

CARACTERIZAÇÃO DAS COBERTURAS DE ALTERAÇÃO SUPERFICIAL QUE OCORREM NA REGIÃO DE MARABÁ-PA

Luiz Guilherme Teixeira Silva¹
Jairo Roberto Jimenez-Rueda²
Daniel Marcus Bonotto²
Maria Margarita Soares Moreno²
Adamércio Antonio Paccola³

RESUMO - Este trabalho foi conduzido com o objetivo de caracterizar as coberturas de alteração superficial que ocorrem em uma área ao sul de Marabá, PA, a partir da descrição morfológica (campo) e das análises físicas (análise granulométrica, porosidade, densidades real e aparente do solo), química (total) dos elementos maiores, em óxidos, para SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , Fe_2O_3 , e ainda TiO_2 , MnO e H_2O^+ (PF) e mineralógica, das frações areia, silte e argila, em amostras de horizontes de nove perfis de alteração intempérica distribuídos ao longo de uma seção de aproximadamente 26 km. De modo que foi possível representar as variações fisiográficas e de solos dessa área, identificando os processos pedogenéticos envolvidos e os fatores de formação mais atuantes no desenvolvimento dos solos e coberturas de alteração superficial. Foram identificados três processos geoquímicos dominantes (monossilitização, sialferrização e ferraluminização) e quatro conjuntos de volumes de alteração intempérica (VAI): um concrecionário, representado por volumes oxidicos, laterizados em épocas pretéritas e/ou atual, de cor vermelha 10 R 4/6; um argiloso, de estrutura granular e predominantemente prismática, de cores vermelhas 2,5 YR 4/4(6) e 2,5 YR 6/8; um argilo siltoso de estrutura laminar (herdada) nos mica xistos, apresentando inclusões de material argiloso de estrutura prismática e maciça em porções

¹ Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, CPATU-EMBRAPA, Caixa Postal 048, CEP 66.017.970, Belém- PA.

² Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, IGCE-UNESP, Caixa Postal 178, CEP 13.500-230, Rio Claro-SP.

³ Dpto de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, FCA-UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18.603-970, Botucatu-SP.

variadas, cor rosa a vermelho claro acinzentado 5(10)R 6(8)/6 e; um formado por materiais transportados areno-argilosos mais ou menos oxidicos, de cor bruno-amarelado, que passam por um processo de alteração recente. O balanço entre morfogênese e pedogênese é favorável ao primeiro, onde os processos erosivos são marcantes e evidenciados pela presença de material concrecionário transportado no topo de quase todos os perfis de "stone line" e, o material de origem, com ênfase no litotipo e a instabilidade das superfícies (ligada à neotectônica) constituem-se em importantes fatores de formação que atuam na diferenciação dos solos da área.

PALAVRAS-CHAVE: Fatores Pedogenéticos, Pedogênese, Coberturas de alteração intempérica, Alteração supergênica.

ABSTRACT - *This paper was done with the objective of categorising the covers weathering surface which occur in an area to the south of Marabá-PA, based on the morfological description (field) and the physical analysis (granulometric analysis, porosity, soil real and apparent densities), chemistry (total) of major elements, in oxides, to SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , Fe_2O_3 , while TiO_2 , MnO and H_2O^+ (PF) and mineralogic of sand parts, silte, and clay in samples of horizons of nine weathering profiles distributed over a section of about 26 Km. It was possible to represent the fisiographic and soil variations in this area, identifying the pedogenetic processes involved and the strongest factors of formation acting on the development of soils and the covers weathering surfaces. Three dominant geochemical processes were identified (monosialitization, sialferrization and ferraluminization) and four sets of the volumes weathering (VAI): one concreted of the oxidique volumes, laterized in the last and actual time, in red color 10R 4/6; one clay-like, of grain struture and prevailingly prismatic and red colors 2,5 YR 4/4(6) and 2,5 YR 6/8; one silt clay of laminated struture (inherited) on the micaceus schists, to present the clayer materials with prismatic and massive structure in different proportions and pink in color and light red-grayish 5(10) R 6(8)/6 in diversical proporcions included, and another made of the diversical materials transported sand-clayer more or less oxidique, brow-yellowish, by the weatering processes occurring in the actual time. The balance between morfogenesis and pedogenesis, is favorable to the first one where the eroding processes are strong and evidenced by the presence of concreted material, transported on topsoil almost all the profiles of "stone line" and, the material of origem, with emphasis in the litotype and the instability of surfaces (associated to neotectonic) wich make part of important factors of formation which act in distinguishing the soils of the region.*

