

CAPÍTULO

2

Origem, Formação e Diversidade dos Solos do Acre

Eufraan Ferreira do Amaral
João Luiz Lani
Nilson Gomes Bardales
Edson Alves de Araújo

Foto: Eufra Ferreira do Amaral



Introdução

Os solos do estado do Acre se formaram a partir de depósitos sedimentares, com Idade Cenozoica (os sedimentos mais antigos têm entre 65 e 23,5 milhões de anos), da Formação Solimões (Brasil, 1976, 1977; Acre, 2000), que ocupam mais de 70% do território acreano (Cavalcante, 2006).

O embasamento cristalino da Bacia do Acre é representado pelo Complexo Jamari, a unidade litoestratigráfica mais antiga, que aflora em diminuta área da Serra da Jaquirana (Serra do Divisor), nas cabeceiras do Rio São Francisco, extremo oeste do estado. Compreende rochas gnáissicas, granulitos, anfíbolitos, quartzo-dioritos e xistos (Cavalcante, 2006).

A Formação Solimões apresenta várias litologias, predominando em sua maior parte os argilitos com concreções carbonáticas e gipsíferas, ocasionalmente com material carbonizado (turfa e linhito), concentrações esparsas de pirita e grande quantidade de fósseis de vertebrados e invertebrados. Subordinadamente ocorrem siltitos, calcáreos síltico-argilosos, arenitos ferruginosos, conglomerados polimíticos e áreas com predominância de sedimentos arenosos (Passos, 2000).

Com tamanha variedade em sua composição litológica, é de se esperar que essa formação tenha dado origem a diversos tipos de solos (Brasil, 1976, 1977; Acre, 2000, 2006; Amaral, 2003; Bardales, 2005). Notadamente, há uma diferenciação clara na gênese dos solos da Bacia do Acre, em relação aos demais da Amazônia (Möller; Kitagawa, 1982; Volkoff et al., 1989; Gama, 1986; Martins, 1993), principalmente em relação à ocorrência de solos férteis com altos teores de cálcio e presença de argilas de atividade alta (Embrapa, 2006).

Grande parte do conhecimento dos solos da região é decorrente, principalmente, de levantamentos e estudos efetuados a partir do final da década de 1970, que se intensificaram nos últimos 20 anos (Brasil, 1976, 1977; Gama, 1986; IBGE, 1990, 1994; Silva, 1999; Araújo, 2000; Amaral et al., 2000a, 2001; Ribeiro Neto, 2001; Amaral, 2003; Melo, 2003; Bardales, 2005).

Este trabalho teve como objetivo estudar a gênese dos solos do Acre nos diferentes ambientes, bem como avaliar as características das ordens, que ocorrem a partir da estruturação de uma base de dados de perfis, que permita a gestão da informação para indicativos de uso. Dessa forma, testou-se uma hipótese, segundo a qual a bacia sedimentar em que está inserido o estado do Acre, por ter relação direta com o soerguimento da Cordilheira dos Andes, em posição de bacia no início dos dobramentos, tem uma gênese peculiar, combinada

a um pedoclima mais seco no passado, constituindo um quadro ambiental em que os solos apresentam características herdadas.

Material e métodos

A área de estudo corresponde a toda extensão territorial do estado do Acre, que está situado no extremo sudoeste da Amazônia Brasileira, entre as latitudes de 7°7'S e 11°8'S e as longitudes de 66°30'W e 74°00'W. Segundo Acre (2006), sua superfície territorial é de 164.221 km², correspondentes a 4% da Amazônia Brasileira e a 1,9% do território nacional (Figura 1).

O clima é o tropical úmido (Brasil, 1976). Apresenta índices pluviométricos elevados (média anual de 2.000 mm), com nítido período seco (Mesquita, 1996), com tendência à redução das médias no sentido norte-sul e incremento no sentido leste-oeste (Acre, 2000).

A área foi percorrida em quatro viagens de campo (Amaral et al., 2001; Lani; Amaral, 2002; Amaral, 2003; Bardales, 2005; Acre, 2006) nos anos de 2001 (16 perfis), 2002 (42 perfis), 2004 (18 perfis) e 2006 (44 perfis), quando foram selecionadas unidades fisiográficas representativas do estado do Acre e descritos os perfis de solo em trincheiras ou cortes de estradas. Posteriormente, foram feitas a descrição morfológica do perfil e coleta de amostras de cada horizonte (Santos et al., 2005) para análises laboratoriais (Figura 2).

Durante os trabalhos de prospecção, utilizaram-se a BR-364 (transecto leste-oeste) e BR-317 (transecto leste-sul) como eixos principais de deslocamento, enquanto as análises foram feitas em ramais e outras rodovias como a Transacreana AC-90 e a AC-40.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Os perfis descritos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

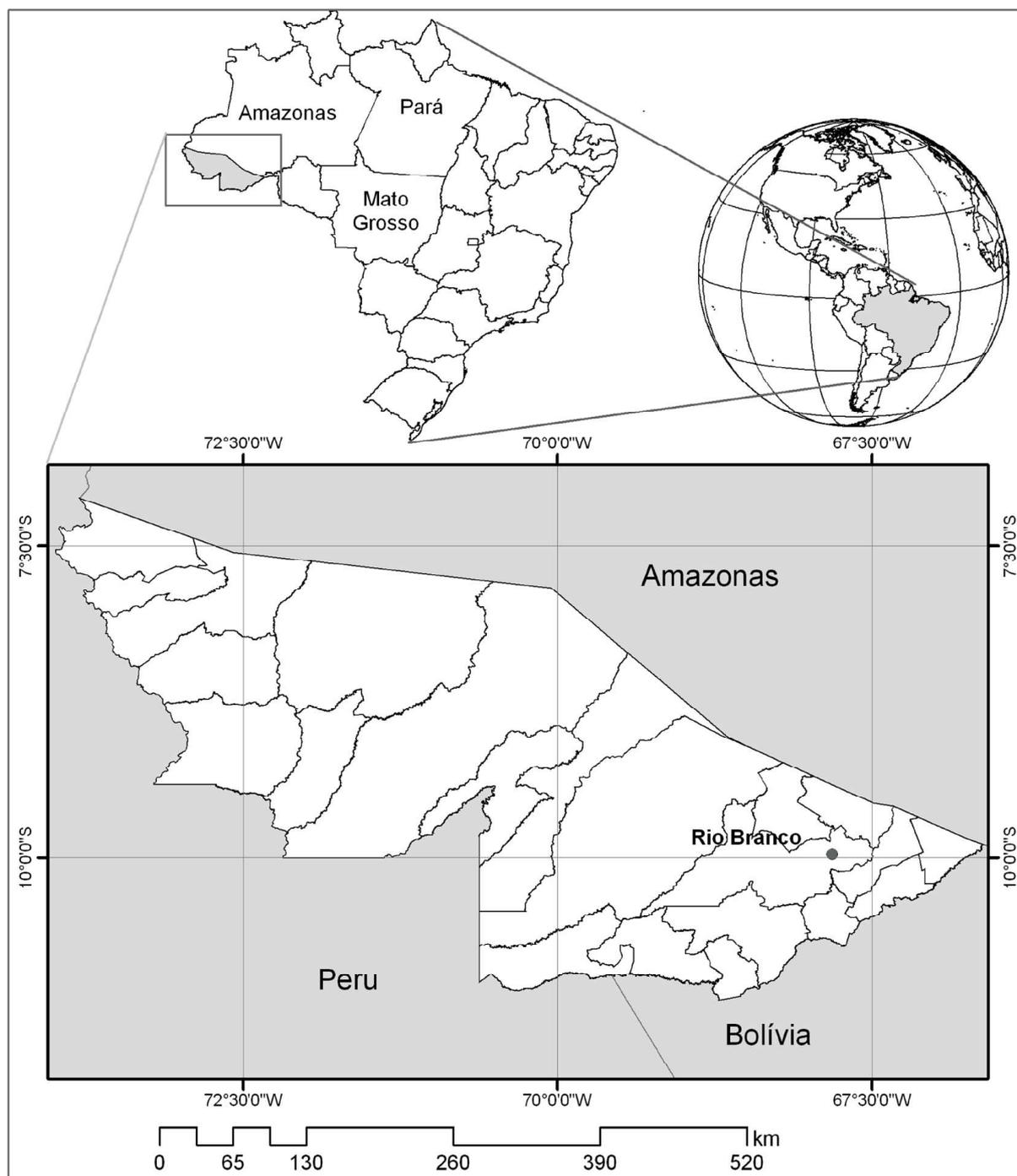


Figura 1. Localização da área de estudo, no globo, no Brasil e com sua divisão político-administrativa com indicação da capital do estado do Acre, Rio Branco.

Fonte: Amaral (2007).

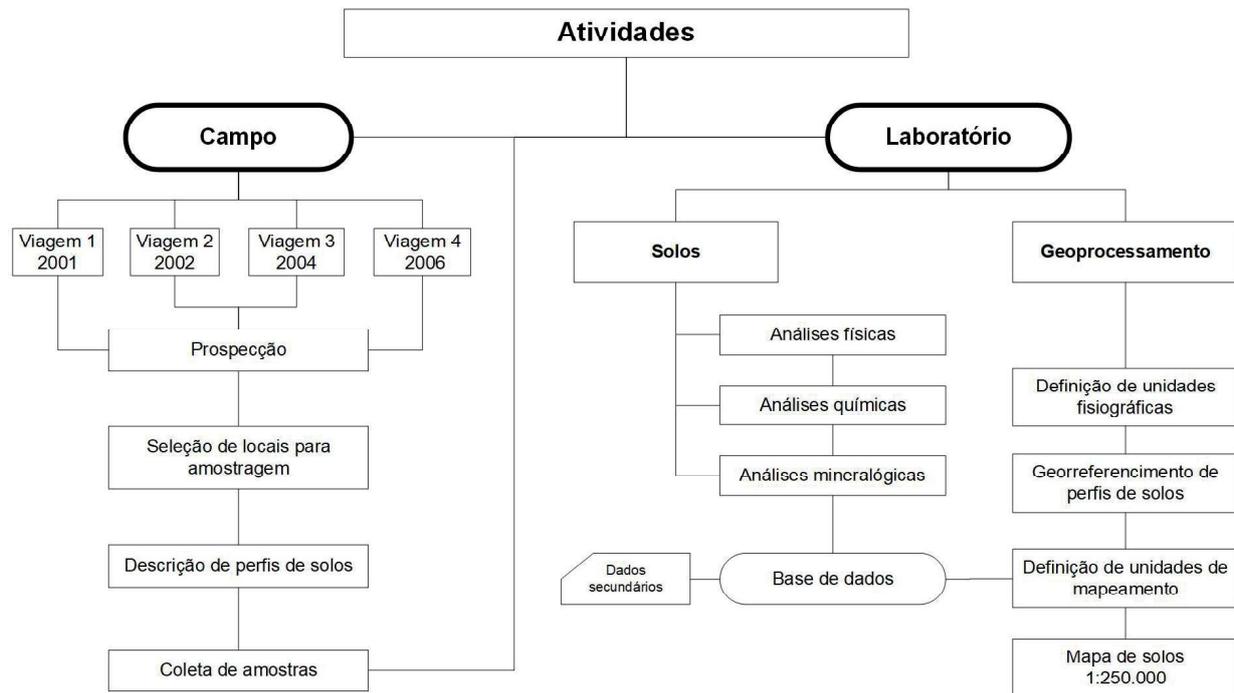


Figura 2. Organograma das atividades realizadas a campo e em laboratório.

Análises físico-químicas

Para a análise granulométrica, utilizou-se o método da pipeta (Embrapa, 1997). Nas análises químicas, foram determinados o pH em água e KCl (1 mol L^{-1} na proporção 1:2,5), o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, extraídos com solução de KCl 1 mol L^{-1} e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, e o alumínio trocável por titulação com solução de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. O potássio e sódio trocáveis foram extraídos com solução de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e quantificados por fotometria de chama. A acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foi extraída com solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ajustada a pH 7,0, sendo determinada por titulação com solução de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. O fósforo disponível foi extraído com solução de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ (Mehlich 1) e determinado por colorimetria (Defelipo; Ribeiro, 1997). O carbono orgânico total foi determinado por meio do processo de oxidação da matéria orgânica, por via úmida, com dicromato de potássio $0,1667 \text{ mol L}^{-1}$ sem aquecimento (Walkley; Black, 1934). A titulação foi realizada com sulfato ferroso amoniacal $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (Defelipo; Ribeiro, 1997).

O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado, conforme Defelipo e Ribeiro (1997) e Alvarez et al. (2000).

Análises mineralógicas

Na determinação da mineralogia por raios X, foram preparadas lâminas orientadas de argila natural dos horizontes B ou C amostrados (Embrapa, 1997). Inicialmente, separou-se a fração argila das demais frações. Em seguida, foram preparadas lâminas orientadas para difração de raios X. Utilizou-se um difratômetro Rigaku Geirgerflex D-Max, com tubo de cobalto, sendo o aparelho operado em 30 mA e 40 kV, na escala de 4 a 50° θ . Ainda foram empregados tratamentos especiais (saturação com potássio, magnésio e solvatação com glicerol e aquecimento) para obtenção de informações adicionais, visando à identificação dos minerais (Besoin, 1985; Resende et al., 2005).

Banco de dados pedológicos

De posse dos dados morfológicos, físicos e químicos, o banco de dados foi estruturado de acordo com a proposta de Cooper et al. (2005), constituído de um horizonte superficial e do horizonte subsuperficial diagnóstico, com inclusão de duas novas variáveis, ou seja, altitude e teores de fósforo.

A sistematização dos dados de perfis já coletados por outros autores (Tabela 1) foi realizada com a normatização da estrutura proposta do banco de dados.

Tabela 1. Fontes de informações de perfis de solos para construção da base de dados do estado do Acre.

Autor	Área de estudo	Escala	Perfil (nº)
Cooper et al. (2005)	Brasil	1:1.000.000	116
Bardales (2005)	Projeto Boa Esperança, município de Sena Madureira, estado do Acre	1:50.000	14
Amaral; Araújo Neto (1998)	Projeto de Assentamento Favo de Mel, município de Sena Madureira, estado do Acre	1:50.000	9
Amaral et al. (2000b)	Projeto Reça, fronteira do Acre com Rondônia	1:100.000	9
Melo; Amaral (2000)	Reserva Extrativista do Alto Juruá, município de Marechal Thaumaturgo, estado do Acre	1:100.000	15
Amaral et al. (2001)	BR-364 entre Cruzeiro do Sul e Rio Branco, estado do Acre	1:250.000	8
Total			171

Nos trabalhos de campo, que se estenderam de 2001 a 2006, foram coletados 120 perfis. Dessa forma, o banco de dados de perfis de solos do Acre ficou constituído de 291 perfis.

Para a realização das atividades de geoprocessamento, utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas ArcGIS®, desenvolvido pelo Environmental Systems Research Institute (ESRI) de Redlans, Califórnia (Ormsby et al., 2001).

A base cartográfica foi elaborada a partir dos novos limites municipais do estado do Acre (Acre, 2006), sendo utilizados os dados de hidrografia, curvas de nível, rede viária da base cartográfica oficial do estado do Acre (Acre, 2005), na escala de 1:100.000.

Para a análise fisiográfica, foram utilizadas imagens Landsat TM com composição colorida usando as bandas 3 (vermelho), 4 (vermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) do ano de 2004 e imagem do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do ano de 2002 com pixel de 90 m, ambas do acervo do Núcleo de Estudo de Planejamento de Uso da Terra (Neput) – Universidade Federal de Viçosa.

