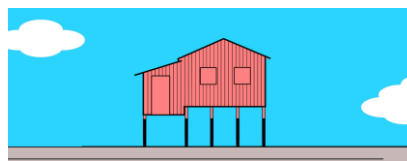


Capítulo 10



Química e granulometria dos solos da XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: uma abordagem pedológica

*Maurício Rizzato Coelho
José Francisco Lumbreras
Gustavo de Mattos Vasques
Virlei Álvaro de Oliveira
Hedinaldo Narciso Lima
Ricardo de Oliveira Dart*

1. Introdução

Há muito tempo reconhece-se a existência de duas ordens de paisagens muito diferentes na região amazônica: as várzeas e as terras firmes (Schaefer et al., 2017). Enquanto a primeira refere-se às planícies de inundação fluvial de deposição holocênica que margeiam os rios de águas brancas (rios de águas barrentas ricas em material em suspensão, como o Amazonas, o Madeira, o Purus), estando sujeitas a inundações sazonais, as terras firmes correspondem às situadas acima das áreas de influência dos rios e, portanto, não sujeitas ao hidromorfismo (Lima, 2001).

As várzeas dos rios Amazonas e Solimões, juntamente com as dos rios Purus e Juruá, constituem o maior espaço aluvial de solos eutróficos do Brasil e um dos mais extensos do mundo (Schaefer et al., 2023). São produtos da dinâmica dos rios, especialmente daqueles que carregam elevada carga de sedimentos em suspensão (Schaefer et al., 2017), tal como ocorre nos rios supracitados. Além de serem eutróficos, os solos sob suas influências geralmente possuem elevados teores de silte e areia fina, elevada capacidade de troca de cátions, elevados valores de pH e teores de cátions trocáveis, sobretudo cálcio e magnésio, embora alguns solos destaquem-se pela presença de alumínio e sódio (Lima, 2001). Este último ocorre com maior frequência nos Gleissolos (Schaefer et al., 2017). Apresentam composição mineralógica bastante diversificada (Möller, 1986; Lima, 2001; Schaefer et al., 2017, 2023), com presença de minerais primários, como feldspatos, clorita, mica (Kitagawa; Möller, 1979; Möller, 1986) e conteúdos expressivos de esmectita, vermiculita, caulinita (Kitagawa; Möller, 1979; Möller, 1986) e ilita (Portugal, 2009; Pereira; Costa, 2025), sugerindo que os materiais de origem desses solos são formados por uma mistura de sedimentos jovens com pré-intemperizados (Schaefer et al., 2023).

Os atributos mencionados acima são reflexos da diversidade e da natureza recente do material de origem sedimentar, de condições periódicas de hidromorfismo e de menor grau de desenvolvimento da pedogênese quando comparados aos solos de terra firme (Lima, 2001; Schaefer et al., 2017). Estes, por sua vez, são predominantemente de baixa fertilidade natural, ácidos, com teores relativamente elevados de alumínio extraível, baixos valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions (Rodrigues, 1996), baixo teor de silte e pequena diversidade mineralógica (Möller, 1986; Lima, 2001), completamente dominada por caulinita na fração argila, com presença invariável de óxidos de ferro (goethita e/ou hematita) e frequente de gibbsita (Kitagawa; Möller, 1979; Möller, 1986).

Na bacia do Médio Rio Amazonas, local de estudo da XV RCC, predominam os Latossolos e Argissolos, sempre distróficos e usualmente amarelos e com alto alumínio extraível, derivados de sedimentos pré-intemperizados das formações Belterra e Alter do Chão, tal como afirmam Schaefer et al. (2023). Desses, somente os Latossolos relacionados à Formação Alter do Chão foram descritos e amostrados para o evento. Todos são amarelos e distróficos, a maioria álicos, corroborando a assertiva dos autores acima citados. Os Espodossolos e os Neossolos Quartzarênicos complementam as classes de solos da XV RCC relacionadas à Formação Alter do Chão. Esta, de idade cenozoica, cobre toda a Bacia do Amazonas (Caputo, 2014), que ocupa uma área de aproximadamente 500.000 km² (Silva et al., 2003; Cunha et al., 2007), abrangendo parte dos estados do Amazonas e Pará e, em menor proporção, parte do estado do Amapá (Caputo, 2014); é nela que jazem todos os perfis da XV RCC.

Schaefer et al. (2023), ao se referirem aos solos de terra firme do Baixo e Médio Amazonas, afirmam que, em sua maioria, são formados *in situ* a partir de sedimentos do Cretáceo ao Cenozoico Superior, relacionados às Formações Alter do Chão e Barreiras. Segundo os autores, os Latossolos Amarelos Distróficos, geralmente álicos, transicionam vertente abaixo para solos com plintita (terço médio) e Argissolos (sopé). Em contraste, os autores elencam os Neossolos Flúvicos e Gleissolos, a maioria eutróficos e de argila de alta atividade, como os solos predominantes das várzeas e terraços aluviais das regiões mencionadas, atributos esses relacionados à origem extra-amazônica dos sedimentos de que são formados, provenientes dos Andes. Os Plintossolos ou os solos com caráter plíntico, por outro lado, são predominantes nas terras baixas do Alto Amazonas, bem como nos interflúvios dos rios Madeira/Purus/Juruá e Solimões/Japurá (Schaefer et al., 2000).

Os Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos, ambos Ta Eutróficos, correspondem às classes de solo que mais foram visitadas pelos participantes da XV RCC, as quais, somadas aos Latossolos Amarelos Distróficos, evidenciam a representatividade do evento em retratar/estudar os solos e ambientes mais comuns do Médio Rio Amazonas. No entanto, tais classes, inclusive as de mesmo grande grupo taxonômico, apresentam peculiaridades próprias, divergindo entre si quanto aos seus atributos morfológicos, físicos, químicos e/ou mineralógicos. Juntamente com outras classes de solos de várzea menos representativas em

extensão, como Vertissolos, Plintossolos, Cambissolos Flúvicos e Organossolos, perfazem o conjunto de solos que foram visitados durante a XV RCC, cuja análise in loco pelos participantes do evento possibilitaram discutir seus atributos, com ênfase em taxonomia de solos. De modo similar a muitas RCCs anteriores, a presente ampliou os dados, as informações e o conhecimento de paisagens e solos pouco estudados, muitos deles de difícil acesso e que naturalmente apresentam grande variabilidade espacial e temporal de seus atributos.

O objetivo deste trabalho é analisar os atributos químicos e a granulometria dos 17 perfis de solos descritos e coletados para a *XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos* (estados do Amazonas e Pará). Para tal, análises multivariadas (agrupamentos e componentes principais) foram aplicadas aos resultados analíticos selecionados, obtidos para fins de levantamento de solos, com o objetivo de agrupar os horizontes subsuperficiais e alguns superficiais dos perfis (Organossolo) estudados de acordo com as suas similaridades analíticas e, a partir desses agrupamentos, mostrar e discutir os valores encontrados e suas causas de variação (entre perfis e ao longo do mesmo perfil) à luz dos princípios e conhecimento de química, gênese, morfologia, mineralogia e, sobretudo, de classificação de solos.

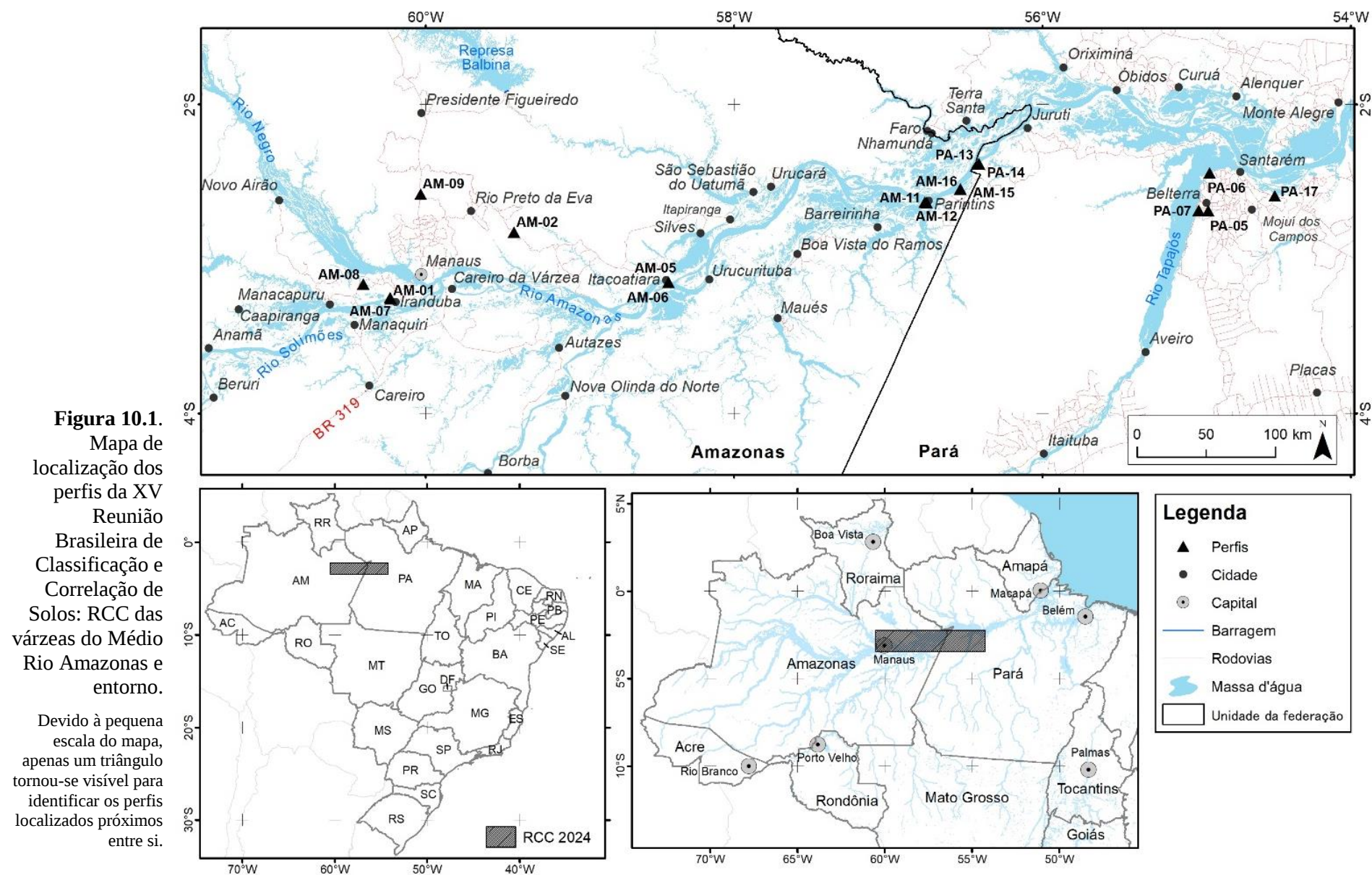
2. Material e métodos

2.1. O meio físico

Os solos estudados correspondem aos descritos e amostrados para a *XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos*: RCC das várzeas do Médio Rio Amazonas e entorno, doravante mencionada como XV RCC. Compreendem 17 perfis de solos (AM-01, AM-02, AM-05 ao AM-09, AM-11, AM-12, AM-15, AM-16, PA-05 ao PA-07, PA-13, PA-14 e PA-17), cujas localizações encontram-se na Figura 10.1.

Desde as primeiras explorações científicas na Amazônia, é reconhecida a existência de duas paisagens básicas ao longo da bacia do rio: a planície de inundação, também conhecida como várzea, e a terra firme (terras altas bem drenadas). Solos jovens com incipiente pedogênese em sedimentos quaternários são encontrados nas planícies de inundação, enquanto solos profundos e muito intemperizados, originados de rochas e sedimentos cenozoicos, ocorrem nas terras altas bem drenadas. Várzeas e terras firmes são separadas por barrancos, escarpas ou rampas suaves (Schaefer et al., 2023).

Entre os sedimentos supracitados, destacam-se aqueles de idade Cenozoica da Formação Alter do Chão, dos quais se origina a maioria dos solos de terra firme da XV RCC. Segundo Caputo (2014), as camadas cenozoicas da Formação Alter do Chão cobrem toda a Bacia do Amazonas com proveniência da sedimentação do Arco de Gurupá e de áreas cratônicas. Segundo o autor, ela é descontinuada pela Formação Içá, que cobre pequena área a oeste da bacia, bem como pelas faixas de afloramentos paleozoicos e pelo Domo de Monte Alegre, onde os sedimentos cenozoicos foram removidos por erosão.



Os sedimentos da Formação Alter do Chão consistem numa alternância de arenitos e argilitos que foram depositados em ambiente continental aquoso, com significativa contribuição flúvio-lacustrina em processo de imersão não profunda. São constituídos de depósitos descontínuos caracterizados por uma brusca variação litológica vertical e distribuição espacial irregular devido a variações nos seus ambientes de deposição (Caputo et al., 1972). Mendes et al. (2012), estudando a Formação Alter do Chão no município de Óbidos, PA, a fim de determinar o seu modelo deposicional, descreveram sete litofácies, a saber: o conglomerado maciço, os arenitos com estratificações acanalada e tabular, o arenito com laminação cruzada cavalgante e os pelitos maciços, bioturbados e deformados. Segundo os autores, essas fácies variam de 1 a 6 m de espessura, corroborando a grande variabilidade litológica dessa Formação, tal como supracitado e afirmado por Caputo et al. (1972). Cunha et al. (1994), citados por Horbe et al. (2003, 2004) elencam as seguintes litologias para a Formação Alter do Chão: arenitos arcoseanos, pelitos, argilitos, quartzo-arenitos e brechas intraformacionais, geralmente dispostos sob a forma de estratos esbranquiçados a avermelhados (Nogueira et al., 1999). Albuquerque (1922), citado por Horbe et al. (2003), afirma que as variedades de quartzo-arenitos silicificados e vermelhos da Formação Alter do Chão são informalmente denominadas de Arenito Manaus, utilizando esse termo em seu artigo.

A área de estudo da XV RCC insere-se no domínio geomorfológico dos baixos platôs da Amazônia Centro-Oriental, recobertos por mata de terra firme, ocupando toda a área de abrangência da Bacia Sedimentar do Amazonas, com amplo predomínio da Formação Alter do Chão, tal como afirmam Dantas e Maia (2010). Segundo os autores, os baixos platôs desse domínio são caracterizados por terrenos baixos (com cotas inferiores a 200 m), com solos espessos, pobres e bem drenados (em geral, Latossolos Amarelos). Em certas porções, os platôs, embasados por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, são dissecados em um relevo de colinas tabulares, feição que assume particular relevância na área ao norte da cidade de Manaus (Dantas; Maia, 2010).

O domínio geomorfológico denominado de Planície Amazônica também é expressivo na área de abrangência da XV RCC. Segundo Dantas e Maia (2010), é representado por planícies de inundação e terraços fluviais muito amplos, por vezes com dezenas de quilômetros de largura, que ocorrem ao longo dos principais canais-troncos da bacia hidrográfica dos rios Negro, Solimões e Amazonas. Tais formas de relevo apresentam, portanto, amplo destaque ao longo dos imensos fundos de vales dos rios Negro, Solimões, Amazonas, Madeira, Purus, Juruá, Javari, Negro, Içá e Japurá. Enquanto as planícies aluviais, normalmente recobertas por vegetação de igapó e matas de várzea adaptadas a ambientes inundáveis, são constituídas de depósitos sedimentares atuais ou subatuais, os terraços fluviais são correlatos ao Pleistoceno Superior (Dantas; Maia, 2010).

Argissolos e Latossolos predominam em extensão nos estados do Amazonas e Pará, distribuindo-se em proporções similares entre os dois: enquanto no Amazonas ocupam cerca de 43,8% e 26,6% de sua extensão, no Pará distribuem-se em aproximadamente 48,0% e 29,5% de sua área, respectivamente (IBGE, 2019). Entre os Latossolos, os amarelos distróficos, muitas vezes álicos, são os predominantes nas terras bem drenadas do Baixo e Médio Rio Amazonas e tributários, os quais transicionam para solos com plintita no terço médio das vertentes e Argissolos no terço inferior (Schaefer et al., 2023). Por sua vez, Gleissolos Háplicos e

Neossolos Flúvicos predominam nas várzeas (Lima et al., 2006) e terraços fluviais (Schaefer et al., 2023) dos rios Solimões e Amazonas, respectivamente, tal como afirmam Lima et al. (2006). Segundo os autores, frequentemente são eutróficos e de argila de atividade alta, apresentando elevados valores de capacidade de troca de cátions e de cátions trocáveis, especialmente Ca^{2+} , Mg^{2+} e, em alguns casos, Na^+ e Al^{3+} , além de elevados conteúdos de silte e areia fina.

A boa fertilidade natural dos solos supracitados, condição pouco comum na região amazônica, que se estendem em vastas planícies de inundação e terraços fluviais gerados por rios de águas barrentas (por exemplo, Madeira e Solimões), está relacionada à grande descarga de sedimentos oriunda da dissecação dos Andes, tal como afirmam Dantas e Maia (2010). Por outro lado, as planícies que margeiam os rios de água preta (Rio Negro, por exemplo) apresentam menor sedimentação aluvial, originando restritas e descontínuas planícies de inundação decorrentes da baixa carga de sedimentos em suspensão, aliada à alta concentração de sesquióxidos de ferro (Dantas; Maia, 2010), originando solos usualmente de baixa fertilidade natural (Schaefer et al., 2023).

Solos comumente encontrados na bacia do Rio Negro, também de baixa fertilidade natural e geralmente associados à terra firme, embora possam ocorrer em planícies aluvionares, são os Espodossolos e os Neossolos Quartzarênicos. São desenvolvidos sob vegetação de Campina (Guimarães; Bueno, 2016) e Campinarana (Guimarães; Bueno, 2016; Schaefer et al., 2017, 2023), cujos processos genéticos iniciais, que levaram à arenização do ambiente e à formação de areia branca, geralmente estão relacionados a duas causas principais: a destruição das argilas (caulinita e gibbsita) por acidólise nos Latossolos sob condições atuais de clima superúmido (Mafra et al., 2002) e a deposição de sedimentos fluviais arenosos nas bordas dos vales (Klinge, 1965). No entanto, as areias brancas que aparecem em várias regiões da Amazônia (Horbe et al., 2003, 2004; Guimarães; Bueno, 2016) são de gênese controversa, muito exploradas para a obtenção de areia destinada à construção civil (Horbe et al., 2003; Adeney et al., 2016) e relacionadas a diferentes litologias (Horbe et al., 2004). Portanto, não são exclusivas da bacia do Rio Negro, onde ocorrem extensivamente, muitas vezes associadas aos Espodossolos (Schaefer et al., 2023).

