalho, é bem maior do que o número de perfis contemplados no banco de dados, uma vez que foi priorizada a seleção dos solos Amarelos.

Nota-se na Tabela 7 que o número de perfis de solos com horizontes B latossólico e B textural foi praticamente o mesmo. No entanto, se for observado o mapa atual de solos do Brasil (IBGE, 2005a) constata-se que a maioria absoluta dos solos de cor amarela tem como principal componente da unidade de mapeamento o Latossolo Amarelo. Esta distribuição é justificada uma vez que estes solos encontram-se bastante associados aos Argissolos Amarelos na paisagem, sendo os primeiros geralmente associados aos topos planos a suave-ondulados dos tabuleiros que, nos trabalhos de levantamento, têm maior extensão territorial, daí a unidade de mapeamento ter como principal elemento da associação o Latossolo Amarelo. Muitos dos solos amarelos de tabuleiro foram classificados originalmente como vermelho-amarelos (Tabela 7). As razões disso já foram salientadas no item Revisão de Literatura, apesar de que em parte dos perfis descritos já havia, na referência básica de classificação de solos, a recomendação do uso da cor amarela.

Outra grande alteração foi o fato de que muitos dos solos classificados como tendo horizonte B latossólico foram reclassificados como B textural e vice-versa (Tabela 7). Tal fato é atribuído a uma discrepância em termos da classificação do solo no campo, com base na classe textural, e verificação dos dados de granulometria, a partir dos dados analíticos subsequentes ao estabelecimento da legenda de mapeamento. Ressalta-se aqui que a relação textural B/A é apenas um dos critérios utilizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) para identificar um horizonte B textural.

A Figura 12 demonstra que o perfil modal dos solos de tabuleiro (Latosolos e Argissolos) em termos de cor do solo possui predominantemente matiz 10YR, valor 5 e 6, e croma 6 (ligeiro predomínio), 8 e 4, em ordem decrescente de frequência. É na página de matiz 10YR que ocorre maior variação do valor e do croma, o que justifica a diferenciação dos solos amarelos, tanto nos Latossolos quanto nos Argissolos, em solos de cor acinzentadas (valor 4) e bruno-acinzentados (valor > 4 e croma < 4). São poucos, mas foram identificados no ambiente de tabuleiros costeiros e feições similares

solos de cor vermelho-amarelo, identificados pela cor do horizonte B de matiz 5YR, com predomínio do valor 5 e croma variando entre 6 e 8.

A Figura 13 e a Figura 14 ilustram a relação entre os padrões de cor (matiz e valor na Figura 13 e matiz e croma na Figura 14) dos solos amarelos típicos com os teores de Fe_2O_3 , sendo observado em ambas que nos solos amarelos os teores de Fe_2O_3 se concentram em valores menores que 66 g kg^{-1} (ou 6,6%). Este resultado evidencia que a utilização apenas do matiz no SiBCS para designação da cor do solo e diferenciação das classes no nível de subordem é adequada, mas, no entanto, a utilização dos termos Acriférricos e Distroférricos como característica de diagnóstico de 3º nível categórico nos Latossolos Amarelos é equivocada, uma vez que os teores de Fe_2O_3 são inferiores aos limites estabelecidos pelo SiBCS (Embrapa, 1999), que são de 18% a < 36% (ou de $180 \text{ a } < 360 \text{ g kg}^{-1}$).

Ainda quanto à distinção dos horizontes B latossólico e B textural, vale a pena discutir o critério norteador da relação textural B/A adotada pelo SiBCS e sua justificativa. Foi constatado que o sistema de classificação de solos americano (EUA, 1999) também faz uso da relação textural B/A e, tal como no SiBCS (Embrapa, 1999), utiliza como forma de cálculo o teor de argila do horizonte B dividido pelo do A, considerando, entretanto, uma determinada seção entre o horizonte A e o B subsequente, sendo o critério arbitrado, que define se o incremento de argila total do horizonte A para B atende ou não a relação textural, diferente dos valores adotados no SiBCS. O critério arbitrado em ambos os sistemas de classificação de solos deveu-se, provavelmente, a análise da distribuição dos solos no triângulo textural e suas respectivas classes de textura.

Entretanto, existem importantes diferenças quanto ao critério interpretativo da relação textural B/A utilizado pelo Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e pelo SiBCS (Embrapa, 1999). No Soil Taxonomy será atendida a relação textural B/A se:

- para horizontes A com menos de 15% de argila (150 g kg^{-1}), houver incremento de 3% (valor absoluto) no teor de argila no horizonte B, que se calculado o índice relação textural B/A possibilitaria uma amplitude de variação de 4 a menor que 1,2; ou

- para horizontes A com 15 a 40% de argila ($150 \text{ a } 400 \text{ g kg}^{-1}$), houver incremento de 20% (valor relativo) do teor de argila no horizonte B, que se calculado o índice relação textural B/A o valor seria igual a 1,2; ou

- para horizontes A com mais de 40% de argila (400 g kg^{-1}), houver incremento de 8% (valor absoluto) do teor de argila no horizonte B, que se calculado o índice relação textural B/A o valor seria igual a 1,1.

Considerando-se o atendimento ou não da relação B/A pelos critérios estabelecidos pelo SiBCS, verificar-se-á que, será atendida a relação textural B/A se:

- para horizontes A com menos de 15% de argila (150 g kg^{-1}), o índice relação textural B/A for 1,8, e este valor equivale a aproximadamente um incremento de 50% (valor relativo); ou

- para horizontes A com 15 a 40% de argila ($150 \text{ a } 400 \text{ g kg}^{-1}$), o índice relação textural B/A for 1,7 e este valor equivale a aproximadamente um incremento de 70% a 100% (valor relativo); ou

- para horizontes A com mais de 40% de argila (400 g kg^{-1}), o índice relação textural B/A for 1,5 e este valor equivale a aproximadamente um incremento de 100% (valor relativo).

Tabela 7. Relação entre os perfis de solos armazenados em banco de dados, segundo a classificação original dos mesmos e sua reclassificação.

Classificação Atual	Total de perfis	Classificação Original													
		LA	LVA	Pod. VA	Pod. A	Pod. Acinz.	PA	PVA	Lat. Una	Hapl-ustox	Hapl-orthox	Achr-ortox	Série Cedro	Série Vertente	S/C
LA	497	255	85	72	54	-	4	1	1	4	4	2			15
LBA	73	36	4	8	16	-	1	-	-	-	1				7
LVA	15	7	2	6	-	-	-	-	-	-	-				
LAC	16	5	3	2	-	3	-	-	-	-	-				3
Sub-Total	601	303	94	88	70	3	5	1	1	4	5	2			24
PA	453	29	20	178	166	1	26	1		1	9		1	1	20
PBA	94		1	31	53	2	4				2				1
PAC	31	4		9	9		5				1				3
PVA	15			12	1								1		1
PV	11			8	2		1								
Sub-Total	604	33	21	238	231	3	36	1		1	12		2	1	25
Total	1205	336	115	326	301	6	41	2	1	5	17	2	2	1	49

LA = Latossolo Amarelo; LBA = “ Latossolo Bruno Acinzentado”; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; LAC = “Latossolo Acinzentado”; PA = Argissolo Amarelo; PBA = Argissolo Bruno Acinzentado; PAC = Argissolo Acinzentado; PVA = Argissolo Vermelho-Amarelo; Pod. VA = Podzólico Vermelho Amarelo; PV = Podzólico Vermelho; Pod. A = Podzólico Amarelo; Pod. Acinz. = Podzólico Acinzentado; Lat. Una = Latossolo Variação Una; S/C = sem classificação original.

Frequência absoluta

CROMA

Figura 12. Distribuição de frequência do matiz, valor e croma nos 1.205 perfis (2897 horizontes B, até a profundidade de 150 cm) de Latossolos e Argissolos Amarelos.

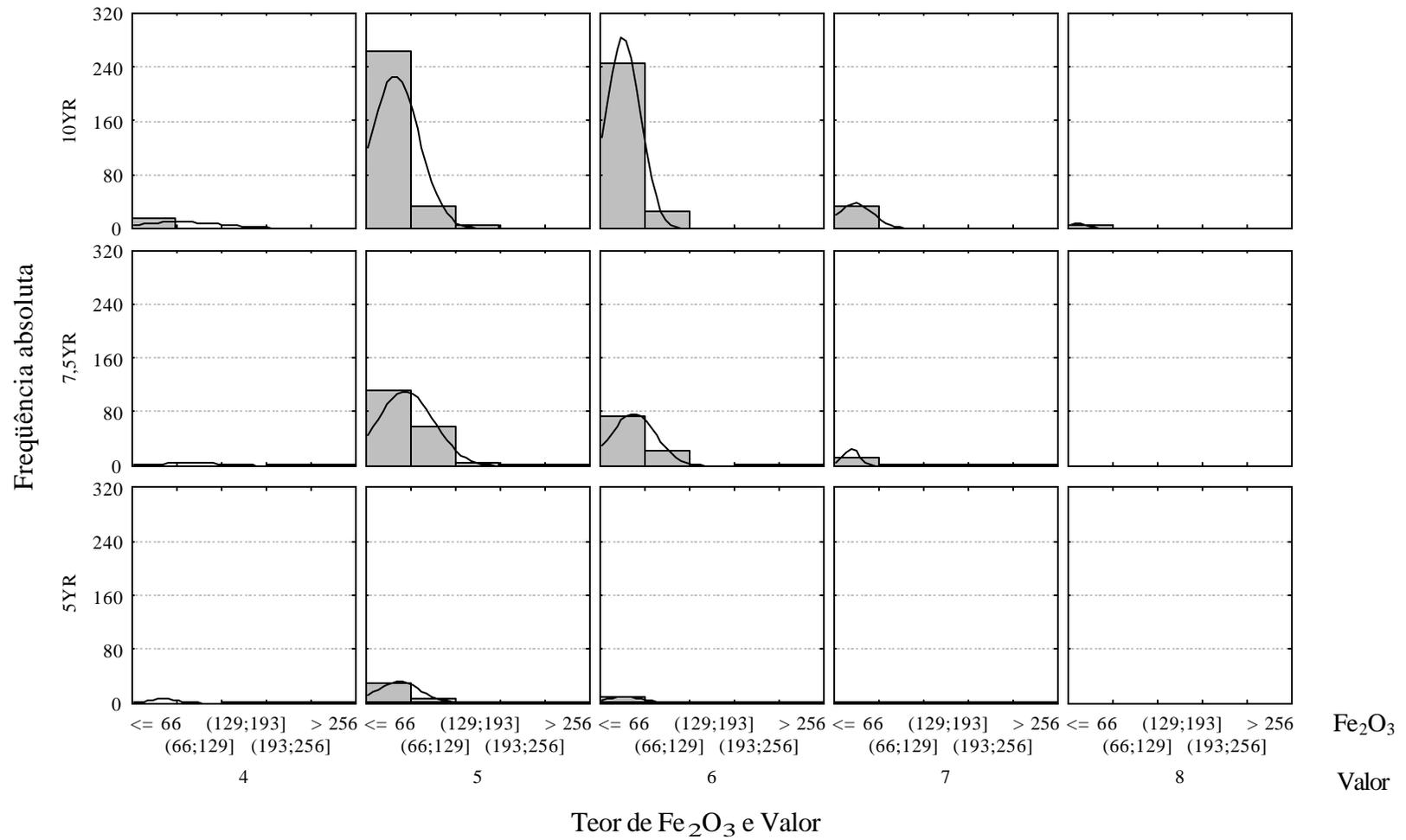


Figura 13. Relação entre matiz, valor e teor de Fe_2O_3 (g kg^{-1}) de 993 horizontes B (exclusive BC) de Latossolos e Argissolos Amarelos.

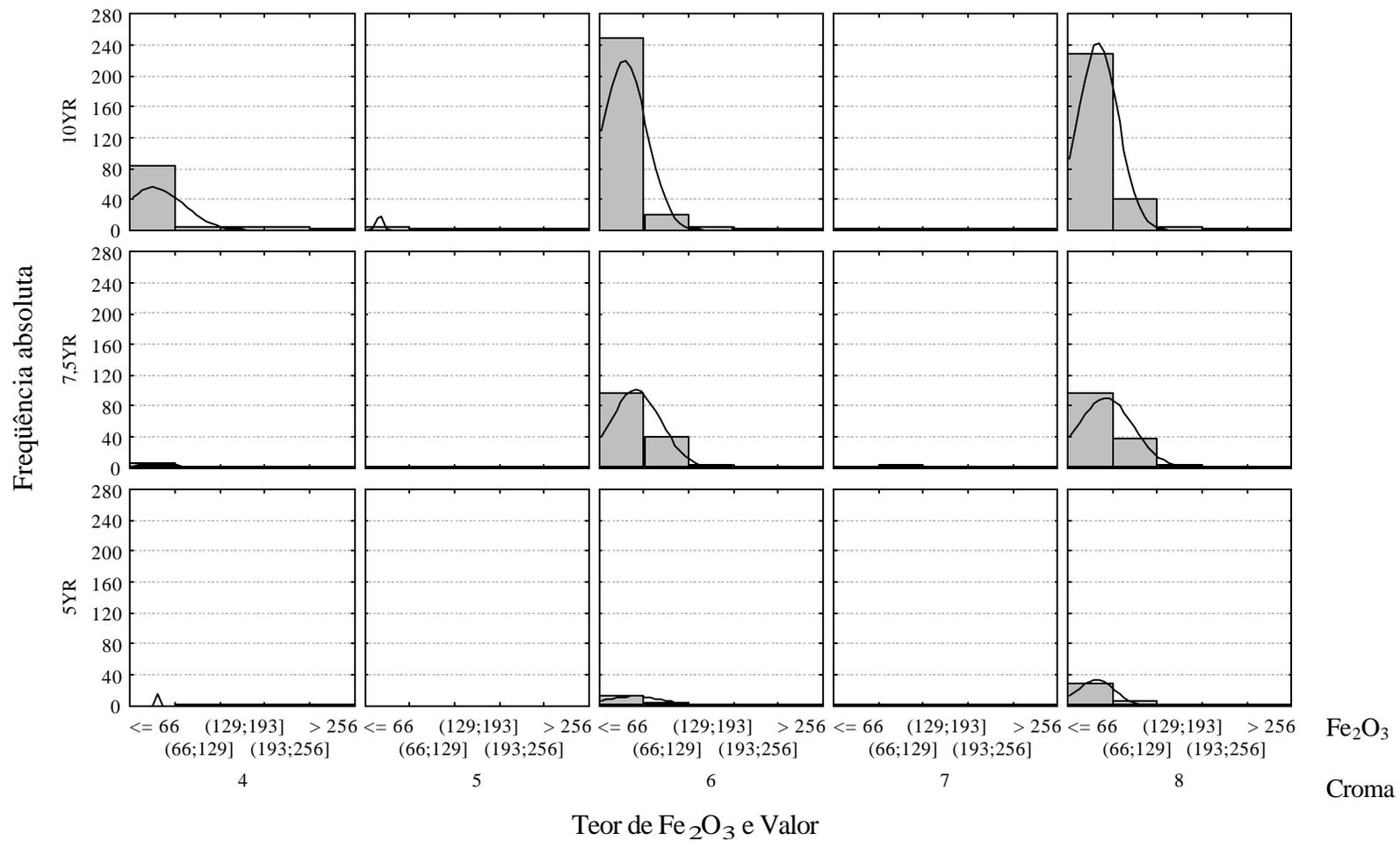


Figura 14. Relação entre matiz, croma e teor de Fe₂O₃ (g kg⁻¹) de 993 horizontes B (exclusive BC) de Latossolos e Argissolos Amarelos.

A partir destas comparações, e considerando ainda o percentual de erro (desvio) oriundo no método rotineiramente utilizado para a determinação das frações granulométricas (densímetro), verifica-se que os critérios adotados pelo Soil Taxonomy para a identificação da relação textural B/A podem ser considerados como muito baixos principalmente para os solos de textura mais grosseira nos horizontes superficiais. E quanto aos critérios preconizados pelo SiBCS, os índices de relação textural são todos maiores que os do Soil Taxonomy, mas mesmo assim, podem ser considerados como relativamente muito baixos para os solos com teor de argila do horizonte A menor que 15% de argila (150 g kg^{-1}), e muito altos para os solos com teor de argila do horizonte A maior que 15% de argila (150 g kg^{-1}). Na Figura 15, que ilustra a relação textural no sistema americano e no SiBCS, é apresentada uma proposta para a constatação ou não da relação textural B/A e, conseqüentemente, do uso deste atributo na distinção entre o horizonte diagnóstico B latossólico e o B textural.

Nesta proposta foi considerado haver incremento de argila total do horizonte A para o B quando houver incremento no teor de argila no horizonte B na ordem razoável de 15% (150 g kg^{-1}), em valor absoluto. Um outro aspecto é que o cálculo da relação textural B/A deveria ser feito considerando-se a média ponderada em relação à espessura dos horizontes considerados, e não a média aritmética propriamente dita.

Acredita-se que com esta nova proposta será atendido o que muitos pedólogos argumentam de ter que classificar um solo notoriamente B latossólico como B textural, só porque o horizonte A, muitas das vezes de pouca espessura em relação ao solum, é de textura arenosa. No entanto, muitos Latossolos com horizonte A com teor médio de argila $>20\%$ (200 g kg^{-1}) mudariam para Argissolos, pois atenderiam a relação textural B/A caso o teor de argila do horizonte B estivesse acrescido com 15% (150 g kg^{-1}) a mais, em valor absoluto, do teor de argila do horizonte A. Acredita-se também que este novo critério (proposta) não mudaria a classificação da maioria dos solos, segundo o critério de atendimento ou não da relação textural B/A.

Para exemplificar, e ao mesmo tempo comparar, o critério utilizado atualmente para calcular a relação textural B/A (Embrapa, 1999) com esta nova proposição, foram selecionados dois perfis de solos, ambos descritos por Consultores Associados do Nordeste (CAN), no Município de Igreja Nova, AL, em 1994.

Assim, o Perfil 1, classificado como Podzólico Amarelo (Argissolo Amarelo) por atender os critérios de cálculo da relação textural B/A do SiBCS (Embrapa, 1999), seria classificado como Latossolo Amarelo segundo a nova proposta, pois, somando-se a média ponderada do teor de argila dos horizontes A considerados (84 g kg^{-1}) mais 150 g kg^{-1} (limite estabelecido) encontra-se o valor de 234 g kg^{-1} , um valor superior ao da média ponderada do teor de argila dos horizontes B considerados (170 g kg^{-1}). Ou seja, para que o Perfil 1 fosse classificado como Argissolo Amarelo, a média ponderada do teor de argila dos horizontes B considerados teria que ser maior que 234 g kg^{-1} , o que não aconteceu.

Já o Perfil 2, classificado como Latossolo Amarelo por não atender os critérios de cálculo da relação textural B/A do SiBCS (Embrapa, 1999), seria classificado como Argissolo Amarelo segundo a nova proposta, pois, somando-se a média ponderada do teor de argila dos horizontes A considerados (303 g kg^{-1}) mais 150 g kg^{-1} (limite estabelecido) encontra-se o valor de 453 g kg^{-1} , um valor inferior ao da média ponderada do teor de argila dos horizontes B considerados (515 g kg^{-1}). Ou seja, para que o Perfil 2 fosse classificado como Latossolo Amarelo, a média ponderada do teor de argila dos horizontes B considerados teria que ser menor que 453 g kg^{-1} , o que não aconteceu.

Perfil 1: Perfil classificado como Podzólico Amarelo (Argissolo Amarelo).

Horizontes	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Teor de Argila (g kg^{-1})	Relação textural B/A ¹	Relação textural B/A ²
Ap	0-25	25	90	2,03	2,02
AB	25-55	30	80		
BA	55-100	45	180		
B	100-180	80	165		

¹ Cálculo conforme critérios do SiBCS (Embrapa, 1999).

² Cálculo conforme critérios propostos, onde a média ponderada do teor de argila dos horizontes A foi de 84 g kg^{-1} e a dos horizontes B considerados igual a 170 g kg^{-1} .

Perfil 2: Perfil classificado como Latossolo Amarelo.

Horizontes	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Teor de Argila (g kg^{-1})	Relação textural B/A ¹	Relação textural B/A ²
Ap	0-20	20	303	1,64	1,70
BA	20-45	25	464		
B1	45-130	85	529		
B2	130-170	40	514		

¹ Cálculo conforme critérios do SiBCS (Embrapa, 1999).

² Cálculo conforme critérios propostos, onde a média ponderada do teor de argila do horizonte A foi de 303 g kg^{-1} , e a dos horizontes B considerados igual a 515 g kg^{-1} .

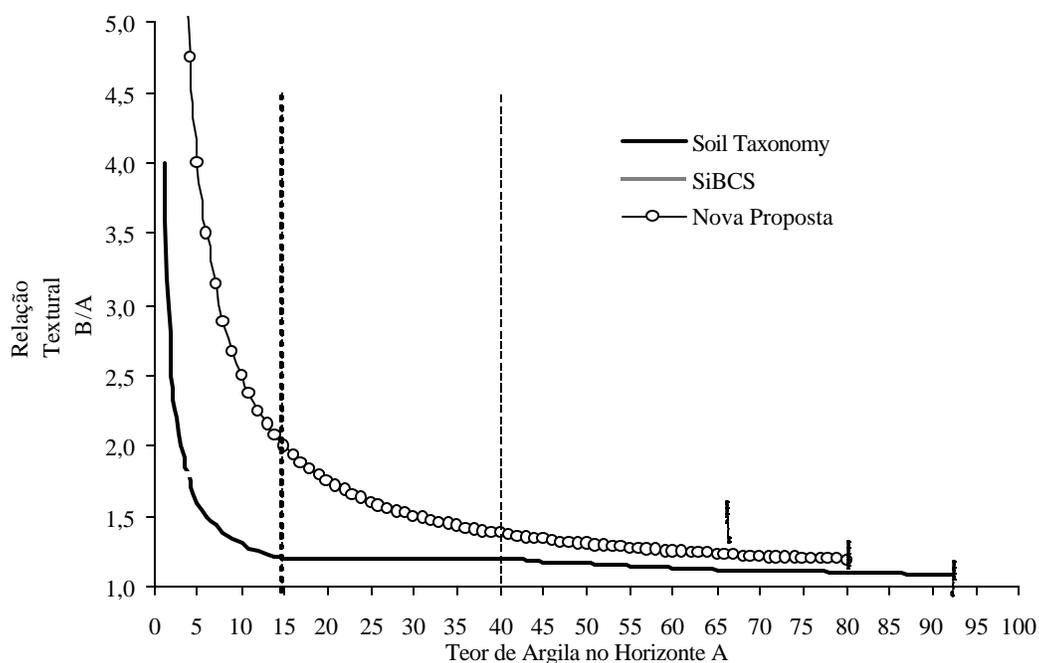


Figura 15. Comparação entre os índices relação textural adotados pelo Soil Taxonomy, SiBCS e uma nova proposta. As linhas verticais pontilhadas delimitam os percentuais de argila considerados para o horizonte A.