Utilizaram-se os dados climáticos da base do zoneamento ecológico econômico fase I (Acre, 2000), sendo remodelados por meio dos módulos de interpolação do ArcGIS 9.1.

Com os dados de altitude e de uso da terra associados à rede hidrográfica, foi realizada a digitalização para separação das diferentes unidades fisiográficas, as quais foram ajustadas e associadas com a base de dados de perfis, para definição das unidades de mapeamento e construção do mapa de solos e sua respectiva quantificação.

Resultados e discussão

Gênese da bacia e evolução dos solos

Pressupõe-se que a Bacia do Acre (que inclui todo o estado do Acre e parte sudoeste do Amazonas), que estava aberta durante todo o Cretáceo e Terciário Inferior (de 250 milhões a 23,5 milhões de anos antes do presente), em uma situação de borda continental, foi bloqueada pelo soerguimento da Cordilheira Oriental andina e transformou-se em uma bacia intracontinental (Asmus; Porto, 1973; Campos; Bacoccoli, 1973; Laporte, 1975).

Nesse período, o fluxo hídrico mudou drasticamente, o que é comprovado pelos planos frontais de estratificação cruzada da Formação Solimões, que mergulham para nordeste (Brasil, 1976) no sentido contrário ao fluxo hídrico atual.

Conforme Frailey et al. (1988), nessa região da Amazônia Ocidental, houve influência de um controle tectônico intermitente, que condicionou mudanças significativas no grau de intemperização dos sedimentos na Bacia do Acre, em comparação com os sedimentos da Bacia do Amazonas. Assim, a atividade tectônica inundou a bacia com sedimentos e cobriu-os antes do processo de intensa intemperização.

Segundo Almeida (1974), o padrão de drenagem festonada (dendrítico) atual indica o encaixe dos rios a um sistema de estratificação cruzada fluvial pretérita, que exerceu o controle dos cursos de água durante a gênese da bacia. Esse sistema fluvial pretérito, que foi de Sanozama (Amazonas, ao contrário), foi depositado por rios, que corriam no sentido geral de leste para oeste. Essa formação teria sido depositada do Plioceno superior ao Pleistoceno (2 milhões a 10 mil anos do presente) inferior e ocupou uma área aproximada de 950 mil quilômetros quadrados no Brasil.

O levantamento geral das Cordilheiras dos Andes (Figura 3) teve o seu início no final do Cretáceo Superior (23,5 milhões de anos do presente) e atingiu seu clímax no Mioceno Superior, modelando o atual aspecto geográfico. Nessa fase, a Bacia do Acre passou por profundas alterações, além da inversão de seu sistema de drenagem, levantamentos, dobramentos e falhamentos, o que contribuiu para modelar a sua constituição geológica e geomorfológica (Leite, 1958).

A Serra do Moa (situada no extremo oeste do estado do Acre, na fronteira com o Peru) é uma dobra anticlinal, que se apresenta como última dobra a leste da Cordilheira Oriental (Moura; Wanderley, 1938) e pertence ao mesmo ciclo tectônico.

Associada à hipótese do Sanozama, há outra segundo a qual durante a formação do Amazonas existiu um grande lago na Amazônia. Essa hipótese foi muito discutida por vários autores (Sioli, 1973; Haffer, 1981; Irion, 1984). Frailey et al. (1988) sugerem que esse lago foi formado a partir dos movimentos tectônicos na Cordilheira dos Andes, que causaram um rebaixamento ativo e substancial da borda ocidental da Bacia Amazônica.

Frailey et al. (1988) ressaltam, ainda, a evidência de uma intensa distribuição de sedimentos finos no estado do Acre, que comprovariam a existência desse paleolago, denominado Lago Amazonas. Ranzi (2000) resalta o fato de que a presença de fósseis de vertebrados terrestres associados com restos de boto, peixe-boi, gigantescas tartarugas e diversos crocodilos indicam um ambiente temporário de savana nas margens de lagos de água doce e/ou salobra.

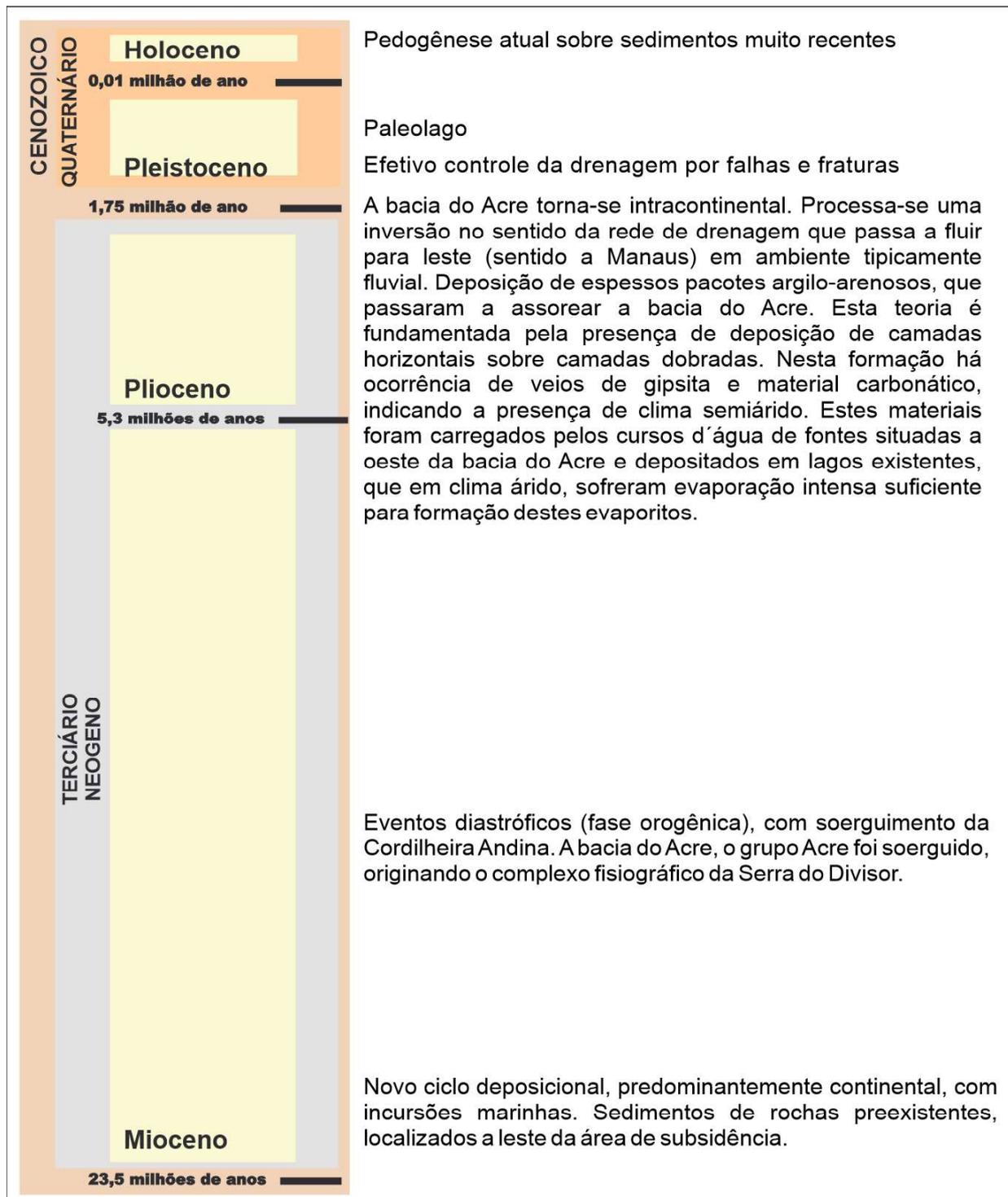


Figura 3. Eras geológicas, períodos, época e principais eventos na Bacia do Acre.

Fonte: Amaral (2007).

A teoria dos Refúgios Pleistocênicos (Haffer, 1974) ressalta que, nos eventos glaciais pleistocênicos, a Amazônia viveu climas mais secos, cujo resultado foi a redução da floresta úmida em áreas restritas e localizadas em regiões de maior altitude. Essa teoria é totalmente conciliável com a teoria do Lago Amazonas, uma vez que os refúgios estariam situados nas suas margens (Ranzi, 2000).

A hipótese do Lago Amazonas (Frailey et al., 1988) reforça a teoria, segundo a qual as condições geológicas, pedológicas e biológicas só podem ser bem entendidas a partir de um modelo de evolução da paisagem (Figuras 4A a 4D).

As evidências atuais da presença de gipsita (CaSO_4) e concreções carbonáticas (CaCO_3) nos solos (Kronberg et al., 1989, Amaral et al., 2001), fósseis de grandes répteis (Cunha, 1963; Ranzi, 2000) e pequena profundidade do solum (Amaral et al., 2000c) confirmam a presença de um ambiente oriundo do esvaziamento de grandes lagos, que recebiam os sais solúveis trazidos pelos rios (Brasil, 1976).

Sobre esse sistema flúvio-lacustre, que ocorreu na Amazônia Ocidental no Quaternário, houve atuação de um clima árido (Kronberg; Benchimol, 1992), que condicionou a formação de evaporitos. Atualmente, esse material se encontra distribuído na forma de carbonato de cálcio e sulfato de cálcio nos solos e sedimentos (Amaral et al., 2001; Lani; Amaral, 2002).

As principais mudanças climáticas e fitogeográficas, ocorridas durante o Quaternário, foram resultado de frequentes alterações glaciais e interglaciais, as quais produziam bruscas mudanças, como a troca de vegetação predominantemente de floresta para savanas, durante os períodos de clima mais frio e mais seco (Fish et al., 1998).

Concordando com essas mudanças climáticas, Ranzi (1991) sustenta que seria impossível a sobrevivência de mamíferos como Toxontidae (grandes animais que evoluíram para ocupar um nicho ecológico semelhante ao dos atuais rinocerontes e hipopótamos), Camelidae (camelídeo), Gomphoteridae (mastodonte), Megatheridae (preguiça-gigante) e Glyptodontidae (tatu) em outro ambiente que não fosse savana, cuja ocorrência está ligada ao último máximo glacial na Amazônia Sul-Occidental.

Latrubesse (2000), a partir do modelo de circulação dos ventos (Iriondo, 1994; Iriondo; Latrubesse, 1994; Latrubesse; Ramonell, 1994; Ramonell; Latrubesse, 1991), ressalta que a extensão da aridez na Amazônia alcançou o seu clímax durante o Pleistoceno tardio. Provavelmente, nessa fase os sedimentos eólicos se estenderam sobre a parte central e norte da Amazônia e a vegetação de savana alcançou sua extensão máxima.

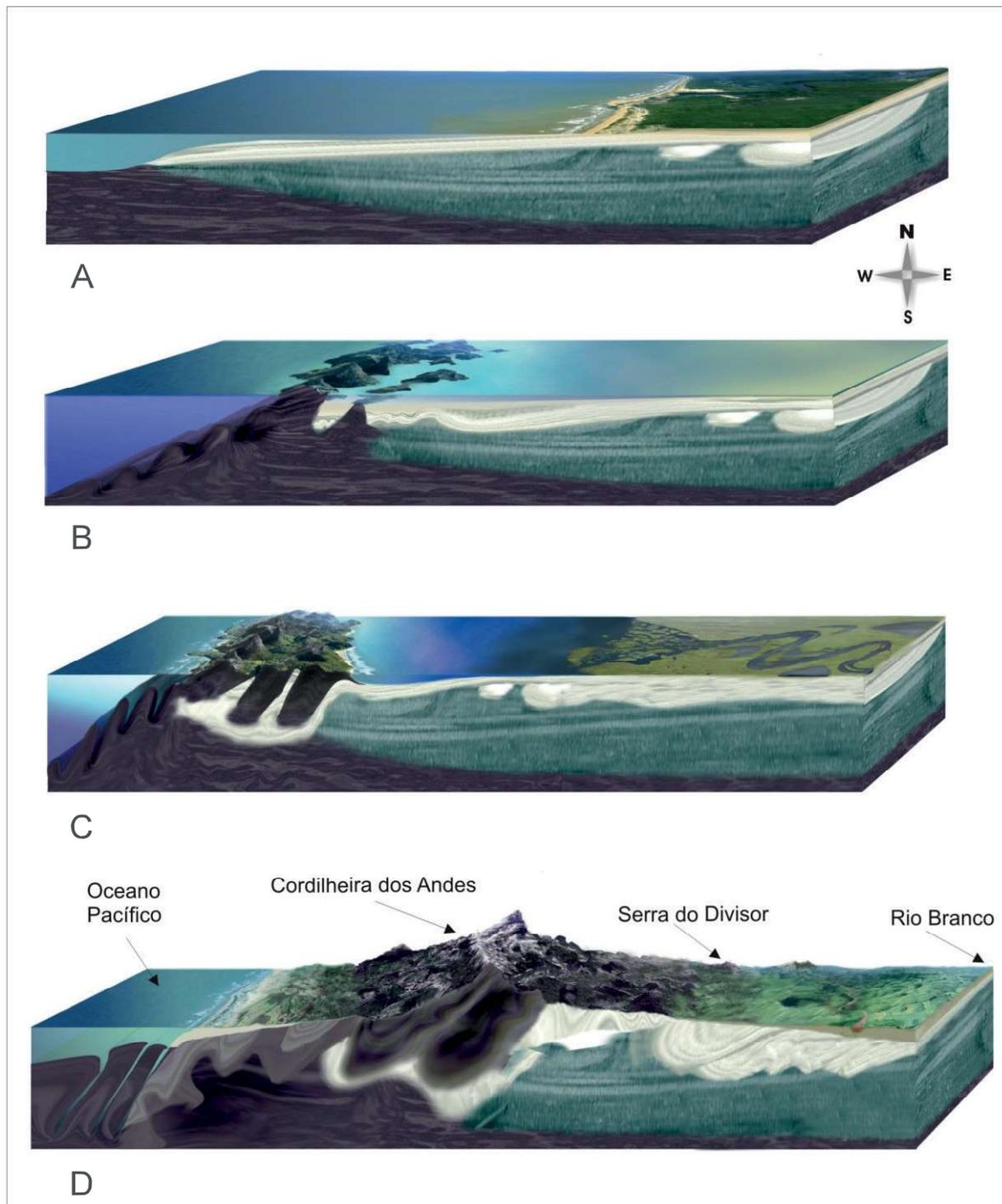


Figura 4. Evolução da paisagem da região de inserção do estado do Acre: sedimentação da borda continental (Sanozama) – fase I (A); compressão preliminar (transgressões marinhas) – fase II (B); formação de ilha em arco (inversão do sentido geral da drenagem, grandes lagos secundários e formação do Lago Amazonas) – fase III (C); clímax orogênico (Cordilheira dos Andes e Formação Solimões, paisagem atual) – fase IV (D).

Fonte: Amaral (2007).

Absy (1985), estudando o pólen encontrado em sedimentos, inferiu que durante parte do Holoceno (entre 5 mil e 3 mil anos passados), existiram grandes áreas de savanas na Amazônia, onde atualmente há floresta. Os diagramas de pólen indicam ainda que, no final do Pleistoceno, não existia floresta na região Amazônica. Entre os anos 4.000 e 2.100 antes do presente e em torno do ano de 700, ocorreram grandes variações das precipitações na região Amazônica, causando a redução expressiva no nível dos rios, que condicionaram mudanças significativas na fauna e na flora.

Utilizando os dados de Frailey et al. (1988), pode-se reconstruir o paleolago Amazonas com base no modelo digital atual e com as cotas definidas por ele para as margens do lago no modelo global. Considerando o nível de 100 m (Figura 5) no qual se tem a hipótese das margens do lago, quando em processo de drenagem durante a formação da drenagem atual, observa-se que os solos no território acreano não ficariam sob influência de hidromorfismo nesse período.