Guimarães e Bueno (2016) comentam, em sua revisão sobre as Campinas e Campinaranas amazônicas, que a evolução do solo nesses ambientes de areia branca é o principal fator que condiciona a disposição de espécies e das fitofisionomias de Campina, Campinarana e florestas de terra firme, de tal forma que, à medida que o solo vai-se empobrecendo com o processo de arenização, a vegetação altera-se concomitantemente, acompanhando as mudanças dos atributos dos solos para condições cada vez mais oligotróficas e sujeitas ao estresse hídrico, com eventuais períodos de hidromorfismo na época chuvosa. Para Adeney et al. (2016), os ecossistemas de areia branca amazônicos têm origem complexa e, portanto, estão correlacionados a diversos processos biogeofísicos, incluindo tipo de solo, inundações, incêndios e escassez de nutrientes, e muitas vezes são diferenciados em tipos de acordo com esses fatores.

Horbe et al. (2004), estudando a gênese de Espodossolos próximos ao solo de mesma classe analisado na XV RCC, referente ao perfil AM-09 (margem esquerda da BR-174, km 46), identificaram sua ocorrência até o quilômetro 60 da rodovia BR-174. No entanto, complementam os autores, a Formação Alter do Chão estende-se até o quilômetro 90.

Justificaram a presença localizada dos Espodossolos por movimentos neotectônicos que promoveram o processo de denudação da paisagem nesses locais, mais que nas áreas contíguas a norte e a leste, expondo saprólitos de arenosos a argilosos, horizontes mosqueados e o Arenito Manaus, facilitando a atuação dos processos de podzolização na área em materiais arenosos, tais como aqueles descritos por Mafra et al. (2002), já supracitados, bem como por outros autores (Schwartz, 1988; Thomas et al., 1999; Lundström et al., 2000).

2.2. Classificação dos perfis

Para a classificação dos perfis, utilizou-se a 5ª edição do *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (SiBCS) (Santos et al., 2018). Cada perfil é identificado por um símbolo, correspondendo àquele indicado por Santos et al. (2018) para representar as classes taxonômicas até o terceiro nível categórico nos mapas de solos, precedido por um hífen e do seu número de identificação (AM-01, AM-02, AM-05 ao AM-09, AM-11, AM-12, AM-15, AM-16, PA-05 ao PA-07, PA-13, PA-14 e PA-17); o símbolo AM refere-se aos perfis localizados no estado do Amazonas, enquanto PA, aos do estado do Pará. A Tabela 10.1 apresenta a classificação dos 17 perfis e seus respectivos símbolos de identificação.

Tabela 10.1. Classificação dos perfis da XV RCC até o 4º nível categórico, segundo o SiBCS e seus símbolos de identificação.

Perfil	Classificação	Símbolo de identificação
AM-01	Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico	AM01-PAd
AM-02	Latossolo Amarelo Distrófico petroplântico	AM02-LAd
AM-05	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico	AM05-GXve
AM-06	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico	AM06-GXve
AM-07	Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico	AM07-CYve
AM-08	Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico	AM08-FTa
AM-09	Espodossolo Humilúvico Hiperespesso típico	AM09-EKu
AM-11	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico neofluvissólico	AM11-GXve
AM-12	Gleissolo Háptico Ta Distrófico neofluvissólico	AM12-GXvd
AM-15	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico	AM15-GXve
AM-16	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico	AM16-GXve
PA-05	Latossolo Amarelo Distrófico típico	PA05-LAd
PA-06	Neossolo Quartzarênico Órtico húmico	PA06-RQo
PA-07	Latossolo Amarelo Distrófico húmico	PA07-LAd
PA-13	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico	PA13-GXve
PA-14	Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico	PA14-VGo
PA-17	Organossolo Háptico Hêmico típico	PA17-OXy

Fonte: Santos et al. (2018).

2.3. Análises de rotina para fins de levantamento de solos

No laboratório, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas com martelo de borracha e passadas em peneira número 10 (malha de 2 mm), obtendo-se a fração terra fina seca ao ar (TFSA), na qual foram realizadas as análises químicas e granulométrica segundo Teixeira

et al. (2017). Esta última foi realizada pelo método do densímetro, utilizando hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ como agente dispersante (Teixeira et al., 2017).

Foram utilizados os procedimentos analíticos para as seguintes análises químicas: o pH foi determinado em água e KCl (potenciômetro com eletrodo combinado de vidro) utilizando relação solo:solução (H_2O e $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, respectivamente, para pH determinado em H_2O e KCl) 1:2,5 após agitação da amostra por 60 segundos e repouso de 1 hora; o carbono orgânico (CO), por oxidação com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal. Os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com solução $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$. A extração do H + Al (acidez potencial) foi realizada com solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0. Os cátions Na^+ e K^+ foram extraídos com solução de $\text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1} + \text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$. Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por espectroscopia de absorção atômica; K^+ e Na^+ , por fotometria de chama; Al^{3+} e H + Al, por titulometria. Os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 foram determinados após abertura das amostras com ácido sulfúrico concentrado 1:1. Os dois primeiros foram utilizados no cálculo da relação molecular $K_i ((\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) \times 1,70)$.

2.4. Análises estatísticas

Foram realizadas análises de agrupamentos naturais (*Hierarchical Cluster Analysis* - HCA) e de componentes principais (*Principal Component Analysis* – PCA) para identificar a formação de agrupamentos de amostras baseadas na medida de 11 variáveis químicas e granulométricas de solo (areia total, silte, argila, relação silte/argila, sódio trocável, alumínio extraível, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, saturação por alumínio e carbono orgânico), e como estas se relacionam às diferenças observadas entre os agrupamentos. Para tal, foi construída uma matriz de 65×11 (horizontes/camadas versus variáveis) e os dados foram autoescalados por normalização via conversão para o seu escore z, com média zero e desvio padrão 1. Cada observação reuniu dados quantitativos de variáveis edáficas obtidas para cada horizonte B de cada perfil, excluindo-se os horizontes intermediários (BA e BC) de solos que apresentam horizonte diagnóstico B e os intermediários para C em solos destituídos daquele horizonte. Especificamente para o único Organossolo estudado, foram selecionados os horizontes mais superficiais (Hd1, Hd2 e Hd3) devido a esses serem os únicos que apresentam todas as variáveis químicas de interesse aqui estudadas.

Para fins da análise de PCA e de HCA, cada um dos 65 horizontes/camadas estudados foi considerado independentemente, tanto dos horizontes relacionados ao mesmo perfil como dos de outros perfis. A análise por HCA foi realizada utilizando-se a distância euclidiana para construir a matriz de dissimilaridade e o método de variância mínima de Ward para agrupamento (Ward Junior, 1963). As variáveis foram selecionadas considerando-se sua importância na classificação dos solos em questão, segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2018), bem como sua disponibilidade por ocasião da redação deste capítulo (os resultados do índice K_i , por exemplo, foram disponibilizados após a sua redação).

Doravante, o termo horizonte será utilizado para se referir tanto a horizontes como a camadas a fim de se evitar confusão em torno dos termos.

2.5. Dinâmica das RCCs

Os perfis selecionados, descritos, amostrados, analisados e classificados pelos pedólogos organizadores das RCCs são apresentados e intensivamente discutidos pelos participantes durante o evento. Essas sempre profícuas discussões, após consenso, podem convergir para propostas de atualização da edição vigente do SiBCS, sugestões de reanálise de algumas amostras de horizontes, com posterior alteração de seus valores, bem como alterações da descrição original dos perfis, incluindo de sua classificação taxonômica e nomenclatura dos horizontes. Tais alterações e propostas de atualização do SiBCS são incorporadas e publicadas após o evento em um livro, que é o presente caso. Assim, quando mencionadas no texto deste capítulo a classificação e a nomenclatura originais dos perfis, referem-se àquelas propostas originalmente pelos seus descritores, antes de eventualmente serem alteradas após o evento. Portanto, essas alterações dos perfis constam no Capítulo 9 deste livro, mas não aquelas originalmente propostas.

3. Resultados e discussão

3.1. Análises multivariadas

3.1.1. Análise de agrupamentos (HCA)

Os níveis de similaridade entre os diferentes horizontes selecionados dos perfis da XV RCC são mostrados no dendograma da Figura 10.2, o qual é baseado nas análises de agrupamentos. Observa-se que há expressiva variação do grau de similaridade entre horizontes, que é evidenciada pela quantidade de agrupamentos de maior nível de similaridade: em número de seis para distância euclidiana igual ou inferior a 8. Esse padrão é esperado quando se analisa, conjuntamente, vários atributos de solos de horizontes oriundos de diferentes classes taxonômicas, processos pedogenéticos e materiais de origem (Coelho et al., 2018, 2019, 2020, 2023), tais como o que ocorre nos solos e horizontes estudados.

As discussões a seguir pautam-se na relação entre os atributos físicos e químicos analisados de cada horizonte de solo selecionado, na designação dos horizontes e na classificação taxonômica dos perfis da XV RCC, as quais são posteriormente confrontadas com os resultados da análise de componentes principais. Neste capítulo, a discussão é estendida para processos genéticos e mineralogia de solos.

O agrupamento 1 reúne todos os horizontes do único Plintossolo estudado e aqueles mais superficiais (3Cg1 e 3Cg2), entre os analisados por HCA, do Gleissolo referente ao perfil AM-05. Em comum, esses horizontes manifestam os maiores conteúdos de Al^{3+} entre os solos e horizontes minerais analisados, variando de $2,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ a $8,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, estando os maiores valores relacionados ao Plintossolo (Tabela 10.3).

A presença do Al^{3+} em conteúdos expressivos, acima de $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, é frequente nos Plintossolos e Gleissolos amazônicos - nesses últimos quando estão associados aos Aningais, ambientes característicos de ecossistemas amazônicos inundáveis, embora ocorram em outros ecossistemas e biomas brasileiros (Amarante et al., 2009). Possivelmente, a elevada capacidade

de armazenamento do elemento nas folhas e em outras partes da planta (conhecida regionalmente como aninga), característica dos Aningais, bem como a sua elevada taxa de reciclagem no ambiente podem ser as responsáveis por esse resultado, fato verificado, por exemplo, para o elemento Mn. As aningas concentram teores expressivos do elemento em suas folhas em quantidades tais que são consideradas tóxicas, mesmo para grandes mamíferos que porventura dela se alimentem (Amarante et al., 2009).

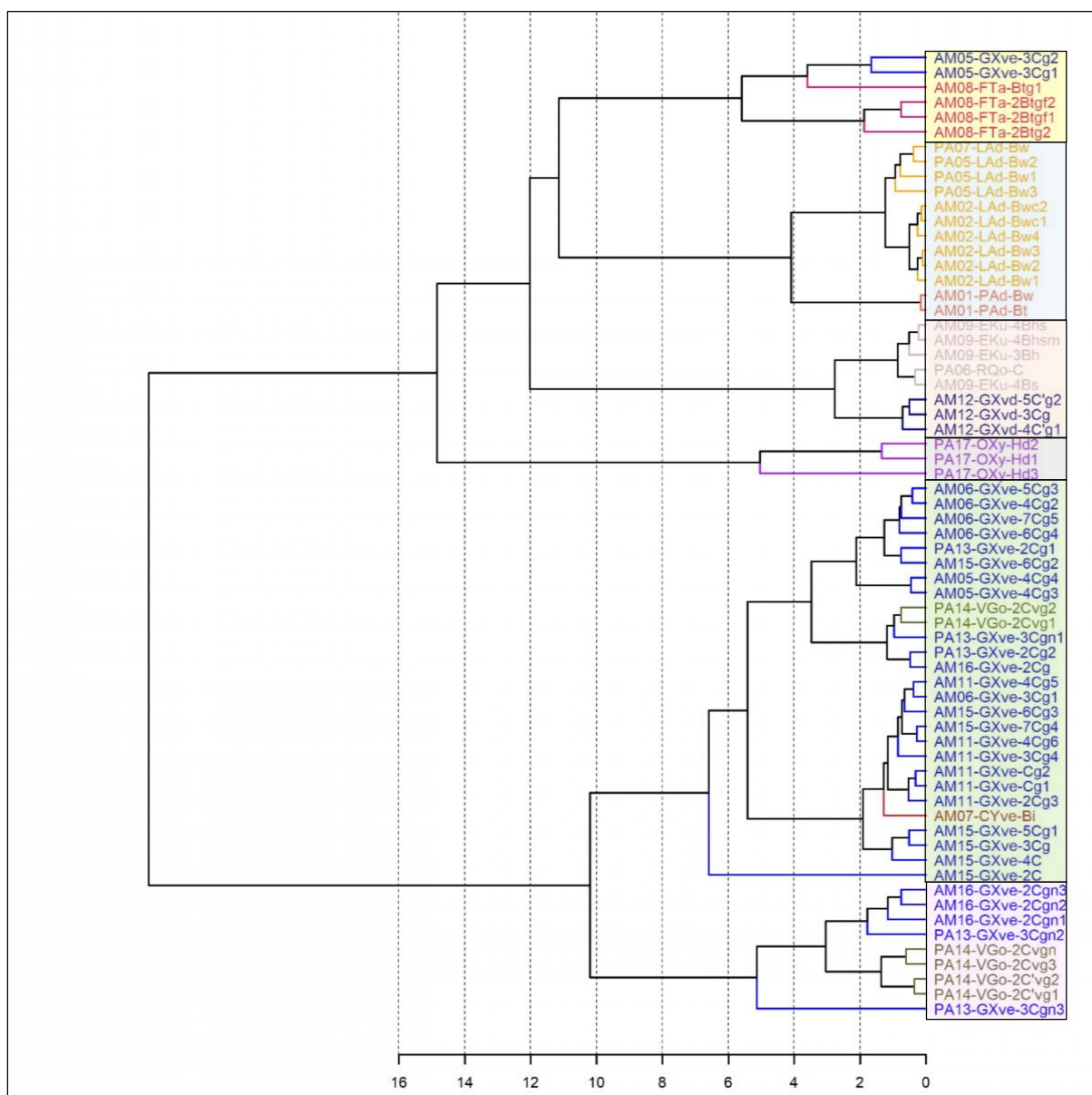


Figura 10.2. Dendrograma que considera as 11 variáveis químicas e físicas de horizontes selecionados e utilizados na análise de agrupamentos dos solos da XV RCC, estados do AM e PA. Cada horizonte é identificado por um símbolo, que representa o número do perfil, sua classificação taxonômica e a nomenclatura do horizonte. Cores semelhantes identificam horizontes do mesmo perfil de solo. À direita do dendrograma são mostrados os agrupamentos de 1 a 6 considerados para a distância euclidiana inferior a 8.

Embora elevado, o teor do Al^{3+} não alterou a classificação até o terceiro nível categórico do Gleissolo referente ao perfil AM05-GXve em relação aos demais Gleissolos Ta eutróficos estudados (AM-06, AM-11, AM-15, AM-16 e PA-13) (Tabela 10.1), segundo critérios utilizados no SiBCS (Santos et al., 2018). No entanto, sugere-se aqui complementar sua classificação em níveis categóricos inferiores a fim de se considerar a presença e a potencial influência do Al^{3+} no solo, bem como em outros critérios diagnósticos do SiBCS, como na saturação por bases, por exemplo. Devido ao elevado conteúdo desse elemento, os horizontes 2CAg e 3Cg1 do perfil AM-05 foram os únicos, entre todos os horizontes dos Gleissolos Ta Eutróficos da XV RCC, que apresentaram baixa saturação por bases (Tabela 10.3), no caso, na profundidade entre 5 cm e 33 cm a partir da superfície do solo. Embora a baixa saturação por bases não ocorra em toda a extensão dos primeiros 0,50 m superficiais do solo em questão, predomina naquela profundidade (28 cm). Assim, sugere-se acrescentar o termo epidistrófico na classificação do perfil AM-05, o que é condizente com o que se propõe com o prefixo *epi-* do SiBCS: “é utilizado para designação de atributo que ocorre na parte superficial e/ou dentro do solo até a profundidade máxima de 50 cm” (Santos et al., 2018, p. 284). Essa adição permite atribuir mais uma designação para a classificação taxonômica de um solo que, provavelmente, tem estreita e exclusiva relação com os Aningaís, a fim de mais adequadamente diferenciá-lo taxonomicamente de solos similares das planícies aluviais amazônicas, mas não associadas aos Aningaís, como é o caso dos perfis AM-06, AM-11, AM-15, AM-16 e PA-13, estudados na XV RCC (Tabela 10.3). O primeiro situa-se a aproximadamente 30 m do perfil AM-05 em uma condição de dique aluvial baixo.

Todos os horizontes dos solos de terra firme estudados (perfis AM-01, AM-02, PA-05 e PA07) foram reunidos no agrupamento 2 na HCA (Figura 10.2). Embora o perfil AM-01 tenha sido originalmente classificado como Latossolo Amarelo Distrófico pelos descritores do perfil devido ao fato de se tratar de um solo antrópico onde houve adição e/ou mistura de material externo, bem como alterações físicas, químicas e morfológicas decorrentes da ação do fogo e, por conseguinte, os critérios diagnósticos para distinguir horizontes B textural de B latossólico não deveriam ser aplicados em tais situações, as extensas discussões diante do perfil durante a XV RCC conduziram ao seu enquadramento final como Argissolo. O gradiente textural foi o único critério distintivo para tal, cuja avaliação também foi motivo de discussão. A seguir, são tecidos vários comentários sobre a celeuma em torno da classificação do perfil em questão:

- 1) Os *pedon* que os pedólogos descrevem e classificam, segundo os critérios diagnósticos de um sistema taxonômico, são aqueles analisados no momento de sua descrição;
- 2) Se, para o solo em questão, utilizarmos os *pedon* próximos sem interferência antrópica para, a partir deles, classificar um perfil que foi alterado pelo homem, tal como sugerido por alguns participantes da XV RCC, é um procedimento que contraria tanto as bases e critérios estabelecidos no SiBCS (ou qualquer outro sistema taxonômico de solos) como as normas estabelecidas para os levantamentos de solos: os *pedon* devem ser classificados segundo as bases e critérios diagnósticos convencionados em um sistema taxonômico, e os *pedon* diferentes ou são

agrupados em um única unidade de mapeamento ou separados em diferentes unidades de mapeamento, dependendo da escala final do mapa de solos;

- 3) A definição da relação textural B/A, tal como se encontra no SiBCS, um dos principais critérios diagnósticos para identificar o horizonte diagnóstico de subsuperfície B textural, necessita de ajustes, os quais são propostos no item que trata de PCA.