De acordo com a Figura 15, valores da relação textural que estejam acima das linhas horizontais (SiBCS) ou a direita das curvas (Soil Taxonomy e proposta) caracterizam incremento significativo do teor de argila do horizonte A para B e, portanto, atendimento ao critério de horizonte B textural, e quanto mais afastados destas e maior o gradiente, maior impacto teria a presença do horizonte B textural sobre os aspectos de uso e conservação dos solos.

4.1.2 Distribuição por estado e reclassificação dos perfis no banco de dados

A relação dos perfis de solos reclassificados segundo a Unidade da Federação é apresentada na Tabela 8. Observa-se que o número de Latossolos, em relação aos de Argissolos, foi surpreendentemente diferenciado para alguns Estados, enquanto que, para outros houve uma equiparação. De um modo geral, os Estados sob condições climáticas de maior umidade, exceto o Estado do Maranhão, tiveram o predomínio dos Latossolos, enquanto que nos de condições climáticas mais amenas o predomínio foi dos Argissolos. Isto é um indicativo de que o clima, depois do material de origem, deve ser o segundo fator mais importante para o desenvolvimento dos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, no ambiente dos tabuleiros costeiros e feições similares.

Considerando-se a extensão territorial dos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos em cada Estado e município onde ocorrem (anexo), confirma-se que os solos localizados na região dos tabuleiros costeiros são mais estudados que os da região amazônica.

Com relação aos problemas enfrentados durante a reclassificação dos 1.205 perfis de solos no banco de dados destacam-se os seguintes:

- 16 perfis não atenderam ao critério de incremento de argila total do horizonte A para o B, mas apresentaram cerosidade diferente de pouco e fraca, e segundo os critérios para definição de horizontes diagnósticos no SiBCS, parte destes perfis poderiam ser enquadrados como detentores de horizonte B textural. Diante de dúvidas na identificação da cerosidade nos perfis, decidiu-se desconsiderar este critério e eles foram reclassificados como Latossolos Amarelos;

- 8 perfis classificados como Podzólico Amarelo, Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, não atendiam ao critério de espessura para o horizonte Bw, < 50 cm, ou ao conceito de horizonte diagnóstico Bt, e os mesmos não foram utilizados. Isto significa que o banco de dados de solo tem mais perfis armazenados do que os referidos 1.205 perfis usados neste estudo. De acordo com o SiBCS, estes solos seriam classificados, por exclusão, como Cambissolos Háplicos;

- Dois perfis não apresentaram os atributos do horizonte diagnóstico B textural e atenderam ao exigido para o B latossólico, exceto pelo $k_i > 2,2$, o que não permitiria seu enquadramento como horizonte B latossólico, mas, como estes perfis estavam sob a Formação Barreiras, são bem desenvolvidos e apresentaram cor amarela, decidiu-se reclassificá-los como Latossolos Amarelos. Apesar disso, acredita-se que o valor limite de $k_i = 2,2$ é muito bem apropriado a definição de horizonte B latossólico nos solos desenvolvidos a partir de material do Terciário, na Formação Barreiras e similares.

- 192 perfis desenvolvidos também sobre os sedimentos do Terciário não apresentaram dados de valor k_i , e foram reclassificados levando-se em consideração os demais critérios diagnósticos;

- 16 perfis desenvolvidos também sobre sedimentos do Terciário não atendiam ao critério da relação silte/argila, e considerando a possibilidade de erro durante a análise granulométrica desconsiderou-se este critério e os mesmos foram reclassificados como B latossólicos por atender todos os demais critérios diagnósticos.

Tabela 8. Contagem do número de perfis de solos contidos no banco de dados segundo a classificação atual por Unidade da Federação (UF).

UF	Classes de Latossolos					Classes de Argissolos					Total geral	
	LA	LBA	LAC	LVA	Total	PA	PBA	PAC	PVA	PV		Total
AL	84	16	1	3	104	88	29	3	3	2	125	229
BA	64	24	8	1	97	83	20	9	2	-	114	211
PA	84	2	-	2	88	59	3	1	2	1	66	154
ES	21	2	-	-	23	97	6	-	1	1	105	128
RJ	44	10	3	-	57	32	13	7	-	1	53	110
AM	73	3	-	4	80	9	-	-	-	-	9	89
SE	12	-	2	2	16	21	8	2	3	4	38	54
PE	14	1	-	-	15	22	4	4	2	-	32	47
MA	30	4	1	3	38	5	-	-	-	-	5	43
AP	22	1	-	-	23	8	-	-	-	-	8	31
RR	12	4	-	-	16	1	1	-	-	-	2	18
RO	11	3	-	-	14	3	-	-	-	-	3	17
CE	1	-	-	-	1	6	4	1	1	2	14	15
MT	6	1	-	-	7	6	-	-	-	-	6	13
PI	2	-	-	-	2	7	2	1	-	-	10	12
PB	4	-	1	-	5	3	1	2	-	-	6	11
RN	4	-	-	-	4	2	2	1	1	-	6	10
MG	3	2	-	-	5	1	-	-	-	-	1	6
SP	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4
AC	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
GO	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1
Total	497	73	16	15	601	453	94	31	15	11	604	1.205

Não sendo um problema tão sério, mas que demanda grande atenção de quem trabalha com banco de dados de solos, a avaliação e reclassificação dos solos é necessária no armazenamento dos perfis. Isto se deve ao fato de que, aparentemente, um número expressivo de perfis de solos não está sendo caracterizado em conformidade com as normas técnicas, difundidas pela Embrapa e Comissões responsáveis na Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, para descrição, coleta, análise e classificação de solos. Exemplos disso foram verificados na designação dos horizontes diagnósticos, mesmo em trabalhos recentes, onde apesar de existir um referencial atualizado para tal fim, os horizontes estavam sendo designados com uma notação ultrapassada. Assim, de acordo com a época em que o perfil foi descrito criava-se um impasse para saber se um horizonte A2 era realmente A2 ou se tratava de um horizonte E; se um horizonte B3 era realmente B3 ou se tratava de um horizonte BC. Independentemente disso, foi também percebida uma dificuldade na consulta dos perfis na base de dados em decorrência da forma com que os horizontes são designados quanto à inclusão dos subscritos (sufixos) antes do número de ordem dos subhorizontes. Uma solução para este problema é alterar o registro da notação numérica dos horizontes e subhorizontes, que seria inserida antes dos subscritos, ou seja, ao invés de Btx1, Bt2, usaria a notação B1tx, B2t, pois isto facilita quantificar os horizontes, neste caso dois horizontes B.

Outras questões de não observância ou diferenças em relação às normas e critérios para a classificação dos solos são encontradas nos seguintes itens: situação e declive, onde são apresentadas as mais diversas descrições, sendo freqüente a utilização deste campo de informação para dizer que o perfil refere-se a uma trincheira, ou corte de estrada; tipo de drenagem do solo; classes de estrutura e consistência do solo etc. O caráter qualitativo e de descrição livre usado nestes itens dificulta a organização e interpretação dos dados de perfis de solo, ainda que seja um aspecto positivo na avaliação individual de um dado solo.

4.1.3 Ocorrência dos Latossolos e Argissolos na paisagem, seqüência de horizontes e espessura do horizonte superficial

A Tabela 9 relaciona os diferentes termos utilizados para informar sobre a situação e declive nos perfis onde estes atributos foram descritos. De acordo com os dados apresentados, considerando o total de aproximadamente 600 perfis de Latossolos e 600 perfis de Argissolos organizados no banco de dados, cerca de 25% dos perfis de solos ou não traz tal informação ou utiliza este campo para identificar aspectos que não têm a ver com a posição topográfica e declive dos perfis, como já foi comentado.

Com os dados obtidos (Tabela 9) verifica-se que os Latossolos e Argissolos de tabuleiro ocorrem na paisagem indiscriminadamente, o que já havia sido observado por Nascimento (2001) para os Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos em ambiente de tabuleiro na região Norte Fluminense, RJ. Esta distribuição aleatória dos LA e PA já fôra ilustrada em algumas superfícies tabulares ilustradas por Embrapa (1993), conforme pode ser verificado na Tabela 1. Ainda, em função do próprio nível de detalhamento dos levantamentos utilizados como fonte de informações, que incluem, na maioria das vezes, os componentes Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos em uma mesma unidade de mapeamento e da descrição superficial da componente do relevo, não foi possível relacionar a ocorrência destes solos a uma dada posição na paisagem. Tanto um quanto o outro foi encontrado no topo, no terço superior, no terço médio, até mesmo em áreas de baixada, em relevo plano ou suave ondulado.

Tabela 9. Relação e descrição de situação e declive dos perfis de solos.

Contar nº perfis	Classes de solo `atual`				Total geral
Situação e declive	LA	LBA	LVA	LAC	
Área plana	84	15	2	1	102
Terço médio	78	10	4	2	94
Topo plano	74	19	1	1	95
Terço superior	49	7	4	4	64
Topo de elevação	40	9	-	1	50
Topo de tabuleiro	34	1	-	1	36
Trincheira etc?	32	2	2	1	37
Terço Inferior	14	3	-	2	19
Relevo suave ondulado	12	2	1	-	15
Relevo ondulado	2	-	-	-	2
Área plana	1	-	-	-	1
Área plana de baixo platô	1	1	-	1	3
Fundo de vale	1	1	-	1	3
Relevo forte ondulado	1	-	-	-	1
Área lig. abaciada	-	1	-	-	1
Parte baixa da "bedding"	-	1	-	-	1
Topo de elevação	-	-	1	-	1
Total geral	423	72	15	15	525

Contar nº perfis	Classes de solo `atual`					Total geral
Situação e declive	PA	PBA	PAC	PVA	PV	
Topo plano	79	28	7	2		116
Topo de elevação	65	16	3	2	2	88
Terço médio	53	8	5	1	2	69
Área plana	48	7	3	2	1	61
Terço superior	40	16	3	3	2	64
Trincheira etc?	27	6	3	2	1	39
Terço inferior	17	6	6	2	1	32
Tabuleiro	8	2	1	-	-	11
1º grau de tabuleiro	3	-	-	-	-	3
Fundo de vale	1	1	-	-	-	2
Baixada	1	-	-	-	-	1
Total geral	342	90	31	14	9	486

A Figura 16 traz a frequência com que um dado horizonte é encontrado nos perfis do banco de solos, sendo a designação “T” de tradagem. A partir das informações disponibilizadas pela referida Figura, infere-se que as principais seqüências de horizontes dos Latossolos e Argissolos de tabuleiro são: A-B1-B2-B3; A-BA-B1-B2; A-AB-BA-B, sendo poucos os perfis com horizonte B4, embora isto esteja relacionado com a profundidade em que os perfis foram avaliados. É uma característica marcante a presença dos horizontes transicionais AB e BA nestes solos. Dentre os perfis avaliados, 336 perfis de LA apresentaram horizonte AB e 547 têm BA. Já para os PA, 391 perfis possuem o horizonte AB e 464 têm BA. O horizonte BC apresenta-se com frequência semelhante a dos horizontes A1 e A2, e são poucos os perfis que apresentam horizonte E. A menor expressão dos horizontes A1 e A2 pode ser devida ao intenso uso agrícola dos solos de tabuleiro, o que leva a homogeneização destes horizontes em um horizonte Ap ou mesmo a perda do horizonte A1 por processos erosivos e exposição e mistura do horizonte A2 ao AB, também formando o Ap. Já a menor frequência do BC ela é provavelmente devida à espessura do solum, normalmente elevada nos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, e a profundidade de observação em torno de 2,0m, na maioria dos perfis descritos em levantamentos de solo.

Na Figura 17 é apresentada a categorização das espessuras dos horizontes superficiais de Latossolos e Argissolos de tabuleiro, onde pode ser verificado que para ambas as classes de solos as espessuras de maior frequência estão entre 20 a 40 cm. A partir da classe de espessura 20-30, comparando-se os solos, os Argissolos apresentam (Figura 17) espessura maior que os Latossolos. Os valores limites inferiores para o 1º quartil foram de 20 e 22 cm para os Latossolos e Argissolos respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo destes valores. Já os limites superiores para o 3º quartil foram de 38 e 45 cm, significando que 25% dos valores observados situaram-se acima destes valores, para os Latossolos e Argissolos, respectivamente.

A distribuição de frequência da espessura observada para o horizonte superficial dos perfis de solo mostra que esta é uma propriedade que pode ser utilizada como característica diferencial para classificação destes solos no 6º nível categórico. Neste caso são sugeridos os seguintes limites ou classes de espessura: < **20 cm** (solos com pequena espessura de A), **de 20 a 40 cm** (solos modais, espessura típica, normal, moderado); e > **40 cm** (solos com horizonte A espesso). Nascimento (2001), ao caracterizar os solos de tabuleiro da região Norte Fluminense, RJ, sugeriu os mesmos limites de espessura, apesar do universo de perfis amostrados ter sido inferior a 10% do total de perfis deste trabalho, indicando que o arbítrio colocado foi coerente. Os dados de espessura do horizonte A de Latossolos e Argissolos apresentaram coeficiente de variação de 65% e 58%, respectivamente, indicando que a alta variabilidade nos valores de espessura é importante para discriminar os solos nos níveis categóricos mais baixos, 6º nível, por exemplo. O SiBCS utiliza classes de profundidade do solo qualificadas pelos termos raso, pouco profundo, profundo e muito profundo, termos genéricos empregados para designar condições de solos de acordo com a presença de contato lítico ou lençol freático. Entretanto, os referidos termos são utilizados em descrições generalizadas ou para indicar fases de solo, não sendo qualificativos de características distintivas de taxa (Embrapa, 1999).

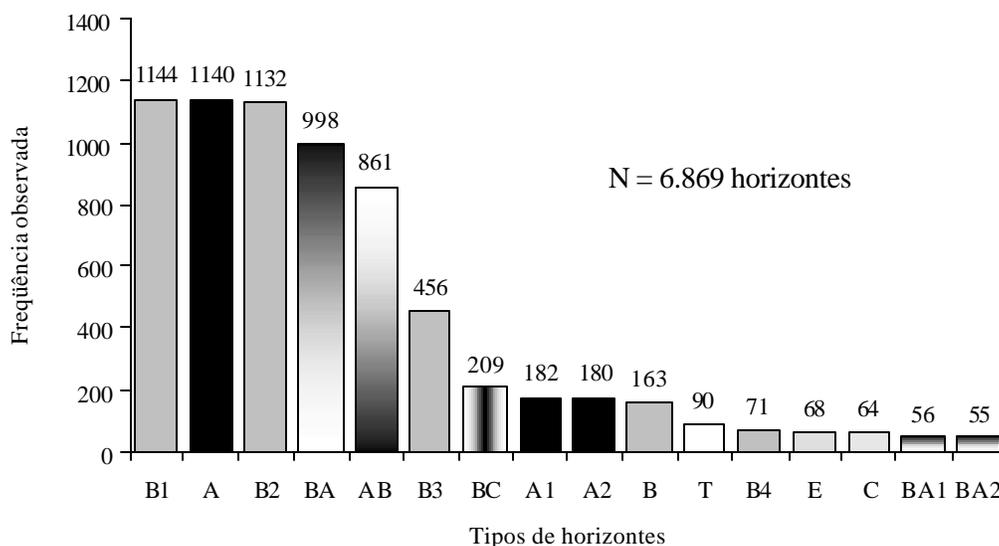


Figura 16. Relação da frequência de ocorrência dos horizontes principais dos Latossolos e Argissolos de tabuleiro.

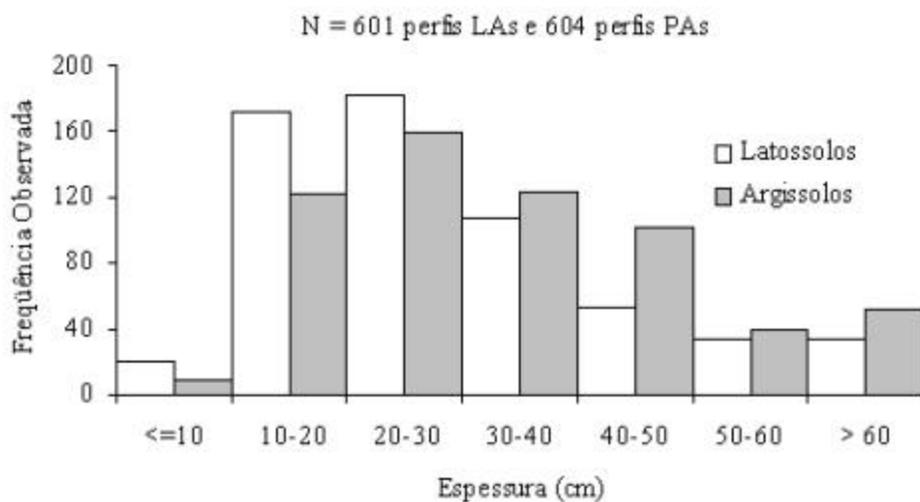


Figura 17. Categorização das espessuras dos horizontes superficiais A, AB (e horizonte E) em Latossolos e Argissolos de tabuleiro. N = nº de observações de cada classe de solo.

4.1.4 Escolha de atributos para fins taxonômicos, a partir da distribuição de frequência dos dados observados

A seguir são apresentadas recomendações sobre como eleger um determinado atributo de solo, para fins de classificação taxonômica, a partir da distribuição de frequência dos dados observados. A maneira mais simples de agrupar os solos segundo um conjunto de características é pela avaliação da distribuição de frequência, ilustrada em histogramas. A este respeito, salienta-se que é determinante o uso do bom senso para a confecção dos histogramas, ou seja, é importante definir o número de classes a serem

utilizadas e a amplitude que estas classes devem apresentar quanto aos dados observados. O pesquisador precisa saber de antemão que tipo de agrupamento ou classes de valores de atributos são importantes, do ponto de vista do uso dos critérios estabelecidos para classificação dos solos e da sua aplicação prática na interpretação do referido sistema para os diversos fins.

Conforme destaca Costa Neto (1998) a questão do número de classes é teoricamente controversa e diversos trabalhos apresentam soluções diferentes. O autor argumenta que com um pouco de bom senso e experiência chega-se, sem grande dificuldade, a valores satisfatórios para a determinação do número de classes, amplitude de classes e para os limites (aparentes) das classes. Este entendimento é muito importante, principalmente quando se trabalha com um número muito grande de observações, pois a depender dos critérios sugeridos por diferentes autores quanto ao número de classes etc, ter-se-ia um grande número de classes, e cujos valores estariam agrupados de forma muito dispersa, o que não é desejável. Outra questão a ser considerada é que, como a grande maioria dos atributos de solo não se distribui normalmente (curva correspondente a uma distribuição teórica de probabilidade), e, portanto, não há simetria na distribuição dos dados, o entendimento geral de considerar o grau de achatamento da curva como forma de caracterizar se um determinado atributo é como bom atributo de classificação não faz sentido.

Um caso típico desse erro de interpretação ocorre quando um determinado atributo apresenta uma configuração de distribuição de frequência com curva de formato achatado, indicando que não há uma classe de atributo modal característica. Mas, como este atributo pode ter valores abaixo ou acima da mediana, e que apresenta reflexo na produção agrícola, por exemplo, outra vez irá prevalecer o bom senso ao analisar os dados e decidir se deve utilizar ou não tal atributo como critério diagnóstico na classificação de solos. Todavia, quanto mais condensados estiverem os dados, ou seja, apresentarem pouca variação para uma dada propriedade, isto seria um indicativo de que provavelmente não é um bom atributo diagnóstico de classificação. Este comportamento ocorre nos dados de densidade do solo, que serão discutidos mais adiante. Assim, a avaliação do coeficiente de variação de cada atributo deve ser utilizada para comparar a variabilidade dos dados entre duas ou mais variáveis.

Os histogramas (e os polígonos de frequência) podem ser utilizados para agrupar dados e, a partir da distribuição ou conformação de distribuição de frequência é possível descrever sobre a faixa de valor que representaria um atributo modal. Neste caso é feita uma análise descritiva dos dados para determinação da média, mediana e moda, e se for de interesse em dividir o conjunto de dados em quatro partes iguais, por exemplo, isolar os 25% dos elementos com valores mais baixos ou mais altos, pode determinar-se então os quartis. As medidas de tendência central, média, mediana e moda são muito importantes na definição do indivíduo modal, e devem ser avaliadas conjuntamente. A mediana (medida de tendência central que divide um conjunto de dados ao meio), por exemplo, possui uma característica importante quando se trata de conjuntos que possuem um valor atípico ou excepcional (extremamente grande ou pequeno), pois dependendo da forma pela qual o cálculo é feito, este irá pender a um dos extremos, sem afetar o resultado final, e nestes casos, a mediana pode ser considerada mais representativa do que a média, sendo preferida como padrão de normalidade (Arango, 2001). A moda é talvez o melhor critério para a escolha do valor típico de um atributo de uma população ou amostra dela, pois busca identificar o valor mais frequente deste conjunto, podendo haver atributos que apresentam mais de uma moda e outros que não tenham moda.