Considerando-se 152,4 m da paisagem atual como o nível das margens do lago, ainda assim apenas uma pequena porção do território teria ficado submersa (Figura 5). De acordo com os pontos de ocorrência de gipsita, é possível refinar o modelo das margens do lago, pois, para ocorrer a formação desses evaporitos, seria necessário que a área de ocorrência estivesse submersa e submetida a um clima árido, por determinados períodos. Nesse sentido, fez-se um ajuste das margens do lago para a cota 190 m, que indica uma maior extensão de áreas a serem atingidas no setor sudeste.

Embora englobando o relevo atual, essa simulação procura demonstrar a área de influência do lago, ou do conjunto de grandes lagos, sobre os solos do território acreano. Assim, na cota 190 m, ainda restavam pontos de gipsita fora da influência de hidromorfismo, o que indicou que seria necessária uma nova cota de 250 m, possibilitando que todos os pontos de gipsita estivessem sob influência da lâmina de água do lago.

Com essa cota, pode-se vislumbrar uma das áreas de refúgio, citadas por Prance (1973), que corresponde à região leste do Peru, onde atualmente está a Serra do Divisor, no extremo oeste do estado.

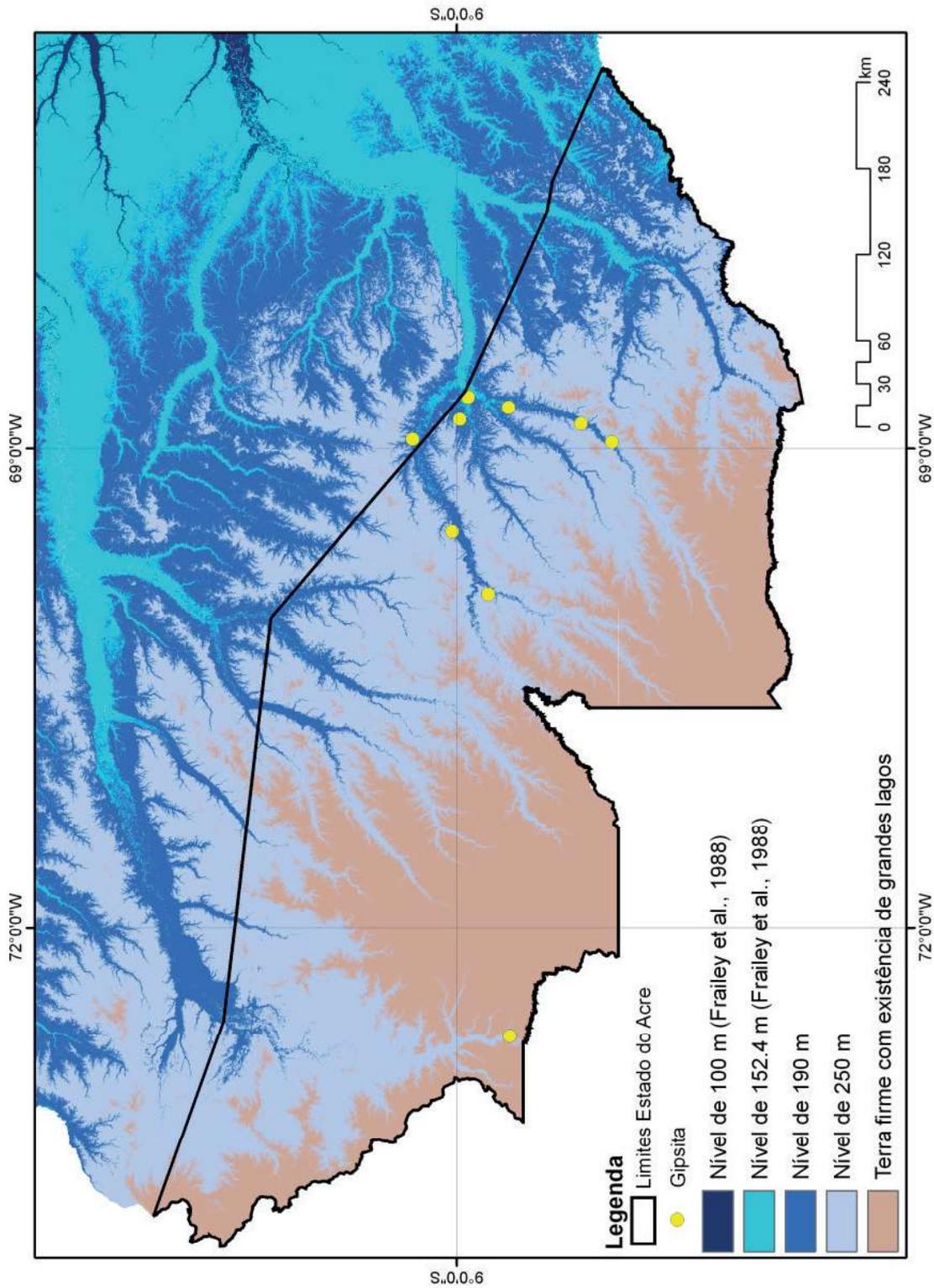


Figura 5. Reconstrução, a partir de dados do SRTM, da influência do Lago Amazonas no estado do Acre com base na presença de gipsita.

Fonte: Amaral (2007).

A análise paleogeográfica tem como objetivo a interpretação histórica das principais propriedades da estrutura contemporânea das paisagens, a determinação dos fatores principais e as direções de evolução, o tempo em que se formaram as características principais da natureza e a ritmicidade (Simões-Meirelles, 1997). Nesse sentido, a Formação Solimões reflete dois ambientes de deposição a serem considerados (Brasil, 1976):

- a) Uma sequência predominantemente pelítica, que demonstra condições relativamente calmas durante sua sedimentação, o que enfatiza o papel do Lago Amazonas.
- b) Uma sequência de topo com granulometria mais grosseira e enriquecimento de corpos arenosos de forma lenticular, que não possuem estratificação cruzada. Isso evidencia o aumento da torrencialidade das seções superiores, relacionadas a um ciclo ou a vários ciclos posteriores, em clima mais quente e úmido.

Em seus estudos Dias et al. (1976) detectaram a Falha do Iquiri, que corresponde ao atual limite leste da Bacia do Rio Acre e ao Arco de Iquitos (Kronberg; Benchimol, 1992) e divide essa região em dois blocos sedimentares. O bloco ocidental encontra-se rebaixado em relação ao oriental, que possui uma espessura média de 330 m, enquanto o ocidental possui espessura de 140 m. Essa falha foi classificada como normal e encoberta (Brasil, 1976) e provocou uma reorganização da rede de drenagem e uma conseqüente sedimentogênese posterior, mais evidente na Bacia do Rio Acre, onde os processos pedogenéticos também foram mais intensos.

Sob um clima mais úmido, as argilas formadas são diferentes, como a caulinita. Assim, devido as suas características morfológicas e mineralógicas, o solo reflete o clima sob o qual se formou. Entretanto, o clima pode ter tido variações, com períodos mais secos ou mais úmidos, durante a formação dos solos atualmente observados, enquanto algumas características adquiridas durante esses períodos com clima diferente do atual podem ter sido conservadas nos solos até hoje (Lucas et al., 1993).

No Acre, em razão das condições de gênese da bacia, ocorrem situações peculiares no que se refere às características das ordens dos solos.

Para o estudo de um dos fatores de formação, conforme originalmente proposto por Jenny (1941), devem-se manter os outros fatores constantes. Por exemplo, para estudar os efeitos do clima durante a formação do solo devem-se manter constantes a ação do material de origem, relevo, biota e tempo. Dessa forma, Wysocki e Schoeneberger (1999) propõem que as variáveis sejam independentes, quando na realidade são covariantes. Assim, nessa discussão, considera-se como independente aquele fator em estudo associado a dados morfológicos e atributos químicos e físicos de perfis de solos representativos.

Os processos de formação ocorrem em uma escala de dezenas a milhares de anos, porém, as características morfológicas e físicas registram o clima, vegetação e/ou o ambiente durante o tempo de formação do solo (Wysocki; Schoeneberger, 1999). No caso dos solos do Acre, isso é particularmente importante, uma vez que as modificações climáticas, ocorridas no Quaternário tardio, alteraram o ambiente (principalmente a biota e as condições de temperatura e umidade) e deixaram a sua expressão nos solos.

Clima

O clima no Acre é classificado como quente e úmido. As altas taxas de precipitação pluviométrica condicionam um total médio de precipitação anual de 2.057,7 mm \pm 165,0 mm. A distribuição das chuvas segue uma tendência de redução no sentido noroeste-sudeste (Figura 6). No entanto, as profundidades dos solos (que poderiam indicar maiores taxas de intemperização) não seguem essa variação, com solos mais rasos concentrados em áreas de maior precipitação pluviométrica, como é o caso dos Cambissolos na região central do estado.

O solo é um corpo histórico, trazendo em seu bojo as marcas do paleoclima. Nesse caso, parece que a parte central do estado está mais relacionada a um paleoclima que seria mais seco, em razão de suas condições morfológicas (baixa profundidade, má drenagem, estrutura prismática e presença de gipsita), físicas (teores de silte elevados) e químicas (fertilidade alta). Os solos nas extremidades desse bloco estariam em uma condição de intermediários (como no caso dos Luvisolos) até atingir os Argissolos, que expressam um processo intensivo de eluviação e acúmulo de argila no horizonte B, formando o B textural. No extremo sudeste, ainda ocorrem os Latossolos, expressão máxima da ação de lixiviação de bases, com valores de CTC, no horizonte B (n = 5) de Latossolo Vermelho, variando de $0,3 \pm 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Em regiões áridas, toda a água da chuva que infiltra no solo é retida pelas partículas, ou movida por ascensão pela evaporação ou transpiração das plantas. Assim, os produtos dos processos de intemperização não são removidos do solo por lixiviação. Nas regiões úmidas, uma condição inversa predomina. Uma grande parte da água adicionada ao solo percola pelo perfil a certa profundidade até o lençol freático, para daí ser movimentada por percolação lateral e atingir os rios. Assim, os elementos dissolvidos são lixiviados (Jenny, 1941).

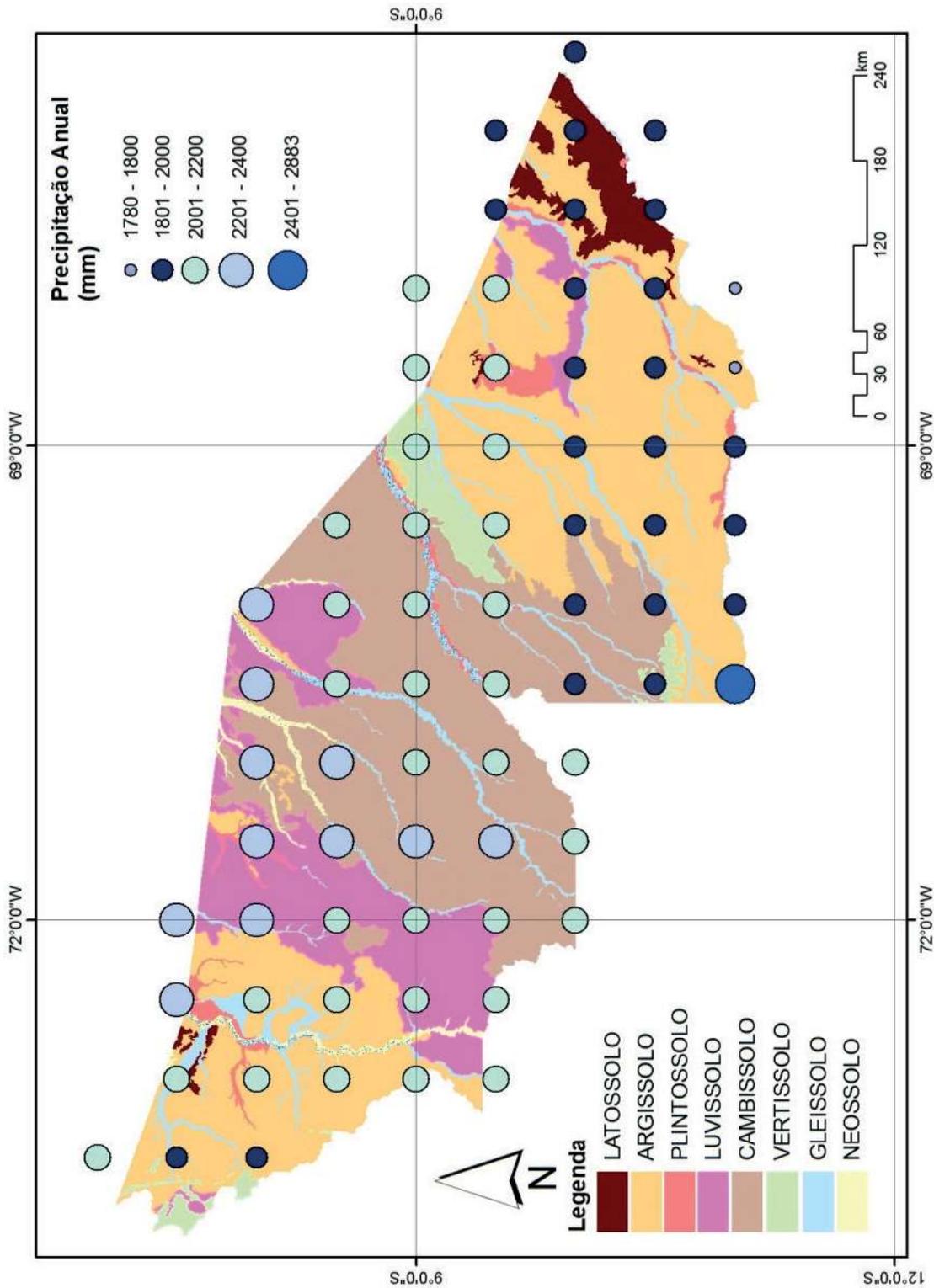


Figura 6. Precipitação pluviométrica anual e distribuição das ordens de solos no território acreano (base de dados de precipitação: ZEE/AC Fase II).
Fonte: Acre (2006).

Utilizando os teores de cálcio como indicadores da presença de sais solúveis, observa-se no Acre um comportamento de solos de clima árido, principalmente nos Vertissolos e Cambissolos, onde os teores de cálcio são extremamente elevados, atingindo, respectivamente, $23,0 \pm 10,2$ ($n = 9$) e $12,8 \pm 12,2$ ($n = 41$) $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, no horizonte subsuperficial. No outro extremo, têm-se os Latossolos com teores de cálcio baixos ($0,1 \pm 0,2 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e os Argissolos com teores de $0,8 \pm 1,9 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Nesse caso, existe uma relação mais direta com o clima atual, o primeiro pelos processos intensos de lixiviação e o segundo pela formação do horizonte B textural.

Embora a média anual de precipitação seja alta, existe uma amplitude de variabilidade de mais de 1.000 mm anuais, que poderiam condicionar uma relação entre as características dos solos e as chuvas, conforme Coffey (1912) observou em solos dos Estados Unidos da América. Na Figura 7, na qual se tem a relação com a precipitação e o teor de argila no horizonte subsuperficial de 255 perfis coletados no estado do Acre (retirando-se as ordens dos Gleissolos em função de sua textura com caráter mais siltoso e os Neossolos em função de sua variabilidade textural), observa-se que não existe uma correlação entre essas duas variáveis ($r = -0.0382$), e para uma mesma precipitação há variabilidades em fator de 10 no teor de argila.