A HCA (Figura 10.2) também mostrou que os horizontes estudados dos Latossolos Amarelos do agrupamento 2, referentes aos perfis AM-02, PA-05 e PA-07, foram separados por uma distância euclidiana inferior a 2, enquanto os horizontes do Argissolo Amarelo antrópico (perfil AM-01) foram agrupados juntos, mas separados dos supracitados por uma distância euclidiana próxima e superior a 4, sugerindo que a formação do horizonte A antrópico influencia nos atributos dos horizontes subsuperficiais B, já que as cercanias do perfil em questão são área de ocorrência dos Latossolos Amarelos Distróficos típicos. Esse fato - a influência dos horizontes A antrópicos nos subsuperficiais - já foi verificado por outros autores (Lima, 2001) e será discutido posteriormente na PCA.

O agrupamento 3, por sua vez, reuniu, com distância euclidiana inferior a 3, todos os horizontes de textura areia, areia franca e francoarenosa, distróficos (perfil AM-12) ou com baixa saturação por bases (PA-06 e AM-09) entre os horizontes e solos estudados por HCA. São solos muito dissimilares taxonomicamente, sobretudo os Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos em relação aos Gleissolos. No entanto, os seus horizontes podem manifestar atributos semelhantes, como a textura arenosa em alguns (Gleissolos) ou em todos os horizontes (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos) e a baixa fertilidade natural. Possivelmente, o número expressivo de atributos utilizados na análise da HCA, num total de 11, e/ou, mais provavelmente, a sua seleção não foram adequados para mostrar as principais diferenças taxonômicas entre essas classes de solos.

Os horizontes estudados por HCA do único Organossolo selecionado para a XV RCC foram reunidos no agrupamento 4 (Figura 10.2). Nele, os dois horizontes mais superficiais (Hd1 e Hd2) foram agrupados com uma distância euclidiana inferior a 2, mas separados do horizonte imediatamente abaixo (Hd3) por uma distância próxima e acima de 5 (Figura 10.2), evidenciando que este último difere significativamente dos demais em relação aos atributos estudados por HCA, o que pode estar relacionado à existência de descontinuidade litológica. Inferências a respeito são agrupadas e tecidas no item que trata da PCA.

O agrupamento 5 é o maior entre os seis delimitados na Figura 10.2. Engloba praticamente todos os horizontes estudados por HCA, excetuando o 3Cg2 do perfil AM05-GXve (agrupamento 1; Figura 10.2), dos solos Ta eutróficos com elevados conteúdos de silte, superiores aos da argila, e que apresentam hidromorfismo nos primeiros 50 cm da superfície do solo (Gleissolos e Vertissolos) ou abaixo dessa profundidade (Neossolos e Cambissolos, ambos Flúvicos). Excetuando-se o horizonte 3Cgn1 do perfil PA-13, os demais horizontes Ta eutróficos (2Cg1 e 2Cg2, perfil PA-13; 2Cvg1 e 2Cvg2, perfil PA-14; 2Cg, perfil AM-16), que não manifestaram o caráter solódico dos perfis classificados como solódico no nível do subgrupo taxonômico (PA-13, PA-14 e AM-16), também estão nesse agrupamento.

Devido à similaridade do ambiente de formação e dos processos genéticos associados e, conseqüentemente, dos atributos que definem as classes dos Gleissolos e Cambissolos Flúvicos, os quais podem ser separados unicamente pela manifestação morfológica de hidromorfismo dentro de 50 cm da superfície do solo, esperava-se a elevada similaridade estatística entre ambas as classes, tal como ocorreu. Ao mesmo tempo, a grande variabilidade vertical de seus atributos, comuns em solos de ambientes sedimentares holocênicos, favoreceu tanto a separação dos horizontes dos Gleissolos, que estão mesclados no agrupamento 1 e separados por diferentes distâncias euclidianas, como a disposição dos horizontes de um mesmo perfil em diferentes agrupamentos (agrupamento 1, que reuniu parte dos horizontes do perfil AM05-GXve; agrupamento 6, que reuniu parte dos horizontes dos perfis AM-16, PA-13 e PA-14) ou em um único agrupamento (agrupamento 3 reuniu todos os horizontes do perfil AM-12) diferentemente do agrupamento 1 (Figura 10.2).

Embora o perfil AM-CYve tenha sido classificado como Cambissolo Flúvico, parte das cores do único horizonte Bi (10YR 4/3) e do horizonte imediatamente abaixo (10YR 5/2) satisfazem os critérios para horizonte glei. Portanto, sugere-se alterar a classificação do perfil em questão, até o nível de subgrupo taxonômico, para Gleissolo Háplico Ta Eutrófico cambissólico, sem alterar, no entanto, a designação dos horizontes, pois, conforme a conceituação do sufixo “g” do *Manual de descrição e coleta de solo no campo* (Santos et al., 2015), doravante designado de Manual de Descrição, há a necessidade de “desenvolvimento de cores cinzentas, azuladas, esverdeadas ou mosqueamento bem expresso” (Santos et al., 2015, p. 48) a fim de que um horizonte ou camada receba o sufixo “g”. Isso não ocorre no horizonte Bi do perfil em questão (vide Capítulo 9). As assertivas anteriores evidenciam a necessidade de ajustes nas cores que definem os horizontes glei no SiBCS, caso se considere que o perfil AM-07 deva ser classificado Cambissolo, o que foi consenso entre todos os participantes da XV RCC, de tal forma que o sufixo “g” invariavelmente esteja presente nos horizontes identificados como glei.

O agrupamento 6, por sua vez, reuniu horizontes dos solos classificados como solódicos no quarto nível categórico (AM-16-GXve, PA13-GXve e PA14-VGo). Compreende a maioria dos horizontes do único Vertissolo (PA14-VGo) estudado na XV RCC, bem como parte dos horizontes dos Gleissolos classificados como solódicos vertissólicos (AM-16-GXve e PA13-GXve). Este agrupamento dá ensejo a se discutir o uso e a relação do sufixo “v”, descrito no Manual de Descrição, com o caráter vértico e a designação de vertissólico em nível de subgrupo dos perfis estudados, segundo o SiBCS (Santos et al., 2018). Os perfis AM-11, AM-16 e PA-13 foram classificados como vertissólicos, bem como houve sugestão de classificar o perfil AM-11 como Vertissolo (vide Capítulo 9). Os descritores do perfil AM-11, por exemplo, que foi classificado pós-RCC como Gleissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico neofluvisólico (vide Capítulo 9), originalmente haviam inserido o sufixo “v” nos seus cinco primeiros horizontes, incluindo, portanto, os horizontes superficiais A (originalmente, Av1 e Av2; atualmente, A1 e A2; vide Capítulo 9).

Inicialmente, argumenta-se que o Manual de Descrição já mencionado (Santos et al., 2015) indica que tal sufixo deve ser utilizado apenas para os horizontes B e/ou C, com o qual

se concorda considerando-se que: a) a matéria orgânica dos horizontes superficiais atenua o comportamento mecânico de expansão e contração dos argilominerais expansivos em resposta às variações de umidade do solo, que são os responsáveis pela manifestação das características vérticas; b) essa indicação do uso do sufixo “v” apenas para os horizontes subsuperficiais converge para que se considere que o seu uso deva ser aplicado em horizontes que manifestam superfícies de fricção e/ou “formação de agregados arestados, de forma invariavelmente prismática-oblíqua, cuneiforme a paralelepipedal” (Santos et al., 2015, p. 51). Além disso, necessariamente devem apresentar “fendilhamento vertical, com fendas de pelo menos 1 cm de largura, e rachaduras na superfície do solo em algum período mais seco do ano, e, em alguns casos, a expansão do solo resulta em microrrelevo denominado de *gilgai*” (Santos et al., 2015, p. 51). Em vista do exposto, sugeriu-se durante o evento eliminar o sufixo “v” dos horizontes Av1 e Av2 do perfil AM-11, o que foi acatado pelos descritores do perfil (vide Capítulo 9).

Como exposto, ao se ler a conceituação do sufixo “v” no Manual de Descrição, interpretou-se que um horizonte B e/ou C só irá recebê-lo se apresentar superfícies de fricção e/ou tipos específicos de estruturas, incluindo a prismática-oblíqua, invariavelmente associadas a fendas verticais, que devem apresentar espessura de pelo menos 1 cm de largura em algum período mais seco do ano, podendo ou não manifestar microrrelevo *gilgai*. Nenhum dos horizontes C do perfil AM-11 atende a esses critérios: não exibem superfícies de fricção e tampouco estrutura prismática-oblíqua. No entanto, possuem fendas de espessura acima de 1 cm de largura que se estendem até 80 cm de profundidade, além do local onde ocorre tal perfil apresentar microrrelevo *gilgai*. Também nenhum de seus horizontes teve as estruturas prismáticas descritas como oblíquas, o que conotaria inclinação do eixo longitudinal dos agregados prismáticos em relação à horizontal, condição essa necessária para identificar um horizonte vértico, juntamente com a presença de fendas verticais no período seco, caso haja ausência de superfícies de fricção (Santos et al., 2018). Por outro lado, a descrição dos horizontes A e C do AM-11 satisfaz os critérios para identificar a presença de caráter vértico, pois este requer a “presença de *slikensides* (superfícies de fricção), fendas ou estruturas cuneiformes e/ou paralelepédicas em quantidade e expressão insuficientes para caracterizar o horizonte vértico” (Santos et al., 2018, p. 40).

Partindo do princípio de que o perfil AM-11 foi original e adequadamente descrito, não havendo, portanto, inclinação dos agregados prismáticos em relação à horizontal, o que se confirmou durante a observação do perfil pelos participantes da XV RCC, ele foi utilizado como exemplo a fim de se afirmar a incongruência de um sufixo designativo de um determinado horizonte não corresponder ao horizonte diagnóstico que define determinada classe de solo. É o caso, por exemplo, de um solo classificado como Vertissolo ou vertissólico não apresentar o sufixo “v” em pelo menos um de seus horizontes diagnósticos subsuperficiais. Isso ocorreu em todos os perfis que receberam a designação de vertissólico (AM-11, AM-16 e PA-13) depois de terem sido reclassificados após as discussões transcorridas entre os participantes durante a XV RCC (vide Capítulo 9).

Em vista do exposto, recomenda-se que haja uma ampla revisão tanto dos conceitos de características vérticas do Manual de Descrição como do caráter vértico do SiBCS, de tal forma

que um horizonte que manifeste o caráter vértico de um determinado perfil de solo invariavelmente receba o sufixo “v”. A sugestão é que ambos (características vérticas e caráter vértico) sejam caracterizados pela presença de dois ou mais atributos que representem a manifestação da expansão e contração dos argilominerais do solo em decorrência da variação da umidade: *slickensides* e fendas, ou estruturas prismáticas, cuneiformes ou paralelepédicas, inclinadas em relação ao eixo longitudinal dos agregados, associadas a fendas verticais em algum período mais seco do ano. Estas, por sua vez, não devem apresentar a largura mínima de 1 cm, pois a maior pujança da manifestação das características vérticas deve ficar restrita ao horizonte vértico, que define a classe dos Vertissolos.

A associação de expressivos fendilhamento e microrrelevo gilgai também é sugestiva de que eles caracterizam tanto o caráter vértico (SiBCS) como as características vérticas (Manual de Descrição). Em vista do exposto, sugere-se manter o termo vertissólico no quarto nível categórico do perfil AM-11 (Gleissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico neofluvisólico) dada a robusta manifestação de seus fendilhamento e microrrelevo gilgai, tal como originalmente descrito em campo e mantido na descrição final do perfil, embora nenhum de seus horizontes tenha recebido o sufixo “v” (vide Capítulo 9).

As considerações acima ficam corroboradas e convergiram para a sugestão de se eliminar o sufixo “v” dos horizontes Avg, CAvg e 2Abvg da descrição morfológica original do perfil AM-16, o que foi acatado pelos seus descritores (vide Capítulo 9), bem como a designação de vertissólico de sua classificação. Esta última, por sua vez, não foi acatada. Embora a presença de fendas verticais dentro da seção de controle que define a classe dos vertissólicos seja suficiente para identificar o caráter vértico no perfil, tal como descrito no SiBCS (Santos et al., 2018), interpretou-se aqui que a manifestação de suas características vérticas é muito tênue, devendo ser consideradas como insuficientes para identificar um caráter vértico. Portanto, corrobora-se a necessidade de se redefinir o caráter vértico e as características vérticas, constantes, respectivamente, no SiBCS e no Manual de Descrição. Intepretações similares são estendidas ao perfil PA-13. Sugere-se, também, eliminar o termo vertissólico de sua classificação.

O único perfil indubitavelmente descrito como Vertissolo apresenta superfícies de fricção em todos os seus horizontes, cuja quantidade é comum ou abundante nos três últimos, além de fendas verticais de largura superior a 1 cm até 50 cm de profundidade e outros atributos que satisfazem os critérios de características vérticas, conforme descrito no Manual de Descrição, bem como os de horizonte vértico do SiBCS. No entanto, não houve descrição da inclinação do eixo longitudinal das unidades estruturais, que é uma exigência do horizonte vértico para todos os tipos de unidades estruturais (cuneiformes ou paralelepédicas), caso não haja manifestação de *slikensides*. Na descrição de características vérticas, exige-se apenas a inclinação para unidades estruturais do tipo prismática (prismática-oblíqua), bastando a existência de estruturas cuneiformes e paralelepédicas, corroborando a necessidade de revisão das definições ou conceituações dos critérios que definem os Vertissolos a fim de se evitar incongruências entre a descrição morfológica e a classificação taxonômica dos perfis. Tampouco há citação de estruturas do tipo prismática na definição de horizonte vértico do

SiBCS a fim de caracterizá-lo, tal como há para as características vérticas no Manual de Descrição. Outro fato a se analisar observando-se os perfis da XV RCC: se é conveniente inserir a estrutura do tipo prismática na definição de horizonte vértico. Isso implicaria a aceitação não apenas de estruturas cuneiformes e paralelepédicas, mas também de unidades estruturais prismáticas inclinadas em relação à horizontal.

Em termos gerais, os resultados observados com a HCA e sua relação com a classificação dos solos foram eficientes em confirmar os critérios analíticos utilizados no SiBCS (Santos et al., 2018) para discriminar ou agrupar classes de solos, já que a maioria dos agrupamentos naturais deste trabalho apresentou boa relação entre classes de solos taxonomicamente próximas entre si. Gleissolos, Cambissolos Flúvicos e Vertissolos, por exemplo, cuja grande maioria de seus horizontes foi reunida nos agrupamentos 5 e 6, são classes que podem exibir atributos químicos e físicos diagnósticos semelhantes, diferindo predominantemente, ou de modo exclusivo, quanto aos morfológicos.

Embora os critérios taxonômicos do SiBCS (Santos et al., 2018) considerem atributos morfológicos e, na maioria das vezes, atributos físicos, químicos e morfológicos dos horizontes superficiais e transicionais, os quais não foram avaliados na HCA, nesse e em trabalhos semelhantes, a técnica mostrou potencial para ser utilizada com o propósito de dirimir dúvidas sobre a classificação dos solos, ou talvez para, a partir da observação entre similaridades/dissimilaridades obtidas na HCA, propor ou redefinir critérios diagnósticos para o melhor enquadramento taxonômico de classes semelhantes em diferentes níveis categóricos (Coelho et al., 2020, 2023).

Como salientado anteriormente, as classes dos Vertissolos e Gleissolos podem manifestar atributos químicos e físicos semelhantes, diferindo quanto aos morfológicos. Os resultados da HCA, reunindo ou não, em um único agrupamento, os horizontes do Vertissolo (PA14-VGo) e dos Gleissolos vertissólicos (AM11-GXve, AM16-GXve e PA13-GXve), ensejaram revisitar as definições de características vérticas do Manual de Descrição (Santos et al., 2015), bem como do caráter e do horizonte vértico do SiBCS (Santos et al., 2018), identificando-se incongruências, as quais podem acarretar (a) a designação inadequada dos sufixos de determinados horizontes, não alcançando o objetivo a que se propõe, que é indicar a pedogênese (Santos et al., 2015); (b) a inadequação da relação entre os sufixos que designam determinados horizontes diagnósticos de subsuperfície e a classificação do solo que os contém e (c) a possibilidade de divergência de classificação de determinado perfil de solo entre pedólogos, até mesmo em nível de ordem taxonômica. A partir dessas constatações, fez-se sugestões para saná-las.

3.1.2. Análise de componentes principais (PCA)

O primeiro, o segundo e o terceiro componentes principais (CPs) foram responsáveis, respectivamente, por 45,92%, 18,83% e 15,79% do total da variação observada, que, somados, representam 80,54% da variação global referente aos 11 atributos químicos e físicos analisados dos solos da XV RCC (Tabela 10.2).

Tabela 10.2. Autovalor, variância e correlações entre as 11 variáveis dos horizontes selecionados de 17 perfis de solo da XV RCC (estados do Amazonas e Pará) e os seus respectivos componentes principais (CP1, CP2 e CP3).

	CP1	CP2	CP3
Autovalor	5,05	2,07	1,74
% da variância explicada	45,92	18,83	15,79
% da variância cumulativa	45,92	64,75	80,54
Variáveis	Fator peso		
	CP1	CP2	CP3
Areia total	-0,20	-0,27	-0,51
Silte	0,40	0,10	-0,03
Argila	-0,22	0,18	0,57
Silte/argila	0,29	-0,22	-0,36
Sódio	0,24	0,06	0,32
Soma de bases (SB)	0,41	0,06	0,14
Alumínio extraível (Al ³⁺)	-0,16	0,45	-0,16
Capacidade de troca de cátions (CTC)	0,24	0,54	-0,17
Saturação por bases (V%)	0,43	-0,11	0,05
Saturação por alumínio (m%)	-0,41	0,06	0,01
Carbono orgânico (CO)	-0,03	0,56	-0,30

Variáveis com peso igual ou maior que |0,30| são mostradas em negrito.

Os maiores pesos ($\geq |0,30|$) nos componentes foram registrados para os seguintes atributos (variáveis): silte, soma de bases, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), no primeiro componente; alumínio extraível (Al³⁺), capacidade de troca de cátions (CTC) e carbono orgânico (CO), no segundo componente; areia total, argila, relação silte/argila, sódio e carbono orgânico (CO), no terceiro componente. Assim, o CP1 e o CP3 representam uma mescla de variáveis físicas e químicas responsáveis pela diferenciação entre grupos, enquanto no CP2 as variáveis químicas preponderaram na sua diferenciação.