KEY-WORDS: Pedogenetical factors, Pedogenesis, Weathering covers, supergenical weathering.

INTRODUÇÃO

O conhecimento do meio físico constitui etapa imprescindível em todo e qualquer processo de ocupação humana no mundo. É a partir do conhecimento dos recursos naturais disponíveis que se projeta qualquer atividade econômico-social de uma região. A região amazônica, pelas suas inegáveis características, detém as maiores reservas em biodiversidade florestal do planeta e também de alguns minerais econômico-estratégicos.

Excepcionalmente inserida neste contexto, a área de abrangência do Programa Grande Carajás aparece como grande fronteira de desenvolvimento regional do país. A forte pressão de ocupação e a difícil tarefa de planejar e gerenciar essa área representam o maior desafio para alcançar o desenvolvimento regional (Miranda 1990).

Assim, portanto, surge a pesquisa básica com grande parcela de contribuição a este processo. Seja na prospecção de recursos naturais ou para fornecer subsídios à utilização racional de seus recursos naturais no sentido de minimizar o impacto sobre o meio ambiente.

O conhecimento da cobertura de alteração intempérica (Jiménez-Rueda et al. 1990) ou cobertura de alteração superficial (Melfi & Pedro 1977), que englobam o “solum” (objeto da edafologia) e o saprólito, reveste-se de fundamental importância para a prospecção de substâncias minerais, como para a geologia aplicada (geotecnia e geologia ambiental) ou para a agronomia e a engenharia florestal. Portanto, este trabalho teve por objetivo caracterizar as coberturas de alteração que ocorrem na região de Marabá, PA, de modo a fornecer subsídios ao planejamento e gerenciamento ambiental dessa região.

Os levantamentos de solo realizados na região, via de regra, têm considerado as características morfológicas e físico-químicas para fins de utilização agrícola e, ainda assim, em escala exploratória ou no máximo de reconhecimento, conforme os trabalhos de Rosatelli et al. (1974), Sombroek (1965), Falesi et al. (1986), Valente (1991), entre outros.

Com base na observação de propriedades físicas, químicas e mineralógicas, a partir da descrição morfológica de campo, pode-se compreender a gênese e evolução das coberturas de alteração, conhecendo e valorizando os diferentes fatores e processos atuantes. Birkeland (1984) observa que o uso dos fatores de formação, em conjunto com dados geológicos e dados relacionados aos processos de formação dos solos, fornece o instrumento necessário para avaliar parcialmente a origem dos solos no campo, podendo manter a idéia de uma hipótese alternativa.

Na literatura, podem ser encontrados ainda alguns trabalhos de caracterização de perfis lateríticos e bauxíticos na Amazônia Oriental, como os de Costa (1980, 1990), Horbe (1991); Truckenbrodt et al. (1991), entre outros, com o objetivo de caracterizar a gênese desses perfis e o comportamento geoquímico de elementos como Al, P, ETR, Sn, Zr, Nb, Y.

Pode ser ainda encontrada uma série de outros trabalhos envolvendo perfis lateríticos e bauxíticos situados em superfícies antigas, que remontam a outras regiões tropicais do planeta (atuais ou pretéritas), e podem ser utilizadas em estudos de correlações, como os de Ojanuga & Lee (1973); Thanh (1984); Kolokol'tsev (1986); Boulangé & Millot (1988), Lecomte (1988), Mazaltarim (1989), Maynard (1992) e Beauvais & Colin (1993), a partir da primeira discussão estabelecida, envolvendo os solos do Brasil (Camargo & Bennema 1962).

LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA

Para os propósitos do trabalho, utilizou-se uma área de estudo de aproximadamente 50 mil km², situada entre as coordenadas 05° 27' e 05° 54' de latitude sul e 49°00' e 50° 13' de longitude oeste de Greenwich (Figura 1). Esta área compreende o baixo curso do rio Itacaiúnas que tem como principais drenagens os rios Onça, Sororó e Vermelho. O acesso rodoviário é obtido pela Rodovia PA-150 e vicinal que liga a localidade de Pequiá às de Gameleira e Itainópolis. A ferrovia Carajás-Itaqui atravessa a área e pode ainda ser utilizada como alternativa de transporte, ligando a Serra dos Carajás a São Luís-MA, passando por cidades como Marabá-PA, Imperatriz e Santa Inês-MA.

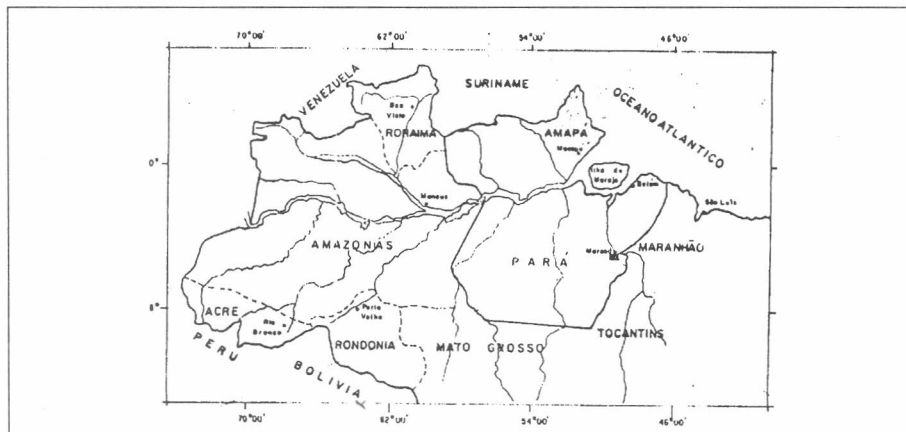


Figura 1 - Localização da área de estudo

Clima

O clima atual caracteriza-se por apresentar precipitação pluviométrica acima de 2.000 mm/ano, distribuída em dois períodos: um chuvoso (dezembro a maio) e um de estiagem (maio a novembro), podendo apresentar um déficit hídrico de dois meses, entre os meses de setembro e novembro. A temperatura média anual é de 25°C, e a média mínima de 20°C, baseada em dados de uma série de dez anos (Figura 2).

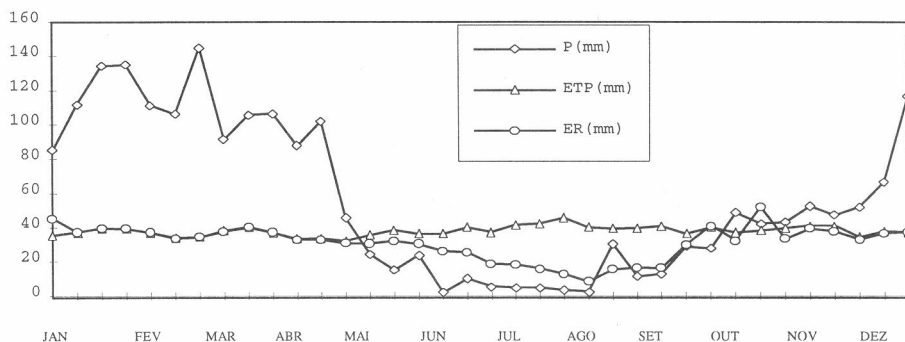


Figura 2 - Balanço hídrico, considerando dados climatológicos de uma estação de Marabá-PA, para uma série de dez anos, conforme Fabri, et al. (1991).