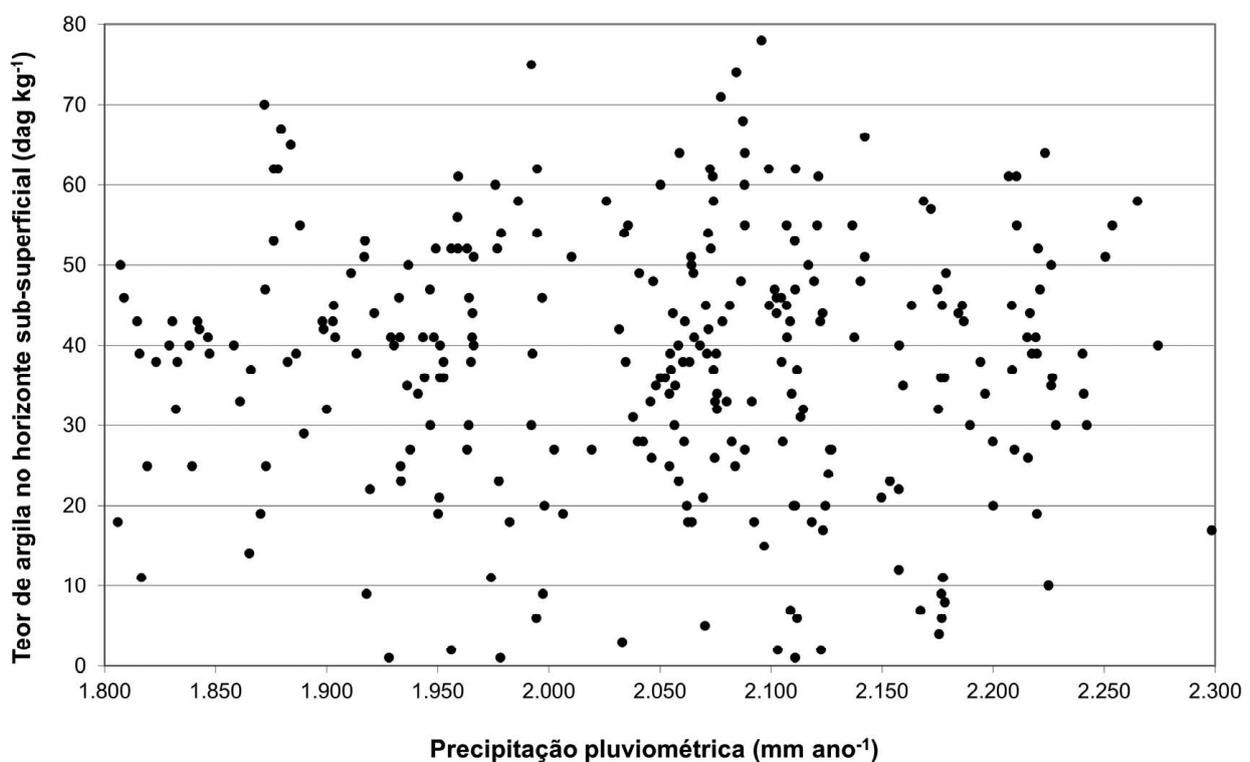


Figura 7. Teor de argila no horizonte subsuperficial dos solos do estado do Acre derivados de sedimentos de vários materiais de origem ($n = 255$) e sua relação com a precipitação pluviométrica anual.

As altas temperaturas condicionam uma maior taxa de intemperização (Jenny, 1941), ou seja, em regiões tropicais, a taxa de intemperismo é três vezes mais rápida que em regiões temperadas e nove vezes mais rápida que em regiões de clima polar. No Acre, as temperaturas são altas durante todo o ano, porém entre abril e outubro ocorre uma redução que dura aproximadamente 4 dias, em que a menor média já registrada foi de 8 °C (Brasil, 1976).

O clima atual ainda não tem uma influência direta na formação dos solos do Acre, que parecem estar mais associados às condições climáticas pretéritas, principalmente, aquelas nas quais a aridez predominou. Essas condições são mantidas, em parte, pela predominância de sedimentos pelíticos, pouco permeáveis. Nos perfis descritos, 56% apresentam mais de 30% de silte em sua composição granulométrica (Figura 8).

O clima atual favorece a latolização, porém ainda não houve tempo suficiente e o sistema é conservador. Nesse caso, quando mais arenoso, o material de origem favorece o processo de latolização. No entanto, como a bacia sedimentar é formada por estratos de composição diferenciada, mesmo os solos arenosos podem ter camadas argilosas, que impedem a drenagem interna do perfil.

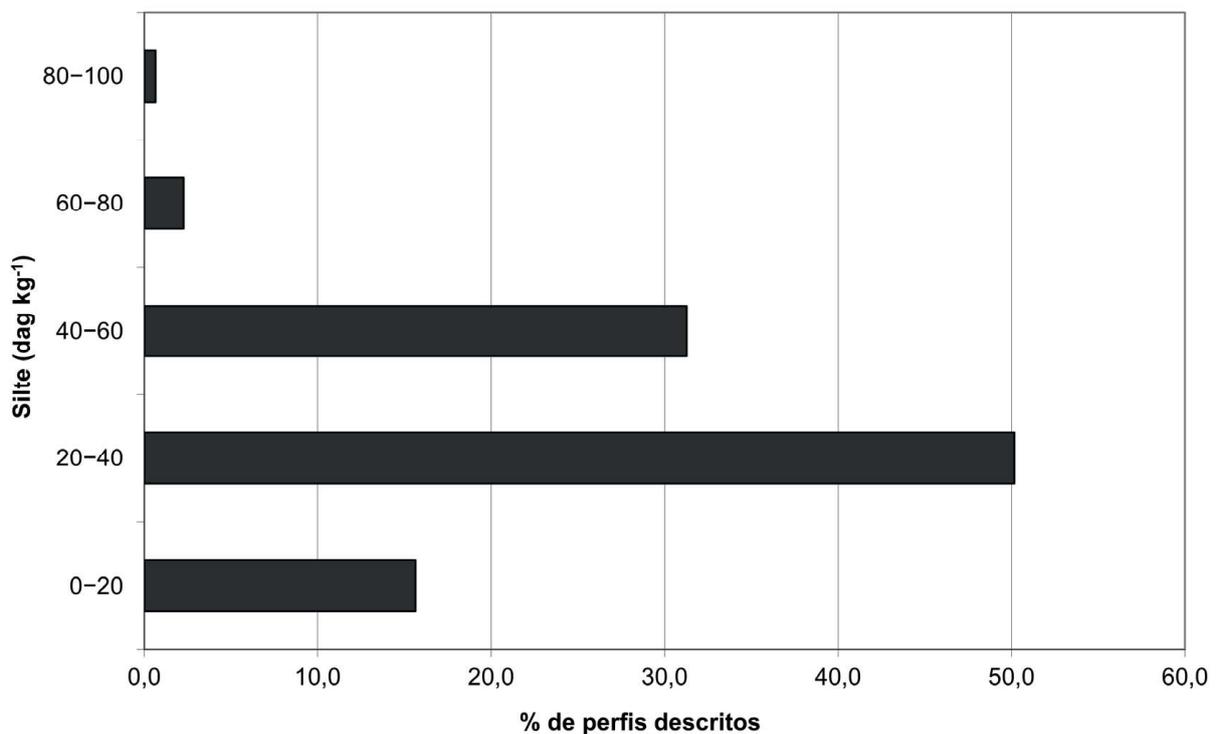


Figura 8. Distribuição dos teores de silte no horizonte subsuperficial de perfis de solos descritos no Acre (n = 307).

Material de origem

Praticamente, todo o território acreano é recoberto por rochas sedimentares, com ocorrência de afloramento do cristalino apenas no extremo oeste (Serra do Divisor). A maior extensão é ocupada pela Formação Solimões, onde ocorrem desde solos mais intemperizados como Latossolos até solos jovens como os Vertissolos.

Os sedimentos de ambiente redutor da Formação Solimões (Figura 9) seriam, em geral, abundantemente fossilíferos, micáceos, localmente calcíferos. Os níveis de linhito estão, na maioria das vezes, piritizados e gradam inferior e superiormente para argilitos carbonosos. A seção de ambiente oxidante, Formação Ramon, compõe-se de argilitos, siltitos e arenitos e apresenta coloração avermelhada, arroxeadada, amarelada e esbranquiçada, sendo comum a ocorrência de todas essas tonalidades em conjunto (Bezerra, 2003).

Dessa forma, na porção mais redutora, os sedimentos são mais finos, impedindo a percolação da água, caracterizando uma drenagem deficiente e a formação de solos aclimáticos, conforme descrito por Jenny (1941). Nesse caso, embora sob forte influência do clima quente e úmido, as características do material de origem permitem a manutenção de um pedoclima mais seco, que diminui a taxa de intemperização, condicionando a ocorrência de solos jovens.

Nos locais onde o sedimento é mais arenoso (cobertura detrítico-laterítica pleistocênica), há maior infiltração de água e maior taxa de intemperização, que condicionam solos mais profundos.

Dentre os solos já descritos e sistematizados no estado ($n = 307$), 45% possuem até 155 cm de profundidade e 73% são profundos (Figura 10). Os solos mais rasos ocorrem na região central do estado, que também está relacionada a sedimentos mais finos, onde o Ki é mais elevado (Figura 11).

Para compreensão sobre o material de origem como fator de formação, foi estruturada uma cronosequência, considerando-se os solos em uma provável sequência de intemperização, desde os mais intemperizados (Latosolos) até os mais jovens, como os Cambissolos e Vertissolos. Essa forma de estudar as relações de tempo e material de origem foi proposta por Jenny (1941). Esse transecto se estende de leste e oeste para o centro do estado, seguindo o incremento do índice Ki (Figura 11).

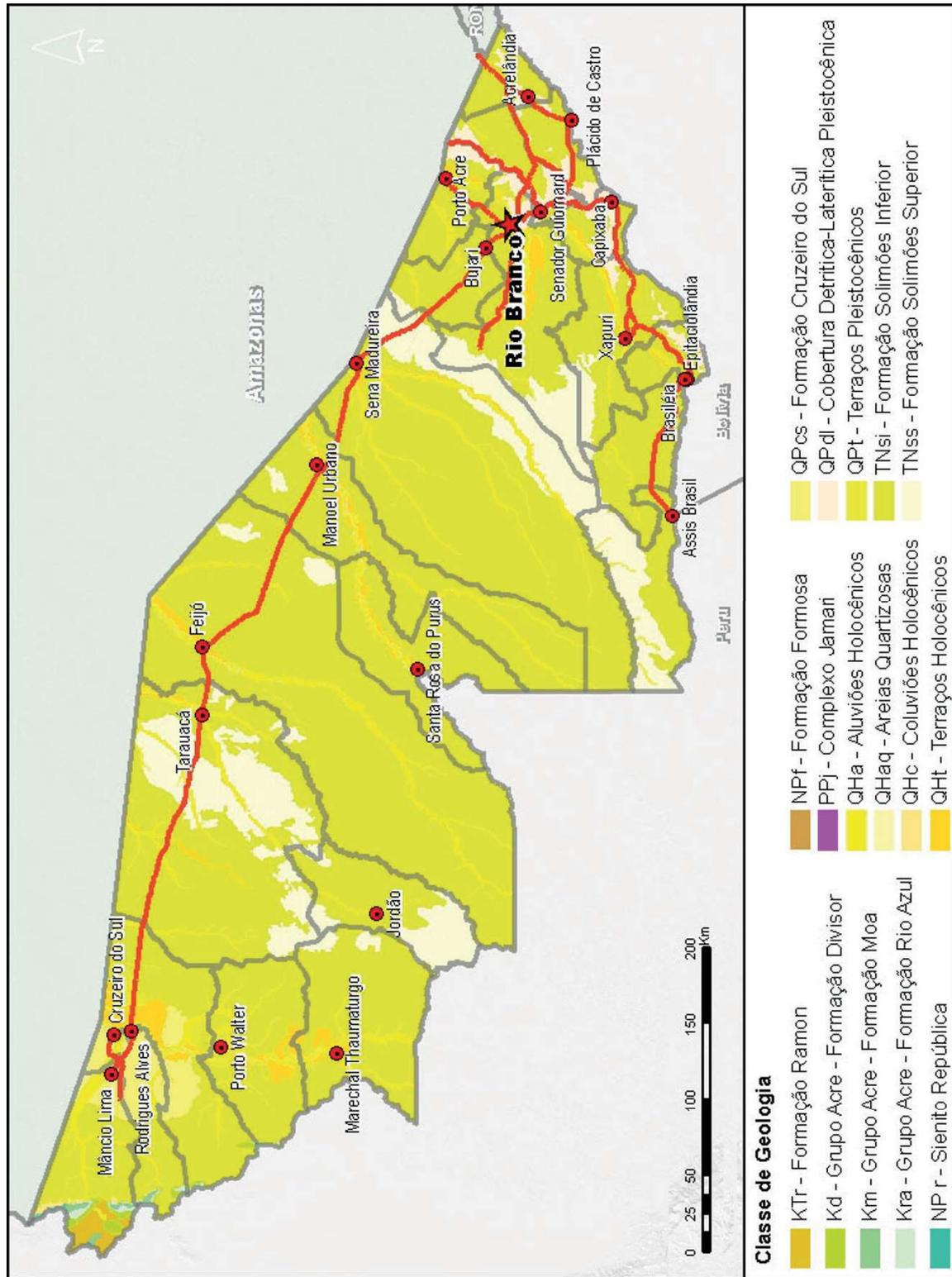


Figura 9. Mapa geológico do estado do Acre.

Fonte: Acre (2006).

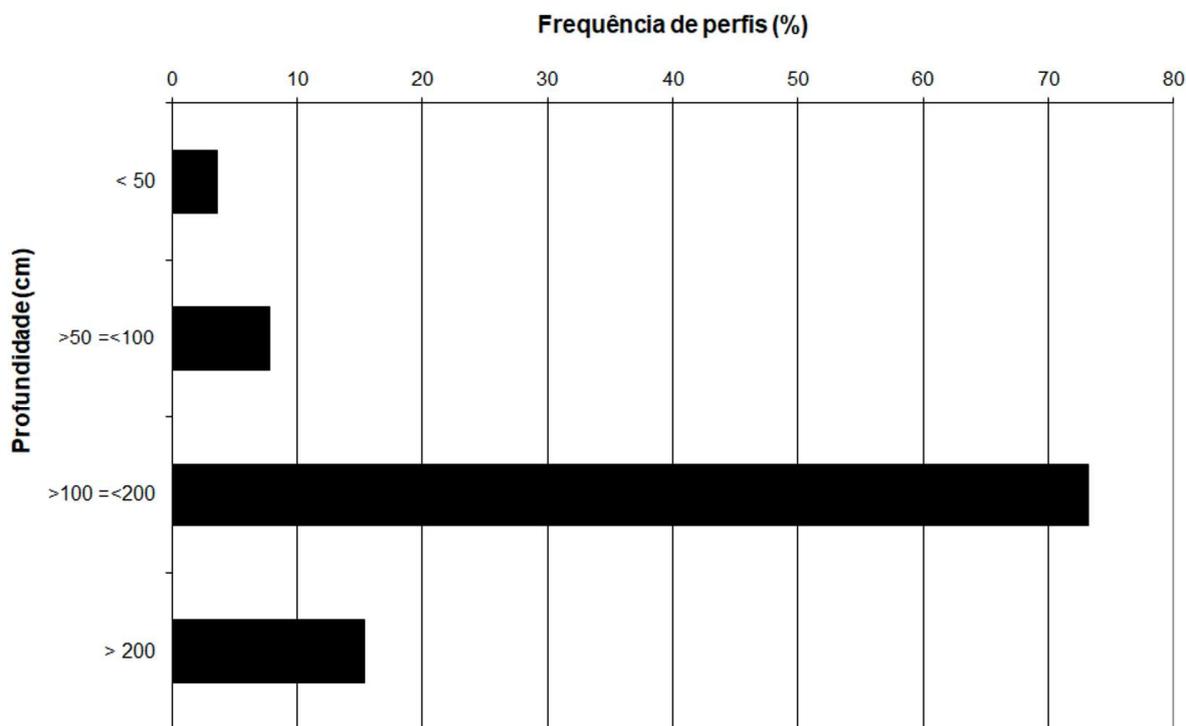


Figura 10. Histograma de frequência das profundidades dos perfis de solos descritos no estado do Acre (n = 307).