Observa-se que a estatística descritiva é uma maneira simples de agrupar os dados e definir atributos modais e, talvez, por ser uma ferramenta simples, muitos pesquisadores não estão dando valor a este tipo de análise, argumentando que é preciso usar análises multivariadas, mas sem dizer quais, como e porque. “É de se esperar que um objeto complexo como o solo apresente comportamento dinâmico em que a complexidade seja a regra e não a exceção” (Marcos, 1979). Uma das limitações em fazer uso da análise de componentes principais ou ‘cluster’ para agrupamento de solos é que o perfil de solo é subdividido em horizontes e subhorizontes, e aí surge o impasse de como fazer para representar um perfil de solo cuja taxonomia leva em consideração uma série de atributos diagnósticos e a posição relativa dos mesmos, observados e descritos verticalmente. Uma outra questão, talvez a mais importante quanto ao uso das análises multivariadas diz respeito a clareza dos objetivos e do que se quer buscar com essa ou aquela análise, ou seja “encontrar a pergunta certa é frequentemente mais importante do que encontrar a resposta certa” (Tukey, 1980; apud Magnusson & Mourão, 2003).

Contudo, deve-se chamar a atenção que, apesar de ser uma ferramenta fácil de trabalhar e de obter os dados (informações), a confecção dos histogramas com auxílio de programas estatísticos deve ser feita com muita atenção. Como regra, os programas determinam automaticamente o número de classes e a amplitude destas, o que poderá comprometer os objetivos pretendidos em termos de agrupamento de atributos segundo um fim em particular.

Com base nestas considerações é que decidiu-se agrupar a espessura do horizonte superficial dos Latossolos e Argissolos de tabuleiro em 7 classes com intervalo de 10 cm (Figura 17), condição esta julgada importante do ponto de vista de uso agrícola e/ou conservação do solo, fins geotécnicos etc.

De acordo com a Figura 17, a faixa de espessura típica tanto nos Argissolos quanto nos Latossolos de tabuleiro foi de 20 a 30 cm, e de acordo com o valor de assimetria dos dados dos perfis (2,46 para os Argissolos e 2,51 para os Latossolos), os Argissolos apresentam uma espessura média ligeiramente superior que a dos Latossolos. Os valores de média, mediana e moda dos dados observados de espessura do horizonte A de Argissolos e Latossolos foram, respectivamente: $37 > 32 > 20$ e $32 > 27 > 20$, e esta disposição indica assimetria positiva, caracterizada pelo alongamento da distribuição para a direita (valores maiores). Chama-se a atenção que a moda disponibilizada refere-se ao valor que saiu com maior frequência, só que os dados estão agrupados em classes de intervalos, e neste caso a classe modal de maior frequência é que indica o atributo como modal ou típico. Conforme destaca Arango (2001), com relação à moda para dados agrupados, deve-se observar que, às vezes, embora a classe de maior frequência seja uma só, existe uma outra classe que possui uma quantidade significativa de casos, e aí se podem ter duas ou mais modas (bimodal ou plurimodal).

As medidas de assimetria classificam a distribuição de frequência em classes, conforme o tipo de configuração formada pela distribuição de frequência (Martins & Donaire, 1990; Costa Neto, 1998; Arango, 2001), sendo:

- Unimodais: observa-se um ponto de máximo, e neste caso, as curvas normalizadas podem ser simétricas ou assimétricas;
- Antimodais: observa-se um ponto de mínimo;
- Amodais: não há ponto de máximo nem de mínimo;
- Plurimodais: podem ser observados dois ou mais pontos de máximo.

A configuração unimodal, que pode ser simétrica ou assimétrica, é considerada a ideal, principalmente se a configuração for simétrica e semelhante a curva normal ou de Gauss (que é avaliada pela curtose). As curvas assimétricas podem ser positivas (cauda longa à direita) ou negativas (cauda longa à esquerda). Conforme ilustrado na Figura 18,

na distribuição simétrica, a média dos dados é igual (muito próximo) a mediana (2º quartil) e a moda, e o 1º e 3º quartis ficam equidistantes. Para uma distribuição assimétrica positiva, observa-se que a média será sempre maior que a mediana, que será maior que a moda. E numa distribuição com assimetria negativa observa-se que a média será sempre menor que a mediana, que será menor que a moda. O formato de cada uma das curvas na Figura 18, por si só, já indica o tipo de distribuição, embora os programas estatísticos forneçam um coeficiente ou medida de assimetria (denominado aqui de A) que é utilizado para medir e classificar o grau de assimetria, sendo que:

- Se $A = 0$, a distribuição é simétrica;
- Se $A > 0$, a distribuição é assimétrica positiva;
- Se $A < 0$, a distribuição é assimétrica negativa

Existe ainda a possibilidade de considerar o coeficiente A segundo uma escala de assimetria, e neste caso considera-se que:

- $|A| < 0,15$ \Rightarrow assimetria pequena;
- $0,15 < |A| < 1,00$ \Rightarrow assimetria moderada;
- $|A| > 1,00$ \Rightarrow assimetria elevada

Um exemplo de como interpretar a referida escala de assimetria, uma notação modular, é que para $A = -0,70$ a assimetria é considerada moderada e negativa, e para $A = 0,30$ a assimetria é considerada moderada e positiva.

(a) (b) (c)

Figura 18. Ilustração dos tipos de distribuição segundo a assimetria. Figura adaptada de Martins & Donaire (1990).

Finalizando, saber se os dados estão distribuídos de forma simétrica ou assimétrica é importante para o estabelecimento e caracterização de um atributo modal. Enquanto na distribuição simétrica (Figura 17 a) o modal seria a própria média, na assimétrica positiva o modal seria dado por valores bem abaixo da média, e na distribuição assimétrica negativa o modal seria dado por valores bem acima da média, conforme indicado na Figura 18 (c) e na indicação da assimetria positiva para os dados apresentados na Figura 18 (b).

4.2 Aplicação da Distribuição de Frequência na Avaliação de Critérios Diagnósticos

4.2.1 Consistência seca (dureza) e úmida (friabilidade) e densidade do solo como diagnóstico da coesão em solos de tabuleiro

Esta avaliação foi feita usando-se os horizontes diagnósticos AB e BA dos Latossolos e Argissolos e, como primeiro procedimento, construíram-se os gráficos de distribuição de frequência dos valores observados de densidade do solo (Ds) (Figura 19 e Figura 20).

Observa-se que a forma da distribuição de frequência dos horizontes AB e BA dos Latossolos (Figura 19) e Argissolos (Figura 20) é praticamente simétrica. O coeficiente de assimetria para os dados dos Latossolos foi de -0,51, e para os Argissolos de -0,41. Os valores de média, mediana e moda da Ds (em kg dm^{-3}) para os horizontes AB e BA dos Latossolos foram respectivamente: 1,43, 1,47, 1,57 e 1,43, 1,44, 1,42. Para os Argissolos estes valores foram de: 1,48, 1,48, 1,46 e 1,48, 1,50, 1,51.

Ainda, como a distribuição é praticamente simétrica faz sentido apresentar o coeficiente de curtose, que, para os dados de Ds dos Latossolos, foram de 0,62 e 0,43 para os horizontes AB e BA, respectivamente; enquanto que para os Argissolos estes coeficientes foram de 1,08 e 0,60. O coeficiente de curtose é adimensional e para coeficiente menor que três (3,0) diz-se que a distribuição é do tipo platicúrtica (achatada), igual a três é denominada de mesocúrtica (curva normal padrão), e maior que três é denominada de leptocúrtica (alongada) (Martins & Donaire, 1990; Costa Neto, 1998; Arango, 2001). Portanto, a curva de distribuição de frequência da estimativa Ds é do tipo platicúrtica. O coeficiente de variação foi de 11,3% e 11,0% para os horizontes AB e BA, respectivamente, dos Latossolos, e de 6,0 a 7,4% para os mesmos e respectivos horizontes dos Argissolos.

O valor do limite inferior da Ds para o 1º quartil foi de 1,34 kg dm^{-1} para ambos os horizontes AB e BA nos Latossolos, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo deste valor. Já os limites superiores para o 3º quartil foram de 1,55 e 1,50 kg dm^{-1} , também respectivamente para os horizontes AB e BA dos Argissolos, significando que 25% dos valores observados situaram-se acima destes limites. Souza et al. (2001), num estudo de identificação da coesão em solos dos tabuleiros costeiros encontraram valores semelhantes aos apresentados aqui.

Com este tipo de distribuição dos dados fica evidente que apesar de encontrar-se valores de Ds $> 1,6 \text{ kg dm}^{-1}$ nos horizontes AB e BA e em ambos os solos, não é possível identificar um indivíduo modal, típico, e, portanto, a Ds do solo não deve ser considerada como um atributo adequado para identificar coesão, seja quando utilizada sozinha ou associada a outros atributos, conforme pode ser constatado nas Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24, que comparam a distribuição de frequência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), nos horizontes AB e BA e nos horizontes Bw e Bt. Corroborando esta informação, Souza et al. (2001) ressalta que o uso da densidade do solo, para identificar grau de coesão, teria como limitação a interferência da granulometria na manifestação dos seus valores, observando-se, por exemplo, resultados elevados de Ds em solos arenosos que não são coesos.

A apresentação conjunta dos dados de Ds, consistência a seco (dureza), e consistência úmida (friabilidade), constata o que já é conhecido sobre a descrição de horizontes coesos, que se apresentam com consistência do material de solo dura ou muito dura quando seco e friável quando úmido, independentemente da densidade do

solo. De um modo geral, os Latossolos são menos coesos que os Argissolos, e apresentam menor variação de consistência. Para os Latossolos, a consistência do solo (dureza e friabilidade), em termos de maior frequência observada, variou de ligeiramente duro e friável; duro e friável; duro e firme; muito duro e firme, nos horizontes AB e BA, e de ligeiramente duro e muito friável, ligeiramente duro e friável, duro e friável nos horizontes Bw, indicando que os horizontes AB e BA são de fato mais coesos. Para os Argissolos, as maiores frequências observadas da consistência do solo (dureza e friabilidade) foram: para os horizontes AB e BA, macio e muito friável, ligeiramente duro e muito friável, ligeiramente duro e friável, ligeiramente duro e firme, duro e friável, duro e firme, muito duro e firme; e para os horizontes Bt, macio e muito friável, ligeiramente duro e friável, duro e friável, duro e firme, muito duro e firme.

Acredita-se que para identificação da coesão com base apenas na avaliação da consistência do solo, usando-a como atributo diferencial na classificação de solo, a melhor maneira seria qualificar o grau de coesão dos solos em forte, médio e fraco. Neste caso, seria considerada coesão forte, para materiais de solo com consistência no mínimo duro e no mínimo friável a firme, o que definiria um solo como coeso no 3º nível taxonômico, conforme já vem sendo feito no SiBCS (Embrapa, 1999) para os Latossolos Amarelos, mas que também deveria ser considerado para os Argissolos Amarelos. No outro extremo ter-se-ia a coesão fraca, para materiais de solo com consistência do tipo no máximo ligeiramente duro e friável; e no caso de não enquadramento nestes dois extremos ter-se-ia a coesão moderada, sendo que estas duas últimas qualificações não definiriam os solos como coesos. A desvantagem do uso deste critério é que a determinação da coesão fica dependendo apenas da descrição feita pelo pedólogo, podendo ser comprometida se o solo estiver úmido no momento da avaliação. Para minimizar possíveis erros de avaliação, o recomendado seria fazer a descrição do perfil com o solo seco, ou levar as amostras indeformadas (torrões) para serem avaliadas posteriormente após secagem ao ar. Diante dos dados apresentados acredita-se que a menção da densidade do solo, como atributo auxiliador do caráter coeso, é inadequada e poderia ser retirada da definição do atributo no SiBCS.

Para identificar a partir de que profundidade do solo ocorre o caráter coeso nos LAs e PAs, conforme definição proposta anteriormente, se consultou no banco de dados os horizontes descritos como tendo consistência dura ou muito dura e firme, e respectivas profundidades iniciais. Nos Argissolos Amarelos, para um total de 168 horizontes descritos como de consistência muito dura e firme e, portanto, que seriam coesos, 39% eram horizontes B1, 24% B2, 15% BA e apenas 5% AB. A profundidade inicial de ocorrência do caráter coeso nos PA variou na faixa entre 40 e 50 cm. Nos Latossolos Amarelos, para um total de 103 horizontes qualificáveis como coesos 41% eram BA, 21% B1 e 14% AB, tendo como início de profundidade predominante duas faixas, uma entre 20 a 30 cm, e outra entre 40 a 50 cm. Ou seja, a coesão apresenta-se mais superficialmente nos LAs, principalmente no horizonte transicional BA. E para os PAs a coesão é mais expressiva logo abaixo do(s) horizonte(s) transicional(is), no B1. Adotando-se o critério de identificação de horizontes coesos com base na consistência aos solos de tabuleiro verifica-se no horizonte AB pouca expressão de coesão, tanto em Latossolos como em Argissolos. Valores mais elevados de Ds (Figura 20) nestes horizontes podem refletir a granulometria mais arenosa nos PAs ou compactação e não coesão. A frequência maior do caráter coeso no B1, nos Argissolos Amarelos, pode representar um problema a mais ao restringir o desenvolvimento de raízes, reduzir o fluxo e redistribuição de água no perfil e aumentar a erodibilidade destes solos, aspectos já acentuados pela diferença textural.

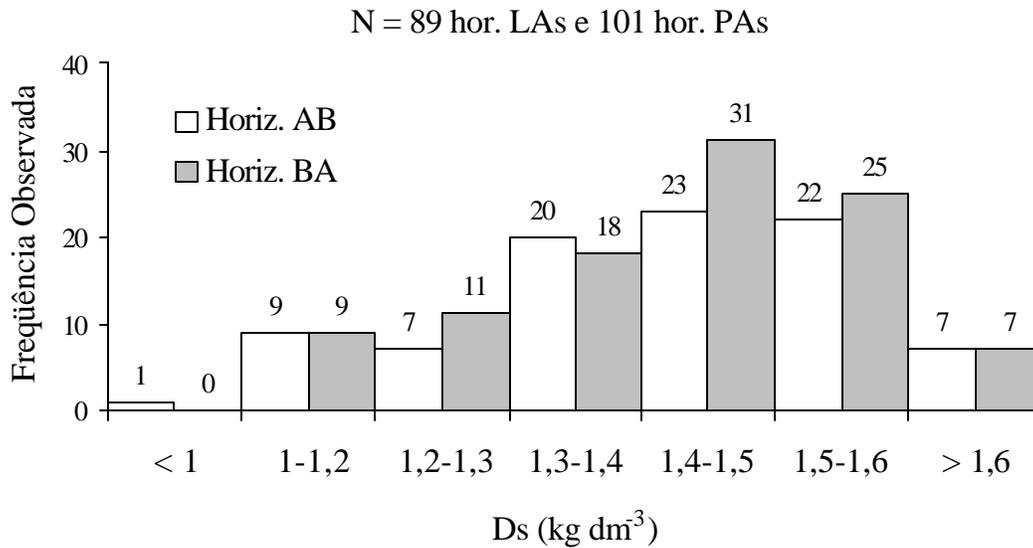


Figura 19. Caracterização da densidade do solo nos horizontes AB e BA de Latossolos Amarelos. N = n° de observações de cada horizonte.

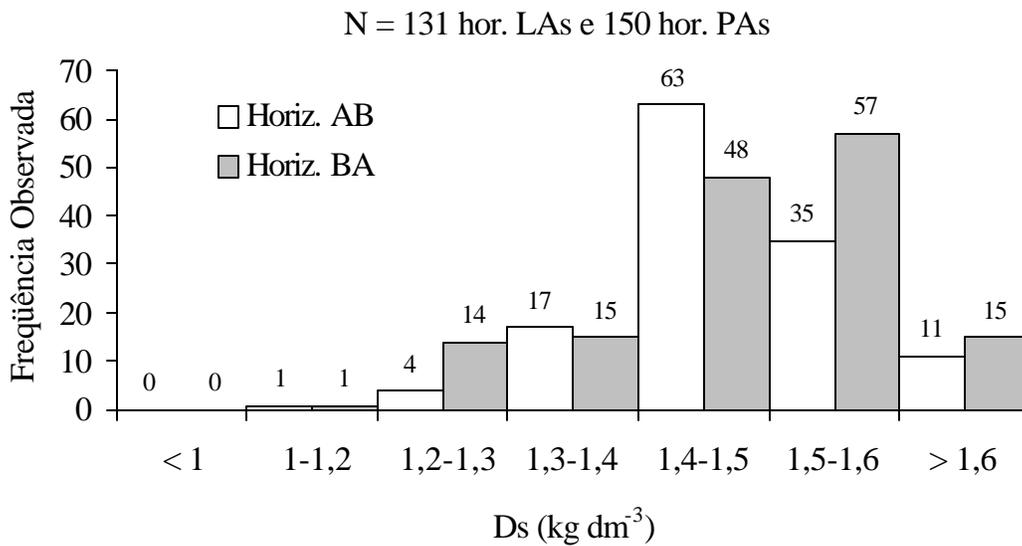


Figura 20. Caracterização da densidade do solo nos horizontes AB e BA de Argissolos Amarelos.

Figura 21. Relação entre a distribuição de frequência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 157 horizontes AB e BA de Latossolos.

Figura 22. Relação entre a distribuição de frequência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 310 horizontes Bw.

Figura 23. Relação entre a distribuição de frequência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 233 horizontes AB e BA dos Argissolos.

Figura 24. Relação entre a distribuição de frequência da Ds segundo o grau de consistência do solo seco (dureza) e úmido (friabilidade), num universo de 600 horizontes Bt.

Para testar o critério de identificação do caráter coeso através da consistência do solo a seco e úmido foram selecionados os perfis cuja classificação original continha o adjetivo coeso. Dos 601 perfis de Latossolos e 604 perfis de Argissolos, 44 perfis de Latossolos Amarelos e 16 perfis de Podzólicos Amarelos (Argissolos Amarelos) estavam referidos como coesos. A Figura 25 foi feita dispondo-se os solos em grau crescente de coesão, conforme sua descrição morfológica, o que permitiu visualizar uma relação linear entre a consistência a seco e úmida, ou seja, à medida que a consistência a seco tornava-se mais endurecida maior firmeza era observada na consistência úmida.

Observando-se a Figura 25, verifica-se que a qualificação do grau de dureza do material de solo variou de solto a extremamente duro, com predomínio bimodal de ligeiramente duro e duro. O grau de friabilidade também variou bastante, indo desde solto até muito firme, mas com forte predomínio das classes friável e muito friável. Considerando-se que a definição de solos coesos é aplicada a material de solo (torrões) cuja consistência quando seco e úmido sejam no mínimo duro e de friável a firme, respectivamente, concluiu-se que praticamente 100% desses solos não seriam coesos.

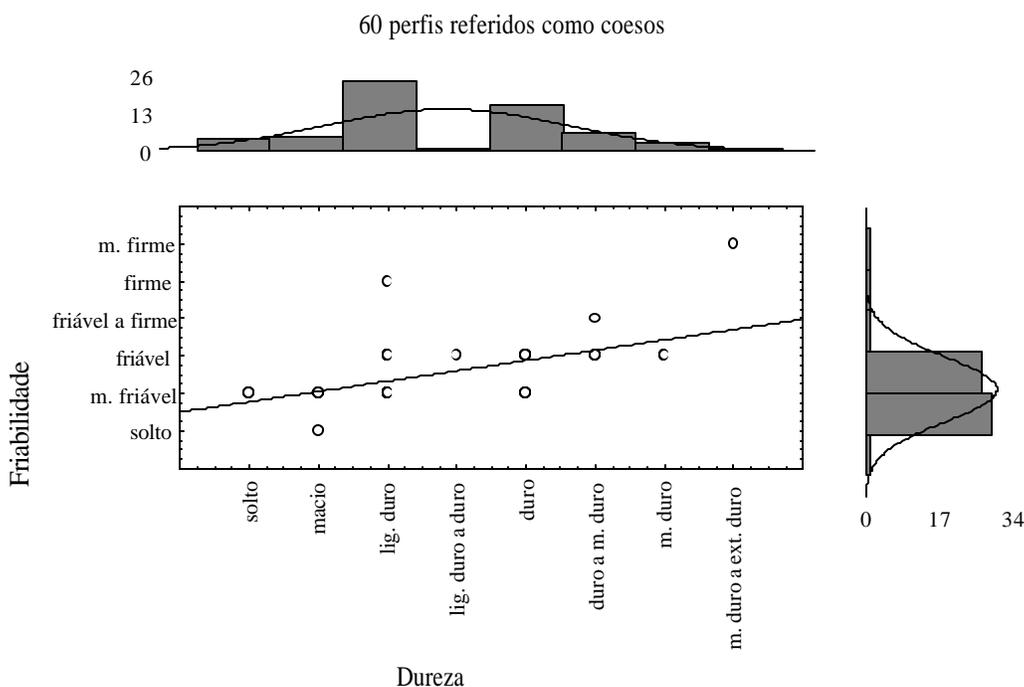


Figura 25. Relação entre consistência do material de solo seco e úmido de perfis de Latossolos e Argissolos originalmente classificados como coesos.

Comparando-se teor de argila e C-org dos horizontes coesos (total de 808 horizontes avaliados) (Figura 26), que apresentam consistência no mínimo dura e no mínimo friável a firme, verificou-se uma maior frequência de teores de argila de 250 a 600 g kg⁻¹, enquanto o teor de C-org se concentra em valores menores que 10 g kg⁻¹. Porém, não foi observada uma relação entre estes atributos em relação a coesão do solo, apenas uma ligeira tendência de diminuição do teor de carbono com o aumento do teor de argila, a qual pode ser explicada pela redução regular de carbono orgânico em profundidade a medida que aumenta o teor de argila, em especial nos Argissolos.