A temperatura e a umidade ao longo do perfil do solo, variam em função da cobertura vegetal, apresentando valores médios de 26 e 28°C de temperatura e um estoque médio de 100 e 80 mm de água sob, respectivamente, cobertura de floresta e pastagem até a profundidade de 3,80 m (Souza et al. 1993).

Vegetação

A vegetação primária, conforme a classificação de Veloso et al. (1991), é composta de floresta ombrófila densa submontana e variações de floresta ombrófila de terras baixas e aluvial, onde podem ocorrer, simultaneamente, dominância de palmeiras e cipós. Contudo, a presença freqüente de espécies caducifólias (apresentam como característica a perda de folhas no período de estiagem) pode sugerir a presença de um ambiente mais seco neste período, que levaria à dominância de um regime térmico-hídrico ústico, conforme a Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1979), no ambiente de formação.

Geologia/Geomorfologia

A geologia da área apresenta rochas de idade pré-cambriana, representadas pelos granulitos da suíte metamórfica Bacajaí, em domínios do cinturão de cisalhamento Itacaiúnas, granitos e migmatitos do Complexo Xingu, arenitos ortoquartzíticos e conglomerados do Grupo Paredão, muscovita clorita xisto milonítico da formação Couto Magalhães do cinturão Araguaia, arenitos finos com lentes de conglomerado da formação Itapecuru da bacia do Maranhão, depósitos detríticos representados pelas coberturas cenozóicas, distribuídos conforme a Figura 3. Esses domínios compõem uma região arrasada em relevos de planaltos baixos com ou sem pedimentos, dissecados em um relevo de colinas e estreitas faixas de aluviões recentes delimitados por vales fortemente influenciados pela tectônica recente (Silva et al. 1993).

A tectônica recente representa outro fator de formação ligado à fisiografia e também é responsável pela pouca profundidade dos solos dessa região (Silva 1995).

Os agregados ferruginosos extremamente firmes e duros, de tamanho e forma variáveis, freqüentes em grande parte dos solos brasileiros, têm sido denominados nódulos e/ou concreções e podem ser de grande utilidade no estudo de paleoclimas e no estabelecimento da evolução geomorfológica e fisiográfica dessa região.

Solos

Com base nos levantamentos realizados, os solos que ocorrem na região são classificados como Podzólico Vermelho-Amarelo, predominantemente os cascalhentos e concrecionários, Latossolo Vermelho-Amarelo, Concrecionário Laterítico, Areia Quartzosa, Cambissolo, Litólico, Aluviais e Hidromórficos indiscriminados, estes últimos ocorrendo nas várzeas, conforme Rosatelli et al. (1974) e Falesi et al. (1986).

Em áreas tropicais, os Ultissolos (Podzólicos) comumente ocorrem em superfícies jovens quando associados aos Oxissolos (Latosolos) que ocupam as superfícies mais estáveis (Buol et al 1973). A ocorrência comum de "Ironstones" derivada da desnudação de crostas lateríticas nos solos, atestam a influência de fenômenos erosivos na distribuição de nódulos e concreções (Ojanuga & Lee 1973).