Os escores (horizontes) e pesos (variáveis/atributos do solo) da PCA são apresentados nas Figuras 10.3A e B, considerando-se as mesmas 11 variáveis utilizadas na HCA e apenas os dois primeiros componentes, os quais, somados, perfazem 64,75% da variação global (Tabela 10.2). Observa-se que é possível delimitar cinco grupos e oito subgrupos, que são enumerados e separados por uma elipse. São as seguintes as relações entre os grupos, subgrupos e as classes de solos estudadas (Figura 10.3A):

- os horizontes associados ao grupo 1 ocupam exclusivamente o quadrante superior esquerdo do gráfico. O grupo reúne os três horizontes mais subsuperficiais, entre os quatro estudados por PCA, do único Plintossolo (perfil MA08-FTa) analisado na XV RCC;
- o grupo 2, por sua vez, localizado predominantemente no quadrante inferior esquerdo, reúne todos os solos de baixa saturação por bases. Com exceção do Gleissolo Ta Distrófico referente ao perfil AM12-GXvd, os demais não são sujeitos ao hidromorfismo permanente ou temporário. Uma avaliação mais criteriosa da distância

entre os horizontes nesse grupo permite separá-lo em quatro subgrupamentos, identificados na Figura 10.3A como 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4. O subgrupo 1 (2.1; Figura 10.3A) reúne todos os horizontes estudados por PCA dos Latossolos Amarelos Distróficos analisados, enquanto o subgrupo 2 (2.2; Figura 10.3), todos os horizontes do Espodossolo (AM09-EKu) estudado juntamente com o único horizonte analisado por PCA do Neossolo Quartzarênico referente ao perfil PA06-RQo. Todos os horizontes do único solo mal drenado desse grupo, o Gleissolo referente ao perfil AM12-GXvd, ficaram individualizados no subgrupo 2.3, ao passo que o subgrupo 2.4 englobou os dois únicos horizontes estudados por PCA do Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico (AM01-PAd);

- c) o grupo 3 tem seus horizontes estudados por PCA situados nos quadrantes superior e inferior direitos da Figura 10.3A, próximos ao eixo da CP2. O grupo reúne a grande maioria dos horizontes minerais dos solos situados nas planícies de inundação estudadas, excetuando todos os horizontes do Plintossolo (AM08-FTa; grupo 1) e do Gleissolo Distrófico (AM12-GXvd), que formaram, respectivamente, o grupo 1 e o subgrupo 2.3 supramencionados. Os Gleissolos (AM-05, AM-06, AM-11, AM-15, AM-16 e PA-13), o Vertissolo (PA-14) e o Cambissolo Flúvico (AM-07) estão nesse grupo. Uma avaliação mais detalhada da distância entre os horizontes nesse grupo permite separar cinco subgrupamentos, identificados na Figura 10.3A como 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5. O primeiro (subgrupo 3.1; Figura 10.3A) reúne, excetuando o último horizonte (7Cg5) do Gleissolo referente ao perfil AM06-GXve, os demais horizontes dos solos mais bem drenados em superfície do grupo 3, situados em diques aluviais (AM06-GXve, AM07-CYve e AM15-GXve) ou em barra de acreção (AM11-GXve), quais sejam: Gleissolos (AM-06, AM-11 e AM-15) e Cambissolo Flúvico (AM-07). Nos subgrupos 3.3, 3.4 e 3.5 estão distribuídos os horizontes dos perfis classificados como solódicos no quarto nível categórico (AM-16, PA-13 e PA-14), bem como os dois horizontes mais profundos (4Cg3 e 4Cg4) do Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neofluvissólico referente ao perfil AM05-GXve, os quais estão distribuídos nos subgrupos 3.4 e 3.5. O horizonte mais profundo do Gleissolo referente ao perfil AM06-GXve juntamente com um horizonte solódico (2Cgn1) do perfil AM16-GXve formaram o subgrupo 3.2;
- d) o grupo 4 é formado pelos dois horizontes mais superficiais (3Cg1 e 3Cg2) do perfil AM05-GXve;
- e) finalmente, o grupo 5 reúne os dois horizontes, entre os três estudados, do único Organossolo (PA17-OXy) da XV RCC;
- f) em número de três foram os horizontes (AM08-Btg1, AM15-2C e PA17-Hd3) que não foram agrupados, fato esperado dada a grande variabilidade espacial dos atributos do solo, comuns em solos de planícies sujeitas à inundação temporária.

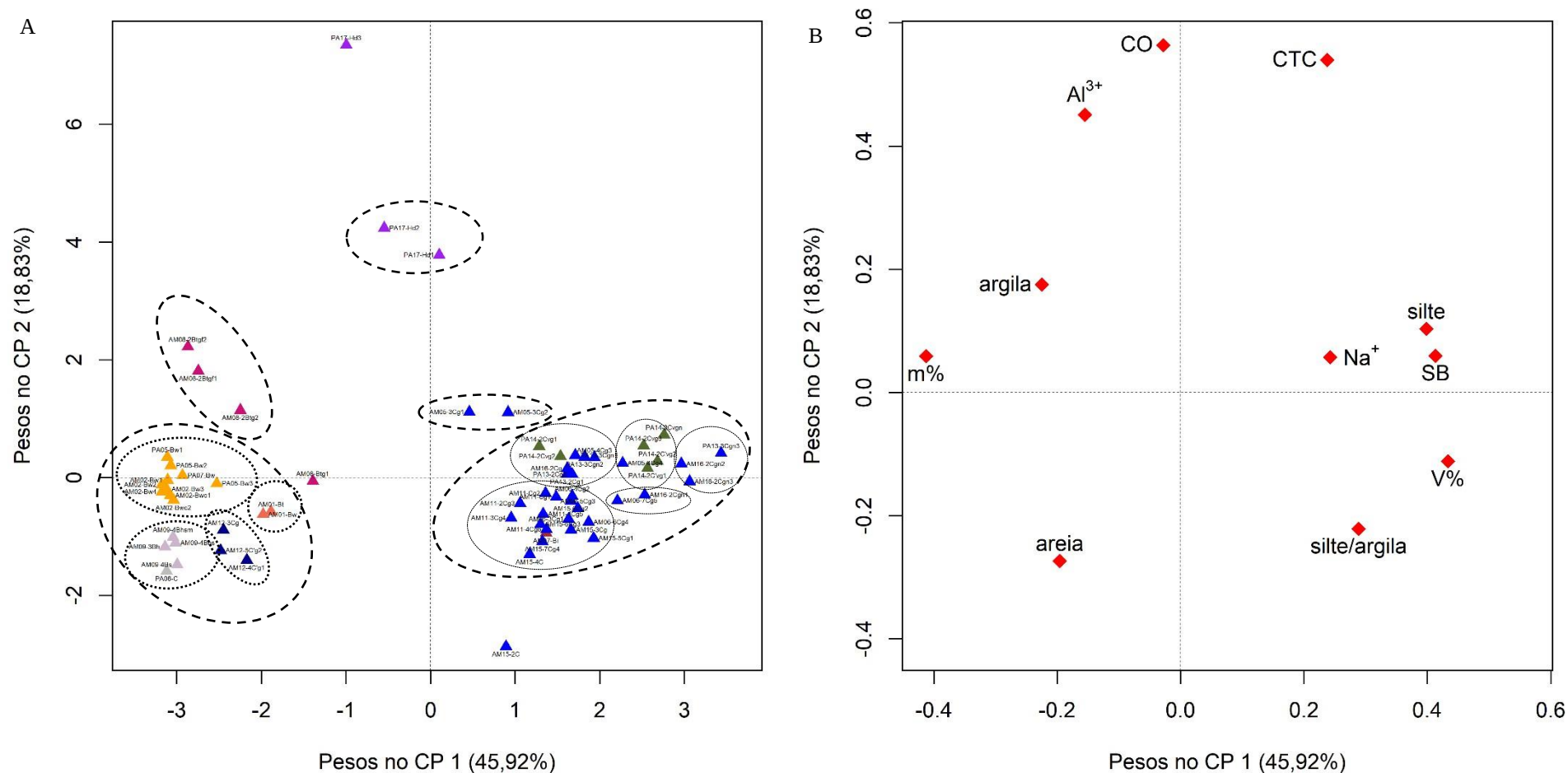


Figura 10.3. Gráficos de escores entre os componentes principais CP1 e CP2 mostrando a formação de agrupamentos entre os horizontes analisados (A) e de pesos com as 11 variáveis de solo que influenciaram na formação dos referidos agrupamentos (B). Os símbolos do gráfico (A) representam o número de identificação dos perfis seguidos pelos seus respectivos horizontes estudados; triângulos de cores semelhantes identificam horizontes do mesmo perfil; os símbolos do gráfico (B) representam: m% - saturação por alumínio; V% - saturação por bases; Al³⁺ - alumínio extraível; CTC - capacidade de troca de cátions; SB - soma de bases e CO – carbono orgânico. As elipses no gráfico (a) delimitam os grupos (1 a 5; linhas tracejadas) e subgrupos (linhas pontilhadas) dos grupos 2 (subgrupos 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4) e 3 (subgrupos 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5).

A identificação de quais atributos dos solos variaram em importância na definição dos grupos e subgrupos supracitados, bem como dos componentes principais, é mais bem visualizada na Figura 10.3B (mapa perceptual bidimensional) em relação à Tabela 10.2. Entre as variáveis químicas analisadas, a saturação por alumínio (m%) e o teor de argila foram os principais responsáveis pela individualização do grupo 1, que engloba os três horizontes mais profundos do único Plintossolo estudado (AM08-FTa). Alumínio extraível (Al^{3+}) também contribuiu para a formação desse grupo. Por sua vez, a configuração do grupo 2 (Figuras 10.3A e B) foi predominantemente influenciada pelas variáveis m% e areia.

Os fatos acima são corroborados ao se observar a Tabela 10.2. Esta mostra que o maior valor negativo do fator peso é registrado para m% no CP1, que responde por 45,92 da variação encontrada entre os atributos estudados, havendo desprezíveis valores dessa variável (0,06 e 0,01) nos demais CPs. Situação similar ocorre para Al^{3+} . No entanto, este apresenta elevado fator peso positivo (0,45) para o CP2 e valores bem inferiores e iguais (-0,16) nas demais CPs. Assim, todos os horizontes situados no quadrante superior esquerdo da Figura 10.3A têm sua localização fortemente influenciada por essas duas variáveis, sobretudo aqueles dispostos no eixo da CP2, tal como ocorre para os horizontes do Plintossolo (AM-08) do grupo 1. A influência das variáveis areia e argila são mais difíceis de se visualizar nas Figuras 10.3A e B devido aos seus maiores fatores peso encontrarem-se na CP3 (Tabela 10.2), que não é nela representada. No entanto, os maiores valores (em módulo) da soma dos fatores peso das três CPs avaliadas, que respondem por 80,54% das variações observadas (Tabela 10.2), são verificados para essas duas variáveis (0,71 e 0,79, respectivamente, para areia e argila), evidenciando a forte influência dessas variáveis na localização dos grupos 1 e 2 da Figura 10.3A.

Os atributos que definiram o grupo 1 e, especialmente, o subgrupo 2.1, bem como aqueles mostrados na Tabela 10.3, condizem com a descrição de muitos Latossolos e Plintossolos da bacia do Médio Rio Amazonas, originários das Formações Alter do Chão e Iça, respectivamente (Lima, 2001): baixa fertilidade natural, que pode ser evidenciada pelos valores também baixos de pH, SB, V% e CTC (Tabela 10.3). Lima (2001), estudando esses solos no Médio Amazonas, verificou que os seus teores de Al^{3+} são elevados, especialmente nos Plintossolos, no qual pode alcançar o valor de $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, resultando, segundo o autor, em baixos valores de SB e V% superior a 90%. Similarmente, este último atributo variou de 94% a 98% nos horizontes subsuperficiais no Plintossolo estudado (Tabela 10.3). No entanto, diferentemente do relatado por Lima (2001), o Al^{3+} aumentou expressivamente em profundidade, variando de $1,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte superficial (A) a $21,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no último horizonte (C'g2) do perfil AM-08 (Tabela 10.3). Essa variação coincide com o aumento e a diminuição substanciais dos teores de argila e silte em profundidade, respectivamente, variando de 160 g kg^{-1} a 789 g kg^{-1} para argila e de 624 g kg^{-1} a 163 g kg^{-1} para silte à medida que se aprofunda no perfil (vide Capítulo 9).

Tabela 10.3. Resultados selecionados das análises químicas de rotina para os 17 perfis estudados da XV RCC, estados do Amazonas e Pará.

Perfil	Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾		pH		Complexo sortivo ⁽³⁾								V% ⁽⁴⁾	m% ⁽⁵⁾	CO ⁽⁶⁾	Ataque sulfúrico				Relação	
		In.	Fin.	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca+Mg	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺				CTC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki
Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico, textura média/argilosa/muito argilosa, epieutrófico, caulínítico, Tmb, mesoférico, fase floresta equatorial perenifólia, relevo plano																						
AM-01	Au1	0	8	5,2	4,8	6,6	1,5	-	0,07	0,03	8,2	0,1	7,5	15,8	52	1	21,7	111	72	47	8,3	2,62
AM-01	Au2	8	18	5,1	4,6	5,3	0,7	-	0,03	0,02	6,0	0,1	7,7	13,8	43	2	16,5	110	83	49	9,6	2,25
AM-01	Au3	18	37	5,1	4,5	3,8	0,9	-	0,03	0,02	4,7	0,2	8,6	13,5	35	4	13,1	128	103	56	11,3	2,11
AM-01	Au4	37	54	5,0	4,3	3,6	0,6	-	0,02	0,02	4,2	0,3	9,0	13,5	31	7	12,7	170	123	74	9,9	2,35
AM-01	Au5	54	73	5,1	4,4	3,6	0,6	-	0,02	0,02	4,2	0,2	8,9	13,3	32	5	11,0	178	128	75	10,4	2,36
AM-01	ABu	73	95	5,0	4,3	2,7	0,6	-	0,02	0,02	3,3	0,3	8,2	11,8	28	8	8,7	160	153	79	12,4	1,78
AM-01	BAu1	37	78	4,9	4,4	1,9	0,4	-	0,01	0,01	2,3	0,2	4,7	7,2	32	8	4,7	162	157	97	13,4	1,75
AM-01	BAu2	78	119	4,9	4,6	1,4	0,4	-	0,01	0,01	1,8	0,1	4,0	5,9	31	5	2,1	220	188	95	13,2	1,99
AM-01	Bt	119	153	4,9	4,5	1,3	0,4	-	0,01	0,01	1,7	0,1	3,8	5,6	30	6	1,4	237	189	99	14,1	2,13
AM-01	Bw	153	200	4,9	4,5	0,9	0,3	-	0,01	0,01	1,2	0,1	3,3	4,6	26	8	1,1	238	187	95	13,8	2,16
Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico, textura muito argilosa, A moderado, endoconcrecionário, álico, caulínítico, Tmb, hipoférico, fase floresta equatorial perenifólia, relevo plano																						
AM-02	A	0	7	4,6	4,0	1,1	1,0	-	0,07	0,01	2,2	1,1	8,5	11,8	19	33	17,8	261	168	32	12,8	2,64
AM-02	BA1	7	15	4,5	4,2	0,2	0,4	-	0,03	0,01	0,6	0,7	3,5	4,8	12	54	8,4	230	172	31	12,8	2,27
AM-02	BA2	15	26	4,5	4,1	0	0,2	-	0,03	0,01	0,2	0,8	2,7	3,7	5	80	6,0	202	173	33	12,7	1,98
AM-02	Bw1	26	42	4,5	4,1	0	0,1	-	0,02	0,01	0,1	0,8	2,0	2,9	3	89	4,1	249	190	33	13,4	2,23
AM-02	Bw2	42	80	4,6	4,2	0	0,1	-	0,01	0,01	0,1	0,7	1,8	2,6	4	87	2,9	243	189	25	13,1	2,19
AM-02	Bw3	80	108	4,7	4,2	0	0,1	-	0,01	0,01	0,1	0,6	1,5	2,2	5	86	2,3	249	189	23	13,5	2,24
AM-02	Bw4	108	163	4,8	4,4	0	0,1	-	0,01	0,01	0,1	0,5	1,2	1,8	6	83	1,7	246	189	24	12,5	2,21
AM-02	Bwc1	163	177	4,9	4,4	0	0,1	-	0,01	0,01	0,1	0,4	1,3	1,8	6	80	1,4	232	190	28	12,4	2,08
AM-02	Bwc2	177	200	5,0	4,4	0	0,1	-	0,01	0,01	0,1	0,4	0,6	1,1	9	80	1,0	249	191	30	11,6	2,22
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvisólico, textura siltosa, A moderado, Tma, fase floresta equatorial hidrófila de várzea, relevo plano																						
AM-05	Ag	0	5	4,5	3,7	8,1	3,0	-	0,27	0,16	11,5	2,7	7,8	22,0	52	19	15,7	196	112	59	5,6	2,98
AM-05	2CAg	5	17	4,5	3,6	6,6	3,3	-	0,24	0,17	10,3	3,2	7,9	21,4	48	24	14,5	197	118	58	5,6	2,84
AM-05	3Cg1	17	42	4,7	3,6	4,9	3,1	-	0,22	0,13	8,3	4,3	5,4	18,0	46	34	7,9	201	120	50	5,9	2,85
AM-05	3Cg2	42	73	4,8	3,6	7,0	6,6	-	0,26	0,14	14,0	2,8	4,8	21,6	65	17	7,4	236	149	46	5,3	2,69
AM-05	4Cg3	73	105	5,1	3,9	11,1	6,9	-	0,26	0,17	18,4	0,7	3,5	22,6	81	4	2,1	197	139	68	5,8	2,41
AM-05	4Cg4	105	156	5,5	4,4	12,3	7,8	-	0,27	0,19	20,6	0,2	2,7	23,5	88	1	2,1	245	147	67	7,0	2,83
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico gleissólico, textura média e siltosa, A moderado, Tma, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano																						
AM-06	Ap	0	5	5,1	4,4	9,2	2,9	-	0,51	0,14	12,7	0,2	4,2	17,1	74	2	9,0	159	93	52	6,2	2,91
AM-06	2ACg	5	17	4,9	4,0	7,8	3,1	-	0,24	0,13	11,3	1,0	4,1	16,4	69	8	5,3	265	103	55	5,3	4,37
AM-06	3Cg1	17	42	5,3	4,3	8,8	2,9	-	0,21	0,13	12,0	0,2	3,2	15,4	78	2	3,2	185	107	56	6,4	2,94
AM-06	4Cg2	42	73	5,4	4,2	9,7	3,5	-	0,22	0,18	13,6	0,2	3,0	16,8	81	1	2,9	195	110	54	5,9	3,01
AM-06	5Cg3	73	105	5,8	4,5	10,2	3,9	-	0,21	0,18	14,5	0,1	2,1	16,7	87	1	1,7	151	104	65	5,2	2,47
AM-06	6Cg4	105	156	6,0	4,6	9,6	4,4	-	0,18	0,16	14,3	0,1	2,0	16,4	87	1	0,7	168	102	55	5,0	2,80
AM-06	7Cg5	156	192	6,0	4,6	10,1	5,7	-	0,24	0,16	16,2	0,1	2,0	18,3	89	1	1,2	223	122	59	6,3	3,11

Continua...