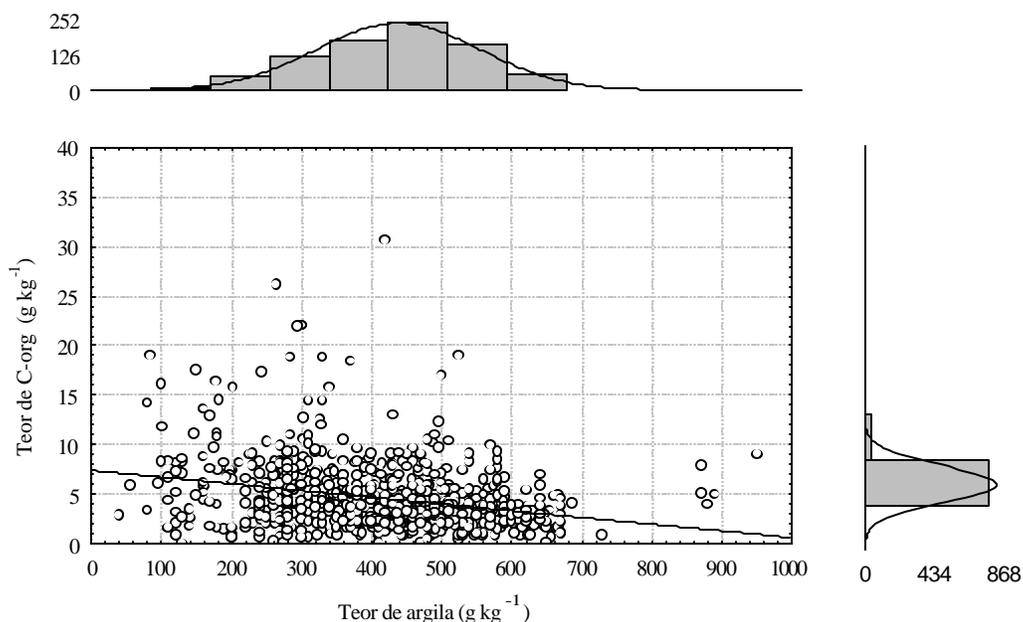


Figura 26. Relação entre teor de argila e C-org de horizontes de Latossolos e Argissolos considerados coesos, segundo a avaliação da consistência do solo.

4.2.2 Classe textural, teor de carbono orgânico, Valor V% e soma de bases como critérios diagnósticos nos níveis de família e série

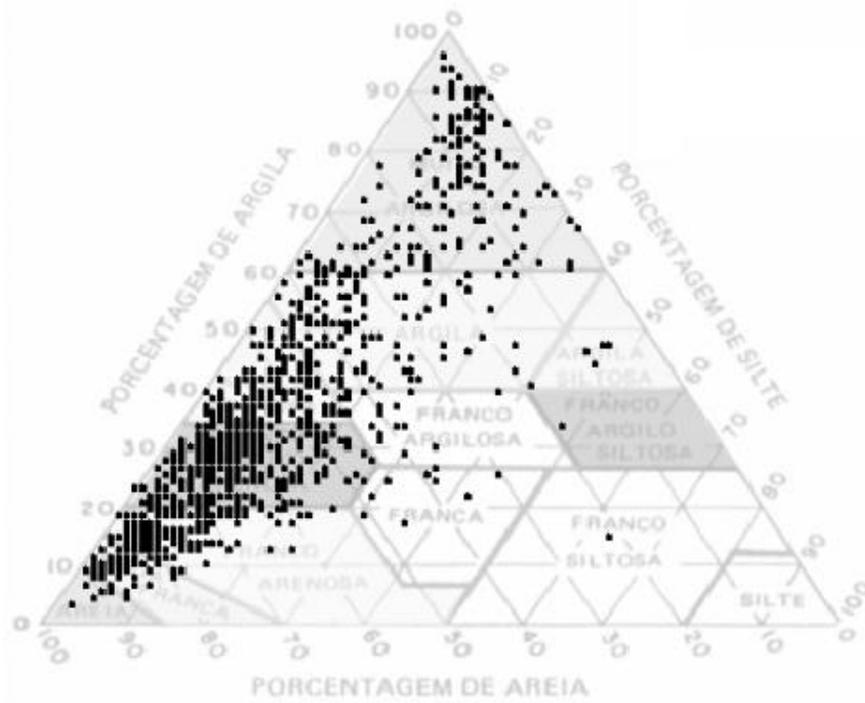
O agrupamento dos solos através da classe textural foi feito com dados das frações granulométricas dos horizontes A e está apresentada na Figura 27. Verifica-se que a classe textural modal (típica) para os Latossolos é a de textura franco-arenosa (moderadamente leve), enquanto que para os Argissolos, verificam-se duas classes modais (típicas), areia-franca (leve) e franco arenosa (moderadamente leve). Uma característica típica destes solos é que o valor de silte é baixo, na grande maioria dos perfis os teores são menores que 20% ($< 200 \text{ g kg}^{-1}$) de silte. Independentemente dos dados apresentados na Figura 27, o uso das classes texturais como característica de diagnóstico para o 6º nível taxonômico já é sugerido pelo SiBCS. Neste estudo recomenda-se o seu uso conjugado com os termos qualitativos de espessura do horizonte A. Assim, os perfis modais de Latossolos Amarelos seriam do tipo espessura moderada e franco arenosa, enquanto que os Argissolos seriam do tipo espessura moderada e areia-franca ou franco arenosa. Comparando-se a distribuição do teor de argila no horizonte A dos Latossolos e Argissolos (Figura 27), constata-se uma concentração nos PAs de teores menores que 35% (350 g kg^{-1}) de argila, enquanto que para os LAs há maior dispersão dos valores, inclusive com teores acima de 60% (600 g kg^{-1}) de argila, sendo uma característica comum nos solos amarelos da região Norte do país, conforme pode ser constatado em Radambrasil (1978), Embrapa (1979), Vieira & Santos (1987), Silva (1989).

A distribuição dos teores de carbono orgânico (C-org) do horizonte A de Latossolos e Argissolos é ilustrada na Figura 28. Os valores médios de C-org foram de $14,6 \text{ g kg}^{-1}$ e $9,5 \text{ g kg}^{-1}$ nos Latossolos e Argissolos, respectivamente, ambos distribuídos em assimetria positiva e, portanto, com moda menor que a média, moda na

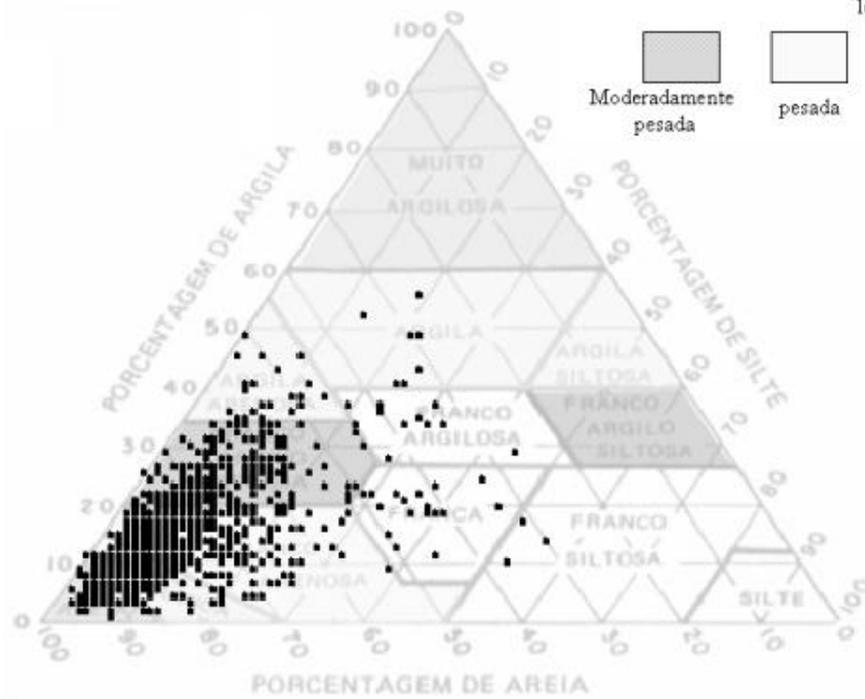
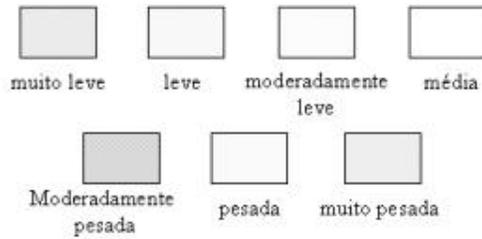
classe de 5 a 10 g kg⁻¹, para ambos os solos. Os teores de C-org tiveram coeficientes de variação de 88,3% e 82,6%, e considerando o teor de C-org como indicativo da qualidade dos solos, é sugerido a utilização deste atributo independentemente da consideração do teor de argila, pois, conforme apresentado na Figura 29, não há qualquer relação do teor de argila com o teor de C-org, mesmo sabendo-se que os horizontes A dos Latossolos são em geral de textura mais fina que os dos Argissolos. Isto pode ser justificado quando se considera que outros fatores podem estar influenciando o teor de C-org no horizonte superficial, como por exemplo, o tipo de manejo, a cobertura vegetal e o clima local.

Os valores limites inferiores de C-org para o 1º quartil foram de 7,4 g kg⁻¹ e 5,3 g kg⁻¹ para os Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo destes valores. Já os limites superiores para o 3º quartil foram de 18,0 e 11,8 g kg⁻¹, para Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se acima destes valores, ou seja, os teores de C-org nos Argissolos são menores que nos Latossolos. E com base nestes dados sugere-se a inclusão do teor de C-org como característica de diagnóstico de 6º nível categórico, podendo assim qualificar os solos quanto ao teor de C-org como: baixo (teores menores que 5 g kg⁻¹), médio (teores de 5 a 10 g kg⁻¹) e relativamente alto (para teores maiores que 10 g/kg⁻¹), considerando-se para isso a média ponderada do teor de C-org dos horizontes A em função da espessura de cada subhorizonte. Nascimento (2001) em seu trabalho com solos de tabuleiro na região Norte Fluminense, RJ, sugeriu os seguintes limites de C-org no horizonte A: < 6, de 6 a 12 e > 12 g kg⁻¹, qualificados com os mesmos adjetivos supracitados.

O SiBCS (Embrapa, 1999) utiliza a presença de A Húmico como característica de diagnóstico de 4º nível categórico nos Latossolos, sendo que as definições dos horizontes Hístico e Húmico foram reformuladas (Embrapa, 2003). O conceito atual de horizonte A Húmico leva em consideração a média ponderada do teor de C-org em função da espessura dos subhorizontes A e a média ponderada do teor de argila. Devido ao fato de não haver relação, nos solos de tabuleiro, entre os teores de argila e C-org (Figura 29), para estes solos o uso do teor de argila no cálculo do teor mínimo de C-org para definição de A Húmico não é relevante. Nestes solos, o horizonte A moderado é mais comumente encontrado e, em função do intenso uso agrícola, na maioria dos solos de tabuleiro os teores de matéria orgânica no horizonte A são inferiores a 15 g kg⁻¹ enquanto a classe de textura apresenta variação desde arenosa a muito argilosa.



(a)



(b)

Figura 27. Distribuição das frações granulométricas dos horizontes A de Latossolos (a) e Argissolos (b) de tabuleiro.

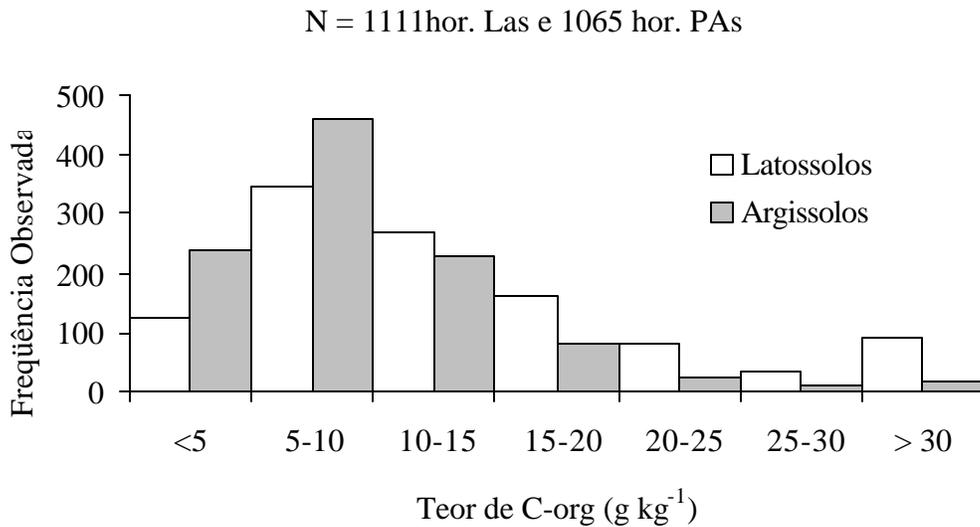


Figura 28. Distribuição do teor de C-org do horizonte A de Latossolos e Argissolos.

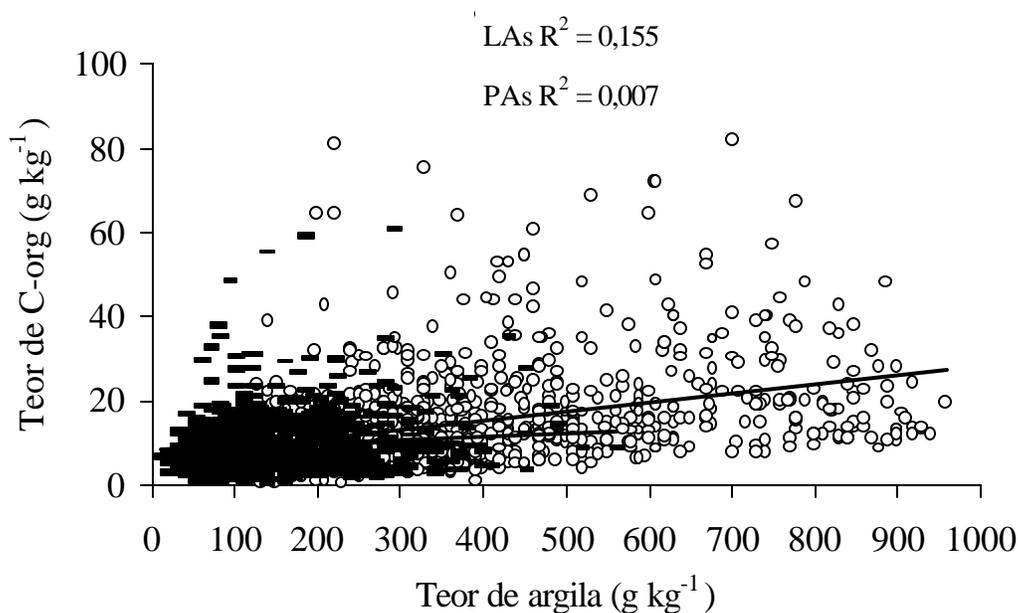


Figura 29. Relação entre o teor de argila e carbono orgânico do horizonte A em Latossolos e Argissolos Amarelos.

Comparando-se os teores de C-org, dos horizontes A de LAs e PAs (total de 2222 horizontes), dos principais Estados e Região do país (Figura 30), é possível constatar que as variações ocorridas nos referidos valores são decorrentes de características climáticas e de uso e cobertura do solo. Pela Figura 30 é possível verificar que os teores de C-org são maiores que a média de todos os Estados (13 g kg^{-1}) nos Estados do AM, RO, AC e MA, locais de clima mais úmido e quente e cujo principal uso do solo é feito pela agricultura de subsistência e/ou extrativismo vegetal, ainda com expressiva presença da cobertura florestal da floresta Amazônica. Já para os

demais estados, com exceção da BA, os teores de C-org são menores que a média de todos os estados, principalmente PE (no Nordeste) e RR (no Norte), este último com clima sabidamente distinto dos demais estados que compõem a Região Norte. Verifica-se também que nos estados onde o monocultivo tradicional da cana-de-açúcar se processa, tais como, AL, RJ, ES, PE e BA, os teores de C-org apresentam pouca dispersão dos valores, com médias de valores bastante próximos. Dentre estes estados, os menores teores de C org. podem ainda ser relacionados ao clima mais seco e quente. Quanto aos desvios dos valores de G-org em relação aos seus valores médios, verifica-se que estes são maiores nas áreas mais úmidas, com exceção do Pará (PA), podendo ser um indicativo de que neste estado o uso agrícola é menos diversificado, tal como acontece em AL.

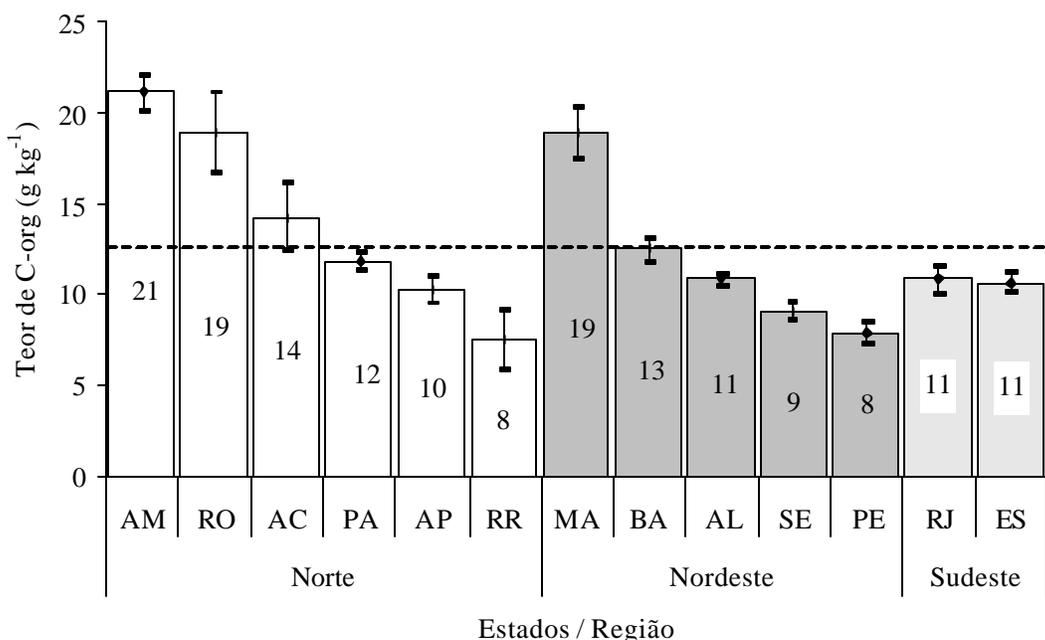


Figura 30. Representação dos valores médios e erros-padrões-estimados dos teores de C-org de horizontes A de LAs e PAs, nas principais Unidades da Federação e por Região Geográfica. A linha pontilhada representa o valor médio do teor de C-org, considerando-se todos os Estados.

Quanto ao atributo saturação por bases, comumente representada pelo símbolo V%, e que se refere à proporção relativa de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca de cátions (CTC determinada em pH 7), este é utilizado pelo SiBCS como diagnóstico na identificação do tipo de horizonte A e no 3º nível categórico para discriminar solos com alta ou baixa saturação por bases. Na distinção do tipo de horizonte A é utilizado o valor V% = 65 para separar o horizonte A Chernozêmico de outros, enquanto que na distinção dos solos no 3º nível categórico é utilizado, com base no horizonte subsuperficial, o valor de V% = 50%, considerados como solos de saturação por base alta e V% < 50% para solos com saturação por base baixa, a exceção de solos com textura arenosa. Solos com saturação por bases alta são denominados de eutróficos, e os com saturação por bases baixa, de distróficos. No entanto, para solos ricos em sódio trocável ou com alto conteúdo de sais, que em geral apresentam elevada saturação por bases, não é considerado este critério, uma vez que tais condições são

desfavoráveis para o desenvolvimento da maioria dos vegetais. Assim, o termo eutrófico relacionado à alta saturação por bases deve ser utilizado apenas para denotar boas condições nutricionais para as plantas (Oliveira, 2001).

Outra questão a ser levada em consideração quanto ao emprego do termo saturação por bases como critério diagnóstico é que a associação do termo eutrófico ao conceito de solos de alta fertilidade é inapropriada para solos altamente intemperizados, pois nestes a presença de valor $V\% > 50\%$ geralmente também estará acompanhada de baixos teores de soma de bases, uma vez que a CTC destes solos é baixa. Um critério utilizado pelo IAC (Oliveira, 2001), no intuito de evitar que solos com teores de soma de bases muito baixos sejam considerados como eutróficos, é considerar que além de atender a $V\% > 50\%$, a soma de bases tem que ser $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg terra}$, e isto ocorrendo até a profundidade de 120 cm.

As distribuições de frequência dos valores de saturação por bases e soma de bases obtidos dos horizontes A de Latossolos e Argissolos Amarelos estão apresentadas na Figura 31 e na Figura 32, respectivamente. A análise descritiva dos dados apresentados na Figura 31 indicou os seguintes parâmetros para o atributo $V\%$ nos Latossolos: média igual a 25%, moda igual a 9% e coeficiente de assimetria de 1,1, configurando assim a distribuição do tipo assimétrica positiva, em que o valor modal é bem menor que a média. Já para os Argissolos, a média foi de 42%, moda igual a 60% e coeficiente de assimetria igual a 0,3, configurando uma curva com assimetria negativa e fraca em que a moda é relativamente maior que a média. O coeficiente de variação foi de 139% para os Latossolos, e de 86% para os Argissolos.