Os dados de Cooper et al. (2005) mostram uma média de valor K_i no horizonte B de $2,16 \pm 1,17$ (n = 5.637) no Brasil, enquanto os dados médios de K_i para o estado do Acre são $2,57 \pm 1,17$ (n = 290). Assim, de maneira geral, os solos do estado do Acre são menos intemperizados que os do restante do Brasil. Uma análise da macroescala da paisagem mostra a ocorrência de solos mais intemperizados no extremo leste do estado. No entanto, em uma escala local, ocorrem variações de intemperização relacionando os solos na paisagem, conforme observado em vários pontos de convergência, como a ocorrência de Argissolos associados aos Latossolos ou Luvisolos associados aos Argissolos.

No difratograma (Figura 12) realizado na amostra de argila natural de um dos perfis de Latossolos descritos, observa-se a ocorrência de caulinita, que segundo Resende et al. (2005) é comum para solos brasileiros e já havia sido descrita para solos da Amazônia por alguns autores (Möller, 1986; Santos, 1993).

A formação de caulinita nos solos implica condições ambientais, que promovam a lixiviação de bases, perdas de silício e tenham excesso de hidrogênio (Besoain, 1985). No extremo leste do estado do Acre, as condições de acidez e altas taxas de precipitação pluviométrica são predominantes e condicionam a formação de minerais de argila do tipo 1:1 (caulinita).

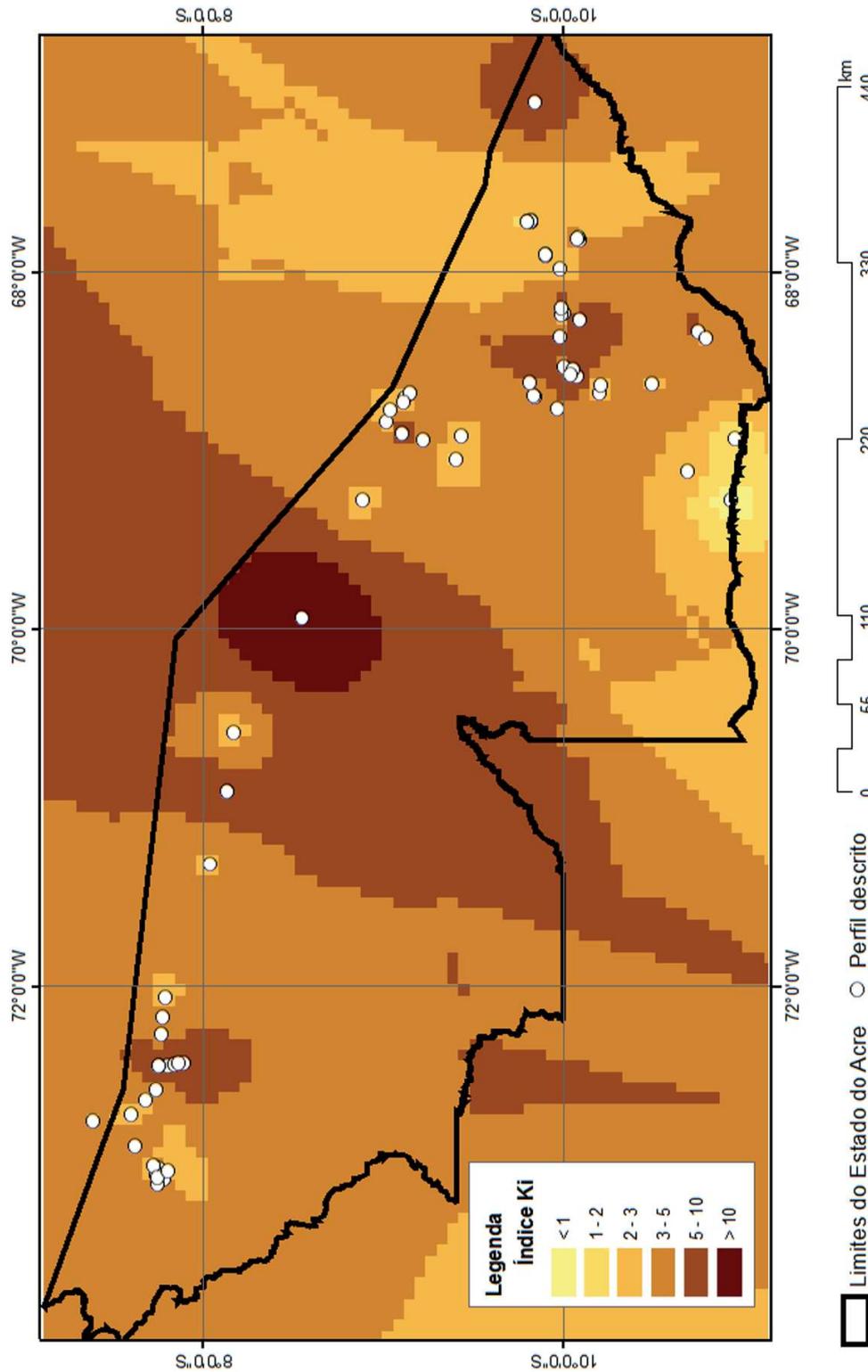


Figura 11. Modelagem da variação do índice Ki no horizonte B de solos do estado do Acre (n = 7), utilizando o interpolador IDW (Inverse Distance Weighting).

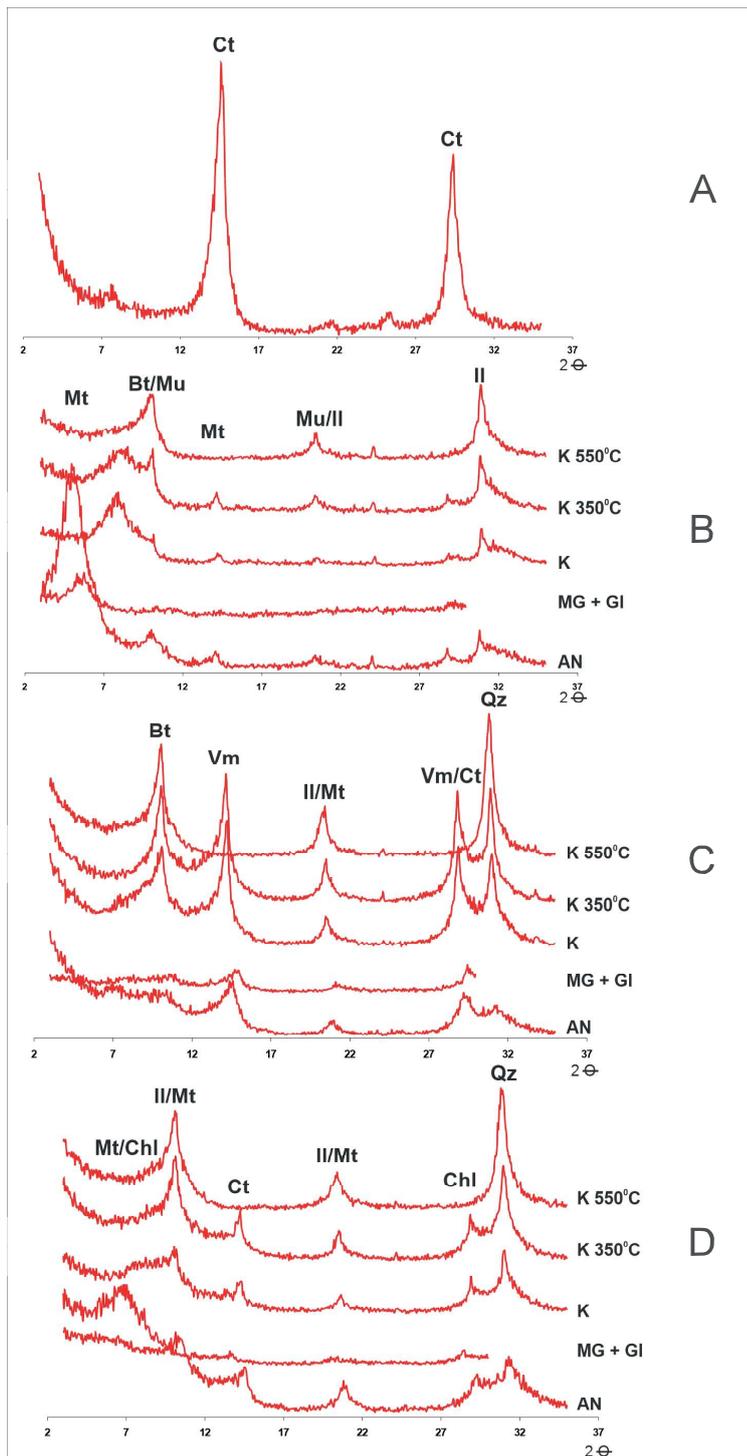


Figura 12. Difratomogramas de horizonte subsuperficial de perfis de solos representativos das ordens de ocorrência no estado do Acre, submetidos a diferentes tratamentos (K 550 °C – saturação com potássio e aquecimento a 550 °C; K 350 °C – saturação com potássio e aquecimento a 350 °C; K - K 550 °C – saturação com potássio; MG + GI – saturação com magnésio e glicerol; AN – argila natural), agrupados por solos maduros (Latosolos – A) e intermediários (Plintossolo – B, Luvisso – C, Argissolo – D).

Os minerais estão identificados com os códigos: Bt – biotita; Ct – caulinita; Chl – clorita; Il – illita; Mt – montmorillonita; Mu – muscovita; Qz – quartzo; Vm – vermiculita.

Além dos aspectos de identificação, o difratograma pode servir de referência para determinação do grau de cristalinidade e do tamanho da partícula; assim, quanto mais largo é o pico do difratograma, menor o tamanho da partícula ou pior grau de cristalinidade (Resende et al., 2005). Para o perfil analisado, a caulinita apresenta maior cristalinidade, o que pode ser comprovado pelas condições morfológicas predominantes (como a presença de estrutura granular e em blocos) do perfil e pela profundidade do solum (> 2,0 m), que expressam um alto grau de evolução.

As principais micas presentes nos solos ou em rochas, que atuam como material de origem de solos, são muscovita e biotita (Dixon; Weed, 1977).

A ocorrência de biotita foi identificada em Plintossolo e em Luvisolo, indicando que, apesar de estarem as duas ordens no grupo dos solos intermediários, nos Luvisolos, a biotita apresenta-se com maior cristalinidade, indicando serem solos mais jovens e, portanto, possuem maiores teores de nutrientes disponíveis (Figura 12).

Nos Plintossolos, os estudos de Möller (1986) e Rego (1986) indicaram a presença de caulinita, illita, montmorillonita, quartzo e óxidos de ferro, o que aparentemente demonstra que os Plintossolos do Acre têm uma maior relação com seu material de origem, com a presença de minerais primários, como a biotita. Ribeiro Neto (2001) encontrou, para Plintossolo, a presença de quartzo, caulinita, illita, vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas (VHE) e esmectita, o que demonstra solos menos evoluídos pedogeneticamente (devido às condições de relevo, posição na paisagem e restrição de drenagem) e concorda com outros trabalhos já realizados no Acre (Silva, 1999; Amaral, 2003; Bardales, 2005).

A muscovita faz parte do grupo das micas verdadeiras e é, depois da biotita, a mica mais comum da litosfera, diferenciando-se pelo maior teor de potássio (Kampf; Curi, 2003). No entanto, a existência de muscovita em solos é menos frequente do que parece. Muito do material micáceo atribuído à muscovita corresponde a formas alteradas, ou hidratadas, ou estruturas interstratificadas de muscovita (Besoain, 1985). A muscovita é uma mica de difícil alteração e por essa razão pode aparecer nas frações areia e silte dos solos (Dixon; Weed, 1977).

A illita foi identificada nos Plintossolos, o que não havia ocorrido em estudos anteriores (Möller, 1986; Rego, 1986) e pode estar associada ao ambiente conservador de ocorrência desses solos.

Em geral, as cloritas são herdadas como materiais primários, encontrados em rochas metamórficas e ígneas ou podem ser produtos de outros minerais, como a biotita (Dixon; Weed, 1977). No caso dos solos do Acre, a presença de clorita está relacionada à intemperização da biotita.

A diferença entre as micas e as cloritas é, basicamente, o material presente nas entrecamadas 2:1 que pode ser à base de alumínio ou magnésio (Kampf; Curi, 2003). Esse processo de formação é denominado de cloritização (Besoain, 1985). A ocorrência desse mineral evidencia a presença de hidróxidos nas entrecamadas, conforme postulado por Silva (1999). O alto teor de alumínio encontrado evidencia que, durante a formação desses

minerais nos solos do Acre, a lâmina de hidróxido entrecamadas é constituída de alumínio (gibbsita) (Kampf; Curi, 2003).

As vermiculitas, muito comuns nos solos (Besoain, 1985), são produtos de alteração das micas (Kampf; Curi, 2003). Foram identificadas nos Luvisolos e com alto grau de cristalinidade, indicando que essa ordem está no grau evolutivo menor, apesar de sua maior profundidade que os Plintossolos.

Macewan (1961) cita que o potássio das micas está submetido à diminuição por equilíbrio químico com a solução do solo, íons de troca e água, o que deve produzir, nos solos, o processo de transformação do tipo:

mica → illita → vermiculita → montmorillonita

A illita está presente nos Plintossolos, Luvisolos e Argissolos e já foi identificada para Plintossolos, por Rêgo (1986).

A diferença fundamental entre a montmorillonita e a vermiculita é a quantidade de carga estrutural, que se reduz na montmorillonita (Besoain, 1985). Ela foi constatada nos Plintossolos, Luvisolos e Argissolos, indicando ser, nesse caso, produto de intemperização das micas sendo já identificada para Plintossolos e Argissolos (Gama, 1986; Martins, 1993; Möller, 1986).

Ainda ocorreram formas menos cristalinas de caulinita nos Argissolos, indicando ser essa a ordem que se situa mais próxima dos Latossolos, em uma escala de evolução.

Dessa forma, considerando a mineralogia nos solos maduros e intermediários, a sequência de evolução ocorreria na seguinte ordem: Latossolos, Argissolos, Plintossolos e Luvisolos, que seriam os menos evoluídos e com maior presença de minerais primários.

Para a mineralogia dos solos mais jovens (Figura 13), além da ocorrência dos minerais já citados, foi identificada a presença da anidrita (sulfato de cálcio não hidratado) que constitui um dos principais minerais dos depósitos de evaporação de lagos (Besoain, 1985). Nesse caso, sua ocorrência nos Vertissolos enfatiza o seu papel como indicador de paleoambientes, uma vez que um ambiente lacustre predominante nessa área ocorreu em épocas passadas.