Tabela 10.3. Continuação.

Perfil	Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾		pH		Complexo sortivo ⁽³⁾								V% ⁽⁴⁾	m% ⁽⁵⁾	CO ⁽⁶⁾	Ataque sulfúrico				Relação molecular	
		In.	Fin.	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca+Mg	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺				CTC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		TiO ₂
		----- cm -----		----- cmol _c kg ⁻¹ -----								----- % -----				----- g kg ⁻¹ -----						
Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura média/siltosa, A moderado, Tma, hipoférrico, fase floresta tropical higrófila de várzea, relevo plano																						
AM-07	A1	0	4	5,2	4,3	10,0	2,6	-	0,18	0,17	12,9	0,2	4,0	17,1	75	2	6,2	165	94	55	5,9	2,98
AM-07	A2	4	15	5,4	4,7	10,5	2,2	-	0,35	0,13	13,2	0,1	3,6	16,9	78	1	7,6	160	91	54	5,7	2,99
AM-07	BA	15	35	5,2	4,2	9,8	2,9	-	0,19	0,19	13,1	0,3	3,6	17,0	77	2	4,3	170	96	56	6,0	3,01
AM-07	Bi	35	87	5,7	4,6	9,8	3,0	-	0,20	0,16	13,2	0,1	2,8	16,1	82	1	3,2	161	89	55	5,2	3,08
AM-07	2C	87	126	5,8	4,6	10,1	4,0	-	0,17	0,36	14,6	0,1	2,5	17,2	85	1	3,1	179	97	55	5,1	3,14
AM-07	2Cg	126	200	6,6	5,2	11,2	5,4	-	0,20	0,51	17,3	0	1,3	18,6	93	0	2,2	181	109	55	6,1	2,82
Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico, textura média/argilosa/muito argilosa, A moderado, epiálico, Ta, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano																						
AM-08	A	0	6	4,2	3,8	0,4	0,2	0,6	0,08	0,05	0,7	1,8	4,7	7,2	10	72	13,7	68	38	14	5,2	3,04
AM-08	Btg1	6	30	4,1	3,8	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02	0,2	3,1	2,2	5,5	4	94	3,4	82	62	20	5,9	2,25
AM-08	2Btg2	30	49	4,2	3,8	0,1	0,1	0,2	0,03	0,03	0,3	5,4	3,1	8,8	3	95	2,9	154	112	37	8,7	2,34
AM-08	2Btgf1	49	67	4,5	3,9	0	0,2	0,2	0,05	0,05	0,3	7,3	3,7	11,3	3	96	3,1	200	152	95	8,3	2,24
AM-08	2Btgf2	67	101	4,6	3,9	0	0,1	0,1	0,07	0,05	0,2	8,6	4,6	13,4	1	98	1,5	223	160	86	7,2	2,37
AM-08	2Cg1	101	151	4,5	3,8	0	0,2	0,2	0,12	0,04	0,4	10,2	3,9	14,5	3	96	1,2	223	172	70	7,5	2,20
AM-08	3Cg2	151	175	4,4	3,6	0	0,8	0,8	0,28	0,06	1,1	21,9	5,5	28,5	4	95	1,2	274	205	72	9,1	2,27
Espodossolo Humilúvico Hiperespesso típico, textura muito arenosa/arenosa-média/média-arenosa, A fraco, endodúrico, fase campinarana equatorial arbórea, relevo plano																						
AM-09	A1	0	8	4,1	3,1	-	-	0,1	0,04	0,04	0,2	0,5	1,8	2,5	8	71	4,7	16	2	2	0,5	13,60
AM-09	A2	8	23	4,6	3,4	-	-	0,1	0	0,03	0,1	0,3	0,7	1,1	9	75	3,1	10	1	1	0,4	17,00
AM-09	AE	23	50	4,5	3,3	-	-	0,1	0	0,05	0,1	0,3	1,8	2,2	5	75	3,8	10	1	1	0,4	17,00
AM-09	E1	57	130	5,4	4,2	-	-	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	100	0	0,2	9	1	1	0,3	15,30
AM-09	E2	130	250	5,8	5,0	-	-	0,1	0,03	0	0,1	0	0	0,1	100	0	0,3	13	0	1	0,3	-
AM-09	2E3	250	321	5,8	4,9	-	-	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	100	0	0,2	16	0	1	0,4	-
AM-09	3Bh	321	326	4,7	3,8	-	-	0,1	0	0,05	0,1	1,1	4,8	6,0	2	92	5,5	27	22	5	1,2	2,09
AM-09	4Bhsm	326	366	5,0	4,4	-	-	0	0,03	0,04	0,1	0,7	7,3	8,1	1	87	9,0	28	38	3	0,8	1,25
AM-09	4Bhs	366	380	5,0	4,4	-	-	0	0,03	0,04	0,1	0,5	7,2	7,8	1	83	9,9	26	38	3	0,7	1,16
AM-09	4Bs	380	396	5,0	4,6	-	-	0	0,03	0,04	0,1	0,3	3,7	4,1	2	75	3,9	35	30	2	1,4	1,98
AM-09	5C	396	410	5,1	4,6	-	-	0	0,03	0,04	0,1	0,3	2,5	2,9	3	75	2,8	83	91	1	2,2	1,55
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico neofluvisólico, textura siltosa-média/média-siltosa, A moderado, Tma, fase campo equatorial hidrófilo de várzea, relevo plano																						
AM-11	A1	0	5	5,2	4,7	10,0	3,1	-	0,18	0,11	13,4	0,1	4,1	17,6	76	1	8,0	170	103	60	5,4	2,81
AM-11	A2	5	17	5,1	4,4	9,7	2,8	-	0,19	0,09	12,8	0,3	4,1	17,2	74	2	7,2	184	115	61	5,4	2,72
AM-11	Cg1	17	41	5,1	4,3	9,2	3,0	-	0,16	0,09	12,4	0,3	4,1	16,8	74	2	6,5	174	109	60	6,2	2,71
AM-11	Cg2	41	61	4,7	4,1	8,6	2,9	-	0,15	0,08	11,7	0,6	4,9	17,2	68	5	7,2	144	104	62	4,7	2,35
AM-11	2Cg3	61	70	4,8	4,2	7,1	3,2	-	0,13	0,07	10,5	0,5	5,0	16,0	66	5	5,3	168	104	58	6,0	2,75
AM-11	3Cg4	70	86	4,7	4,1	6,8	1,8	-	0,12	0,07	8,8	0,8	4,1	13,7	64	8	5,2	150	86	52	5,1	2,97
AM-11	4Cg5	86	115	5,2	4,5	7,1	3,2	-	0,12	0,07	10,5	0,2	4,2	14,9	70	2	6,5	138	97	59	4,4	2,42
AM-11	4Cg6	115	160	5,6	5,0	7,6	2,9	-	0,11	0,07	10,7	0,1	2,5	13,3	80	1	5,8	135	84	52	6,2	2,73

Continua...

Tabela 10.3. Continuação.

Perfil	Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾		pH		Complexo sortivo ⁽³⁾								V% ⁽⁴⁾	m% ⁽⁵⁾	CO ⁽⁶⁾	Ataque sulfúrico				Relação molecular		
		In.	Fin.	H2O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca+Mg	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺				CTC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		TiO ₂	Ki
		----- cm -----	----- cmol. kg ⁻¹ -----								----- % -----		----- g kg ⁻¹ -----										
Gleissolo Háplico Ta Distrófico neofluvisólico, textura média, A moderado, álico, epialumínico, Tmoa, fase floresta equatorial hidrófila de várzea, relevo plano																							
AM-12	Apg1	0	5	4,5	3,8	1,6	0,9	2,5	0,19	0,99	3,7	4,0	10,4	18,1	20	52	22,4	188	103	32	4,8	3,10	
AM-12	2Apg2	5	11	4,4	3,8	0,6	0,9	1,5	0,08	0,34	1,9	3,5	5,6	11,0	17	65	9,8	124	75	18	4,2	2,81	
AM-12	3Cg	11	38	4,8	4,1	0,1	0,1	0,2	0,04	0,13	0,4	1,8	2,3	4,5	9	82	3,1	68	47	6	3,9	2,46	
AM-12	4Abg	38	63	5,2	4,3	0,1	0,2	0,3	0,03	0,11	0,4	1,2	1,6	3,2	12	75	1,9	60	45	4	4,3	2,27	
AM-12	4C'g1	63	99	5,4	4,4	0,1	0,1	0,2	0,03	0,09	0,3	1,0	1,3	2,6	12	77	0,6	67	52	4	5,0	2,19	
AM-12	5C'g2	99	150	5,1	4,4	0	0,2	0,2	0,04	0,11	0,3	1,1	1,2	2,6	12	79	0,4	70	55	6	5,1	2,16	
Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neofluvisólico, textura média/arenosa/siltosa, A fraco, Tma, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano																							
AM-15	Ag	0	4	5,5	4,9	4,6	1,9	-	0,52	0,07	7,1	0	2,6	9,7	73	0	5,2	92	53	36	4,5	2,95	
AM-15	2C	4	11	5,9	5,0	3,3	1,1	-	0,15	0,06	4,6	0	1,0	5,6	82	0	1,1	77	44	32	4,6	2,98	
AM-15	3Cg	11	15	5,2	4,6	7,9	2,8	-	0,28	0,11	11,1	0,1	3,5	14,7	76	1	6,6	156	94	51	5,0	2,82	
AM-15	4C	15	19	5,3	4,6	4,1	1,5	-	0,20	0,08	5,9	0,1	2,2	8,2	72	2	2,1	88	49	39	4,9	3,05	
AM-15	5Abg	19	23	4,8	4,2	9,8	3,6	-	0,28	0,15	13,8	0,4	7,1	21,3	65	3	13,1	179	103	54	5,0	2,95	
AM-15	5Cg1	23	41	5,9	5,0	7,4	3,2	-	0,18	0,12	10,9	0	2,0	12,9	84	0	3,5	178	97	53	4,8	3,12	
AM-15	6Cg2	41	60	5,1	4,3	7,6	3,1	-	0,25	0,15	11,1	0,2	3,5	14,8	75	2	4,9	180	108	54	5,1	2,83	
AM-15	6Cg3	60	108	5,4	4,5	6,5	2,6	-	0,17	0,12	9,4	0,1	2,3	11,8	80	1	3,6	131	83	48	3,8	2,68	
AM-15	7Cg4	108	145	5,5	4,5	6,5	3,0	-	0,16	0,12	9,8	0,1	2,3	12,2	80	1	1,7	143	89	48	4,5	2,73	
Gleissolo Háplico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa, A moderado, mesoendossolódico, Tma, fase campo tropical hidrófilo de várzea, relevo plano																							
AM-16	Ag	0	4	4,4	3,6	6,2	3,1	-	0,23	0,22	9,7	2,6	6,8	19,1	51	21	12,3	158	119	55	4,9	2,26	
AM-16	CAG	4	14	4,5	3,6	6,4	3,1	-	0,25	0,21	10,0	2,6	6,3	18,9	53	21	11,8	198	126	56	4,8	2,67	
AM-16	2Abg	14	27	4,7	3,5	7,7	5,7	-	0,19	0,51	14,1	2,2	9,2	25,5	55	13	12,3	178	141	46	4,8	2,15	
AM-16	2Cg	27	51	5,5	3,9	7,4	5,8	-	0,13	0,74	14,1	0,5	3,1	17,7	80	3	3,1	172	120	62	4,7	2,44	
AM-16	2Cgn1	51	76	7,3	5,1	8,2	7,1	-	0,08	1,40	16,8	0	1,0	17,8	94	0	1,3	169	113	58	4,9	2,54	
AM-16	2Cgn2	76	119	7,9	5,6	9,7	9,5	-	0,09	2,04	21,3	0	0,8	22,1	96	0	1,1	173	143	53	4,9	2,06	
AM-16	2Cgn3	119	155	8,2	5,8	9,6	8,6	-	0,09	1,83	20,1	0	0,5	20,6	98	0	1,6	179	130	59	5,0	2,34	
Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, álico, epidistrófico, caulinitico, Tmb, mesoférrico, fase floresta equatorial perenífólia, relevo plano																							
PA-05	A1	0	8	4,2	3,6	1,1	0,5	-	0,09	0,06	1,7	1,4	10,1	13,2	13	45	23,5	131	191	75	8,9	1,17	
PA-05	A2	8	27	4,4	3,7	0,1	0,2	-	0,05	0,05	0,4	1,6	5,4	7,4	5	80	11,8	194	189	75	11,5	1,74	
PA-05	BA	27	47	4,3	3,8	0	0,2	-	0,03	0,05	0,3	1,3	3,4	5,0	6	81	6,0	230	188	83	12,9	2,08	
PA-05	Bw1	47	72	4,4	3,9	0	0,2	-	0,03	0,05	0,3	1,2	2,9	4,4	7	80	5,0	251	191	81	13,2	2,23	
PA-05	Bw2	72	130	4,5	4,0	0	0,1	-	0	0,05	0,1	1,1	2,5	3,7	3	92	2,5	246	190	84	14,4	2,20	
PA-05	Bw3	130	190	4,7	4,2	0,1	0,2	-	0	0,04	0,3	0,6	2,0	2,9	10	67	1,9	242	192	83	11,9	2,14	
Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico húmico, textura arenosa-média, álico, fase cerrado equatorial subcaducifólio, relevo plano																							
PA-06	A1	0	6	4,5	3,7	-	-	0,1	0,06	0,06	0,2	2,3	11,9	14,4	1	92	21,0	26	25	7	1,4	1,77	
PA-06	A2	6	22	5,2	4,0	-	-	0,1	0,04	0,05	0,2	1,4	8,1	9,7	2	87	16,9	31	26	7	1,5	2,03	
PA-06	A3	22	52	5,2	4,2	-	-	0,1	0	0,04	0,1	1,0	6,0	7,1	1	91	13,5	32	28	8	1,9	1,94	
PA-06	A4	52	89	5,1	4,2	-	-	0,1	0	0	0,1	0,9	3,7	4,7	2	90	8,0	29	21	12	1,9	2,35	
PA-06	A5	89	125	5,2	4,3	-	-	0,1	0	0	0,1	0,7	3,6	4,4	2	87	5,4	28	20	13	1,7	2,38	
PA-06	AC	125	169	5,1	4,3	-	-	0,1	0	0	0,1	0,6	2,7	3,4	3	86	2,9	31	27	8	1,9	1,95	
PA-06	C	169	205	5,0	4,3	-	-	0,1	0	0	0,1	0,5	1,5	2,1	5	83	1,5	39	25	8	2,3	2,65	

Continua...

Tabela 10.3. Continuação.

Perfil	Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾		pH		Complexo sortivo ⁽³⁾								V% ⁽⁴⁾	m% ⁽⁵⁾	CO ⁽⁶⁾	Ataque sulfúrico				Relação molecular		
		In.	Fin.	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca+Mg	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺				CTC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		TiO ₂	Ki
		cm		cmol. kg ⁻¹								%					g kg ⁻¹						
Latossolo Amarelo Distrófico húmico, textura muito argilosa, álico, epidistrófico, caulínítico, Tmb, hipoférrico, fase floresta equatorial perenifólia, relevo plano																							
PA-07	A1	0	15	4,6	3,9	2,0	0,7	-	0,10	0,06	2,9	2,1	19,9	24,9	12	42	33,6	235	191	48	9,9	2,09	
PA-07	A2	15	27	4,7	4,0	0,2	0,2	-	0,04	0,05	0,5	1,6	15,5	17,6	3	76	28,5	196	197	55	10,1	1,69	
PA-07	A3	27	40	4,6	4,0	0,1	0,1	-	0,04	0,05	0,3	2,4	12,9	15,6	2	89	24,2	196	193	54	10,2	1,73	
PA-07	A4	40	58	4,6	4,0	0	0,1	-	0,03	0	0,1	2,0	9,3	11,4	1	95	16,4	231	191	61	11,4	2,06	
PA-07	A5	58	78	4,5	4,0	0	0,1	-	0	0	0,1	1,8	7,4	9,3	1	95	13,1	191	190	55	14,9	1,71	
PA-07	AB	78	97	4,6	4,0	0	0,1	-	0	0	0,1	1,3	5,1	6,5	2	93	7,7	241	189	55	13,3	2,17	
PA-07	BA	97	137	4,6	4,1	0	0,1	-	0	0	0,1	1,0	4,1	5,2	2	91	5,4	279	189	56	13,4	2,51	
PA-07	Bw	137	200	4,7	4,3	0	0,1	-	0	0	0,1	0,6	2,8	3,5	3	86	3,5	225	190	59	12,6	2,01	
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa/siltosa, A moderado, endossódico, Tma, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano																							
PA-13	Apg	0	5	4,6	3,9	7,1	3,7	-	0,38	0,27	11,4	3,5	8,8	23,7	48	23	20,7	242	143	54	5,3	2,88	
PA-13	2CAg	5	15	4,6	3,9	5,9	3,8	-	0,16	0,24	10,1	3,1	4,6	17,8	57	23	7,2	205	130	55	7,8	2,68	
PA-13	2Cg1	15	32	5,2	4,1	7,9	3,9	-	0,14	0,41	12,3	0,9	3,3	16,5	75	7	4,3	208	127	56	5,7	2,78	
PA-13	2Cg2	32	55	5,3	4,1	7,8	4,1	-	0,13	0,75	12,8	0,7	3,0	16,5	78	5	3,3	203	138	59	4,7	2,50	
PA-13	3Cgn1	55	69	5,4	4,0	8,4	5,1	-	0,07	1,27	14,8	0,8	3,7	19,3	77	5	3,9	240	149	54	6,5	2,74	
PA-13	3Cgn2	69	101	5,5	4,0	6,0	4,4	-	0,09	1,92	12,4	1,2	3,2	16,8	74	9	2,4	222	142	55	4,9	2,66	
PA-13	3Cgn3	101	145	7,6	5,7	7,6	7,5	-	0,10	4,36	19,6	0	1,4	21,0	93	0	1,2	246	158	56	8,0	2,65	
Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico, textura argilosa/siltosa, A fraco, mesoendossolódico, eutrófico, Tma, fase campo equatorial hidrófilo de várzea, relevo plano																							
PA-14	Ag	0	3	4,3	4,0	11,7	6,4	-	0,68	0,58	19,4	1,5	15,9	36,8	53	7	16,2	269	158	51	5,4	2,89	
PA-14	2CAvg	3	20	4,7	3,8	9,6	6,6	-	0,31	0,39	16,9	1,6	5,4	23,9	71	9	8,4	278	176	47	5,6	2,69	
PA-14	2Cvg1	20	43	4,8	3,8	7,0	6,2	-	0,20	0,76	14,2	1,3	3,5	19,0	75	8	2,3	251	162	54	4,6	2,63	
PA-14	2Cvg2	43	71	5,2	4,0	7,5	8,4	-	0,18	0,82	19,9	0,4	2,8	20,1	84	2	1,8	264	175	57	6,1	2,56	
PA-14	2Cvgn3	71	113	6,9	5,6	9,3	14,1	-	0,13	1,32	24,8	0	1,1	25,9	96	0	1,0	274	173	66	5,2	2,69	
PA-14	2Cvgn	113	150	7,7	6,3	10,4	15,8	-	0,10	1,58	28,4	0	0,5	28,4	98	0	0,9	292	186	61	5,4	2,67	
PA-14	2C'vg1	150	170	8,2	7,2	10,1	10,2	-	0,11	1,17	21,6	0	0	21,6	100	0	0,6	242	161	66	5,5	2,56	
PA-14	2C'vg2	170	205	8,2	7,1	11,9	10,4	-	0,13	1,24	23,7	0	0	23,7	100	0	0,5	241	163	65	5,2	2,51	
Organossolo Háptico Hêmico típico, textura argilosa/média/orgânica fibrica, distrófico, epissáprico e mesoendofíbrico, muito lenhosa, fase campo tropical hidrófilo de várzea, relevo plano																							
PA-17	Hd1	0	4	4,5	3,8	9,5	1,5	11,0	0,34	0,07	11,4	1,3	27,4	40,1	28	10	94,4	188	132	19	3,7	2,42	
PA-17	Hd2	4	12	4,5	3,7	5,4	1,2	6,6	0,18	0,07	6,8	3,0	31,1	40,9	17	31	88,6	190	143	14	4,1	2,26	
PA-17	Hd3	12	29	4,1	3,4	2,5	1,1	3,6	0,08	0,05	3,7	6,9	58,0	68,6	5	65	129,0	165	116	12	2,4	2,42	
PA-17	2Ho1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PA-17	2Ho2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(1)Hor.: horizonte; (2)Prof.: Profundidades; In.: inicial; fin.: final; (3)SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; (4)V%: saturação por bases; (5)m%: saturação por alumínio; (6)CO: carbono orgânico.