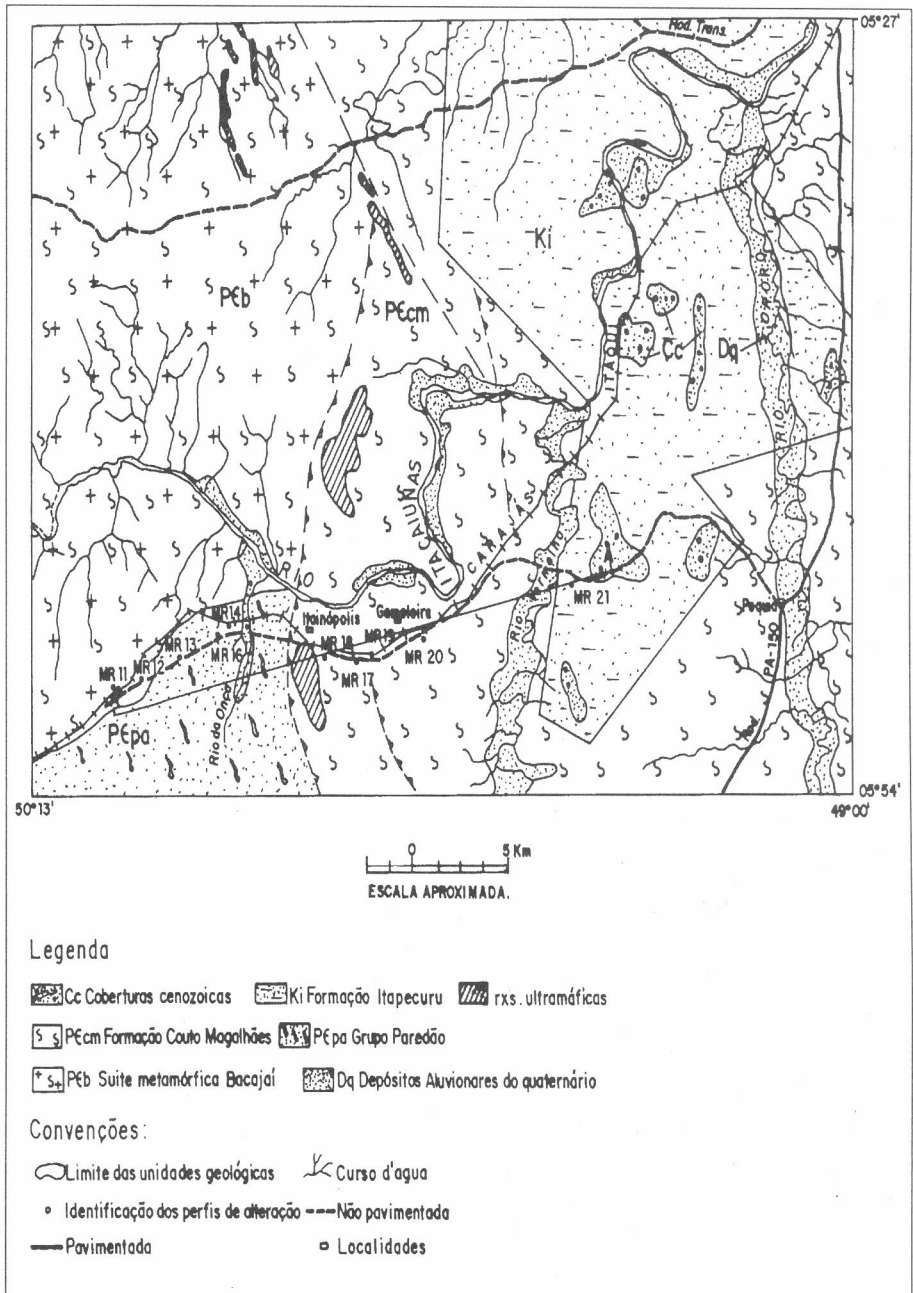


Figura 3 - Mapa mostrando a distribuição das unidades geológicas que ocorrem na área. Fonte: Almeida et al. (s.d.)

METODOLOGIA

A partir do levantamento das informações já existentes, relacionadas ao clima, vegetação, solo e geologia da região e tomando-se como base a descrição morfológica e as análises granulométricas, químicas e mineralógicas de nove perfis de alteração levantados, procurou-se representar as variações fisiográficas que ocorrem ao longo de uma seção de aproximadamente 26 km (Figuras 3 - 4) de direção SW-NE que corta as estruturas geológicas e importantes domínios geotectônicos da região.