Comparando-se os parâmetros estatísticos para o $V\%$ entre Latossolos e Argissolos, verifica-se que são bastante contrastantes, bastando notar as duas colunas extremas, onde os dados de $V\%$ do horizonte A dos Latossolos tiveram maior frequência na faixa < 10 , enquanto que para os Argissolos a maior frequência ficou na faixa > 60 , ou então se considerando que a mediana foi de 18% para os Latossolos e de 40% para os Argissolos. Uma das razões para os Argissolos apresentarem domínio de maiores valores de $V\%$ que os Latossolos pode ser o predomínio nos Argissolos de classes de textura arenosa a média no horizonte A (Figura 27) e, conseqüentemente, menores teores de acidez (H+Al) e CTC. Pelo cálculo do Valor $V\%$ que, sendo igual a: $100 \times \text{soma de bases} / \text{CTC}$, em solos com baixa CTC e acidez, o Valor $V\%$ pode resultar em valores acima de 50%, uma indicação ilusória de que estes solos (horizontes A) teriam alta fertilidade. Ainda, a constatação de predomínio geral de Argissolos Amarelos nas áreas sob condições climáticas mais secas (Tabela 8) também pode ser uma explicação destes solos apresentarem maiores valores de $V\%$, uma vez que nestes ambientes há menor lixiviação de bases e menor adição de matéria orgânica.

Ainda assim, para interpretar a Figura 31 é preciso considerar que foi feita uma restrição durante a seleção das classes, principalmente nos seus limites inferior e superior. Na verdade não ha uma classe de Valor $V\%$ modal destacável para os dados dos Argissolos, e isto pode ser percebido pela configuração das colunas resultarem em uma forma geral praticamente simétrica e achatada, sem um pico expressivo (o maior pico está na classe de 30-40%, para os Argissolos), se forem distribuídos os dados para a classe de $V\%$ acima dos 60%. Já para os Latossolos, considerando-se a distribuição dos dados agrupados para valores menores que 10%, ter-se-á uma classe modal com valores agrupados $< 10\%$, o que caracterizaria uma faixa de $V\%$ típico $< 10\%$. Os limites inferiores do $V\%$ para o 1º quartil foram de 7% e 24% para os Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo destes limites. Já os valores superiores para o 3º quartil foram de 38% e 59%,

para Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situam-se acima destes limites.

Com base nestes dados e considerando a complicação do emprego do termo saturação por bases como critério diagnóstico para solos altamente intemperizados, como é o caso dos solos de tabuleiro, não é sugerido o uso deste atributo isoladamente, isto é, sem que seja levada em consideração a soma de bases ou a CTC do solo, como característica diagnóstica nos níveis hierárquicos mais baixos, conforme o indicativo feito pelo SiBCS (Embrapa, 1999) de sua possível utilização como critério de 5º nível, adjetivando inclusive os termos hipodistrófico ($V\% < 35$), mesodistrófico ($V\% \geq 35$ e $< 50\%$), mesoeutrófico ($V\% \geq 50\%$ e $< 70\%$) e hipereutrófico ($V\% \geq 75\%$).

Nascimento (2001), na tentativa de caracterizar os indivíduos modais de Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos da Região Norte Fluminense encontrou distribuição de frequência que possibilitou a identificação de valores típicos, sugerindo o uso do atributo Valor V% e seus respectivos adjetivos (supracitados) como critério diagnóstico para o 5º nível categórico.

De acordo com Oliveira (2001), a saturação por bases é um dos atributos mais utilizados na caracterização e classificação dos solos, informando sobre o quanto do complexo de troca está saturado por bases (soma de bases = Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) e afirma que, se a saturação por bases “per si” aparentemente não tem grande significado, solos com saturação por bases alta poderão ser mais produtivos que os solos com saturação por bases baixa, que em geral apresentam também baixos valores de soma de bases e/ou níveis tóxicos de alumínio.

Quanto à soma de bases (Valor S), também no horizonte A, é apresentada na Figura 32 a distribuição de frequência dos valores observados e as considerações feitas para os limites de classes relacionados à figura anterior se aplicam para a Figura 32. Os parâmetros estatísticos descritivos foram os seguintes: para os Latossolos a média foi igual a $1,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, moda igual a $0,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, mediana igual a $0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, coeficiente de assimetria igual a 4,1 (assimetria forte e positiva) e coeficiente de variação de 139% (desvio padrão > que a média); para os Argissolos a média foi igual a $2,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, moda igual a $0,66 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, mediana igual a $1,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, coeficiente de assimetria igual a 17,1 (assimetria muito forte e positiva) e coeficiente de variação de 165%.

Os valores dos limites inferiores do Valor S% para o 1º quartil foram de 0,4 e $0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra para os Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo destes valores. Já os limites superiores para o 3º quartil foram de 2,2 e $2,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, para Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situam-se acima destes valores. Em síntese, os teores modais de soma de bases mostraram-se muito inferiores aos teores médios e como no Valor S estão incluídos nutrientes requeridos em maiores quantidades (principalmente Ca^{2+} e Mg^{2+}) pelas plantas, é de fundamental importância utilizar esta informação como característica diagnóstica de níveis hierárquicos baixos, Família, por exemplo.

Para mostrar a variação da soma de bases em relação a saturação por bases, são apresentadas na Figura 33 e na Figura 34. Elas ilustram claramente que alguns solos apresentam horizonte A desprovido de bases ($< 1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra) e com Valor V% maior que 50%, ainda que a maioria deles apresente Valor V% $< 50\%$ e somas de bases $> 1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, o que pode ser um reflexo da adubação mineral, principalmente nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Portanto, no entendimento de que a informação da soma de bases é muito importante para a avaliação da fertilidade dos solos, bem como a saturação por bases é

apresentada a seguir uma proposta de utilização destes dois atributos de forma conjugada, mais detalhada do que o sugerido e aplicado pelo IAC, conforme já comentado anteriormente. Na Figura 35 os solos são agrupados segundo o critério conjugado de valor V% e soma de bases, o qual poderá servir tanto para diferenciação dos solos nos níveis hierárquicos superiores, quanto nos inferiores. Nesta proposta, há de ser considerada ainda uma seção de controle tanto para os horizontes superficiais quanto para os subsuperficiais. Uma sugestão, não testada, seria a de considerar todos os horizontes (subhorizontes) calculando-se a média ponderada de cada atributo (Valor S e Valor V%) em função da espessura de cada horizonte.

Analisando-se a Figura 35, verifica-se que praticamente 50% dos horizontes A se enquadrariam como hipodistróficos, 30% como distróficos, e os 20% restantes sendo, eutróficos e mesodistróficos e hipereutróficos.

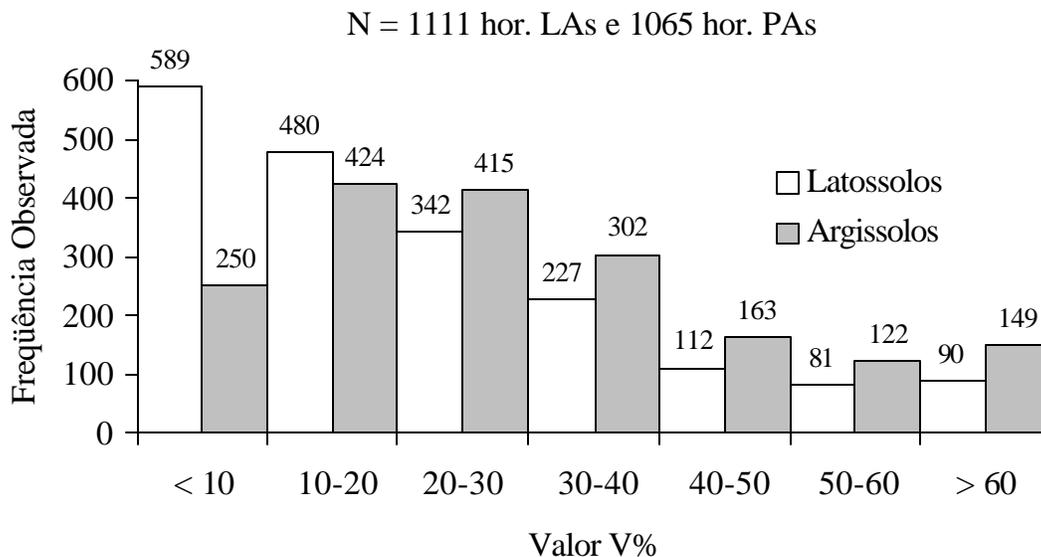


Figura 31. Distribuição do Valor V% no horizonte A de Latossolos e Argissolos Amarelos.

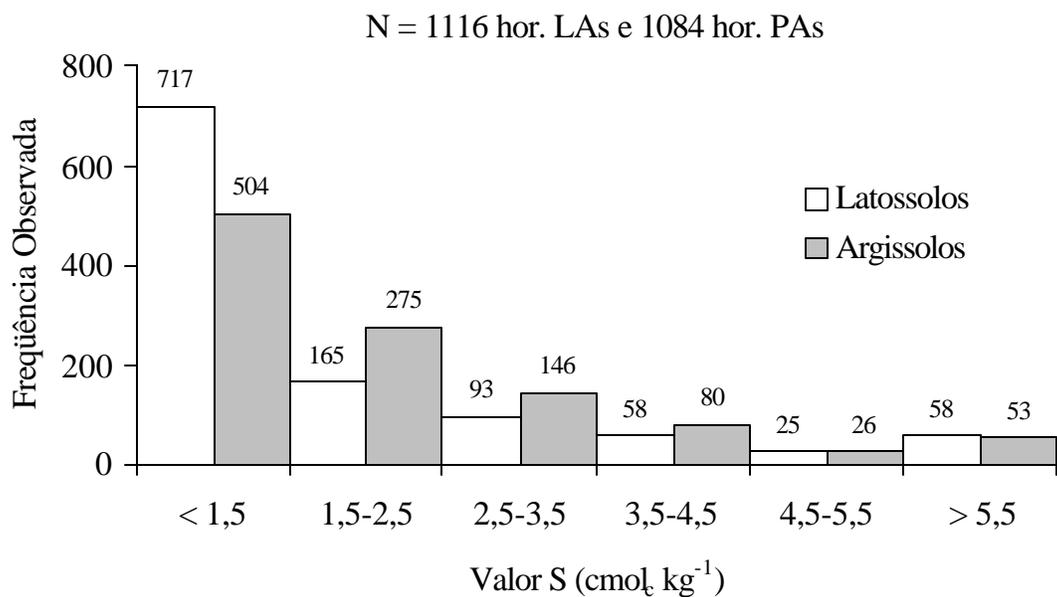


Figura 32. Distribuição do Valor S no horizonte A de Latossolos e Argissolos Amarelos.

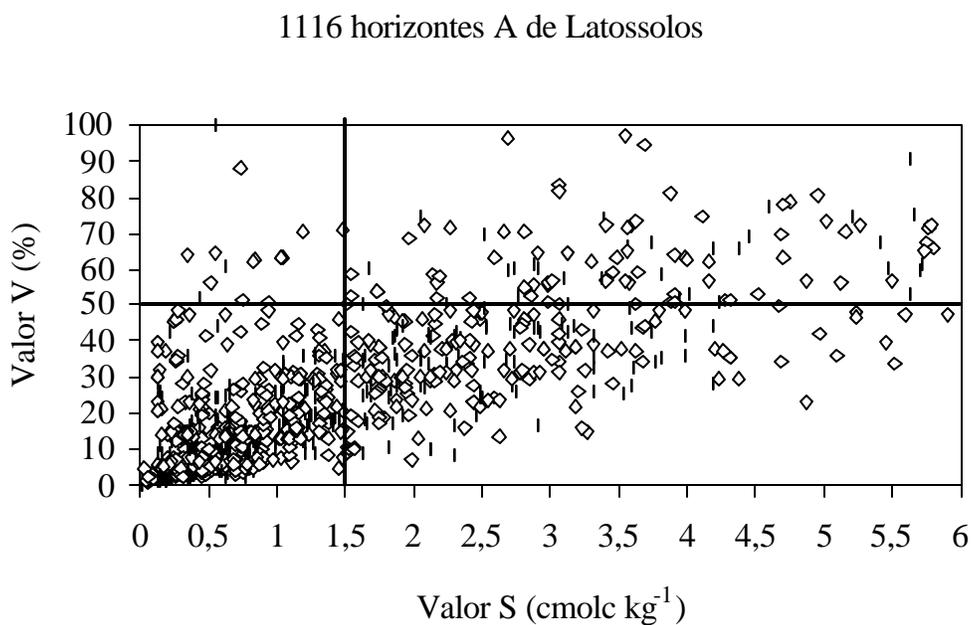


Figura 33. Relação entre a soma de bases (Valor S) e a saturação por bases (Valor V%), de amostras de 1.116 horizontes A de Latossolos. As linhas dentro da figura servem apenas de parâmetro de comparação da referida relação.

1116 horizontes A de Latossolos

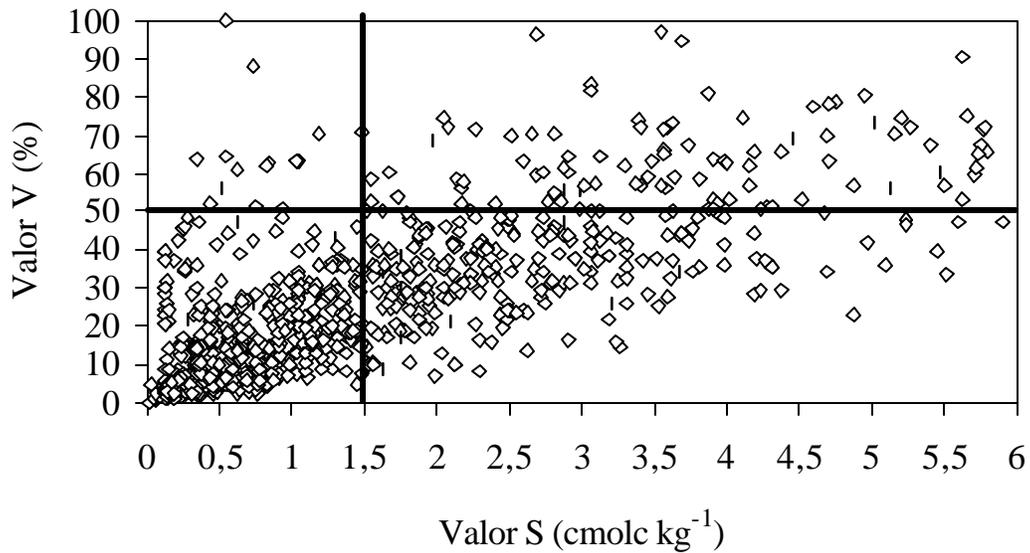


Figura 34. Relação entre a soma de bases (Valor S) e a saturação por bases (Valor V%), de amostras de 1.116 horizontes A de Argissolos.

2109 horizontes A de Argissolos

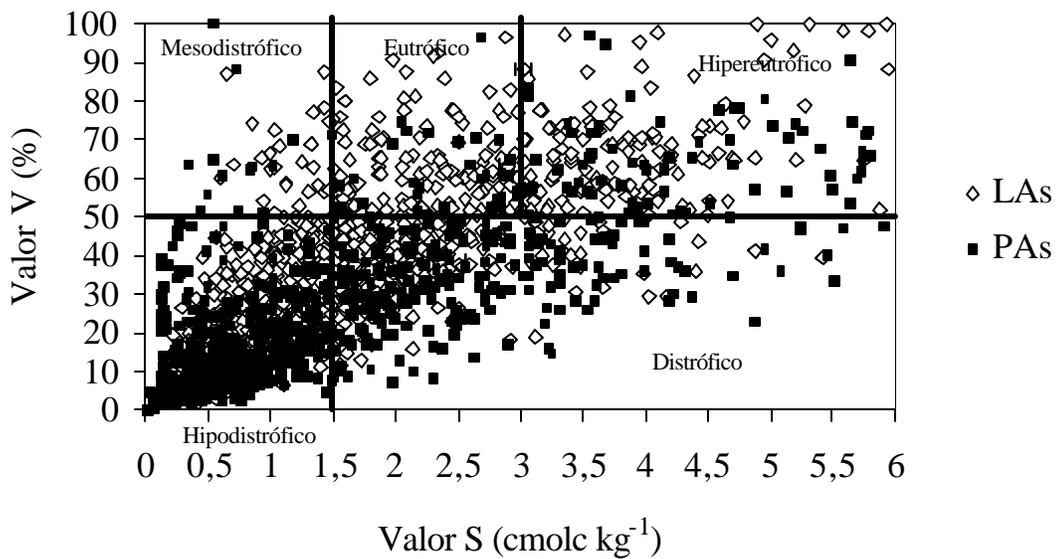


Figura 35. Proposta de classificação segundo o critério conjugado de valor S e valor V%, para os horizontes A de LAs e PAs.

4.2.3 pH em água, alumínio trocável (Al^{3+}) e saturação por alumínio como critérios diagnósticos

A Figura 36 apresenta a distribuição de frequência dos valores de pH em água, obtidos dos primeiros horizontes superficiais, até a profundidade de 40 cm. Na identificação dos valores típicos de pH em água foram encontrados os seguintes resultados, para Latossolos e Argissolos, respectivamente: média = 4,7, mediana = 4,7, moda = 4,5, coeficiente de assimetria = 0,6, e coeficiente de variação = 14,9%; média = 5,2, mediana = 5,2, moda = 5,0, coeficiente de assimetria = 0,2, e coeficiente de variação = 14,3%. Os limites inferiores de pH em água para o 1º quartil foram de 4,2 e 4,7 para os Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo destes níveis. Já os limites superiores para o 3º quartil foram de 5,1 e 5,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, para Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos dados observados situam-se acima destes valores.

Segundo critérios adotados pela Embrapa Solos e pelo SiBCS (Embrapa, 1999), as classes que distinguem o estado de acidez ou alcalinidade do material de solo, para determinação do pH (solo/água 1:2,5), são as seguintes: extremamente ácido (solos com valores de pH < 4,3), fortemente ácidos (pH entre 4,3 e 5,3), moderadamente ácido (pH entre 5,4 e 6,5), praticamente neutro (pH entre 6,6 e 7,3), moderadamente alcalino (pH entre 7,4 e 8,3) e fortemente alcalino (pH > 8,3).

De acordo com esta qualificação do estado de acidez ou alcalinidade do material de solo e conforme a distribuição dos dados de pH dos Latossolos e Argissolos Amarelos, mais de 75% dos solos são classificados como fortemente ou moderadamente ácidos, até mesmo extremamente ácidos, e menos de 15% dos solos seriam qualificados como praticamente neutros.

E apesar da distribuição de frequência para os valores de pH ser praticamente simétrica e platicúrtica, principalmente para os Argissolos, cujo coeficiente de curtose foi de 0,06 (0,68 para os Latossolos), não há dúvidas que a qualificação do pH do material do solo é de fundamental importância como critério diferencial para classificação dos solos nos níveis hierárquicos inferiores e, além do mais, sua determinação é rápida e de custo relativamente baixo. No entanto, esta qualificação da reação ácida do solo teria um significado mais proveitoso como característica de diagnóstico de 5º nível categórico se usados, de forma conjugada, o valor de pH e o teor de alumínio trocável, conforme mostrado a seguir.

A caracterização da saturação por alumínio em horizontes B de Latossolos e Argissolos é apresentada na Figura 37. As análises descritivas dos dados deste atributo foram as seguintes, para Latossolos e Argissolos, respectivamente: média = 55,0, mediana = 57,8, moda = bimodal (classes <10 e de 80-90%), coeficiente de assimetria = -0,46, e coeficiente de variação = 48,0%; média = 42,8, mediana = 43,5, moda = bimodal (classes < 10 e de 40-50%), coeficiente de assimetria = 0,011, e coeficiente de variação = 61,8%. Sendo constatado que ambas distribuições apresentaram-se praticamente simétricas, convém informar os coeficiente de curtose de - 0,68 para os Latossolos e de -1,22 para os Argissolos. Os limites inferiores de saturação por alumínio para o 1º quartil foram de 38,1 e 21,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra para os Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos valores observados situaram-se abaixo destes níveis. Já os limites superiores para o 3º quartil foram de 76,4 e 63,9 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terra, para Latossolos e Argissolos, respectivamente, significando que 25% dos dados observados situam-se acima destes valores.

N = 1107 hor. LAs e 1060 hor. PAs

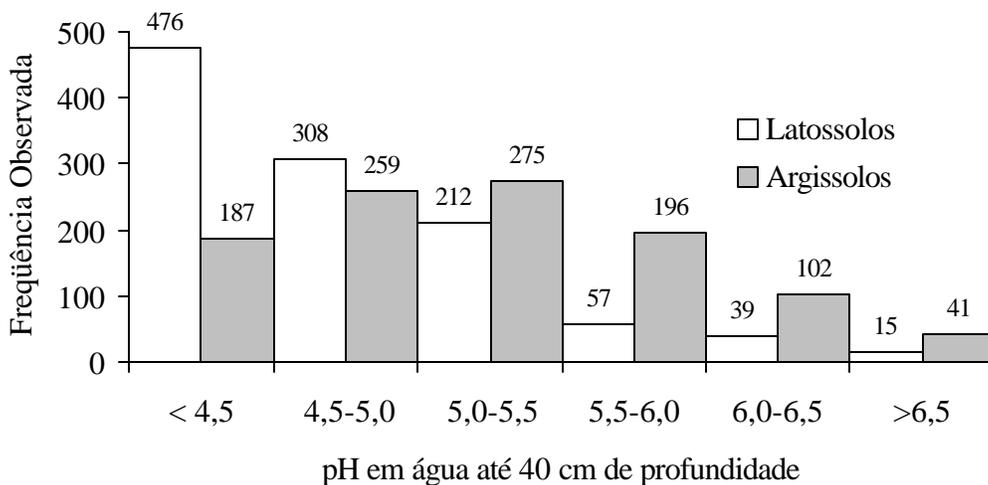


Figura 36. Caracterização do pH em água até a profundidade de 40 cm, em Latossolos e Argissolos Amarelos.

Os referidos valores de coeficiente de assimetria e curtose caracterizam uma distribuição do tipo simétrica e platicúrtica (curva achatada), daí os dados não apresentarem uma classe de valor modal e sim bimodal (Figura 37), que só foi possível apresentar graficamente após ter sido determinado um total de 10 classes de valores. Situações onde são encontrados mais de um indivíduo modal chamam a atenção e, neste caso, tudo leva a crer que o motivo de serem encontradas classes com valores baixos e médios ou altos esteja relacionado a solos em condições de clima, cobertura vegetal e manejo bastante discrepantes. Tal afirmativa será evidenciada mais adiante, ao se relacionar valores de pH em água e de alumínio trocável obtidos do horizonte A, para uma determinada classe de solo sob condições climáticas e de uso agrícola diferentes, como é o caso dos solos que ocorrem na Amazônia comparados aos de Alagoas.