As expressivas e peculiares variações granulométrica e do teor de Al^{3+} do Plintossolo (AM08-FXa) sugerem que estão relacionados, mesmo que indiretamente. Duas hipóteses podem ser especuladas a partir dos resultados analíticos aqui considerados, ambas relacionadas à mineralogia das frações granulométricas em questão: a) o aumento em profundidade de argilominerais interestratificados com Al-hidróxi entrecamadas da fração argila ou b) presença expressiva de minerais alteráveis na fração silte. No primeiro caso, o aumento e o conteúdo muito superior de argila em profundidade no Plintossolo (AM-08) acompanhariam os de minerais interestratificados. Marques et al. (2002), tentando explicar como a mineralogia poderia condicionar os elevados teores do elemento em solos do Alto Javari relacionados à Formação Solimões, concluíram que a presença comum de minerais filossilicados 2:1 com Al-hidróxi entrecamadas era a responsável pelos elevados e anormais teores do elemento Al^{3+} extraído com solução de KCl 1M. Os autores ainda sugerem que esses valores não necessariamente estariam correlacionados com a atividade do alumínio na solução do solo e, portanto, com a sua toxicidade para as plantas cultivadas. Por outro lado, a presença de feldspatos e vermiculita na fração silte, identificados por Lima (2001) em Plintossolos da Formação Iça, pode decompor-se rapidamente nas atuais condições de intenso intemperismo a que esses minerais são submetidos, liberando Al^{3+} .

Várias evidências concorrem para que a segunda hipótese seja a mais plausível:

- a) o decréscimo do silte em profundidade e o aumento de argila sugerem que o primeiro é fonte do segundo;
- b) o solo em questão está constantemente rejuvenescendo-se devido a sua origem relacionada a depósitos sazonalmente adicionados por ocasião das inundações fluviais, pois a fração silte é bastante instável nas condições atuais de forte intemperismo a que esses depósitos são submetidos, o que concorre para a sua diminuição em profundidade;
- c) as classes de reação do solo, extremamente ácido nos três horizontes mais próximos à superfície e fortemente ácido nos demais, bem como os valores de K_i próximos a 2:2 associados aos baixos valores de soma de bases em todo o perfil (variam de $0,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ a $1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (Tabela 10.3), fatores esses predominantemente relacionados à fração argila dos solos, sugerem poucos minerais alteráveis nessa fração mineral do solo;
- d) as constatações anteriores indicam que a potencial fonte de alumínio extraível com KCl 1M esteja predominantemente na estrutura dos minerais da fração silte do Plintossolo referente ao perfil AM-08, a qual é predominante e periodicamente incorporada nas inundações anuais responsáveis pela formação desses solos;
- e) a redução do conteúdo do silte em profundidade é consequência do rápido e maior tempo de intemperismo a que estão submetidas suas camadas mais profundas, favorecendo a concentração de Al^{3+} e a remoção dos cátions trocáveis, bem como a predominância de caulinita na fração argila em todo o perfil;
- f) os maiores valores de K_i em superfície, 3,04, e de SB ($1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) no horizonte mais profundo (C'g2) de maior conteúdo de Al^{3+} ($21,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (Tabela 10.3) evidenciam que o horizonte superficial A é menos intemperizado em relação aos demais e que o maior intemperismo do último horizonte (C'g2) do perfil AM-08

favoreceu o elevado conteúdo de Al^{3+} e de cátions trocáveis que compõem a CTC de sua fração argila.

Tendo-se em vista essas considerações, o Plintossolo do perfil AM-08 mostra evidências de que está sendo formado no sentido ascendente, processo comum em ambientes sedimentares, ao contrário daqueles originários *in situ* a partir da decomposição da rocha-mãe; fato que, associado às intensas condições intempéricas, características da região amazônica, e à predominância de silte nos sedimentos que lhe deram origem, imprimiu os seus atributos mostrados na Tabela 10.4, jamais encontrados concomitantemente em solos originados da decomposição *in situ* da rocha-mãe: elevado conteúdo de silte em superfície (624 g kg^{-1}), reduzindo significativamente em profundidade, com comportamento inverso da argila; elevada atividade dessa fração associada a baixos valores de pH e SB em todo o perfil, bem como a uma maior CTC no seu horizonte mais profundo.

Dada a natureza sedimentar/aluvionar desse solo, é esperada a ocorrência de descontinuidade litológica ao longo do perfil, fato não encontrado em campo pelos descritores e, portanto, não registrado na nomenclatura dos horizontes. No entanto, a análise conjunta dos parâmetros, entre os aqui estudados e normalmente utilizados para se avaliar a descontinuidade litológica em um perfil, como areia fina/areia grossa (AF/AG) e argila+silte/ TiO_2 (Tabela 10.4), mostrou que há indícios de sua ocorrência. Com base em experiência com as análises laboratoriais envolvidas, principalmente quando utilizadas para a classe dos Plintossolos, como o aqui estudado, sugere-se sempre avaliar conjuntamente ambos os parâmetros supracitados, e não de forma isolada, pois os procedimentos metodológicos para obtê-los são passíveis de erros e/ou dificuldade de interpretação, sobretudo quando um pequeno conteúdo de uma das frações granulométricas está presente em horizontes de solos com plintita e petroplintita e o solo apresenta elevado conteúdo de silte. Isso se deve ao fato de a presença de petroplintita (Coelho et al., 2023) e/ou plintita ser potencialmente capaz de alterar a relação natural dessas frações com a sua decomposição nos horizontes em que ocorrem, o que é agravado nos solos com muito baixo conteúdo de areia. Em tais solos, pequenos erros metodológicos podem dobrar a proporção de uma fração em relação à outra, como, por exemplo, da AG em relação à AF.

Outra questão referente aos solos com elevado conteúdo de silte é que a metodologia do ataque sulfúrico utilizada para se obter o índice de intemperismo K_i foi desenvolvida para Latossolos, que invariavelmente apresentam baixos conteúdos daquela fração, muitas vezes sendo dominada por quartzo, tal como mostrado por Lima (2001) e Mafra et al. (2002). Esses fatos, associados ao desconhecimento quanto à capacidade daquele extrator de abrir a fração silte, mormente em solos que contêm minerais alteráveis na composição dessa fração, incitam recomendar-se cautela na interpretação dos valores apresentados na Tabela 10.4 para fins de interpretação da existência ou não de descontinuidade litológica. Assim, o procedimento recomendado, baseando-se no princípio da cautela para interpretação dos resultados da Tabela 10.4, é considerá-los conjuntamente, reafirmando-se o que se comentou anteriormente, ou seja, tanto a relação AF/AG como a argila+silte/ TiO_2 têm de variar substancialmente em relação ao horizonte sobrejacente a fim de se considerar se há ou não descontinuidade litológica. Com esse procedimento, sugere-se a existência de quatro descontinuidades litológicas no perfil AM-08 (Tabela 10.4). Essas sugestões foram parcialmente acatadas após a RCC pelos descritores do perfil em questão.

Tabela 10.4. Atributos granulométricos e químico selecionado (TiO_2 ; obtido por ataque sulfúrico) do Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico (AM-08), bem como algumas de suas relações.

Hor. ⁽¹⁾	Hor. ⁽²⁾	Prof. ⁽³⁾	AG ⁽⁴⁾	AF ⁽⁵⁾	AT ⁽⁶⁾	Silte	Argila	AF/AG	<u>argila+silte</u>
		--- cm ---	----- g kg ⁻¹ -----						<u>TiO₂</u>
A	A	0-6	8	237	245	624	131	30,9	145,3
Btg1	2Btg1	6-30	3	175	178	662	160	51,7	139,2
2Btg2	3Btg2	30-49	4	101	105	531	365	27,6	102,9
2Btgf1	3Btgf1	49-73	34	98	132	407	461	2,9	104,7
2Btgf2	4Btgf2	73-101	25	102	127	406	467	4,1	121,3
2Cg1	4Cg1	101-151	35	73	108	421	470	2,1	118,8
3Cg2	5Cg2	151-175	30	18	48	163	789	0,6	104,5

⁽¹⁾Hor. = horizontes conforme Capítulo 9; ⁽²⁾Hor. = horizontes propostos; ⁽³⁾Prof. = profundidade; ⁽⁴⁾AG = areia grossa; ⁽⁵⁾AF = areia fina; ⁽⁶⁾AT = areia total.

Os números arábicos em vermelho correspondem aos sugeridos para serem incluídos ou substituídos nos seus horizontes a fim de designarem a existência de descontinuidade litológica.

O isolamento do horizonte Btg1 da Figura 10.3A é mais um fator que contribui para apoiar a suposta descontinuidade litológica: foi individualizado em relação aos demais do grupo 1 devido ao seu maior conteúdo de areia total (Tabela 10.4) e menor de Al^{3+} (Tabela 10.3) em relação aos respectivos horizontes subjacentes do perfil, sugerindo que as análises de CPs podem ser utilizadas como um parâmetro a mais a fim de definir a presença ou não de descontinuidade litológica, dada as limitações dos procedimentos acima referidos e aqui utilizados para identificá-la.

O subgrupo 2.4 (Figura 10.3A), que reuniu os dois únicos horizontes estudados (Bt e Bw) do Argissolo Amarelo antrópico (AM-01), isolando-os em relação aos demais horizontes dos Latossolos Amarelos analisados por PCA (Figura 10.3A), que estão agrupados no subgrupo 2.1, confirma o que se argumentou na análise de HCA e discutido por Lima (2001) em seu estudo de Terras Pretas relacionadas à Formação Alter do Chão, incluindo um Latossolo e um Argissolo Amarelo, ambos contendo horizonte A antrópico: embora as características morfológicas dos horizontes subsuperficiais não apresentem diferenças morfológicas marcantes em relação aos solos adjacentes (vide Capítulo 9), é comum manifestarem mudanças expressivas em alguns de seus atributos químicos, como pH, Al^{3+} e teor de nutrientes.

De fato, os atributos químicos que indicam o elevado teor de nutrientes, como SB e V%, são muito superiores nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (Bt e Bw) do Argissolo Amarelo antrópico em relação aos demais Latossolos estudados (AM-02, PA-05 e PA-07), ao contrário dos teores de Al^{3+} , que alcançam valores próximos a zero ($0,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) naqueles mesmos horizontes, enquanto nos demais, de mesma ordem taxonômica (AM-02, PA-05 e PA-07) em relação aos solos adjacentes ao perfil AM01-PAd, são superiores a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 10.3). Embora Lima (2001) tenha registrado valor de V% superior a 50% no único horizonte Bw estudado de um Latossolo Amarelo antrópico, o máximo aqui encontrado foi de 30% no horizonte Bt (Tabela 10.4), coincidindo, no entanto, com o máximo valor deste atributo descrito por aquele autor para os horizontes B de um Argissolo Amarelo com horizonte antrópico por ele estudado.

A comparação do Argissolo com horizonte A antrópico (perfil AM-08) em relação aos Latossolos estudados na XV RCC justifica-se pelo fato de que essa última é a classe de solos predominantes nas adjacências do Argissolo em questão e, conseqüentemente, afirma-se aqui que a alteração provocada pelo homem nesse solo imprimiu-lhe, entre outros atributos, o seu gradiente textural, suficiente para enquadrá-lo na classe dos Argissolos. Além do que, o horizonte Bt em questão satisfaz todos os demais critérios diagnósticos para horizonte B latossólico segundo o SiBCS (Santos et al., 2018), a não ser pelo gradiente textural, fatos já comentados anteriormente.

Invariavelmente, as Terras Pretas de Índio apresentam teores muito elevados de P disponível (Kern; Kämpf, 1989). O SiBCS (Santos et al., 2018) requer conteúdo de P extraível $\geq 30 \text{ mg kg}^{-1}$ para um horizonte A ser enquadrado como antrópico, além da presença obrigatória de uma ou mais evidências de atividade humana pretérita, como artefatos cerâmicos, por exemplo. No presente estudo, ambos estão presentes: fragmentos de cerâmica foram descritos em quantidade comum em todos os horizontes Au (vide Capítulo 9), contudo, os teores de P disponível variam entre 104 mg kg^{-1} e 334 mg kg^{-1} (Tabela 10.5). Esse maior valor foi registrado para o quarto horizonte superficial (Au4), a exemplo do que foi observado por Kern e Kämpf (1989) e Lima (2001) em estudos sobre Terras Pretas de Índio de diferentes locais da região amazônica. Segundo os autores, os teores mais elevados de P não ocorreram na parte mais superficial do horizonte A, mas em posição mais profunda. Lima (2001) elenca alguns motivos da variação do P em profundidade, quais sejam: lixiviação do elemento, perdas por erosão e uso agrícola atual, com depleção do P em superfície.

Similares aos valores de P extraível, os teores de P_2O_5 obtidos por ataque sulfúrico (Tabela 10.5), o que pode ser considerado o teor total do elemento na fração argila, também apresentaram valores muito superiores em todos os horizontes, comparativamente aos demais horizontes dos perfis de Latossolos estudados, até mesmo nos subsuperficiais diagnósticos B (vide Capítulo 9), fato também encontrado por Lima (2001). Segundo esse autor, as fontes primárias do P presente nas Terras Pretas foram os resíduos incorporados aos solos pelas populações pré-colombianas, sobretudo espinhas de peixe, ossos de mamíferos e quelônios. Em decorrência, salienta o autor, é comum haver o predomínio do elemento associado ao cálcio em horizontes antrópicos, que deve ser a principal fonte de P extraído por ataque sulfúrico (Tabela 10.5).

A Figura 10.3B indica que os conteúdos de areia e de m% foram os principais atributos que individualizaram o supramencionado subgrupo 2.4 da Figura 10.3A. De fato, os horizontes Bt e Bw (AM-01) apresentam o maior conteúdo de areia total e conteúdos muito inferiores de m% entre os registrados para os demais horizontes B latossólicos estudados (AM-02, PA-05 e PA-07) (vide Capítulo 9). A menção à granulometria do perfil AM-01 remete a duas questões taxonômicas que as consideram, já comentadas na HCA: a) o método de cálculo da relação textural para caracterizar a presença de horizonte B textural e b) o seu uso na classificação de solos com horizonte A antrópico. No primeiro caso, o SiBCS (Santos et al., 2018) especifica qual deve ser o valor da relação textural em função dos teores de argila dos sub-horizontes A, porém, não menciona como proceder em casos como o do perfil AM-01. Observa-se na Tabela 10.5 que o teor de argila está abaixo de 400 g kg^{-1} nos três primeiros horizontes (Au1, Au2 e

Au3) e acima deste valor nos horizontes A (Au4, Au5 e ABu) sotopostos. O SiBCS considera que, para caracterização do horizonte B textural nos solos com teores de argila no horizonte A superiores a 400 g kg^{-1} , a relação textural B/A deve ser superior a 1,50, mas não especifica como proceder quando há valores acima e abaixo daquele teor nos sub-horizontes A. Também não especifica se se deve considerar ou não os horizontes transicionais AB no cálculo da relação textural B/A. A sugestão é que esses horizontes sejam considerados, bem como se utilize o valor da média aritmética de argila dos sub-horizontes A, incluindo, portanto, o horizonte AB, a fim de caracterizar qual deve ser a relação entre o teor de argila do horizonte A e a relação textural B/A na identificação de horizonte B textural.

Empregando-se os dados da Tabela 10.5 para o cálculo da relação textural B/A conforme sugerido acima, o que significa incluir todos os sub-horizontes, inclusive AB, obtém-se um valor médio acima de 400 g kg^{-1} ($415,33 \text{ g kg}^{-1}$). Portanto, a relação textural B/A requerida para caracterizar a presença de horizonte B textural no perfil AM-01 seria de 1,5, tal como preconiza o SiBCS. Agora que ela foi definida, pode-se calculá-la para o perfil AM-01, seguindo, no entanto, os demais critérios estabelecidos no SiBCS, mas considerando o horizonte ABu no cálculo da média aritmética do horizonte A (Tabela 10.5). O valor obtido da relação textural B/A seria de 1,56. Portanto, o solo em questão (perfil AM-01) foi adequadamente classificado como um Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico, rechaçando-se a proposta de alguns participantes do evento, e registrada no item observações do perfil AM-01 do Capítulo 9, de classificá-lo como Latossolo Amarelo Distrófico argissólico antrópico: a atividade antrópica é um fator de formação dos solos, e sua influência, alterando os atributos do solo, deve ser considerada na classificação de um solo, além de ser o único atributo de origem antrópica considerado no SiBCS, devendo atender a todos os demais critérios estabelecidos no SiBCS, incluindo aqueles relacionados à relação textural B/A para caracterização de horizonte B textural.

Tabela 10.5. Granulometria e teores de P disponível e de P_2O_5 obtido por ataque sulfúrico do Latossolo Amarelo Distrófico antrópico (perfil AM-01).