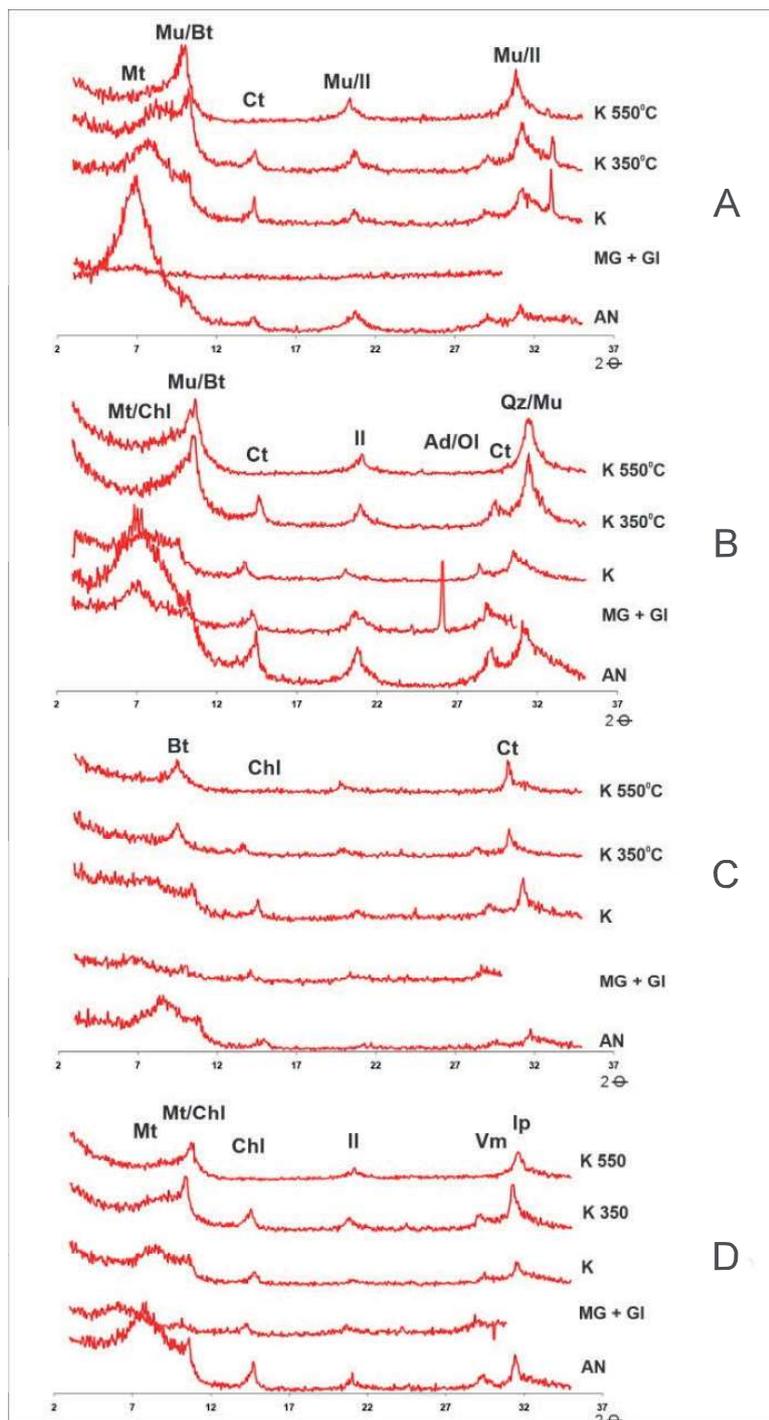


Figura 13. Difratomogramas de horizonte subsuperficial de perfis de solos representativos das ordens de ocorrência no estado do Acre, submetidos a diferentes tratamentos (K 550 °C – saturação com potássio e aquecimento a 550 °C; K 350 °C – saturação com potássio e aquecimento a 350 °C; K - K 550 °C – saturação com potássio; MG + GI – saturação com magnésio e glicerol; AN – argila natural), agrupados por solos jovens (Cambissolo – A, Vertissolo – B, Gleissolo – C, Neossolo – D).

Os minerais estão identificados com os códigos: Ad – anidrita; Bt – biotita; Ct – caulinita; Chl – clorita; Il – illita; Ip – lepidocrocita; Mt – montmorillonita; Mu – muscovita; Ol – olivina; Qz – quartzo; Vm – vermiculita.

Os minerais secundários, como a lepidocrocita, um óxido de ferro mono-hidratado (Fontes, 2002), são formados pela rápida oxidação dos componentes e contêm íons Fe^{2+} , quando a concentração de CO_2 é baixa (Besoain, 1985). Nesse caso, o ambiente de flutuação do lençol freático e de deposição de sedimentos, com alteração na disponibilidade de CO_2 , contribui para a formação desse mineral nos Neossolos Flúvicos.

A mineralogia interfere, diretamente, na disponibilidade de cargas no solo. No setor leste do estado, ocorrem os solos com menor CTC e, à medida que se avança para oeste (região de domínio dos Cambissolos e Vertissolos), há um incremento significativo na capacidade de troca de cátions, que atinge valores de até 39,3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (Figura 14). Valores semelhantes (40,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) já haviam sido descritos por Rodrigues (1996), em solos do Acre.

Naqueles solos em que há condições de má drenagem associada à flutuação do lençol freático, como nos Gleissolos e Neossolos Flúvicos, os minerais possuem menor cristalinidade, evidenciando o caráter conservador desses ambientes. Os Gleissolos também possuem uma menor diversidade mineralógica que os Neossolos Flúvicos descritos. Para os Gleissolos, Möller (1986) identificou a ocorrência de montmorillonita/vermiculita, caulinita, mica, quartzo e feldspato, enquanto, no presente estudo, foram identificadas biotita e clorita.

Nos Cambissolos, foram identificadas montmorillonita, muscovita, biotita, illita e caulinita. Além desses minerais, Möller e Kitagawa (1982) identificaram também quartzo e amorfos. Essa diversidade mineralógica enfatiza o caráter de menor idade relativa desses solos e a diversidade mineralógica do material de origem sedimentar.

De acordo com suas características mineralógicas, os solos do Acre podem ser agrupados na seguinte sequência de maturidade (mais jovem → mais desenvolvido):

Neossolo Flúvico → Gleissolo → Vertissolo → Cambissolo → Luvisolo → Plintossolo
→ Argissolo → Latossolo

Relevo

Enquanto fator de formação do solo, o relevo denota a configuração da superfície (pedoforma) e pode modificar o perfil de três maneiras: a) facilitando a absorção e retenção de água de precipitação; b) influenciando o grau de remoção de partículas do solo pela erosão; e c) facilitando a movimentação de materiais em suspensão ou em solução, para outras áreas (Jenny, 1941).

Assim, pode-se trabalhar no conceito de que o relevo dá condições para a ação da água no perfil de solo. Nesse contexto, considerando os dados de clima constantes com a alta taxa média anual constante, podem-se analisar alguns dados físicos e químicos do horizonte A dos solos do Acre agrupados pela drenagem (Tabela 2). Os dados mostram que, nos solos bem drenados, os teores de argila em superfície são menores, evidenciando os efeitos da água no transporte de material em suspensão e a intensificação dos processos erosivos.

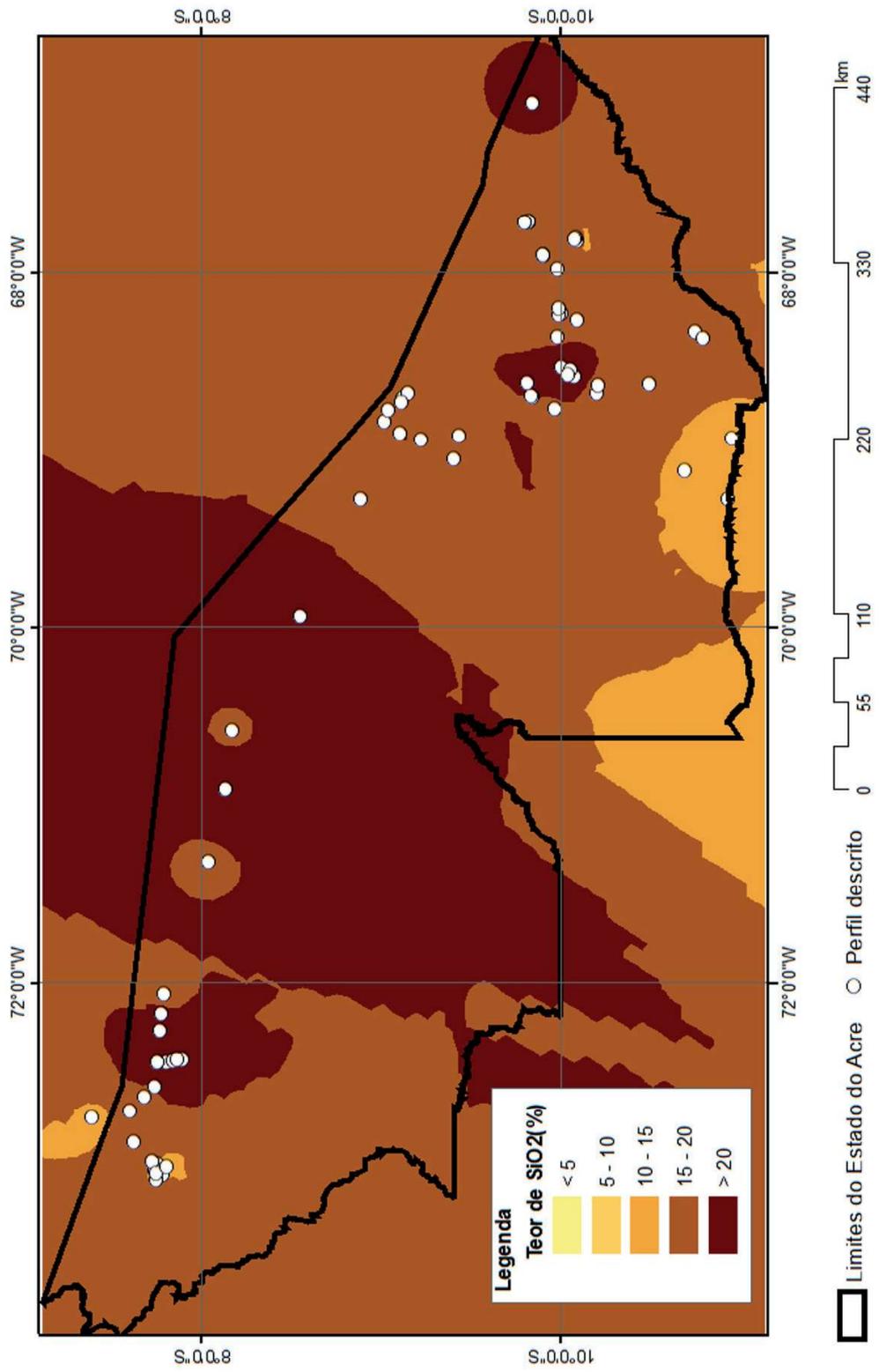


Figura 14. Modelagem da variação no teor de SiO₂ (%) no horizonte B de solos do estado do Acre (n = 78) utilizando o interpolador IDW (Inverse Distance Weighting).

Tabela 2. Dados físicos e químicos de horizonte A dos solos do Acre, agrupados conforme as condições de drenagem (n = 285).

Drenagem	Perfil	Argila	Carbono orgânico	pH	P	Ca	Soma de bases
		----- dag kg ⁻¹ -----			mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----	
Solos bem drenados	101	19±12,2	1,8±1,0	4,6±1,0	5,8±5,6	5,2±8,4	6,8±9,6
Solos moderadamente a mal drenados	184	23,6±13,9	1,9±1,7	5,1±0,8	7,0±7,5	9,2±11,3	11,6±13,0

Os dados químicos dos solos, agrupados de acordo com grandes categorias de drenagem, enfatizam o papel da água associada com o relevo de ocorrência enquanto fator de formação dos solos. Nos solos bem drenados, os teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio, soma de bases e o pH tendem a ser menores, enfatizando a ação da água nos processos de lixiviação. Nos solos moderadamente drenados, entretanto, há tendência de maiores teores, indicando um ambiente mais conservador e com uma ação da água no sentido de remoção de material superficial.

Os solos mais profundos e mais desenvolvidos, que ocorrem no território acreano (Latosolos), estão em uma situação de menor altitude relativa para os perfis descritos (212 cm ± 23 cm) e nas manchas mapeadas (186,1 cm ± 24,5 cm), tendo, nesse caso, uma forte influência do material de origem enquanto fator de formação do solo (Figura 15).

Os Vertissolos e Cambissolos, que seriam algumas das ordens menos desenvolvidas do estado do Acre, ocorrem em altitudes de 241,2 m ± 49,1 m e 253,4 m ± 43,6 m, respectivamente. Tal fato indica ter havido uma movimentação recente da paisagem, elevando esses blocos que antes ocupavam posição de fundo de vale, sendo ressaltado por Cavalcante (2006) e facilmente detectável em campo pelas condições morfológicas desses perfis, que ainda estão associados à ocorrência de carbonatos e sulfato de cálcio, fato incomum nessa posição da paisagem e nas condições climáticas atuais.

Em condições locais, em escalas mais detalhadas, Argissolos (235,7 m ± 43,1 m), Plintossolos (207,8 m ± 31,0 m) e Gleissolos (204,3 m ± 36,4 m) formam uma topossequência padrão para as condições climáticas atuais e de relevo, em que os Argissolos ocupam o topo da paisagem, tendo os Plintossolos na posição intermediária e naquelas paisagens onde as condições de hidromorfismo permitem a ocorrência de Gleissolos.

Os Luvisolos (254,2 cm ± 47,7 cm) aparecem no topo da paisagem, porém há uma ação do clima atual, que condicionou uma maior profundidade, mas associada ainda à argila de atividade alta e a altos teores de nutrientes, em razão do pouco tempo de pedogênese.

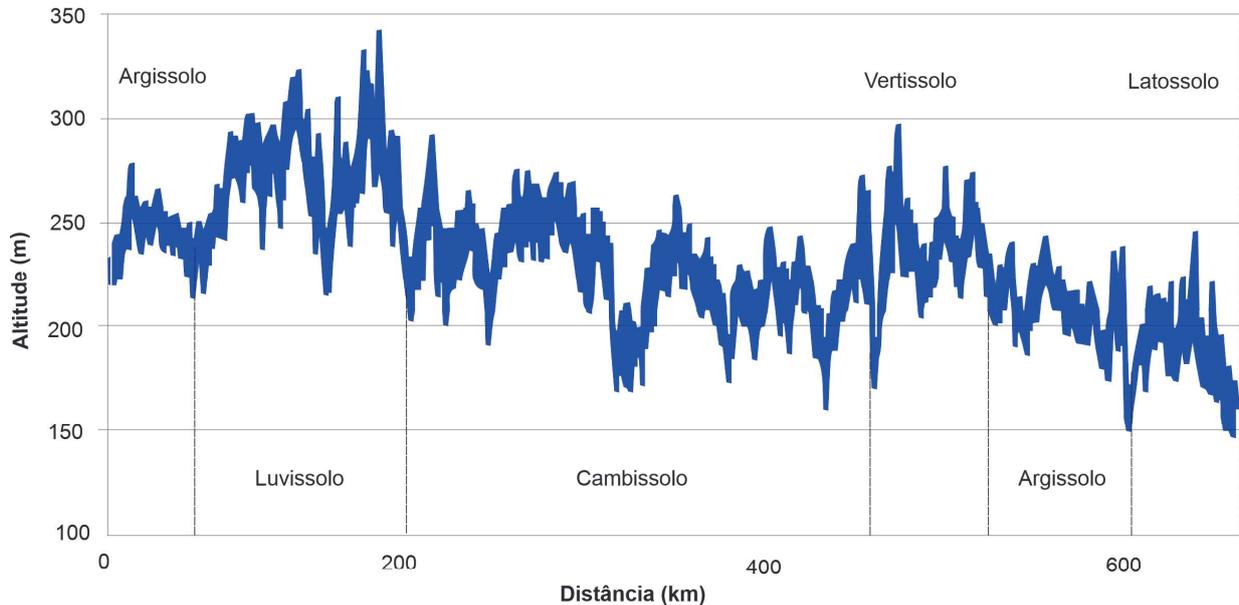


Figura 15. Corte altimétrico no estado do Acre, com indicação das ordens predominantes por seção, no sentido oeste-leste, de Cruzeiro do Sul a Acrelândia.