O SiBCS (Embrapa, 1999) não utiliza o atributo caráter alumínico para os Latossolos e Argissolos Amarelos, o qual refere-se à condição em que os materiais constitutivos do solo, tomando-se o horizonte B como referência, se encontram em estado dessaturado e caracterizado por teor de alumínio extraível $\geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, além de apresentar saturação por alumínio $\geq 50\%$ e/ou saturação por bases $< 50\%$. Estas condições são perfeitamente encontradas em Latossolos Amarelos, conforme indicado na Figura 37 e na Figura 38, principalmente nas regiões de clima mais quente e úmido, como no Norte do país, e, portanto, o referido caráter deveria fazer parte da chave de classificação dos Latossolos Amarelos.

Já o atributo caráter árcico é utilizado pelo SiBCS (Embrapa, 1999) na chave de classificação dos Latossolos Amarelos, mas não para os Argissolos Amarelos. Este caráter é utilizado para referir-se a materiais de solo contendo quantidades iguais ou menores que $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila de bases trocáveis mais alumínio extraível por KCl 1N e que preencha também a condição de $\text{pH KCl} \geq 5,0$ ou pH positivo ou nulo. Entretanto, no banco de dados dos solos de tabuleiro, apenas dois horizontes (um horizonte AB e um horizonte Bw) de perfis descritos no Pará atenderam a tal critério,

sendo que o primeiro caso não seria diagnóstico para o nível de Grande Grupo. A este respeito é importante salientar que os solos de tabuleiro são caracteristicamente de mineralogia de argila caulinitica, com baixos teores de ferro e com ausência (ou somente pequenas quantidades) de gibbsita (Bennema, 1982; Kitagawa & Moller, 1980; Anjos, 1985, Fonseca, 1986, Silva, 1989). Segundo Lima (1980), nos solos desenvolvidos de sedimentos na Região Amazônica o predomínio de caulinita ocorre em condições de clima Am (curta estação seca), enquanto que o predomínio da caulinita e gibbsita é verificado em condições de clima Af (sempre úmido). Ou seja, a possibilidade de ocorrência de solos com caráter ácrico será bem restrita a faixa oeste do Estado da Amazônia, próximo a Belém, no Pará, e em algumas localidades na faixa costeira do Estado da Bahia, conforme ilustrado na Figura 2 e na Figura 6. Desta forma, a inclusão do caráter ácrico nos Latossolos Amarelos, ao menos para os solos de tabuleiro não é relevante.

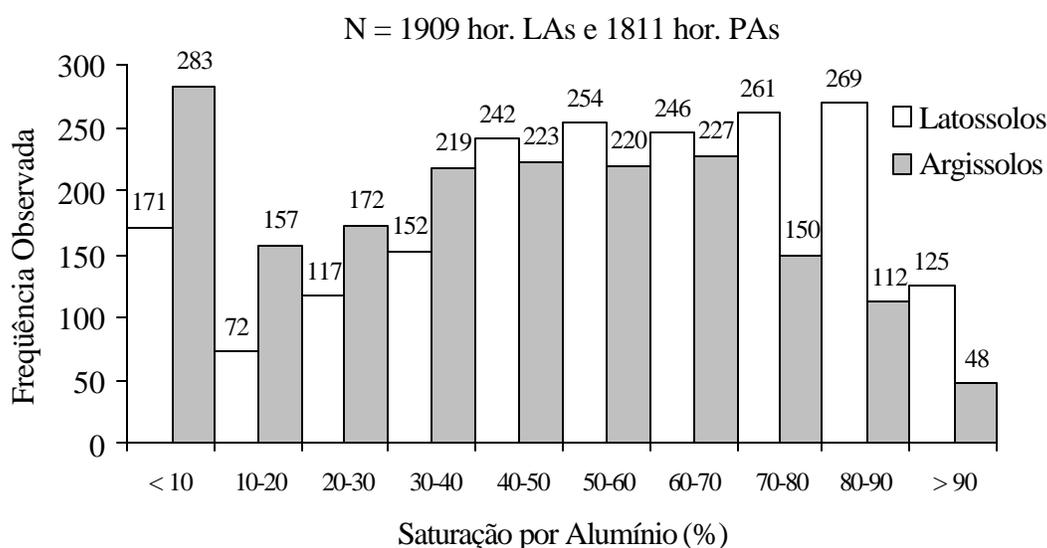


Figura 37. Distribuição da saturação por alumínio em horizontes B de Latossolos e Argissolos Amarelos.

A Figura 38 e a Figura 39 apresentam a relação entre pH em água e alumínio trocável, cujos dados foram obtidos de horizontes A de Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, respectivamente. Comparando-se estas duas figuras, constata-se que os Latossolos, que possuem maiores teores de argila em superfície, apresentam maior acidez potencial. Comparando-se ainda a Figura 38 e a Figura 39, verifica-se que há uma grande variação nos valores de pH e alumínio trocável, principalmente nos dados de alumínio trocável dos Latossolos. A partir desta observação foram selecionados para ilustração os dados de pH e alumínio trocável de horizontes A de Latossolos Amarelos dos Estados da Amazônia e Alagoas (Figura 40).

Fica evidente na Figura 40 (considerando-se horizontes A) e na Figura 41 (considerando-se horizontes B) que os Latossolos da Amazônia são mais ácidos que os de Alagoas, e isto se deve a dois motivos principais, um deles refere-se ao manejo dos solos, pois em Alagoas os solos recebem altas dosagens de corretivos (e fertilizantes) para cultivo da cana-de-açúcar (monocultura) reduzindo os níveis de acidez do solo no horizonte superficial. O segundo provável motivo é que o material de origem dos solos da Amazônia seja naturalmente mais ácido e com maior teor de Al^{+3} no complexo sortivo do solo, no horizonte B, apesar de não terem sido avaliadas neste trabalho

diferenças em termos de qualidade mineralógica dos solos. Em relação ao efeito do clima sobre estas diferenças de acidez dos solos da Amazônia Central e do Litoral Alagoano, especificamente, acredita-se que há pouca influência, apesar de que em Manaus a temperatura média do ar é bem mais elevada que no litoral alagoano, conforme é ilustrado graficamente no balanço hídrico climático (BHC) de Manaus, AM, e Alagoas, AL, Figura 42 e Figura 43, respectivamente.

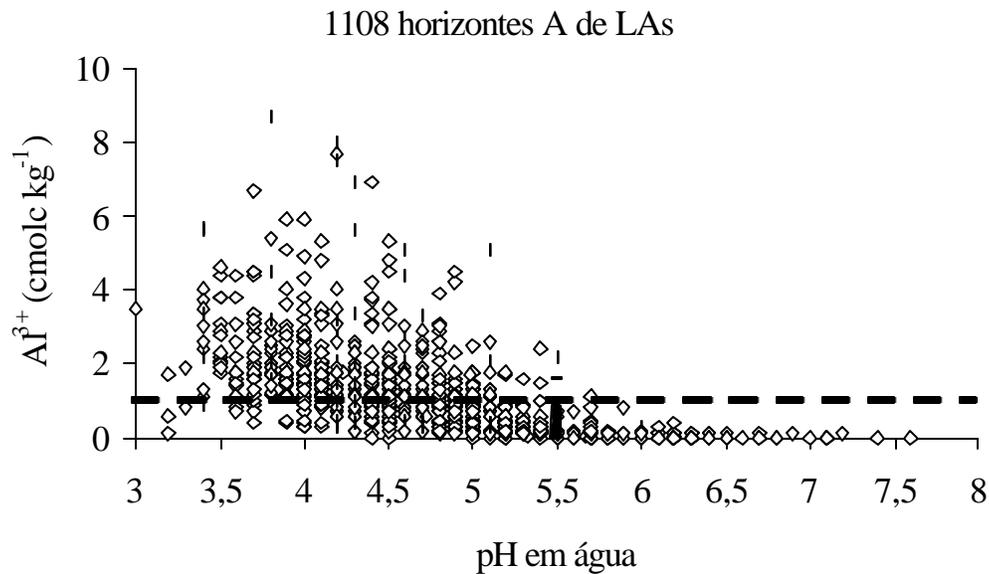


Figura 38. Relação entre pH em água e Al^{3+} de horizontes A em Latossolos Amarelos. As linhas tracejadas servem para comparação dos limites máximos toleráveis de alumínio trocável e pH do solo para a maioria das lavouras.

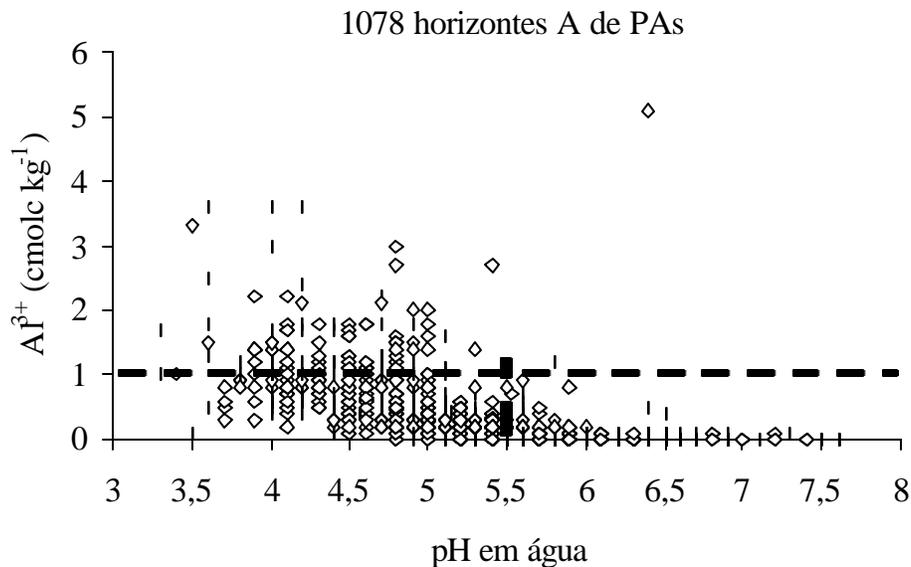


Figura 39. Relação entre pH em água e Al^{3+} de horizontes A em Argissolos 'Amarelos'. As linhas tracejadas servem para comparação dos limites máximos toleráveis de alumínio trocável e pH do solo, para a maioria das lavouras.

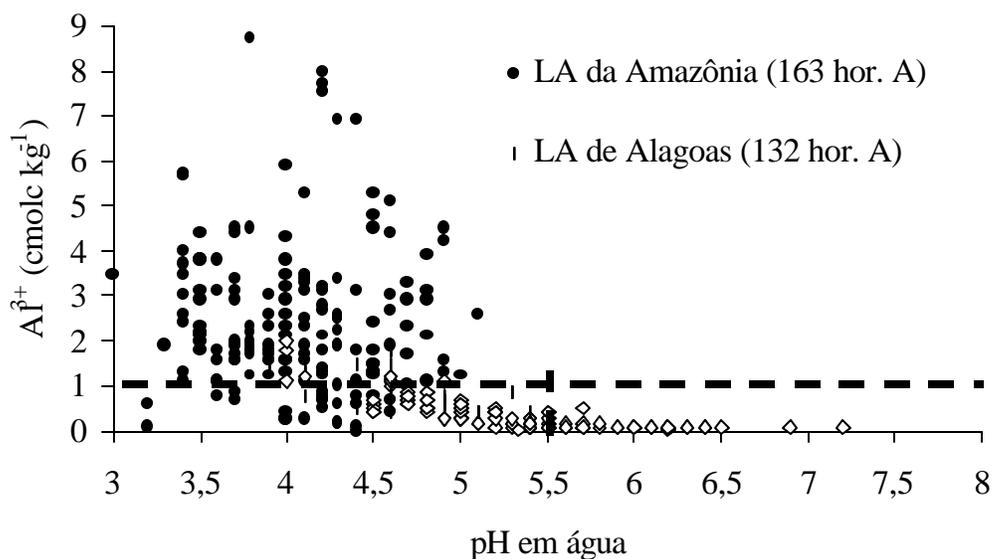


Figura 40. Relação entre pH em água e alumínio trocável. Dados obtidos de horizontes A de Latossolos Amarelos da Amazônia e de Alagoas.

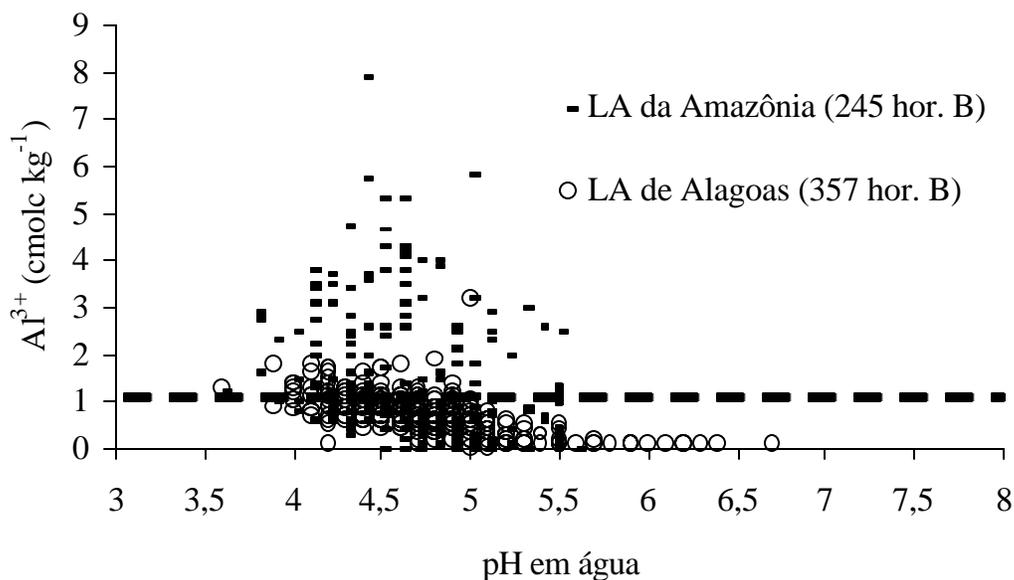


Figura 41. Relação entre pH em água e alumínio trocável. Dados obtidos de horizontes B de Latossolos Amarelos da Amazônia e de Alagoas.

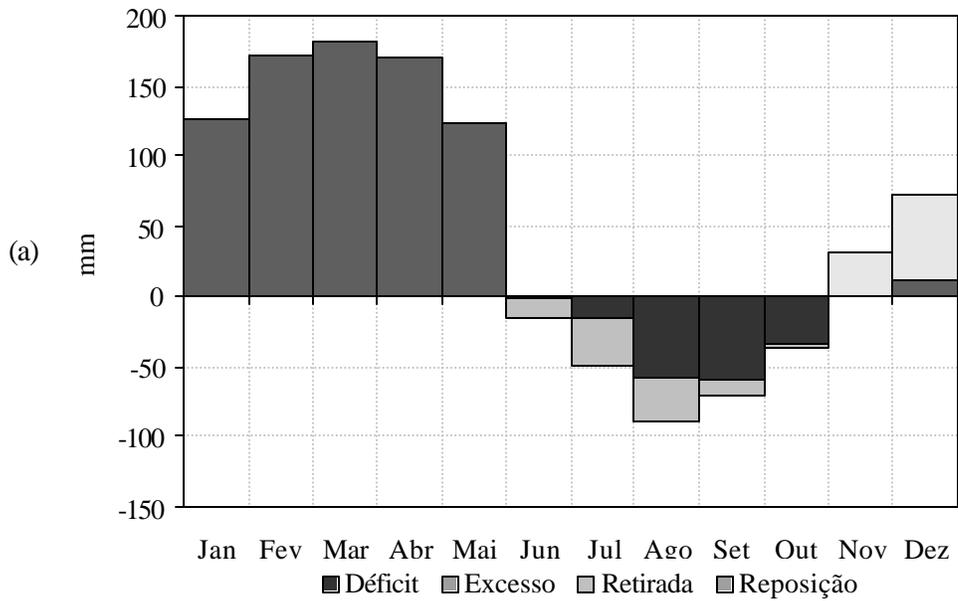
O BHC de Manaus, AM (Figura 42), é composto por um total anual de precipitação de 2.286 mm, a ETP é igual a 1.667 mm e a temperatura média anual igual a 26,7 °C. Esta localidade é caracterizada por duas estações bem definidas, uma com altos índices pluviométricos, de novembro a maio, e apenas alguns meses com baixas precipitações. A deficiência hídrica anual é de 168 mm e o excesso igual a 787 mm. Valores de armazenamento de água no solo inferiores a 50 mm são observados entre

agosto e novembro, o que caracteriza uma forte limitação hídrica neste período. A temperatura média anual é praticamente constante ao longo do ano, sendo o inverno quente e pouco úmido. O índice hídrico (IH) foi igual a 41,2, o que caracteriza um clima úmido, clima megatérmico, Am, segundo a classificação de Köppen.

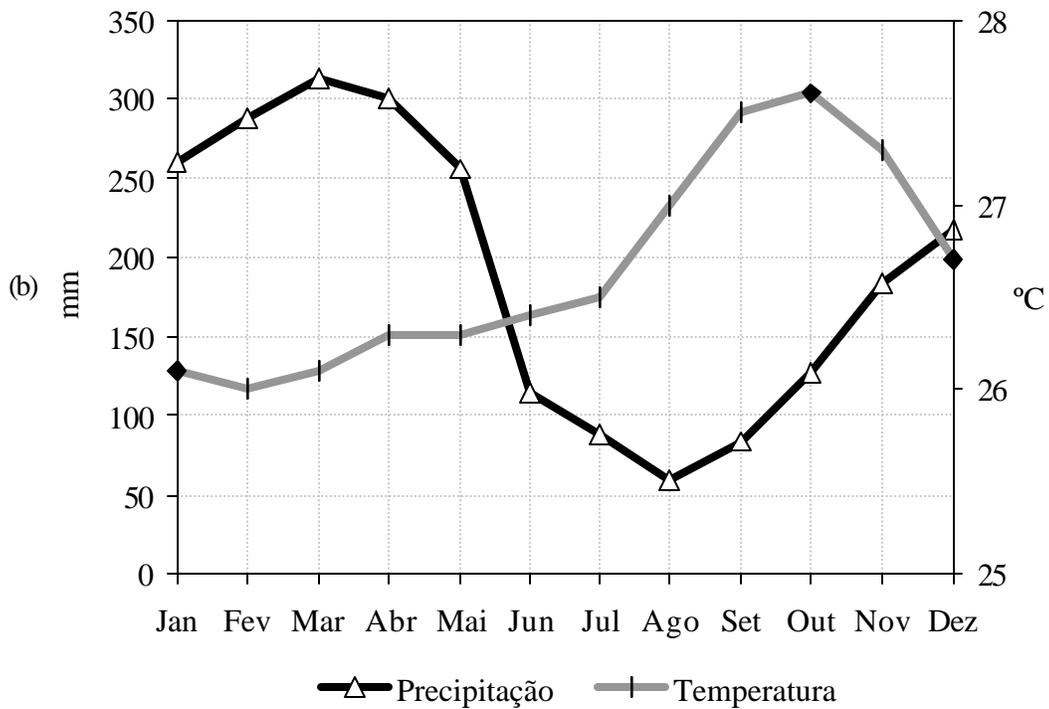
O BHC de Maceió, AL, é representado graficamente pela Figura 43. Nesta cidade, o total anual de precipitação é de 2.168 mm, a ETP igual a 1.348 mm e a temperatura média anual igual a 24,8 °C. Há duas estações distintas, a das águas, compreendida entre fevereiro a setembro, sendo de abril a julho o período de maior precipitação, e a estação sub-seca, de outubro a janeiro. A deficiência hídrica anual é de 141 mm e o excesso igual a 961 mm, com a reposição de água no solo tendo início no mês de fevereiro. Valores de armazenamento de água no solo inferiores a 50 mm são verificados apenas de novembro a fevereiro e, para a cultura da cana-de-açúcar, não caracterizam uma limitação forte de água. O excesso de água no solo no período de abril a setembro demanda um sistema eficiente de drenagem e proteção do solo. A temperatura média anual varia muito pouco ao longo do ano, não configurando uma estação fria. O IH foi igual a 65, caracterizando um clima úmido, clima megatérmico, Af, segundo a classificação de Köppen.

Nascimento (2001) verificou que os Latossolos de tabuleiro da região Norte Fluminense, RJ, que tem um clima ainda mais contrastante com o de Manaus, AM, apresentavam valores de pH em água e teor de alumínio trocável e saturação por alumínio em níveis considerados baixos, uma característica própria daqueles solos, e de outros solos localizados no litoral brasileiro, conforme trabalhos de Fonseca (1986), Souza (1996), Ribeiro (1998) e Rezende (2000). Uma possível explicação para estas diferenças ocorridas a nível regional se deve ao fator clima atuando sobre a mineralogia do material de solo, intemperismo das argilas, e sobre a lixiviação de bases.

Por fim, ressalta-se que, considerando o efeito do clima atual influenciando nos atributos de solos, é de fundamental importância inserir alguma qualificação climática dentro do SiBCS. O mais apropriado seria nos níveis de Família ou Série, uma vez que nestes estariam contempladas informações de que se precisaria para interpretação do sistema de classificação para agricultura, para fins de uso e conservação dos recursos naturais, solo e água, geotecnia etc. Apesar do Brasil não dispor de informações climáticas adequadas para todo seu território, se pode fazer uso das que estão disponíveis, como as do INMET.