O trabalho de campo envolvendo as descrições e coletas de material foi feito seguindo as proposições de Lemos & Santos (1984), complementadas com as nomenclaturas de horizontes diagnósticos, conforme EMBRAPA (1988); Lecomte (1988); Fanning & Fanning (1989) e de volume de alteração intempérica (VAI) de Jiménez-Rueda et al. (1989). Nessa descrição foram levantadas informações como a cor, textura, estrutura (pedológica), consistência, plasticidade e pegajosidade, presença de cutans de argila, nódulos, concreções, transição e profundidade dos horizontes, atividade biológica, situação do perfil no relevo, declividade, cobertura vegetal, material de origem, rochosidade, pedregosidade, seguido da coleta de amostras para as análises de laboratório.

As análises granulométricas, bem como as de cátions trocáveis (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}), carbono orgânico, pH (H_2O e Ca Cl_2) e acidez extraível seguiram os procedimentos utilizados em EMBRAPA (1979).

A análise química total, cujos resultados foram apresentados na forma de óxidos, para SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , TiO_2 , Zn_2O_3 e Fe_2O_3 foi feita por fluorescência de raios-X. OP_2O_5 total, por úmida, foi extraído por meio de solução de molibdato de amônio, oxidação com ácido ascórbico e leitura a 660 nm (método colorimétrico do azul). A análise mineralógica foi feita utilizando um microscópio petrográfico, para a mistura das frações areia fina e muito fina (dos pesados) e por difração de raios-X (Difratômetro HZG3-DDR, radiação de cobre) para as frações silte e argila, de amostras pertencentes aos volumes argilosos de máxima alteração, correspondentes aos horizontes Bt (perfis MR-11, 12, 17, 18 e 19), Bocr (MR-14 e 21) e C1 (MR-16). Foi considerada ainda a relação molecular K_i , adaptada de Vettori (1969) como índice de intemperismo desses VAI.