Fonte: Amaral (2007).

Organismos vivos

Como fator ativo de formação do solo, a Biosfera compreende duas divisões distintas: a Fitosfera e a Zoosfera (Vieira, 1975).

Os efeitos da floresta em função das mudanças climáticas do Quaternário ocasionaram alterações drásticas no ambiente, que condicionaram uma variação de floresta à savana, não permitindo a incorporação efetiva da floresta como fator de formação do solo, estando a ação da floresta atual presente de forma moderada na paisagem.

De fato, considerando-se três grandes tipologias florestais, ou seja, floresta aberta com palmeira, floresta aberta com bambu e floresta densa, que ocorrem nos diferentes tipos de solos, não se verifica uma relação direta com a vegetação, exceto para alguns ecossistemas, como a Campinarana que está associada aos Espodossolos, em algumas inclusões de manchas no extremo oeste do Acre.

Vidalenc (2000), correlacionando classe de solos com tipologias florestais de bambu, chegou à conclusão de que as florestas abertas com bambu, no sudoeste da Amazônia, estão associadas aos Vertissolos, por sua vez associados à unidade morfoestrutural colinosa da Depressão Rio Acre-Rio Javari. O bambu (*Guadua weberbaueri*) ocorre no interior dessas florestas, encontrando condições propícias, que levam à formação de florestas

monodominantes. Os solos bem a moderadamente drenados (Argissolos e Luvisolos) ou bem drenados (Latosolos) são cobertos por uma floresta menos decídua e também possuem baixos teores de bases trocáveis. O bambu não ocorre nesses solos. Assim, extensas áreas tabulares do Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental excluem os tabocais e também representam o limite leste desse tipo de formação vegetacional.

Assim, a vegetação condiciona uma moderada relação com a distribuição dos solos da paisagem, uma vez que sua inserção na paisagem é posterior à formação do relevo atual. Nesse sentido, o papel da vegetação é muito mais de proteção do solo aos efeitos erosivos da precipitação atual.

O homem como fator de formação (Vieira, 1975) tem um papel fundamental na manutenção da cobertura vegetal para impedir, no caso do Acre, um aumento significativo nas taxas de erosão e seus efeitos indiretos, como assoreamento de rios e igarapés e incremento das inundações sazonais no estado.

Em termos de intemperismo, o desmatamento em Latossolo terá muito menor impacto que o desmatamento em um Vertissolo, pois, nesse segundo caso, acarretará a exposição direta do perfil de solo às condições climáticas, que não possui capacidade de absorção da água, condicionando o aumento do escoamento superficial. Além disso, aumentará o grau de solubilização dos sulfatos e carbonatos hoje existentes e a taxa de lixiviação desses solos.

Nas viagens de campo, observou-se que montículos de termiteiros e formigas-cortadeiras (*Atta* spp.) são comuns na área entre Rio Branco e Senador Guiomard, associados a Latossolos e Argissolos, mas pouco frequentes nas áreas de Cambissolos e Vertissolos, onde há uma notável abundância de cigarras, que constituem um componente importante da mesofauna dos solos do Acre. Seu papel na pedogênese dos solos acreanos permanece uma incógnita, devido à inexistência de estudos.

Tempo

Jenny (1941) define as fases de formação do solo em um estágio inicial, compreendendo o material de origem, estágios intermediários de evolução e estágio final do sistema, em que estão representados os solos maduros.

A estimativa da idade relativa ao grau de maturidade do solo é, universalmente, baseada na diferenciação de horizontes. Na prática, essa estimativa é baseada no número de horizontes e supõe-se que quanto mais desenvolvidos forem, mais maduro será o solo (Vieira, 1975).

Considerando as oito ordens principais do estado do Acre, pode-se fazer um arranjo em termos de idade relativa e agrupá-las de acordo com a proposta de Jenny (1941), conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3. Variação do índice Ki e relação silte-argila nas principais ordens de solos no estado do Acre.

Fase de evolução	Ordem	Relação	
		Ki	Silte-argila
Solos maduros	Latossolo (n = 8)	2,0 ± 0,3	0,5 ± 0,3
Solos intermediários	Plintossolo (n = 27)	1,9 ± 0,4	1,1 ± 0,2
	Argissolo (n = 78)	2,2 ± 0,4	1,3 ± 0,2
	Luvissolo (n = 10)	2,4 ± 0,4	3,0 ± 6,5
Solos jovens	Gleissolo (n = 14)	3,0 ± 0,9	1,0 ± 0,4
	Cambissolo (n = 41)	2,8 ± 0,7	2,9 ± 9,9
	Vertissolo (n = 9)	3,8 ± 2,6	2,4 ± 3,2
	Neossolo (n = 15)	3,5 ± 1,5	4,4 ± 6,9

A relação Ki expressa a relação molecular entre o silício e o alumínio no solo, sendo um indicador indireto do grau de evolução do solo. Segundo Resende (1983), a caulinita tem Ki igual a 2, semelhante à muscovita. A esmectita tem Ki próximo a 5,6 e a vermiculita tem Ki igual a 5,0. A biotita e os feldspatos têm Ki próximos a 6,0. Quando os teores de caulinita são iguais aos da gibbsita e não existem outros minerais fornecendo Si ou Al, o Ki é igual a 0,75. Utilizando essas referências, nota-se que mesmo os solos mais intemperizados (Latosolos) têm uma concentração de caulinita, conforme já observado por Amaral (2003).

O uso do Ki indica uma relação estreita com o grau de intemperização, estando nos solos maduros com valores em torno de 2,0, nos solos intermediários entre 2,0 e 2,4 e nos solos jovens acima de 2,4, considerando a variabilidade dentro de cada classe.

A relação silte-argila é utilizada como um indicador do estágio de intemperismo presente em solos de regiões tropicais (Embrapa, 2006), sendo a lógica dessa aplicação que o silte é a partícula mais instável (Resende et al., 2002).

A composição do material de origem faz com que a relação silte-argila apresente uma tendência geral no sentido de incremento dos Latossolos para os Neossolos, podendo ser utilizada como um indicador secundário de idade relativa dos solos do Acre.

Pedopaisagem

Os solos do Acre estão agrupados em oito ordens, que incluem desde solos bem desenvolvidos (Latosolos) até solos jovens, como os Neossolos Flúvicos.

Em nível de paisagem, considerando a escala mesorregional de 1:250.000, os Argissolos ocupam mais de 6 milhões de hectares do território acreano, sendo a ordem com maior extensão territorial, correspondente a 38% (Tabela 4). Por outro lado, os Cambissolos ocupam mais de 5 milhões de hectares (32%), o que significa que 70% do território acreano é ocupado por essas duas ordens. Em termos de evolução pedológica, tem-se uma ordem de solos intermediários e outra de solos jovens, condicionando ambientes diferenciados em termos de características morfológicas, físicas e químicas, demandando manejos diferenciados.

Além dos Argissolos e Cambissolos, há que se considerar os mais de 2 milhões de hectares de Luvisolos e as manchas de Plintossolos e Vertissolos, que ocupam 2,2% e 3,0% do território acreano, respectivamente.

Os Latossolos possuem textura no B, que varia de média a muito argilosa com baixos teores de silte, sendo essa sua característica mais peculiar. Os Plintossolos possuem maior concentração de perfis com textura argilosa, porém apresentam perfis com textura média e muito argilosa no horizonte subsuperficial, e menores teores de areia que os Latossolos (Figura 16). Comparando os dois conjuntos de perfis, evidencia-se a menor capacidade de infiltração dos Plintossolos por apresentar textura mais fina e estrutura mais grosseira.

Os solos maduros ocorrem em ambientes de relevo tabular e com rede de drenagem bem estabelecida. Ocupam áreas de altitudes, que variam de 141 m a 199 m no oeste do estado e de 176 m a 251 m no extremo leste, regiões de ocorrência de relevo tabular e Latossolos associados.

No ambiente dos Argissolos há maior variabilidade nas características topográficas, que refletem em uma maior variabilidade nas características físicas, químicas e morfológicas dos perfis descritos no estado do Acre.

Os Plintossolos ocorrem, principalmente, na região leste do estado no município de Rio Branco e também no extremo oeste do Acre. O horizonte plíntico, quando submetido a diversos ciclos de umedecimento e secagem e após o rebaixamento do lençol freático, desidrata irreversivelmente e torna-se extremamente duro quando seco.

Os Luvisolos representam uma classe muito importante para o Acre, uma vez que ocupam 14,6% do território acreano, correspondendo a cerca de 2.400.000 ha.

Tabela 4. Distribuição das subordens de solos no estado do Acre de acordo com o mapa de solos na escala 1:250.000.

Solo	Área (hectare) ⁽¹⁾	Área (%)
Latossolo		
Latossolo Vermelho	270.307,98	1,65
Latossolo Vermelho-Amarelo	211.881,33	1,29
Latossolo Amarelo	33.300,00	0,20
Subtotal	515.489,31	3,14
Argissolo		
Argissolo Vermelho	855.487,71	5,22
Argissolo Vermelho-Amarelo	3.764.779,11	22,99
Argissolo Amarelo	1.655.264,79	10,11
Subtotal	6.275.531,61	38,32
Luvissolo		
Luvissolo Crômico	14.898,06	0,09
Luvissolo Hipocrômico	2.375.597,88	14,51
Subtotal	2.390.495,94	14,60
Plintossolo		
Plintossolo Argilúvico	30.254,04	0,18
Plintossolo Háptico	330.887,97	2,02
Subtotal	361.142,01	2,20
Cambissolo		
Cambissolo Háptico	5.168.450,97	31,56
Vertissolo		
Vertissolo Háptico	498.063,87	3,04
Gleissolo		
Gleissolo Háptico	978.561,36	5,98
Neossolo		
Neossolo Quartzarênico	4.937,31	0,03
Neossolo Flúvico	184.217,13	1,12
Subtotal	189.154,44	1,15
Total	16.376.889,51	100,00

⁽¹⁾A área referente à água não foi considerada.

Fonte: Acre (2006).

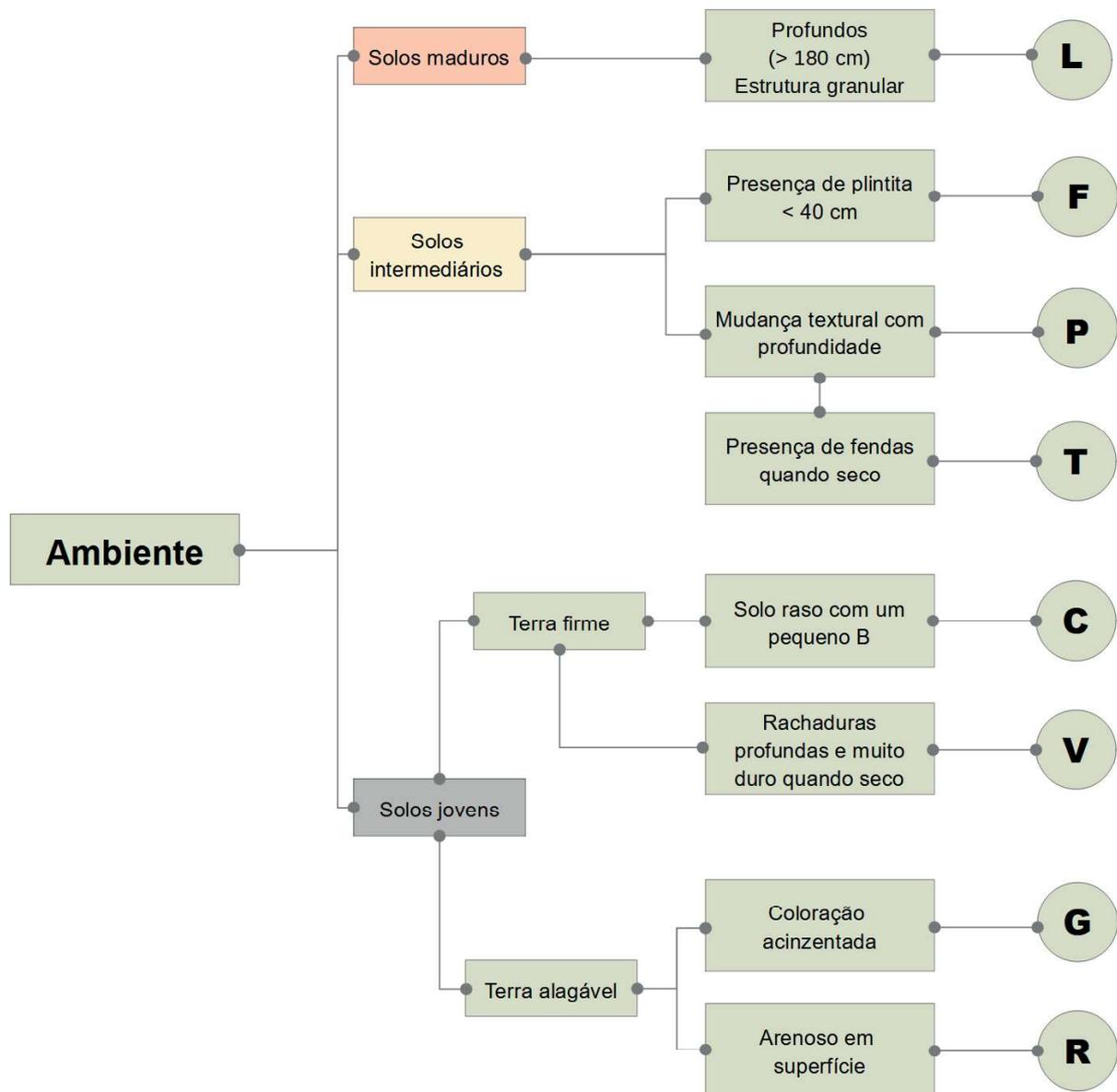


Figura 16. Chave de identificação de ambientes em nível de paisagem no estado do Acre: L – Latossolo; F – Plintossolo; P – Argissolo; T – Luvisolo; C – Cambissolo; V – Vertissolo; G – Gleissolo; R – Neossolo.

A paisagem de ocorrência de Cambissolos ocupa mais de 5 milhões de hectares, ou 31,56% das terras do Acre, condicionando situações extremas de manejo em ecossistema amazônico (Amaral et al., 2006). Em nível de subordem, os Cambissolos descritos no Acre se enquadram como Cambissolos Háplicos, apresentando variações na atividade de argila, eutrofia, distrofia e caráter vértico (Gama, 1986; Amaral, 2003; Melo, 2003; Bardales, 2005).

Os Vertissolos ocupam uma extensão territorial de aproximadamente 500 mil hectares, correspondentes a 3,0% de toda área do estado. São solos jovens e, devido as suas características físicas, de difícil manejo.

Os Gleissolos ocupam 978.561 ha no estado do Acre, o que representa 6% do território. É uma área considerável e está associada às margens de rios e igarapés. Assim como os Gleissolos, os Neossolos Flúvicos ocorrem nas margens dos grandes rios, sendo a sua fertilidade diretamente relacionada à qualidade do sedimento depositado. Ocorrem em altitudes que variam de 130 m a 237 m.