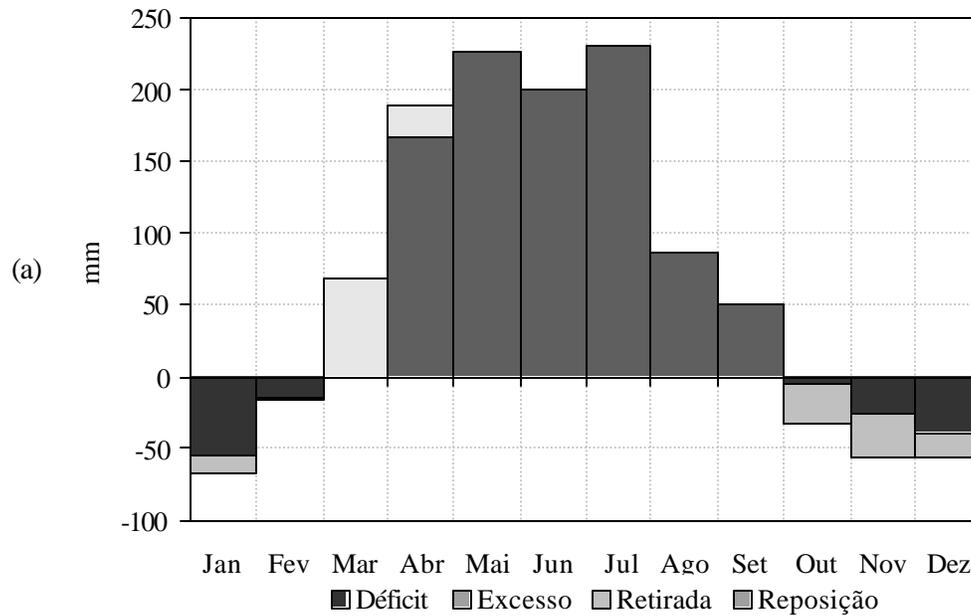


Nascimento et al., 2004.

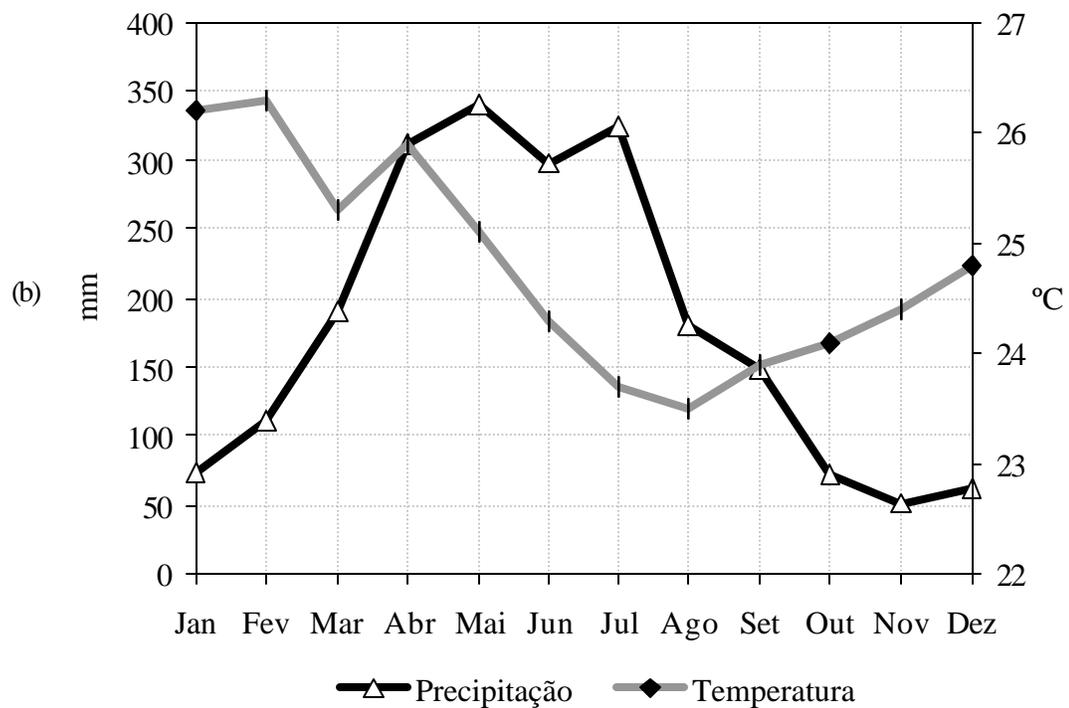


Nascimento et al., 2004.

Figura 42. Estimativas de deficiência, excesso, retirada e reposição de água no solo (a) e variação da precipitação e temperatura (b) ao longo do ano, em Manaus, AM. Fonte: INMET série histórica 61/90, dados de temperatura e precipitação.



Nascimento et al., 2004.



Nascimento et al., 2004.

Figura 43. Estimativas de deficiência, excesso, retirada e reposição de água no solo (a) e variação da precipitação e temperatura (b) ao longo do ano, em Maceió, AL. Fonte: INMET série histórica 61/90, dados de temperatura e precipitação.

5 CONCLUSÕES

As principais conclusões deste trabalho, que teve como objetivo principal contribuir com o SiBCS, foram:

a) A distinção dos Latossolos e Argissolos, a nível de Ordem, quanto à diferenciação entre os horizontes diagnósticos B textural e B latossólico no critério de relação textural B/A poderia ser melhorada, conforme proposta apresentada;

b) Independentemente de se ter caracterizado a cor típica dos Latossolos e Argissolos Amarelos como 10YR valor 5 e 6 e cromas 4, 6 e 8; e sugerido uma proposta com novas definições para a cor dos Latossolos e Argissolos a nível de Sub-ordem, sendo que em todos estes novos critérios são consideradas faixas de valor e croma de cada página da Carta de Cor Munsell, sendo:

- Vermelho: solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho, com valor e croma 4;

- Vermelho-Amarelo: solos com matiz 5YR, com valor 5 e croma 4;

- Amarelo: solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo com valor 5 e croma 4;

- Acinzentados: solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho com valor 3 ou 5YR ou mais amarelo com valor 4;

- Bruno-Acinzentado: outros solos que não se enquadram nas classes anteriores, características dos solos com valor > 4 e croma < 4.

c) Quanto à utilização do caráter coeso ao nível de Grande Grupo, tanto nos Latossolos Amarelos quanto nos Argissolos Amarelos, acredita-se que o atributo principal que melhor define a coesão nestes solos é a avaliação da consistência do solo a seco (dureza) e úmido (friabilidade), permitindo qualificar inclusive graus de coesão;

d) Quanto à utilização dos termos Distrófico e Eutrófico, aplicados no nível de Grande Grupo nos Latossolos e Argissolos Amarelos, estes poderão ser mais detalhados no nível de Família, sendo sugerida uma nova definição de critérios conjugados, considerando além da saturação por bases (Valor V%) a soma de bases trocáveis (Valor S) e utilizando-se as classes já identificadas no SiBCS - hipodistrófico (V% < 35), mesodistrófico (V% ≥ 35 e < 50%), mesoeutrófico (V% ≥ 50% e < 70%) e hipereutrófico (V% ≥ 75%);

e) O atributo caráter alumínico é proposto para a chave de classificação dos Latossolos Amarelos no nível de Grande Grupo;

f) O atributo caráter árico, utilizado no nível de Grande Grupo na chave de classificação dos Latossolos Amarelos não é relevante, ao menos nos solos de tabuleiro, haja vista sua expressão mínima nos perfis incluídos no banco de dados;

g) Os termos acriféricos e distroféricos, utilizados como atributo de diagnóstico para a classe dos Latossolos Amarelos não são indicados, pois os solos de tabuleiro apresentam teores de Fe₂O₃ inferiores a 60 g kg⁻¹ (6%);

h) As seqüências típicas dos horizontes e subhorizontes de Latossolos e Argissolos Amarelos foram: A-B1-B2-B3; A-BA-B1-B2; A-AB-BA-B;

i) Sugere-se a inclusão do teor de C_{org} como característica de diagnóstico de 6º nível categórico, podendo assim qualificar os solos quanto ao teor de C-_{org} como: baixo (teores menores que 5 g kg⁻¹), médio (teores de 5 a 10 g kg⁻¹) e relativamente alto (para teores maiores que 10 g/kg⁻¹), considerando-se para isso a média ponderada do teor de C-_{org} dos horizontes A em função da espessura de cada subhorizonte;

j) É sugerida a utilização de termos qualitativos de espessura de horizontes superficiais, como característica de diagnóstico de 5º nível categórico, sendo a faixa de

espessura típica do conjunto de horizontes superficiais dos LAs e PAs de 20 a 30 cm, e os PAs, em geral, apresentaram horizontes superficiais mais espessos que os LAs.

k) A classe textural típica nos horizontes superficiais foi a franco arenosa (moderadamente leve) nos Latossolos e areia franca e/ou franco arenosa (leve e moderadamente leve) nos Argissolos, sendo esta a principal distinção entre estes dois solos. É ainda sugerida a utilização das classes de textura detalhada como característica diagnóstica no 6º nível categórico;

l) Os valores de pH dos Latossolos e Argissolos Amarelos típicos estiveram na faixa de 4,5 a 5,0 e, devido a sua importância em termos de disponibilidade de nutrientes para as plantas, sugerem-se os termos qualitativos preconizados pelo SiBCS como características de diagnóstico de acidez do solo, devendo-se considerar de forma conjunta o teor de alumínio trocável;

m) Quanto ao clima, é recomendada a utilização de termos qualitativos para identificar o clima das áreas mapeadas como característica diagnóstica de classificação dos solos, em especial no 6º nível categórico;

n) E quanto ao uso de banco de dados de solos para apoio a estruturação do SiBCS, conclui-se que é possível sim chegar a este objetivo, bastando para tanto, ter disponibilidade de uma base bibliográfica de qualidade e abrangente em termos da extensão e ocupação dos solos, uma equipe treinada para digitação e análise dos dados, mais uma dose de senso crítico e perseverança.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi motivado pelo interesse em obter informações sobre atributos diagnósticos das classes de Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, no ambiente dos tabuleiros costeiros, e pela ausência de um banco de dados de solo funcional e de abrangência nacional que permitisse responder àquelas questões. Foi desenvolvido um banco de dados em planilha Excel®, com cerca de 1.200 perfis de solos, onde é possível recuperar todo o tipo de informação armazenada, o qual foi capaz de atender ao objetivo deste estudo. No entanto, a utilização da referida planilha para uma população maior de solos apresenta limitações, tais como: não é uma plataforma amigável para alimentação e recuperação de dados; necessita de um conhecimento razoável da mesma para recuperação dos dados armazenados; não deverá suportar manipular com eficiência um volume muito grande de dados de perfis armazenados, por exemplo, mais de 3.000 solos. Assim, uma fase seguinte seria o desenvolvimento de um programa com maior capacidade de processamento de dados e utilização por usuários em geral, o que é possível e aproveitando o banco de dados já existente.

Quanto à identificação de atributos modais, a partir da base de dados de solos, se acredita que o uso da estatística descritiva é suficiente para tal finalidade. As análises de componentes principais e de agrupamento (“cluster”) podem auxiliar a interpretação dos dados, mas para tanto, será preciso definir antes um protocolo estatístico multivariado para perfis de solos (formados por horizontes e subhorizontes). É necessário definir claramente o porque de se utilizar tais ferramentas estatísticas (o que se quer saber), e levar em consideração que o grande volume de variáveis e valores envolvidos numa base de dados de solos traz limitações quanto à aplicação da estatística multivariada.

Quanto ao aperfeiçoamento do SiBCS a partir da utilização de um banco de dados de solos, deve-se lembrar que:

- É preciso formar novos pedólogos, aproveitando o conhecimento já adquirido, que deve ser compartilhado com “novos” profissionais, preocupação discutida no lançamento do SiBCS, por ocasião do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

- O número de perfis de solos, principalmente descritos em levantamento a nível detalhado e com informações completas dos atributos diagnósticos, ainda é muito pequeno. Todavia, concordando com a argumentação do Prof. Doracy Pessoa Ramos, é também muito importante para o aperfeiçoamento do SiBCS a validação dos atributos considerados relevantes à classificação do solo, principalmente nos níveis de sub grupo e inferiores, quanto à resposta da produção vegetal, pois uma das finalidades da taxonomia de solos é dar subsídios a interpretação para fins agrícolas, geotécnicos etc.

- O desenvolvimento de um banco de dados para auxiliar o SiBCS não é uma tarefa difícil e tem várias outras aplicações, tais como desenvolvimento de funções de pedotransferência. O mais trabalhoso e oneroso seria a alimentação do banco de dados.

- Por fim, um aspecto crítico em um banco de dados de solos não é o número de perfis armazenados, e sim, a qualidade das informações disponíveis, que deve ser avaliada por pedólogos com maior experiência. É também importante que os trabalhos de levantamento e classificação de solos feitos no país sigam um controle de qualidade em que sejam observadas as normas de descrição e coleta de solos no campo, bem como seja dada atenção à homogeneização de métodos analíticos de amostras de terra em conformidade com peculiaridades das classes de solos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABITANTE, E., DIAS, R.D. & CHAGAS FILHO, E. **Montagem de um banco de dados de solos tropicais – sistema de armazenamento e análise geotécnica.** Anais: II Colóquio de solos tropicais e subtropicais e suas aplicações em engenharia civil. Porto Alegre, RS. Dez. 1989. p. 248-256.
- ABRAHÃO, W.A.P. **Gênese de camadas adensadas em solos de Tabuleiros Costeiros no Sul da Bahia.** Viçosa, MG, 1995, 83f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ANJOS, L.H.C. dos, LIMA, E. & PEREIRA, M. G. **Tabuleiros Costeiros: uma feição multi-usos em processo de degradação.** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, Brasília, DF, 1999. 4p. (Palestra apresentada).
- ANJOS, L.H.C. dos. **Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do Terciário na região de Campos, RJ.** Itaguaí, RJ, 1985. 160f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1985.
- ARANGO, H.G. **Bioestatística: teoria e computacional.** Ed. Guanabara Koogan S.A. 2001. 2356p.
- ARAÚJO, Q.R. de. **Solos de tabuleiros costeiros e qualidade de vida das populações.** Ed. Editus – Editora da UESC, Ilhéus-BA. 2000. 97p.
- ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DU SOL. (Plaisir, França). **Référentiel pédologique français: 3ème. Proposition** Plaisir: INRA, 1990. 279p.
- ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DU SOL. (Plaisir, França). **Référentiel pédologique.** Paris: INRA, 1995. 332p.
- ASSUNÇÃO, V. de S. & SANTOS, R.L. **Cartografia digital semi-detalhada dos solos do Município de Gandú (BA) para criação de banco de dados pedológico.** Anais: X SBSR, Fozdo Iguaçu. p. 15-18, 2001.
- BACA, J.F.M., BHERING, S.B., CHAGAS, C. da S. FUCKS, S.D. & PEREIRA JÚNIOR, O.A. **Funcionalidade da interface de entrada de dados do sistema de informações geo-referenciadas de solos.** Anais: Agrosoft 97: Congresso da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada a Agropecuária e Agroindústria, 1. p. 245-252, 1997.
- BAHIA. **Comissão Estadual de Planejamento Agrícola. Projeto de desenvolvimento rural integrado dos Tabuleiros Costeiros Norte.** Salvador, 1977. 236p.
- BALDWIN, M.; KELLOGG, C.E. & THORP, J. **Soil classification.** U. S. Dept. Agr. Yearbook. 1938. p. 979-1001.
- BEINROTH, F.H.; CAMARGO, M.N. & ESWARAN, H. **Proceedings of the Eighth Internacional Soil Classification Workshop: Classification, Characterization and utilization of Oxisols.** Rio de Janeiro. 1988. 285p.
- BENNEMA, J. **Acid soil of humid tropics of South América, with special reference to the well drained soils on old alluvial sediments.** In: Workshop on Management of low Fertility Acid Soils of the American Humid Tropics, Paramaribo, Suriname, 1981. Proceedings... San José, Costa Rica, 1982. p.105-225.

BENNEMA, J. & CAMARGO, M. **Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros: subsídio à VI Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, DPEA/DPFS, 1964. 45p. (Mimeografado)

BENNEMA, J., CAMARGO, M.N. **Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols of the soil taxonomy**. *Proced. 2 nd. Int. Soil Class. Workshop. Part I. Malaysia Soil Suvery. Div. Land. Dev. Dept. Bangkok, 1979. p. 233-255.*

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal: contribuição à carta de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1958. 350p. (Boletim, n. 11).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo: contribuição à carta de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim, n. 12).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento de reconhecimento dos solos da zona do Médio Jequitinhonha**. Rio de Janeiro, 1970. 304p. (Boletim Técnico, 9).

BUTLER, B.E. **Soil classification for soil survey**. Monographs on soil survey. Oxford Science Publications, Oxford, 1980.

CAMARGO, M.N. & BENNEMA, J. **Delineamento esquemático dos solos do Brasil**. *Rev. Pesq. agropec. bras. v.1, p. 47-54. 1966.*

CAMARGO, M.N. & RODRIGUES, T.E. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 17., Manaus. Guia de Excursão**. Embrapa/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFNAN, J.H. **Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil**. Soc. Bras. Ci. Solo. Campinas, SP. 1986. 24p.

CARVALHO, J.R.P. de & CRUZ, S.B. da. **Cooperativa de base de dados de recursos naturais dos trópicos sul-americanos**. In: www.procitropicos.org.br/pdf/projfinal.pdf (acessado em 25/07/04)

CINTRA, F.L.D., LIBARDI, P.L., SILVA, A.P. da. **Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil: Uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camadas coesas dos solos**. Campinas, SBCS, 1997. v. 22. : 124p. p. 77-80. (Boletim Informativo, n. 2).

CLINE, M.G. **Basic principles of soil classification** *Soil Science*, 2:81-91. 1949

COCHRANE, T.T.; SÁNCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G. de; PORRAS, J.A. & GARVER, C.L. **Land in tropical America = La tierra en America Tropical = A terra na América Tropical**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Embrapa/CPAC), Planaltina, DF. Brasil. 146p. ilustr. 1985

COELHO, M.R. & ROSSI, M. **O Sistema brasileiro de classificação de solos: estado atual, críticas e perspectivas**. *Boletim Informativo da SBCS. V.26, N 2, abr/jun./2001. p. 16-18.*

- COPENER. **Levantamento semidetalhado de solos e avaliação da potencialidade das terras para reflorestamento com *eucalyptus* dos projetos Massaranduba, Jandaíra III, Rio Branco II, III e IV, Redenção, Lagoa do Bu I, II e III.** J.P. Empreendimentos Florestais Ltda. 2002. 214p.
- CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa, MG.** Viçosa, MG, 1984, 48p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- COSTA NETO, P.L. de O. **Estatística.** São Paulo, SP, Ed. Edgard Blücher Ltda. 1998. 264p.
- DAY, T.H. **Guia para a classificação dos solos do Terciário recente e do Quaternário da parte baixa do vale amazônico.** [S.I.:s.n.], 1959. 58p.
- DINIZ, J.A.F. (Coordenador). **Áreas agrícolas subcosteiras do Nordeste Meridional.** Recife, SUDENE-Coord. Planej. Regional, 1981. 262p. Ilust. Mapas.
- DUARTE, M.N, CURI, N., PÉREZ, D.V. et al. **Mineralogia, química e micromorfologia de solos de uma microbacia nos tabuleiros costeiros do Espírito Santo.** Pesq. Agropec. bras., Brasília, v. 35, 2000.14p.
- EMBRAPA. Boletim Técnico do IPEAN, Nº 60. **Solos da rodovia PA-70 - Trecho Belém-Brasília - Marabá** (p.1-221). Belém, out. 1974. 221p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas (Rio de Janeiro). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas.** Recife, 1975a. 532p. (Boletim Técnico, 35; SUDENE. Série Recursos de Solos, 5).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas (Rio de Janeiro). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe.** Recife, 1975b. 506p. (Boletim Técnico, 36; SUDENE. Série Recursos de Solos, 6).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro), RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos: 4ª aproximação.** Rio de Janeiro, 1997. 169p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos: 1ª aproximação.** Rio de Janeiro, 1980a. 73p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Estudo expedito de solos do Estado do Rio de Janeiro, para fins de classificação, correlação e legenda preliminar.** Rio de Janeiro, 1980b. 208p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 62).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos: 2ª aproximação.** Rio de Janeiro, 1981. 107p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **SIGSSOLOS – Manual de uso.** Rio de Janeiro. Embrapa-SNLCS. 1983. 245p.

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **SIGSSOLOS – Guia de entrada**. Rio de Janeiro. Embrapa-SNLCS. 1984. 91p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos: 3ª aproximação**. Rio de Janeiro, 1988. 105p.
- EMBRAPA. **Importância econômica dos tabuleiros costeiros nordestinos na agropecuária da região**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001b. 28p. Documentos, 31.
- EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do município de Uruará, Estado do Pará**. Documentos Nº 81. Março de 2001a. 99p.
- EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos e avaliação da aptidão das terras da área piloto no município de Barreirinha - Estado do Amazonas**. Boletim de Pesquisa nº 9. Rio de Janeiro, 1982. 101p.
- EMBRAPA. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Volume 1, Boletim Técnico 52. Recife 1977. 450p. 738p.
- EMBRAPA. **Propostas de revisão e atualização do sistema brasileiro de classificação de solos**. Documentos, Nº 53. Nov. 2003a. 56p. Obtido pela Internet: cnps.embrapa.br/sibcs
- EMBRAPA. **Revisão sobre funções de pedotransferência (PTFs) e novos métodos de predição de classes e atributos do solo**. Documentos 45, Set., 2003b. 50p.
- EMBRAPA. **XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Guia de Excursão**. Manaus. 8 a 13 de julho de 1979. 71p.
- EMBRAPA. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CATSA / Recife, EMBRAPA-CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.il.
- EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico**. CD ROM. Recife: Embrapa Solos – Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste – ERP/NE; Petrolina: Embrapa Semi-Árido. Documentos; n. 14. 2000.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Washington, 1975. 754p. (ESTADOS UNIDOS. Agriculture Handbook, 436).
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. **Keys to soil taxonomy**. 8 ed. Washington, 1998. 326 p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Second Edition, 1999. 869p.
- FAO. (Roma, Itália). **Mapa mundial de suelos: leyenda revisada**. Roma, 1990. 142p. (Informes sobre Recursos mundiales de Suelos, 60).
- FAO (Roma, Itália). **World reference base for soil resources: draft**. Paris: Unesco, 1994. 161p.