Horizonte	Profundidade ----- cm -----	Areia total ----- g kg ⁻¹ -----	Silte	Argila	P disponível ---- mg kg ⁻¹ ----	P ₂ O ₅ g kg ⁻¹
Au1	0-8	553	144	304	134	3,4
Au2	8-18	537	134	328	121	3,4
Au3	18-37	514	115	371	104	3,7
Au4	37-54	398	103	499	334	6,3
Au5	54-73	398	107	495	308	6,7
ABu	73-95	403	102	495	260	5,8
BAu1	37-78	346	75	579	117	3,5
BAu2	78-119	276	68	656	157	3,3
Bt	119-153	263	51	686	177	3,2
Bw	153-200	263	59	678	181	2,7

Entre os subgrupos do grupo 2 da Figura 10.3A, que foi separado dos demais grupos analisados por PCA, devido, sobretudo, aos elevados valores de m% e do conteúdo de areia de

seus horizontes, individualizou-se os subgrupos 2.2 e 2.3. No primeiro estão agrupados todos os horizontes dos solos essencialmente arenosos estudados na XV RCC, o Espodossolo (AM-09) e o único horizonte avaliado por PCA do Neossolo Quartzarênico (PA-06), enquanto o subgrupo 2.3 reuniu os horizontes do exclusivo Gleissolo (AM-12) de baixa atividade de argila estudado na XV RCC.

Majoritariamente, os Espodossolos do Brasil são de textura essencialmente arenosa em todo o perfil (Coelho, 2008). No entanto, a classe textural da última camada do Espodossolo estudado (horizonte 5C) é de textura francoarenosa. Esse fato juntamente com a variação dos conteúdos de cascalho, areia grossa e areia fina ao longo do perfil AM-09, facilmente observados em campo, particularmente daqueles que receberam diferentes Algarismos numéricos que antecedem a designação do horizonte (2E3, 3Bh, 4Bhsm, 4Bhs e 4Bs), conotando descontinuidade litológica, possivelmente estão relacionados a comum e brusca variação litológica vertical, característica da Formação Alter do Chão (Caputo et al., 1972; Mendes et al., 2012), já que estudos de gênese e evolução das paisagens próximas à área do Espodossolo em questão (Horbe et al., 2004) e outros locais com areia branca da bacia amazônica (Mafra et al., 2002) sugerem a formação *in situ* dos Espodossolos.

Além disso, as faixas de diferentes espessuras relatadas pelos descritores do perfil AM-09 (vide Capítulo 9) em alguns de seus horizontes espódicos, algumas delas mudando de orientação na face observada do perfil, também devem ter um controle litológico, possivelmente relacionadas às estratificações inerentes às litofácies da Formação Alter do Chão (Mendes et al., 2012). Essas estratificações podem atuar como agentes de fixação dos compostos organometálicos que migram no perfil, originando faixas de diferentes cores, algumas delas podendo manifestar a coloração original das litofácies, tal como ocorre na camada identificada como 5C do perfil AM-09, que foi original e erroneamente denominada pelos descritores de 5Bs2.

Excetuando-se a presença de classe textural francoarenosa, a indicação de descontinuidades litológicas no perfil e o fato de ser classificado como hiperespesso, os demais atributos do Espodossolo estudado (AM-09), especialmente os químicos, são típicos daqueles de outras áreas do Brasil (Coelho, 2008): baixas soma e saturação por bases, elevada acidez, CTC mais elevada nos horizontes espódicos, os quais apresentam maior conteúdo de carbono e Al^{3+} (Tabela 10.3), sugerindo ser dependente da matéria orgânica e saturada com Al extraível.

Em termos de classificação taxonômica, em conformidade com o SiBCS (Santos et al., 2018) *ipsis litteris*, o Espodossolo foi corretamente classificado como Humilúvico no segundo nível categórico, o que, do ponto de vista dos autores, não é adequado devido à pequena espessura do horizonte que imprime a designação daquele nível categórico: o horizonte Bh, de 15 cm de espessura (Tabela 10.3). No entanto, os demais horizontes espódicos do Espodossolo (4Bhsm, 4Bhs e 4Bs), de diferentes tipos, são dominantes dentro da seção de controle que define a classe dos Espodossolos (400 cm) (Santos et al., 2018). Isso se dá porque, para qualificar o segundo nível categórico dos Espodossolos, o SiBCS define que o horizonte espódico sobrejacente aos demais horizontes (espódicos ou não) no perfil é o que imprime a designação da classe naquele nível categórico, quando há mais de um tipo de horizonte espódico. Baseado nesse critério taxonômico, o primeiro horizonte Bh do perfil em questão (Tabela 10.3), sobrejacente aos demais, irá condicionar o nome da subordem do Espodossolo estudado,

Humilúvico. A sugestão é que, para classificar os Espodossolos em segundo nível categórico, estabeleça-se uma seção de controle (50 cm) a partir do primeiro horizonte espódico encontrado, contínua ou cumulativamente. O tipo de horizonte espódico dominante nessa seção é que imprimiria a designação de segundo nível categórico para os Espodossolos. No caso em questão, os horizontes 4Bhsm e 4Bhs, somados, são os mais espessos dentro dos 50 cm a partir do topo do primeiro horizonte espódico (Tabela 10.3; Capítulo 9). Segundo esse critério proposto, o Espodossolo referente ao perfil AM-09 seria classificado como Ferri-humilúvico em nível de subordem, tal como sugerido originalmente pelos descritores. Possivelmente, essa foi a lógica taxonômica utilizada por eles: predominância do tipo de horizonte espódico dentro de uma seção de controle, definindo a nomenclatura de subordem taxonômica.

Tal como argumentado anteriormente, o único horizonte estudado do Neossolo Quartzarênico referente ao perfil PA-06 e agrupado no subgrupo 2.2 da Figura 10.3A apresenta como peculiaridade a existência de horizonte A húmico de elevada espessura, 125 cm. Conjectura-se que se trata de um paleossolo formado em condições pretéritas mais frias e secas que a atual, favorecendo o acúmulo de carbono orgânico, que é estabilizado nas condições climáticas atuais de intenso intemperismo devido à interação da matéria orgânica com o alumínio. A fração extraível desse elemento reduz em profundidade, comportamento similar ao do CO (Tabela 10.3). Outra hipótese é que o seu acúmulo no solo em questão estaria relacionado a condições pretéritas de hidromorfismo intermitente, estabilizando-se na paisagem atual pelo mesmo mecanismo supracitado.

Os horizontes do Gleissolo Háplico Ta Distrófico neofluvissólico (AM-12) do grupo 2, subgrupo 2.3, diferiram dos demais Gleissolos estudados (AM-05, AM-06, AM-11, AM-15, AM-16 e PA-13) e reunidos majoritariamente no grupo 3 da PCA (Figura 10.3A), devido, sobretudo, aos mais elevados valores de m% (varia de 77% a 82%; Tabela 10.3) e areia (varia de 648 g kg⁻¹ a 666 g kg⁻¹) e, conseqüentemente, menores de V%, argila e silte. Este último, no entanto, encontra-se em conteúdo sempre superior ao de argila (vide Capítulo 9). Além disso, os seus atributos químicos (SB, V% e Al³⁺) (Tabela 10.3) convergem para classificá-lo como (Ta) distrófico em nível de grande grupo taxonômico, divergindo dos demais Gleissolos, que são eutróficos (Tabelas 10.2 e 10.3). Uma peculiaridade desse solo é a presença de um horizonte A enterrado (2Abg; 1,9 g kg⁻¹ de CO), mais escuro que o sobrejacente (vide Capítulo 9) (3Cg; 3,1 g kg⁻¹ de CO), porém de menor conteúdo de carbono orgânico (Tabela 10.3), sugerindo que o tipo de matéria orgânica, e não o seu conteúdo, é que está controlando a coloração desses horizontes.

Excetuando-se os horizontes 3Cg1 e 3Cg2 do perfil AM-05, o grupo 3 da Figura 10.3A englobou todos os horizontes minerais estudados na PCA das planícies aluviais sujeitos ao hidromorfismo temporário ou permanente, de elevadas atividades da fração argila (Ta), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e CTC. A grande maioria apresenta elevado conteúdo de silte (varia de 200 g kg⁻¹ a 750 g kg⁻¹), sendo que a relação silte/argila é invariavelmente superior a uma unidade (varia de 1,35 a 10,54). Alguns deles ainda possuem elevado conteúdo de Na⁺ (Tabela 10.4). Entre esses horizontes, aqueles (AM16-2Cgn2, AM16-2Cgn3, PA13-3Cgn3) que exibem concomitantemente o maior conteúdo daquele elemento (2,04, 1,83 e 4,36 cmol_c kg⁻¹, respectivamente) associado às elevadas SB, CTC e V%, foram agrupados no subgrupo 3.3 da Figura 10.3A. Trata-se dos horizontes mais profundos dos perfis AM16-GXve e PA13-GXve, os quais, juntamente com o Vertissolo estudado (PA14-VGo), receberam a

designação de solódico em nível de subgrupo taxonômico (Tabela 10.1). Os horizontes abaixo de 70 cm de profundidade desses três perfis também estão relacionados aos mais elevados valores de pH em água entre todos os horizontes e solos estudados na XV RCC, variando entre 6,9 (praticamente neutro) a 8,2 (moderadamente alcalino) (Tabela 10.3), fato comum nos solos afetados por sódio.

Os atributos supracitados, aparentemente em desacordo com o clima regional, podem ser explicados pela ação conjunta do maior tempo de intemperismo a que são submetidos os horizontes inferiores (mais antigos) dos perfis mencionados em relação aos superficiais (mais recentes), atuando em um material de origem rico em silte e minerais primários, alguns deles contendo Na^+ , que é deles liberado para a CTC e para a solução do solo. Esses fatos, associados à maior permanência das águas de inundação nos horizontes mais profundos desses perfis em relevo extensamente aplainado, com baixas ou lentas taxas de lixiviação, favorecem a manutenção e o maior conteúdo do Na^+ em profundidade. Os mecanismos expostos convergem para se considerar que a intensidade do intemperismo nesses solos sobrepõe-se à ação do hidromorfismo em retardá-lo em profundidade, bem como em remover o Na^+ pela água de drenagem, favorecendo o desenvolvimento dos horizontes e atributos que possibilitaram reuni-los, por exemplo, no subgrupo 3.3 da Figura 10.3A, bem como classificar alguns solos da XV RCC como Ta Eutróficos solódicos (AM16-GXve, PA13-GXve e PA14-VGo).

Os horizontes reunidos no subgrupo 3.1 da Figura 10.3A dizem respeito a todos os solos (AM06-GXve, AM07-CYve, AM11-GXve e AM15-GXve) aqui estudados que foram desenvolvidos em situação de dique aluvial (AM06-GXve, AM07-CYve e AM15-GXve) ou barra de acreção (AM11-GXve) nas suas respectivas planícies de inundação e que invariavelmente apresentam horizontes superficiais mais bem drenados (isentos de subscrito g) em relação aos subsuperficiais. Nesse subgrupo, inclui-se o Gleissolo referente ao perfil AM-11, o mais próximo, entre os demais solos estudados, à margem do rio (Amazonas), responsável pela sua formação e a qual ainda influencia. A elevada relação silte/argila (Figura 10.3B) foi o atributo que mais contribuiu para individualizar todos os horizontes daquele subgrupo (média de 4,83 contra 2,41 dos demais horizontes do grupo 3) dentro do grupo 3 (Figura 10.3A) nesses solos com os menores teores de Na^+ em relação aos demais hidromórficos reunidos naquele grupo (Tabela 10.3). Também apresentam, em média, menores valores de SB (média de todos os horizontes do subgrupo 3.1 é de $11,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; média de todos os demais horizontes do grupo 3 é de $18,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e de CTC (média de todos os horizontes do subgrupo 3.1 é de $14,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; média de todos os demais horizontes do grupo 3 é de $20,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) em relação aos demais horizontes do grupo 3.

Embora apenas os solos do estado do Amazonas tenham sido reunidos no subgrupo 3.1 (Figura 10.3A), não podemos interpretar que são de menor fertilidade natural em relação aos do estado do Pará, mas sim que as suas melhores condições de drenagem, ou seja, ficam submersos, total ou parcialmente, por menor período em relação aos demais solos e horizontes do grupo 3, possivelmente favorecem o seu intemperismo e a remoção dos cátions básicos. No entanto, os maiores valores médios da relação silte/argila (4,83), atividade da fração argila ($113 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila) e Ki (2,82) dos horizontes do subgrupo 3.1 em relação aos dos demais subgrupos do grupo 3 (2,41 para silte/argila, $72 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila para a atividade da fração argila e 2,54 para Ki) indicam o contrário, que são menos intemperizados.

Os valores médios de silte e argila, além de outros parâmetros químicos, podem contribuir para a análise e a interpretação dos resultados supracitados: enquanto os valores médios de silte são próximos entre os horizontes do subgrupo 3.1 (617 g kg^{-1}) e os demais horizontes do grupo 3 (671 g kg^{-1}), os de argila são bem inferiores no primeiro (média de 139 g kg^{-1} para o subgrupo 3.1 e de 298 g kg^{-1} para os demais horizontes dos subgrupos do grupo 3), sugerindo que os minerais da argila são menos estáveis em condições de melhor drenagem. Assim, o menor conteúdo de argila irá refletir na maior relação silte/argila e, consequentemente, na menor CTC dos horizontes e solos do subgrupo 3.1, já que essa é a principal fração do solo detentora de cargas.

Por outro lado, tem-se maior valor médio de pH em H_2O (6,4) dos horizontes dos solos referentes aos subgrupos de 3.2. a 3.5 em relação aos do subgrupo 3.1 (pH médio de 5,4), sobretudo condicionado pelo maior conteúdo de Na^+ , tal como afirmado anteriormente, e/ou, acrescenta-se aqui, pelas condições imperfeitas de drenagem a que são submetidos por longos períodos de tempo durante o ano, as quais favoreceram a maior solubilidade da sílica e sua remoção do sistema pelas águas de drenagem, originando argilas com menor conteúdo de SiO_2 em relação às aquelas dos horizontes e solos do subgrupo 3.1. Nesses, o expressivo menor conteúdo de argila em relação aos demais solos do grupo 3 é o responsável pela geração de menor número de cargas negativas por kg de solo e, consequentemente, pela menor CTC, reafirmando-se o que se comentou anteriormente.

Os argumentos aqui apresentados que consideram os valores de K_i partem da premissa de que a metodologia do ataque sulfúrico utilizado para a sua determinação abre, especialmente, os minerais da fração argila do solo.

A classificação idêntica até quarto nível categórico e as relações similares dos atributos (Tabela 10.3) entre os horizontes do Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos neofluviassólicos referentes aos perfis AM-05 e AM-06 corroboram os argumentos e interpretações supracitados: enquanto os horizontes estudados por PCA do primeiro solo foram reunidos nos subgrupos 3.4 e 3.5 e no grupo 4, que congregam os solos minerais mais mal drenados entre os estudados e em que, em média, os horizontes do perfil AM-05 em relação ao AM-06 apresentam menores relação silte/argila (3,00), atividade da fração argila ($81 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila) e K_i (2,70), mas maior CTC ($21,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), os horizontes do segundo perfil estão reunidos no subgrupo 3.1. Esses horizontes (AM-06), inversamente, apresentam valores médios mais elevados dos atributos acima citados (4,16 para a relação silte/argila; $103 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila para atividade da fração argila e 2,87 para K_i), mas menor CTC ($16,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Ambos distam menos de 100 m entre si. O Gleissolo referente ao perfil AM-05 está localizado numa várzea interna da planície de inundação do Rio Amazonas, enquanto o AM-06 encontra-se em um dique aluvial, obviamente da mesma planície de inundação do primeiro, mas mais próximo ao rio.

Os inúmeros delineamentos obtidos visualmente e que individualizaram os subgrupos (3.2, 3.4 e 3.5) do grupo 3 (Figura 10.3A), que ainda não foram discutidos em relação aos atributos que os definiram, o que pode ser estendido para o grupo 4, evidenciam a grande variabilidade espacial, que ocorre mesmo a curtas distâncias (entre horizontes adjacentes de um mesmo perfil, por exemplo) nos solos das planícies aluvionares. Por exemplo, o grupo 4 (Figura 10.3A), que reuniu os dois horizontes mais superficiais estudados por PCA do único Gleissolo (Am05-GXve) desenvolvido sob Aningal, foi individualizado do grupo 3 devido,

principalmente, ao seu menor valor de V% (46% e 65%, respectivamente, para os horizontes 3Cg2 e 3Cg2), consequência dos elevados valores de Al^{3+} (4,3 e 2,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, para 3Cg2 e 3Cg2), os maiores observados entre os Gleissolos Ta Eutróficos estudados (Tabela 10.3), corroborando os argumentos ensejados na análise de HCA: a adequação de se acrescentar o termo epidistrófico no nível de família taxonômica à classificação do Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neofluvisólico referente ao perfil AM05-GXve, o que aparentemente é recorrente nos Gleissolos dos Aningais, possibilitando-se utilizar mais uma designação e critério diagnóstico para separá-los taxonomicamente daqueles de mesma ordem taxonômica desenvolvidos sob outros ambientes ou tipos de vegetação amazônicos.

Finalmente, o grupo 5 engloba dois horizontes, entre os três estudados pela PCA, do único Organossolo descrito e amostrado na XV RCC (perfil PA-17). Obviamente, o seu maior conteúdo de CO em relação aos demais horizontes e solos estudados foi um dos principais responsáveis pela individualização de seus horizontes naquele grupo, juntamente com Al^{3+} e CTC. De fato, a maior proximidade desses três atributos (Figura 10.3B) em relação ao grupo 5 da Figura 10.3A, quando se imagina os gráficos sobrepostos da Figura 10.3, associada aos maiores fatores peso (0,56, 0,54 e 0,45, respectivamente, para CO, CTC e Al^{3+}) observado no PC2 da PCA (Tabela 10.2) evidenciam a importância (Figuras 10.3A e B) desses atributos na formação desse grupo e a grande discrepância dos seus teores (Tabela 10.3) em relação aos demais horizontes e solos analisados, sobretudo para CO e CTC.