Dentro de cada pedoambiente, há uma variação local com ocorrência de outras classes de solos. Dessa forma, é possível estruturar uma chave de identificação de ambientes (Figura 16), estratificando os solos de acordo com sua idade relativa (característica genética) e dados de campo (características morfológicas). Essa chave de classificação constitui uma ferramenta auxiliar de primeira ordem para estudos integrados e permite uma visão geral do ambiente e um indicativo das classes de ocorrência, o que contribui para o melhor conhecimento dos recursos locais.

Considerações finais

Os solos da Bacia do Acre, na qual o estado se insere, em razão de sua gênese peculiar possuem características diferenciais, principalmente, devido à presença de minerais primários na fração argila, o que denota um pedoclima contrastante com as condições climáticas atuais. Assim, em sua formação, são mais influenciados por feições geológico-tectônicas do material de origem e organismos vivos do que pelo clima e relevo locais.

Os solos do Acre possuem características peculiares em relação aos outros estados da Amazônia, que contribuem para um endemismo pedológico, com a presença de Vertissolos e Luvisolos, fruto de uma bacia sedimentar, que foi submetida por um processo de gênese peculiar e possui uma atividade tectônica nos dias atuais.

Os solos desenvolvidos na região do antigo depósito flúvio-lacustre tiveram sua pedogênese retardada em razão do clima mais seco e frio no Quaternário recente, o que se evidencia pela presença de CaCO_3 e CaSO_4 nos solos atuais e na alta fertilidade natural.

De posse dos dados físicos, químicos e mineralógicos, foi possível estabelecer uma cronossequência dos solos do Acre, arranjando-os em ordem crescente de evolução:

Neossolo → Gleissolo → Vertissolo → Cambissolo → Luvisolo
→ Plintossolo → Argissolo → Latossolo

A estratificação do estado em pedoambientes, de acordo com a idade relativa das ordens e características físicas e químicas, representa um auxílio de primeira ordem para entender os pedoambientes, suas restrições e seu potencial para usos sustentáveis.

Referências

ABSY, M. L. Palynology of Amazonia: the history of the forests as revealed by the palynological record. In: PRANCE, G. T.; LOVEJOY, T. E. (ed.). **Amazônia**. Oxford: Pergamon Press, 1985. p. 42-72.

ACRE (Estado). Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico: recursos naturais e meio ambiente**. documento final – 1ª fase. Rio Branco, AC: Sectma, 2000. v. 1, 116 p.

ACRE (Estado). Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II. **Documento síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco, AC: Sema, 2006. 350 p.

ACRE (Estado). Secretaria Executiva do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. **Base Cartográfica – Escala 1:100.000**. Rio Branco, AC, 2005. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. F. G. de. A drenagem festonada e seu significado fotogeológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. **Resumo das comunicações...** Porto Alegre: SBGEO, 1974. V. 1, p. 274-276.

ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 25, p. 27-32, 2000.

AMARAL, E. F. do. **Ambientes, com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Iaco e Acre, Brasil**. 2003. 129 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMARAL, E. F. do; ARAÚJO NETO, S. E. de. **Levantamento do reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do projeto de assentamento Favo de Mel, município de Sena Madureira, Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF-AC. 1998. 75 p. (EMBRAPA-CPAF-AC. Documentos, 36).

AMARAL, E. F. do; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; PINHEIRO, C. L. S.; BARDALES, N. G.; AMARAL, E. F. do; OLIVEIRA, M. V.; BEZERRA, D. C. F. **Ambientes com ênfase no solo: Rio Branco a Mâncio Lima**. Rio Branco: Acre, 2001. 1 CD-ROM.

AMARAL, E. F. do; RODRIGUES, T. E.; CORDEIRO, D. G.; LIMA, M. V. de O. **Caracterização e classificação dos solos do seringal São Salvador, município de Mâncio Lima, Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2000a. (Embrapa Acre. Circular técnica, 36). Não publicado.

AMARAL, E. F. do; MELO, A. W. F. de; OLIVEIRA, T. K. de. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola da região de inserção do Projeto RECA**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF-AC, 2000b. 39 p. (EMBRAPA-CPAF-AC. Boletim de pesquisa, 27).

AMARAL, E. F.; ARAÚJO, E. A.; MELO, A. W. F.; RIBEIRO NETO, M. A.; SILVA, J. R. T.; SOUZA, A. N. **Solos e aptidão agroflorestal**. In: ACRE (Estado). **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco, AC: Sectma, 2000c. v. 1, cap. 5, p. 37-48.

AMARAL, E. F.; VALENTIM, J. F.; LANI, J. L.; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A. Áreas de risco de morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu, com o uso da base de dados pedológicos do zoneamento ecológico-econômico no Estado do Acre. In: BARBOSA, R. A. (org.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 151-174.

- ARAÚJO, E. A. **Caracterização de solos e modificação provocada pelo uso agrícola no assentamento Favo de Mel, na região do Purus - Acre.** 2000. 122 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ASMUS, H. E.; PORTO, R. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM GEOLOGIA DO PETRÓLEO, 1973, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Petrobrás-Sepes, 1973. v. 1.
- BARDALES, N. G. **Gênese, morfologia e classificação de solos do baixo vale do rio Iaco, Acre, Brasil.** 2005. 133 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BESOAIN, E. **Mineralogia de arcillas de suelos.** San José, Costa Rica: IICA, 1985. 1205 p.
- BEZERRA, P. E. L. **Compartimentação morfotectônica do interflúvio Solimões-Negro.** 2003. 335 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Centro de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC. 19. Rio Branco:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1976. 458 p. (Levantamento de recursos naturais, 12).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC. 18 Javari/Contamana:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1977. 420 p. (Levantamento de recursos naturais, 13).
- CAMPOS, C. W. M.; BACOCOLI, G. Os altos síncronos e a pesquisa de petróleo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27., Aracajú, 1973. **Anais...** Natal: SBGEO, 1973. V. 3, p. 373-415.
- CAVALCANTE, L. M. **Geologia do Estado do Acre.** Rio Branco, AC: Sema: Imac, 2006. 42 p. Artigo produzido para o ZEE Fase II. Não publicado.
- COFFEY, G. N. **A study of the soils of the United State.** Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Bureau of Soils, 1912. 120 p. (Bulletin, 85).
- COOPER, M.; MENDES, L. M. S.; SILVA, W. C. S.; SPAROVEK, G. A national soil profile database for Brazil available to international scientists. **Soil Science Society America Journal**, v. 69, n. 3, p. 649-652, May 2005.
- CUNHA, F. M. B. da. **Estado do Acre:** reconhecimento geológico dos rios Purus, Santa Rosa, Chandless, Iaco e Acre. Belém: Petrobrás-SRAZ, abr. 1963. 24 p. (Petrobrás. Relatório técnico interno, 532-A).
- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo.** 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 26 p. (UFV. Boletim de extensão, 29).
- DIAS, A. C.; LUIZ, J. G.; LOURENÇO, J. S. **Geofísica aplicada ao mapeamento geológico do Estado do Acre:** relatório técnico. Belém: Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, 1976. 15 p.
- DIXON, J. B.; WEED, S. B. **Minerals in soil environments.** Wisconsin, USA: Soil Society of America, 1977. 948 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. rev e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- FISH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998.
- FONTES, M. P. F. **Mineralogia do solo.** Viçosa: UFV, 2002. 82 p. Roteiro de aulas teóricas da disciplina Mineralogia do Solo.

- FRAILEY, C. D.; LAVINA, E. L.; RANZI, A.; SOUZA FILHO, J. P. de. A proposed Pleistocene/Holocene lake in the Amazon basin and its significance to amazonian geology and biogeography. **Acta Amazonica**, v. 18, n. 3-4, p. 119-143, 1988.
- GAMA, J. R. N. F. **Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta do estado do Acre**. 1986. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí.
- HAFFER, J. Aspects of Neotropical bird speciation during the Cenozoic. In: GARETT, N.; ROSEN, D. (ed.). **Vicariance biogeography: a critique**. New York: Columbia University Press, 1981. p. 371-412.
- HAFFER, J. **Avian speciation in Tropical South America**. Cambridge, Massachusetts: Nuttall Ornithological Club, 1974. 390 p. (Nuttall Ornithological Club, 14).
- IBGE. **Projeto de proteção do meio ambiente e das comunidades indígenas: diagnóstico geoambiental e sócio econômico: área de influência da BR-364 trecho Porto Velho/Rio Branco**. Rio de Janeiro: Ipean, 1990. 144 p.
- IBGE. **Projeto de proteção do meio ambiente e das comunidades indígenas: diagnóstico geoambiental e sócio econômico: área de influência do Vale do Juruá**. Rio de Janeiro: Ipean, 1994. 144 p.
- IRION, G. Sedimentation and sediments of Amazonian rivers and evolution of the Amazonian landscape since Pliocene times. In: SIOLI, H. (ed.). **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Switzerland: Springer Nature, 1984. p. 201-214.
- IRIONDO, M. The Quaternary of Ecuador. **Quaternary International**, v. 21, p. 101-112, 1994.
- IRIONDO, M.; LATRUBESSE, E. A probable scenario for a dry climate in Central Amazonia during the late Quaternary. **Quaternary International**, v. 21, p. 121-128, 1994.
- JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.
- KAMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 3, p. 1-54, 2003.
- KRONBERG, B. I.; BENCHIMOL, R. E. Geochemistry and geochronology of surficial Acre Basin sediments (western Amazonia): key information for climate reconstruction. **Acta Amazonica**, v. 22, n. 1, p. 51-69, 1992.
- KRONBERG, B. I.; FRANCO, J. R.; BENCHIMOL, R. E.; HAZEMBERG, G.; DOHERTY, W.; VANDER VOET, A. Geochemical variations in Solimões Formation sediments (Acre basin, Western Amazonia). **Acta Amazônica**, v. 19, n. único, p. 319-333, 1989.
- LANI, J. L.; AMARAL, E. F. **Diagnóstico ambiental: Feijó a Mâncio Lima, Acre, Brasil (Área prioritária 1)**. Rio Branco, AC: Imac: Sectma, 2002. 211 p. Relatório de consultoria.
- LAPORTE, L. F. **Ambientes antigos de sedimentação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. 146 p.
- LATRUBESSE, E. The Late Pleistocene in Amazônia: a paleoclimatic approach. In: SMOLKA, P.; VOLKHEIMER, W. **Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates**. German: Springer Verlag, 2000.
- LATRUBESSE, E.; RAMONELL, C. A Climatic model for Southwestern Amazonia at last glacial times. **Quaternary International**, v. 21, p. 163-169, 1994.
- LEITE, D. C. **Detalhe geológico das investigações do Northwestern Território do Acre (Serra do Moa, Jaquirana, Headwaters of Rio Javari)**. Belém: Petrobrás-Renor, 1958. 58 p. (Petrobrás. Relatório técnico interno, 281-A).
- LUCAS, Y.; SOUBIÈS, F.; CHAUVEL, A.; DESJARDINS, T. Solo e clima: estudos dos solos revelam alterações climáticas da Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 93, p. 36-39, 1993.

- MACEWAN, D. M. C. Montmorillonite minerals. In: BRINDLEY, G. W.; BROW, G. (ed.). **The X-ray identification and crystal structures of clay minerals**. London: Mineralogical Society (Clay Minerals Group), 1961. cap. 4, p. 143-207.
- MARTINS, J. S. **Pedogênese de Podzólicos Vermelho-Amarelo do Estado do Acre, Brasil**. 1993. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.
- MELO, A. W. F. de. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- MELO, A. W. F. de; AMARAL, E. F. do. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos da reserva extrativista do Alto Juruá, Marechal Thaumaturgo, Acre**. Rio Branco, AC: EMBRAPA-CPAF-AC, 2000. 77 p. (EMBRAPA-CPAF-AC. Documentos, 53).
- MESQUITA, C. C. **O clima do Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Sectma, 1996. 57 p.
- MÖLLER, M. R. F. Mineralogia de argilas de solos da região Amazônica Brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1984. **Anais...** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986. p. 214-223.
- MÖLLER, M. R. F.; KITAGAWA, Y. **Mineralogia de argilas em Cambissolos do sudoeste da Amazônia Brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 19 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa, 3).
- MOURA, P.; WANDERLEY, A. **Noroeste do Acre: reconhecimento geológico para petróleo**. Rio de Janeiro: DNPM, 1938. 176 p. (DNPM. Boletim técnico, 26).
- ORMSBY, T.; NAPOLEON, E.; BURKE, R.; GROESSL, C. **Getting to know ArcGIS desktop: basics of Arc View, ArcEditor and ArcInfo**. Califórnia: ESRI, 2001. 541 p.
- PASSOS, V. T. da R. Geologia e Geomorfologia. In: ACRE (Estado). **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco, AC: Sectma, 2000. V. 1, cap. 1, p. 15-21.
- PRANCE, G. T. Phytogeographic support the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae and Lecythydaceae. **Acta Amazonia**, v. 3, p. 5-28, 1973.
- RAMONELL, C.; LATRUBESSE, E. El loess de la Formación Barranquita: comportamiento del Sistema Eólico Pampeano en la Provincia de San Luis, Argentina. In: REUNIÓN ANUAL DEL PROYECTO PICG, 3., 1981, Lima. **Resúmenes y contribuciones**. Lima: Instituto Geofísico del Peru: Misión Ostorm Del Peru, 1991. p. 69-82. En el marco de VII Congreso Peruano de Geología.
- RANZI, A. **Paleoecologia da Amazônia: megafauna do Pleistoceno**. Florianópolis: Ed. da UFSC; Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2000. 101 p.
- RANZI, A. **Pleistocene mammals and paleocology of the Western Amazon**. 1991. 151 f. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of Florida, Florida.
- REGO, R. S. **Caracterização e gênese de solos com plintita da Ilha do Marajó**. 1986. 156 f. Tese (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí.
- RESENDE, M. **Bruno Não Cálculo, interpretação de um perfil**. Mossoró: Esam; Viçosa: UFV, 1983. 165 p. (Coleção Mossoroense, v. CCXVIII).
- RESENDE, M.; CURTI, N.; KER, J. C., REZENDE, S. B. de. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações**. Lavras: Ed. Ufla, 2005. 192 p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa: Neput, 2002. 338 p.
- RIBEIRO NETO, M. A. **Caracterização e gênese de uma topossequência de solos do município de Sena Madureira**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS: UFV/DPS, 1996. p. 19-60.

SANTOS, P. L. dos. **Zoneamento agroclimático da bacia do rio Candiru-Açu – Pará**. 1993. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KERR, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e ampl. Viçosa: SBCS, 2005. 100 p.

SILVA, J. R. T. **Solos do Acre**: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato. 1999. 117 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SIMÕES-MEIRELLES, M. P. **Análise integrada do ambiente através de Geoprocessamento**: uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos. 1997. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SIOLI, H. Recent human activities in the Brazilian Amazon region and their ecological effects. In: MEGGERS, B. J.; AYENSU, E. S.; DUCKWORTH, D. (ed.). **Tropical forest ecosystems in Africa and South America**: a comparative review. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1973. p. 321-334.

VIDALENC, D. **Distribuição das florestas de bambu *Guadua weberbaueri* em escala de paisagem no sudoeste da Amazônia e fatores edáficos que afetam sua densidade**. 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975. 464 p.

VOLKOFF, B.; MELFI, A. J.; CERRI, C. C. Solos Podzólicos e Cambissolos eutróficos do Alto rio Purus (Estado do Acre). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 2, p. 263-372, 1989.

WADT, P. G. S. **Manejo de solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco, AC: EMBRAPA-CPAF-AC, 2002. 30 p. (EMBRAPA-CPAF-AC. Documentos, 79).

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

WYSOCKI, D. A.; SCHOENEBERGER, P. J. Geomorphology of soil landscapes. In: SUMMER, M. E. **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 1999. p. 21-48.