- FAO. (Roma, Itália). **World reference base for soil resources**. FAO/ISSS/ISRIC, 1998a. 88p. (FAO. World Soil Resources Reports, 84).
- FAO. **Soil map of the world: 1:5.000.000 legend**. Paris: Unesco, 1974. v1.
- FAO. **Soil map of the world**. Revised Legend. Reprinted With Corrections. World Soil Resources Report 60. FAO. Rome. 1998b.
- FISCHER, G.; SHAH, M. VELTHUIZEN, H. Van. **Climate change and agricultural vulnerability**. IIASA Publications Department, Vienna. 2002. 151p.
- FONSECA, O.O.M. **Caracterização e classificação de solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do Terciário no litoral brasileiro**. Itaguaí, RJ, 1986. 185p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986.
- FUNKS, S.D. **Projeto: Sistema integrado de informações georreferenciadas de recursos naturais (SIGSSOLOS) – (01.0.95.201)**. www.cnps.embrapa.br/search/unids/rtec97/proj04.html (acessado em 25/07/04)
- GEIGER, P.P. **A região setentrional da baixada fluminense**. R. bras. de Geografia, a. 18, n. 1, 1956.
- GIAROLA. N.F.B. **Similaridades entre solos coesos e Hardsetting: caracterização do componente físico**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. 2002. 65p.
- GREGÓRIO, C.E.B., MARQUES JÚNIOR, J., FERRAUDO, A.S., BOLDIERI, F.M. & OKUMURA, E.M. **Banco de dados geográfico das classes de solos no Estado de São Paulo (Projeto Radambrasil)**. In: www.usp.br/siicusp/10osiicusp/cd_2002/ficha2315.htm (acessado em 25/07/04)
- GUIA DA EXCURSÃO TÉCNICA: **Solos coesos de Tabuleiros Costeiros**. 28 de março a 06 de abril de 1998, Ilhéus - Bahia. 84p.
- GUIANET. 2005. Guia Internet Brazil (mapas diversos) <http://www.guianet.com.br/brasil/> (acessado em 02/01/2005)
- HEYNES, J.L. **Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil, um exame das pesquisas**. Recife: SUDENE, 1970. 139p.
- IAA/Sondotécnica. **Instituto do Açúcar e do Alcool. Sondotécnica Engenharia de Solos S.A.** Projeto de irrigação e drenagem da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense. IAA/Sondotécnica, Estudos e levantamentos pedológicos; estudos de climatologia; relatório de reconhecimento; relatório técnico setorial. 1983.
- IBGE. 2005a. Servidor de Mapas (Informações sob a forma de mapas para consulta: mapas temáticos) <http://www.ibge.gov.br> (acessado em 02/02/2005).
- IBGE. 2005b. Sidra (Banco de Dados Agregados - Produção Agrícola Municipal). <http://www.sidra.ibge.gov.br>. (acessado em 02/02/2005).
- IOSSI, M. de F., LENHARO, A.R., ROSSIN, R., SPAROVEK, G. & STEEG, J.V. de. **O desenvolvimento de uma base nacional de dados de solos e sua aplicação para o estudo da capacidade de retenção de água em solos do Brasil**. In: www.usp.br/siicusp/10osiicusp/cd_2002/ficha1500.htm (acessado em 04/08/04)
- IPEAN. **Solos da Rodovia Transamazônica**. Boletim Técnico nº 55. Belém. Para. Jun 1972.196p.

- JACOMINE, P.K.T. **Conceituação sumária de classes de solos abrangidas na legenda de solos no Estado do Rio de Janeiro.** In: **I Reunião de Classificação, Correlação e Interpretação da Aptidão Agrícola de Solos.** Anais... Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1979. 276p.
- JACOMINE, P.K.T. **Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos tabuleiros costeiros.** In: NOGUEIRA, L.R.Q., NOGUEIRA, L.C. (ed). **Reunião Técnica Sobre Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros.** Anais... Cruz das Almas: EAUFBA/GVFBA, EMBRAPA/CNPMF, 1996. p.13-26.
- JACOMINE, P.K.T. **Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil.** Anais: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Eds. L.F.D.CINTRA, J.L. dos ANJOS, W.M.P. de M. IVO. Aracaju; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001a. 19-46p.
- JACOMINE, P.K.T. **Justificativas para a existência e a necessidade de complemento e aprimoramento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Boletim Informativo. V.26, N. 2. Abril/Jun ., 2001b. p. 13-15.
- KITAGAWA, Y. & MOLLER, M.R.F. **Kaolin minerals in the Amazon soils.** Soil Sci. Plant Nutr. 26(2):255-269, 1980.
- LAMEGO, A.R. **A bacia de Campos na geologia litorânea do petróleo.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, 1944. 60p. (Boletim, 113).
- LAMEGO, A.R. **Geologia das quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, 1955. 60p. (Boletim, 154).
- LEMONS, R.C. de. & SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3ª Ed., p. 83, Campinas-SP, 1996.
- LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LIMA, A.A.C. **Características de Latossolos Amarelos da Amazônia brasileira.** Escola Superior “Luis de Queiroz”. USP. Piracicaba, 142p. (Dissertação de Mestrado) 1980.
- LIMA, H.V.; SILVA, A.P.; JACOMINE, P.T.K., ROMERO, R.E. & LIBARDI, P.L. **Identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará.** R. Bras. Ci. Solo, 28:467-476, 2004.
- LUCAS, Y., CHAUVEL, A., BOULET, R. RANZANI, G. & SCATOLINI, F. **Transição Latossolos-Podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia.** R. bras. Ci. Solo, v. 8, p. 325-335. 1984.
- MAGNUSSON, W.E. & MOURÃO, G. **Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e a análise.** Londrina: E. Rodrigues, 2003. 126p.
- MANZATTO, C.V. **Pedogênese toposequencial de solos desenvolvidos de sedimentos do Terciário no Norte Fluminense: um subsídio ao manejo agrícola racional.** Campos dos Goytacazes, RJ, 1998, 196f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1998.

- MARCOS, Z.Z. **Ensaio sobre epistemologia pedológica** Campinas: Fundação Cargill. Tese-Livre Docência. ESALQ. 1979. 119p.
- MARTINS, G. de A. & DONAIRE, D. **Princípios de estatística**. 4 Ed. São Paulo. 1990. 255p.
- MELO, F.J.R. de & SANTOS, M.C. dos. **Micromorfologia e mineralogia de dois solos de tabuleiro costeiros de Pernambuco**. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 20, p. 99-108. 1996.
- MONIZ, A.C. **Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos**. Revisão de Literatura. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 20, p. 349-362. 1996.
- NASCIMENTO, G.B. do, PEREIRA, M.G. & ANJOS, L.H.C. dos. **Determinação da classe textural de amostras de terra através de planilha eletrônica**. Revista EDUR – Série Ciência da Vida, Vol. 08, 2004a. p.27-30.
- NASCIMENTO, G.B. do, PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. dos & SOARES, E.D.R. **Determinação da nomenclatura da cor de amostras de terra através de planilha eletrônica**. Revista EDUR – Série Ciência da Vida, Vol. 23, nº2, 2004b. p.49-52.
- NASCIMENTO, G.B. do. **Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da região Norte Fluminense (RJ)**. Seropédica, RJ, 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001.162f.
- OLIVEIRA, J.B. de. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal, SP. FUNEP. 2001. 414p,
- OLIVEIRA, J.B. de. **As séries e o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Tem-se condições de gerenciar o seu estabelecimento oficial?** Disponível em: www.cnps.embrapa.br/sibcs/atas/ata03.html. Acessado em Set. 2004.
- OLIVEIRA, L.B. de, DANTAS, H. das., CAMPELO, A.B. GALVÃO, S.J. & GOMES, I.F. **Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de “tabuleiro” da Estação Experimental de Curado, Recife**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 3, p. 207-214, 1968.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, L.B. de; LUZ, L.R.Q.P. da; DELAIA, M. de P. **Contribuição aos estudos de compactação, adensamento e coesão do solo**. Embrapa Solos. Documentos 44. 2002. 288p.
- OLSEN, R. C., LIPPI, A.B., SILVA, W.L.C., SPAROVEK, G. & STEEG, J.V. de. **A fertilidade dos solos do Brasil obtida a partir de uma base nacional de dados de solos**. In: www.usp.br/siicusp/10osiicusp/cd_2002/ficha1507.htm (acessado em 04/08/04)
- RADAMBRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Levantamento de Recursos Naturais**, vol. 4, Rio de Janeiro. 1974. 450p.
- RADAMBRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Levantamento de Recursos Naturais**, vol. 18, Rio de Janeiro. 1978. 628p.
- RADAMBRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Levantamento de Recursos Naturais**, vol. 32, Rio de Janeiro. 1983. 775p.

- RESENDE, M., CURTI, N., REZENDE, S.B. de. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes.** 3. ed. – Viçosa: NEPUT, 1999. 338p. il.
- REUNIÃO..., **Reunião de classificação e interpretação de aptidão agrícola dos solos, 1.**, 1979, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979a. 276p.
- REUNIÃO..., **Reunião técnica de levantamento de solos, 10.**, 1979, Rio de Janeiro. Súmula. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1979b, 83p. (Série Miscelânea, 1).
- REZENDE, J. de O. **Apresentação.** In: NOGUEIRA, L.R.Q., NOGUEIRA, L.C. (ed). **Reunião Técnica Sobre Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros.** Anais... Cruz das Almas: EAUFBA/GVFBA, EMBRAPA/CNPMF, 1996.
- REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo.** Salvador: SEAGRI-SPA. 2000. 117p.
- RIBEIRO, L.P. **Os Latossolos Amarelos do recôncavo baiano: gênese, evolução e degradação.** ed. Salvador: Seplantec – CADCT, 1998. 99p.
- RIBEIRO, L.P. **Primeira avaliação sobre a gênese de solos coesos da região de Cruz das Almas-BA.** In: “Table Ronde: Organization, dynamique interna de la couverture pedologique et so importance pour la comprehension de la morfogenese”. Caen, France. 1991. páginas
- RIBEIRO, L.P. **Gênese, evolução e degradação dos solos amarelos coesos dos tabuleiros costeiros.** In: NOGUEIRA, L. R. Q. e NOGUEIRA, L. C. (ed.). Reunião Técnica Sobre Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. Anais... Cruz das Almas: EAUFBA/GVFBA, EMBRAPA/CNPMF, 1996. p.27-35.
- RIBEIRO, L.P. **Evolução da cobertura pedológica dos tabuleiros costeiros e a gênese dos horizontes coesos.** In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Eds. L.F.D.CINTRA, J.L. dos ANJOS, W.M.P. de M. IVO. Anais. Aracaju; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 93-121p.
- SANTOS, H.G. dos. **Latossolos do Brasil.** www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/tema1/tema1.html, acessado em 18/08/2004.
- SANTOS, H.G. dos; RAMOS, D.P. MANZATTO, C.V. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Boletim Informativo. V.26, N. 2. Abril/Jun ., 2001. p.19-21.
- SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Especialização da agricultura e organização do espaço agrícola no Estado da Bahia.** Salvador: SEI, 2001. 66p. (Série estudos e pesquisa, 54).
- SILVA, J.M.L. da. **Caracterização e classificação de solos do Terciário no nordeste do Estado do Pará.** Itaguaí, RJ, 1989, 241p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1989.
- SMITH, G.D. **The Guy Smith interviews: rationale for concepts in Soil Taxonomy.** SMSS Technical monograph, Nº 11, Cornell University, 1986, 257p.
- SOMBROEK, W.G. **Reconnaissance soil survey of the area Guamá-Imperatriz.** Belém: FAO, 1961. 151p.
- SOMBROEK, W.G. **Amazon soils: a reconnaissance of the soil of Brazilian Amazon region.** Wageningen: PUDOC-Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1966. 292p. (Agricultural Research Reports, 672).

SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D. & CALDAS, R.C. **Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros**. In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Eds. L.F.D.CINTRA, J.L. dos ANJOS, W.M.P. de M. IVO. Anais. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.169-190.

SQL-Magazine. **Oracle**. Revista. Ed. 8, Ano 1. 2003. p. 10.

STATSOFT, INC. **Statistica for Windows – computer program manual**. Tulsa(OK): StatSoft, 1999.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. **The water balance**. Publication in Climatology, Centerton, N.J., v.8(1):1-14, 1955.

THORNTHWAITE, C.W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geographical Review, v.38(1):55-94, 1948.

THORP, J. & SMITH, G.D. **Higher categories for soil classification**. Soil Science, Baltimore, 67:117-126, 1949.

UFV (Universidade Federal de Viçosa). **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Rio Doce e da Região Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Convênio Nº 545-81, Viçosa: Companhia Vale do Rio Doce, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 153p.

USP. **Banco de dados de solos**. In: www.cena.usp.br/piracena/html/bancosolos.htm (acessado em 10/07/2004)

VIEIRA, L.S. & SANTOS, P.C.T.C. dos. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416p.

WILDEROM, S.M. & WILDEROM, B.P.M. **Delphi 6 + InterBase 6: uma abordagem prática**. Editora Érica. 276p. 2001.

WILSON, H.A., RIECKEN, F.F., & BROWNING, G.M. 1947. **Soil profile characteristics in relation to drainage and level terraces**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc, v.11:110-118, 1946.

8 ANEXO

Tabela. Relação dos Estados e Municípios com ocorrência de perfis de Latossolos e Argissolos Amarelos e que dispõem de dados climáticos (X).

Est	Município		Est.	Município	
AC	Cruzeiro do Sul		AM	Itapiranga	
AC	Sena Madureira		AM	Itaquatiara	
AC	Tarauacá		AM	Japurá	
AL	Arapiraca		AM	Juruá	
AL	Barra de são Miguel		AM	Jutaí	
AL	Coruripe		AM	Lábrea	
AL	Igaci		AM	Manaus	X
AL	Igreja Nova		AM	Manicoré	
AL	Maceió	X	AM	Maraã	
AL	Matriz de Camaragibe		AM	Missão Toototobi	
AL	Penedo		AM	Nhamundá	
AL	Pilar		AM	Novo Aripuanã	
AL	Rio Largo		AM	Pauini	
AL	São Miguel dos Campos		AM	Presidente Figueredo	
AL	São Sebastião		AM	Santo Antônio do Içá	
AM	Airão		AM	São Gabriel da Cachoeira	
AM	Altazes		AM	São Paulo de Olivença	
AM	Aripuanã	X	AM	Tapauá	
AM	Atalaia do Norte		AM	Urucará	
AM	Barcelos	X	AP	Ferreira Gomes	
AM	Barreirinha		AP	Ilha de Santana	
AM	Canutama		AP	Macapá	X
AM	Carauari		AP	Mazagão	
AM	Eirunepé		BA	Juerana	
AM	Envira		BA	Lagedão	
AM	Fonte Boa		BA	Lajedinho	
AM	Humaitá		BA	Loreto	
AM	Ilha Grande		BA	Maracás	
AM	Ipixuna		BA	Mirangaba	
AM	Itacoatiara	X	BA	Morro do Chapéu	

Continuação...

Est	Município		Est.	Município	
BA	Mucugê		CE	Aracati	
BA	Paramirim		CE	Aracoiaba	
BA	Pau Brasil		CE	Camocim	
BA	Planaltino		CE	Itapipoca	
BA	Pojuca		CE	Maranguape	
BA	Ponta do Ramo		CE	Pacajus	
BA	Porto Seguro		CE	São Benedito	
BA	Rio Branco		ES	Aracruz	
BA	Rio Real		ES	Colatina	
BA	Rui Barbosa		ES	Conceição da Barra	X
BA	Salto Da Divisa	X	ES	Itapemirim	
BA	Salvador		ES	Linhares	X
BA	Santa Cruz Cabrália		ES	Mucurici	
BA	Santana	X	ES	Nova Venécia	
BA	Santo Amaro		ES	São Mateus	X
BA	Santo Antonio de Jesus		ES	Viana	
BA	São Desidério		PA	Tilândia	
BA	São Gonçalo dos Campos		PA	Tomé-Açu	
BA	Saúde		PA	Uruará	
BA	Senhor do Bonfim	X	PA	Vila São Jorge	
BA	Simões Filho		PB	Alhandra	
BA	Tabocas do Brejo Velho		PB	Bananeiras	
BA	Teixeira de Freitas		PB	Conde	
BA	Umbaúba	X	PB	Cuité	
BA	Una		PB	Jacaraú	
BA	Uruçuca		PB	Mamanguape	
BA	Vale Verde		PB	Pedras de Fogo	
BA	Valença	X	PB	Pitimbu	
CE	Acaraú		PB	Rio Tinto	
CE	Aquiraz		PB	Sapé	
PE	Aliança		RJ	Valença	X
PE	Camutanga		RN	Ceará Mirim	X
PE	Carpina		RN	Cerro Corá	
PE	Garanhuns	X	RN	Grossos	
PE	Goiana		RN	Macau	X
PE	Pau d'Alho		RN	Parazinho	
PE	Paulista		RN	Pedra Grande	
PE	Petrolina	X	RN	Portalegre	
PE	Rio Formoso		RN	Santo Antonio	

Continuação...

Est	Município		Est.	Município	
PE	Santa Cruz da Venerada		AP	Santana	X
PE	Sítio dos Moreiras		AP	Tartarugalzinho	
PE	Trindade		BA	Aiquara	
PE	Vertence		BA	Alagoinhas	X
PE	Vitória de Santo Antão		BA	Alcobaça	
PI	Canto do Buriti		BA	Amargosa	
PI	Esperantina		BA	Angical	
PI	Monsenhor Hipólito		BA	Araçás	
PI	Parnaíba	X	BA	Arataca	
PI	Pimenteiras		BA	Arraial da Pimenta	
PI	Piracuruca		BA	Baianópolis	
PI	São João do Piauí		BA	Belmonte	
PI	São Miguel do Tapuio		BA	Boa Vista do Tupim	
PI	São Raimundo Nonato		BA	Bom Jesus da Lapa	X
PI	Teresina	X	BA	Café Norte Agrícola	
RJ	Campos dos Goytacazes		BA	Camaçari	X
RJ	Cantagalo		BA	Camamu	
RJ	Casimiro de Abreu		BA	Campo Formoso	
RJ	Duque de Caxias		BA	Canavieiras	X
RJ	Nova Friburgo		BA	Capim Grosso	
RJ	Nova Iguaçu		BA	Caravelas	X
BA	Conceição da Barra	X	BA	Jequié	
BA	Cruz das Almas		BA	Jequiçá	
BA	Curaçá		ES	Vitória	X
BA	Curupitanga		GO	Aruanã	
BA	Distrito de Curipitanga		GO	Natividade	
BA	Entre Rios		MA	Açaflândia	
BA	Esplanada		MA	Balsas	
BA	Eunápolis		MA	Barão do Grajaú	
BA	Fazenda Esperança		MA	Barra do Corda	
BA	Ferradas		MA	Brejo	
BA	Filogônio Peixoto		MA	Buriticupu	
BA	Ibicaraí		MA	Chapadinha	
BA	Ibitiara		MA	Colinas	
BA	Iguá		MA	Grajaú	X
BA	Ilhéus	X	MA	Pastos Bons	
BA	Irará		MA	Santa Luzia	
BA	Itaberaba	X	MA	Timom	
BA	Iguá		MA	Grajaú	X

Continuação...

Est	Município		Est.	Município	
BA	Itabuna		MA	Turiacu	X
BA	Itacaré		MG	Itinga	
BA	Itagimirim		MG	Jaguaram	
BA	Itajuípe		MG	Manhuaçu	
BA	Itamamaraju		MG	Salto da Divisa	X
BA	Itaparica		MT	Aripuanã	X
BA	Itapé		MT	Barra do Garças	
BA	Itapebi		MT	Cáceres	X
BA	Itiúba		MT	Mato-Grosso	
BA	Ituberá		MT	São Félix do Araguaia	
BA	Jacinto		MT	Vila Bela	
BA	Jacobina	X	PA	Abaetetuba	
BA	Jandaíra		PA	Acará	
PA	Alatamira		RO	Porto Velho	X
PA	Almeirim		RR	Boa Vista	X
PA	Altamira	X	RR	Caracará	
PA	Ananindeua		RR	Missão Uaiacás	
PA	Augusto Corrêa		SE	Aquidabam	
PA	Barcarena		SE	Araúá	
PA	Belém	X	SE	Boquim	
PA	Cametá		SE	Capela	
PA	Castanhal		SE	Cedro de São João	
PA	Conceição do Araguaia	X	SE	Ciriri	
PA	Irituia		SE	Cumbe	
PA	Itaitúba	X	SE	Estância	
PA	Juruti		SE	Indiaroba	
PA	Marabá	X	SE	Itabaianinha	
PA	Município de Vigia		SE	Japarutuba	
PA	Nova Timboteua		SE	Lagarto	
PA	Óbidos	X	SE	Malhador	
PA	Oriximiná		SE	Neópolis	
PA	Paragominas		SE	Nossa Senhora das Dores	
PA	Porto de Móz	X	SE	Nossa Senhora do Socorro	
PA	Salinópolis		SE	Pedrinhas	
PA	Santa Izabel do Pará		SE	Pirambu	
PA	Santarém		SE	Santa Luzia do Itanhy	
PA	São Félix do Xingu	X	SE	Santo Amaro das Brotas	
PA	São Miguel de Guamá		SE	São Cristovão	
RN	Senadora Elói de Souza		SE	Umbaúba	X
RO	Ariquemes		SP	Cachoeira Paulista	
RO	Boa Vista	X	SP	Franca	X
RO	Guarajá-Mirim		SP	Guaratinguetá	
RO	Jaru		SP	Mogi-Mirim	