Os mesmos três atributos supracitados que contribuíram para a formação do grupo 5 foram também os responsáveis pelo isolamento do horizonte Hd3 (perfil PA17-Hd3) na Figura 10.3A, o mais profundo entre os três estudados do Organossolo por PCA (Tabela 10.3). Enquanto há um aumento expressivo do Al^{3+} em profundidade (1,3; 3,0 e 6,9 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos horizontes Hd1, Hd2 e Hd3, respectivamente), bem como da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) (28,7; 34,1 e 64,9 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, para os mesmos horizontes), que é o atributo que mais contribuiu para a CTC desse solo, os valores de SB e V% reduzem no mesmo sentido, sugerindo que o processo de humificação acentua-se à medida que se aprofunda no perfil para os três horizontes analisados - fato esperado em solos que têm a sua formação relacionada à deposição de materiais transportados com as águas de inundação. O teor de CO, no entanto, apresenta-se com distribuição errática nesses três horizontes (94,4%, 88,6% e 129,0%, respectivamente, para Hd1, Hd2 e Hd3; Tabela 10.3). Portanto, formam-se de baixo para cima, ao contrário daqueles originados a partir do intemperismo da rocha-mãe, e, conseqüentemente, os horizontes mais superficiais são mais jovens, menos decompostos em relação aos sotopostos e, por isso, manifestam menor CTC devido à menor geração de cargas provenientes dos radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica.

Embora a taxa de humificação possa ter contribuído para a diferenciação dos atributos mencionados para os horizontes Hd1, Hd2 e Hd3 (PA-17), os dados da Tabela 10.6 sugerem que outro mecanismo também atuou para tal: a descontinuidade litológica. À medida que o intemperismo avança, espera-se um aumento das frações mais finas em detrimento das mais grosseiras com o aumento da profundidade. De fato, isso ocorreu entre os dois horizontes Hd1 e Hd2, mas não entre os horizontes Hd2 e Hd3 (Tabela 10.6): a fração areia total (AT) reduziu em profundidade concomitantemente com o aumento das frações silte e argila quando se compara os horizontes Hd1 e Hd2. O inverso, no entanto, pode ser observado entre os

horizontes Hd2 e Hd3. Nesses, há um aumento da fração AT e uma diminuição das mais finas (silte e argila) com a profundidade. Esses fatos, associados à magnitude de variação das relações AG/AF e argila+silte/TiO₂ entre os horizontes estudados, que é muito superior entre o Hd2 e o Hd3 (Tabela 10.6), convergem para identificar o mesmo ambiente de sedimentação entre os dois horizontes mais superficiais Hd1 e Hd2 do perfil PA-17, diferindo do Hd3. Portanto, sugere-se aqui inserir, neste último horizonte, o número arábico 2 antecedendo a sua designação, que denota descontinuidade litológica (Santos et al., 2015), bem como devidamente corrigir o prefixo numérico nos demais horizontes a ele sotopostos (vide Capítulo 9).

Tabela 10.6. Atributos granulométricos e químico selecionados (TiO₂; obtido por ataque sulfúrico) dos três horizontes superficiais do Organossolo Háplico Fíbrico típico (PA-17), bem como algumas de suas relações.

Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾ --- cm ---	AG ⁽³⁾	AF ⁽⁴⁾	AT ⁽⁵⁾ g kg ⁻¹	Silte	Argila	AG/AF	<u>argila+silte</u> TiO ₂
Hd1	0-4	104	102	206	408	386	1,0	215
Hd2	4-12	80	60	140	439	420	1,3	169
2Hd3	12-29	254	54	308	411	281	4,7	288

⁽¹⁾Hori. = horizonte; ⁽²⁾Prof. = profundidade; ⁽³⁾AG = areia grossa; ⁽⁴⁾AF = areia fina; ⁽⁵⁾AT = areia total.

O número arábico em vermelho corresponde ao sugerido para ser incluído no seu horizonte a fim de designar a existência de descontinuidade litológica. Em negrito, os valores com maior amplitude de variação em relação aos do horizonte sobreposto.

Assim como mencionado para o perfil AM08-FXa, a PCA pode auxiliar na identificação da existência de descontinuidade litológica quando um ou mais horizontes analisados do mesmo perfil posicionam-se distantes do(s) outro(s) no gráfico de escores, como é o caso do Hd3 (PA-17) (Figura 10.3A).

Por se tratar da borda de uma planície de inundação, é provável que os horizontes com material orgânico fíbrico e hêmico sotopostos aos sápricos do perfil PA17-OXfi sejam tão recentes quanto o início da ocupação humana contemporânea dessas áreas, que se deu há mais de 100 anos. Assim se considerando, os tecidos vegetais na forma de restos de troncos, ramos e raízes mortas de diferentes dimensões, e bem preservados nos seus horizontes mais profundos (2Ho1 e 2Ho2; vide Capítulo 9), podem ter se originado do desmatamento nas áreas de floresta contígua à várzea (Aningal?) em um período em que as enchentes eram mais intensas que as atuais. Os horizontes sápricos sotopostos (Hd1, Hd2 e Hd3), por outro lado, datam de um período mais recente em que os desmatamentos, a energia cinética e o volume das águas de inundação reduziram-se, facilitando a deposição e a decomposição de restos vegetais mais facilmente decomponíveis em um ambiente mais oxidante que outrora.

4. Considerações finais

Na bacia do Médio Rio Amazonas, os Latossolos Amarelos Distróficos de terra firme relacionados à Formação Alter do Chão e os Neossolos Flúvicos e os Gleissolos Háplicos, típicos dos ambientes de várzea e terraços fluviais, desenvolvidos sobre sedimentos com influência andina, são os solos mais representativos em extensão de seus respectivos ambientes de formação (Schaefer et al., 2023). Mesmo para os solos de terra firme, comumente de menor variabilidade lateral e vertical de seus atributos em relação aos de várzea, os aqui estudados

contemplaram diferentes tipos de horizonte superficial (A moderado, A antrópico e A húmico), com presença ou não de petroplintita ao longo do perfil. A decomposição desse material do solo dando origem aos Latossolos Amarelos Distróficos da região sob clima superúmido e quente atual é um provável e, talvez, o principal mecanismo de sua formação, tal como comentado por vários autores (Lima, 2001; Horbe et al., 2003, 2004). O Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico referente ao perfil AM-02 pode ter, assim, se formado, remanescendo nódulos petroplínticos esparsos apenas na base de seu perfil, sendo esse um indício de sua gênese associada à decomposição de antigos horizontes litoplínticos e concrecionários (Lima, 2001).

Como esperado, os solos de várzea estudados na XV RCC apresentaram maior e grande variabilidade de seus atributos em relação aos de terra firme, variabilidade essa que possibilitou o enquadramento taxonômico daqueles solos em diferentes ordens taxonômicas. Vertissolo, Organossolo, Plintossolo, Cambissolo Flúvico e Gleissolo foram as classes estudadas naquele ambiente. Esta última, por sua vez, predominou em número de representantes (AM-05, AM-06, AM-11, AM-12, AM-15, AM-16 e PA-13) no evento, ressaltando-se o elevado conteúdo de silte e sua influência no comportamento desses solos, tais como as maiores capacidade de armazenamento de água e suscetibilidade à erosão e à compactação.

Godoi et al. (2021), utilizando modelagem para estimar os valores do fator K (erodibilidade) para os solos do Brasil, registraram que os maiores valores obtidos foram para os solos dos estados do Amazonas e Acre, onde, segundo os autores, o conteúdo de silte alcançou os valores mais elevados em relação aos solos de outros estados brasileiros. Os autores comentam que, por se situarem em expressivas áreas ainda cobertas com a floresta original, que mitiga os efeitos erosivos das chuvas intensas, a manutenção da cobertura florestal protetiva e a implementação de práticas conservacionistas naquelas sob uso são estratégias fundamentais para preservar a saúde do solo e ambiental naquelas áreas.

Questões aparentemente triviais, como a identificação e a nomenclatura dos horizontes dos solos de várzea (se B ou C), foram temas de intensas e calorosas discussões durante o evento, pois muitos desses solos encontram-se em estágios incipientes de pedogênese, tornando-se difícil caracterizar-se o tipo (se B ou C) de seus horizontes diagnósticos de subsuperfície. Esses, dependendo de como são denominados, influenciam na classificação dos solos de várzea, mesmo em nível de ordem taxonômica. O perfil AM06-GXve, por exemplo, original e preferencialmente classificado como Neossolo Flúvico pelos seus descritores, foi um dos que tiveram duas propostas de classificação (Neossolo Flúvico ou Gleissolo), bem como questionamentos a respeito da nomenclatura de alguns de seus horizontes. Avaliando-se, sobretudo, as informações morfológicas desse perfil (vide Capítulo 9), sugere-se aqui classificá-lo como um Gleissolo Háptico Ta Eutrófico cambissólico neofluvisólico, pois o horizonte originalmente identificado como 3Cg1 apresenta estrutura secundária de grau moderado, além de desenvolvimento de cores brunadas predominantes, condições *sine qua non* para identificá-lo como B (3Big). Todos os horizontes desse perfil, juntamente com os demais horizontes de perfis situados nos diques aluviais (AM-07 e AM-15) e barra de acreção (AM-11) e cujos horizontes superficiais são expressivamente mais bem drenados em relação aos subsuperficiais, foram reunidos em um único subgrupo na PCA (subgrupo 3.1). Em média, apresentaram menor CTC em relação aos solos de várzea, embora outros atributos, como relação silte/argila, Ki e atividade da fração argila, indiquem que são menos intemperizados que aqueles. Discussões foram engendradas a respeito das possíveis causas de variação desses atributos.

Por fim, as análises multivariadas empregadas (HCA e PCA) possibilitaram convergir evidências que pautaram as discussões sobre a classificação, a gênese, a química, a granulometria e a mineralogia dos solos estudados, contribuindo até mesmo para a tomada de decisão sobre a nomenclatura de alguns horizontes: as análises multivariadas empregadas, avaliadas conjuntamente com parâmetros que permitem identificar a presença de descontinuidade litológica com imprecisão (AG/AF ou AF/AG e argila+silte/TiO₂), conduziram a uma decisão mais bem embasada sobre a inserção de um número arábico como prefixo em alguns horizontes estudados, conotativo de sua presença.

Referências

- ADENEY, J. M.; CHRISTENSEN, N. L.; VICENTINI, A.; COHN-HAFT, M. White-sand ecosystems in Amazonia. *Biotropica*, v. 48, n. 1, p. 7-23, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12293>.
- ALBUQUERQUE, O. R. de. Reconhecimentos geológicos no Valle do Amazonas: campanhas de 1918 a 1919. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, n. 3, p. 1-84, 1922.
- AMARANTE, C. B. do; SILVA, J. C. F. da; SOLANO, F. A. R.; NASCIMENTO, L. D. do; MORAES, L. G.; SILVA, G. F. da; UNO, W. S. Estudo espectrométrico das folhas da Aninga (*Montrichardia linifera*) coletadas à margem do Rio Guamá no Campus da UFPA, Belém-PA: uma contribuição ao estudo químico da família Araceae. *Revista Científica da UFPA*, v. 7, n. 1, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271530292_Estudo_Espectrometrico_Das_Folhas_Da_Aninga_Montrichardia_linifera_Coletadas_a_Margem_do_Rio_Guama_no_Campus_da_UFPA_Belem-PA_Uma_Contribuicao_ao_Estudo_Quimico_da_Familia_Araceae. Acesso em: 29 jul. 2025.
- CAPUTO, M. V. **Bacia do Amazonas: estratigrafia, tectônica e magmatismo**. 2014. 51 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311193310>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D. N. N. Nomenclatura estratigráfica da bacia do Rio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém, PA. *Anais [...]*. Belém, PA: Sociedade Brasileira de Geografia, 1972. p. 35-46.
- COELHO, M. R. **Caracterização e gênese de Espodossolos da planície costeira do estado de São Paulo**. 2008. 270 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.2009.tde-11032009-094418>.
- COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; SANTOS, H. G. dos; DART, R. de O.; SOUZA, A. M. de; LIMA, J. A. de S. Atributos químicos e granulometria dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC do Acre): um enfoque pedológico. In: SILVA, L. M. da; ANJOS, L. H. C. dos; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G.; WADT, P. G. S. (ed.). **Pesquisas coligadas da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: solos de formações sedimentares em sistemas amazônicos: potencialidades e demandas de pesquisa**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. E-book. cap. 1. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1110799>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; VASQUES, G. M. Atributos químicos e granulometria dos solos da XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC de Roraima). In: BATISTA, K. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; OLIVEIRA, V. A. de; VALE JÚNIOR, J. F. do (ed.). **Guia de campo da XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Roraima**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. cap. 4. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1104265>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; VASQUES, G. M.; DART, R. de O.; OLIVEIRA, V. A. de; SANTOS, G. G.; ALMEIDA, R. E. M. de. Atributos químicos e granulometria dos solos da XIV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: um enfoque pedológico. In: SANTOS, G. G.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, R. E. M. de; MADARI, B. E. (ed.). **Guia de campo da XIV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Goiás e Tocantins**. Brasília, DF:

Embrapa, 2023. E-book. cap. 8.

Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1155338>. Acesso em: 29 jul. 2025.

COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; VASQUES, G. M.; OLIVEIRA, V. A. de; SILVA, M. B. e. Atributos químicos e granulometria dos solos da XIII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: um enfoque pedológico. In: SILVA, M. B. e; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; OLIVEIRA, V. A. de (ed.). **Guia de campo da XIII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**: RCC do Maranhão. Brasília, DF: Embrapa, 2020. E-book. cap. 7.

Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127220>. Acesso em: 29 jul. 2025.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, p. 47-55, 1994.

Disponível em: <https://bgp.petrobras.com.br/bgp/article/view/580>. Acesso em: 29 jul. 2025.

CUNHA, P. R. da C; MELO, J. H. G. de; SILVA, O. B. da. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 227-251, 2007. Disponível em: <https://bgp.petrobras.com.br/bgp/article/view/307>. Acesso em: 29 jul. 2025.

DANTAS, M. E.; MAIA, M. A. M. Compartimentação geomorfológica. In: MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (org.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. p. 27-44. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16624>. Acesso em: 29 jul. 2025.

GODOI, R. de F.; RODRIGUES, D. B. B.; BORRELLI, P.; OLIVEIRA, P. T. S. High-resolution soil erodibility map of Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 781, 146673, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146673>.

GUIMARÃES, F. S.; BUENO, G. T. As campinas e campinaranas amazônicas. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 113-133, 2016.

DOI: <https://periodicos.pucminas.br/geografia/article/view/P.2318-2962.2016v26n45p113>.

HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIO, K. Contribuição ao estudo dos depósitos de areias brancas no Nordeste do Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 1, p. 41-50, 2003. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/c25628c9-df9f-4468-9d99-112c617276bd/1400684.pdf>.

Acesso em: 29 jul. 2025.

HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIO, K. Tropical Spodosols in northeastern Amazonas State, Brazil. **Geoderma**, v. 119, n. 1/2, p. 55-68, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00233-7).

IBGE. Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas e

outras áreas. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2019. 179 p. Macrocaracterização dos recursos naturais do Brasil.

Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101648.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2025.

KERN, D. C.; KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 219-225, 1989.

KITAGAWA, Y.; MÖLLER, M. R. F. Clay mineralogy of some typical soils in the Brazilian Amazon region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 14, n. 3, p. 201-208, 1979. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197876/1/Clay-mineralogy-of-sme-typical.pdf>.

Acesso em: 29 jul. 2025.

KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon basin. **Journal of Soil Science**, v. 16, n. 1, p. 95-103, 1965.

DOI: <https://doi.org/10.1111%2Fj.1365-2389.1965.tb01423.x>.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7934>. Acesso em: 29 jul. 2025.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V. de; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 59-68, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100007>.

LUNDSTRÖM, U. S.; VAN BREEMEN, N.; BAIN, D. The Podzolization process: A review. **Geoderma**, v. 94, n. 2/4, p. 91-107, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(99\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00036-1).

MAFRA, A. L.; MIKLÓS A. A. W.; VOLKOFF, B.; MELFI, A. J. Pedogênese numa seqüência Latossolo-Espodosolo na região do alto Rio Negro, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 381-394, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000200012>.

MARQUES, J. J.; TEIXEIRA, W. G.; SCHULZE, D. G.; CURTI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. **Clay Minerals**, v. 37, n. 4, p. 651-661, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1180/0009855023740067>.

MENDES, A. C.; TRUCKENBROD, W.; NOGUEIRA, A. C. R. Análise faciológica da Formação Alter do Chão (Cretáceo, Bacia do Amazonas), próximo à cidade de Óbidos, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 39-57, 2012.

MÖLLER, M. R. F. Mineralogia de argilas de solos da região Amazônica brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais [...]**. Belém, PA: Embrapa-CPATU, 1986. p. 214-223. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/394713>. Acesso em: 29 jul. 2025.

NOGUEIRA, A. C. R.; VIEIRA, L. C.; SUGUIO, K. Paleossolos da Formação Alter do Chão, Cretáceo-Terciário da Bacia do Amazonas, regiões de Presidente Figueiredo e Manaus. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999, Serra Negra. **Boletim [...]**. Rio Claro, SP: Unesp, 1999. p. 261-266.

PEREIRA, P. F.; COSTA, M. L. da. Os solos-sedimentos da região central do estado do Acre (Feijó-Tarauacá), sua aptidão ao cultivo de abacaxi e a relação com os sedimentos fluviais atuais. **Boletim do Museu de Geociências da Amazônia**, ano 12, n. 1, 14, 2025. Acre 2. DOI: <https://doi.org/10.31419/ISSN.2594-942X.v122025i1a6PFP>.

PORTUGAL, A. F. **Geoambientes de terra firme e várzea da região de Juruá, noroeste do Acre**. 2009. 136 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/1595>. Acesso em: 29 jul. 2025.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 19-60.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 29 jul. 2025.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N. de; TEIXEIRA, W. G.; VALE JUNIOR, J. F. do; SOUZA, K. W. de; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; AMARAL, E. F. do; CAMPOS, M. C. C.; RUIVO, M. de L. P. Solos da região amazônica. In: CURTI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. cap. 3, p. 111-175.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE, J. F. do; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; MELO, V. F.; AMARAL, E. F. do; CAMPOS, M. C. C.; RUIVO, M. de L. P. Soils from Brazilian Amazonia. In: SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **The soils of Brazil**. Cham: Springer, 2023. cap. 4, p. 85-128. (World soils book series). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-19949-3_4.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; VALE JÚNIOR, J. F. do; MELLO, J. W. V. de. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: série ciências da terra**, v. 12, p. 63-104, 2000.

SCHWARTZ, D. Some podzol on Bateke Sands and their origins, People's Republic of Congo. **Geoderma**, v. 43, n. 2, p. 229-247, 1988. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(88\)90045-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(88)90045-6).

SILVA, A. J. P. da; LOPES, R. da C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. C. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**. Brasília, DF: CPRM, 2003. cap. 2, p. 55-85. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/5006>. Acesso em: 29 jul. 2025.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>. Acesso em: 29 jul. 2025.

THOMAS, M.; THORP, M.; MCALISTER, J. Equatorial weathering, landform development and the formation of white sands in north western Kalimantan, Indonesia. **Catena**, v. 36, n. 3, p. 205-232, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(99\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00014-4).

WARD JUNIOR, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>.