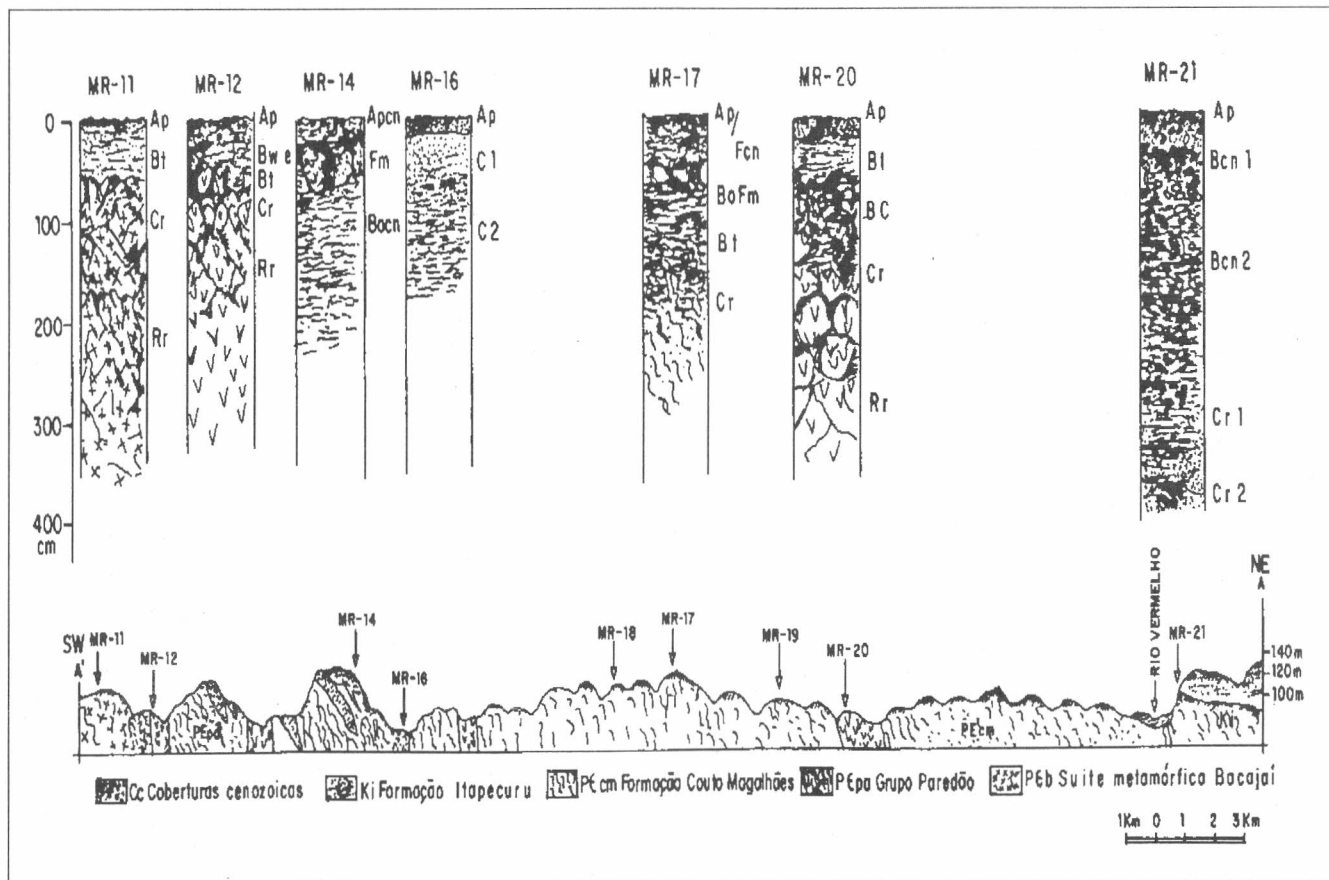


Figura 4 - Seção esquemática A-A, mostrando a fisiografia e os perfis de alteração com respectivos horizontes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As coberturas de alteração apresentam-se distribuídas ao longo de uma seção de direção SW-NE, segundo a seqüência A'-A (Figura 4), quanto ao material de origem, identificado como litotipos: migmatitos zonados com biótita e anfibólio (MR-11), diorito (MR-12), coberturas lateríticas antigas associadas a intercalações de formação ferrífera em xisto do pré-cambriano (MR-14), depósitos aluvionares (MR-16), mica xistos miloníticos (MR-17, 18, 19), diabásio (MR-20) e cobertura cenozóica/arenitos finos (MR-21).

Tomando-se como base as características morfológicas apresentadas e o resultado das análises físico-químicas e mineralógicas dos perfis de alteração, podem ser individualizados os seguintes VAI.

Volume concrecionário

Corresponde à pavimentação detrítica de material oxídico (laterizada) que foi originada em ciclos pedogênicos anteriores e atualmente ocupando o topo da maioria dos perfis estudados, no caso do perfil MR-14, que está situado no topo de um platô antigo, corresponde à superfície residual mais antiga da área. Apresenta cor vermelha (10R 5/6) a amarelo-avermelhada (2,5YR 4/6), estruturada em blocos sub-arredondados com relitos de canga laterítica. Apresenta a caulinita como o argilomineral dominante e a hematita e goethita como componente não-silicatado. Corresponde a volumes intensamente lixiviados, onde os álcalis já foram totalmente removidos (dessaturados) e os valores de $K_i < 1,0$ correspondem à maior participação dos óxidos de ferro.

Volume argiloso

Corresponde ao material residual proveniente da pedogênese atual que pode ter como material de origem tanto os migmatitos (perfil MR-11), os litotipos de rochas básicas (perfis MR-12 e MR-20), como os mica xistos milonítico (perfis MR-17 a 19), estes últimos, na maioria cascalhentos (fragmentos de veios de quartzo ou sílex). Apresentam cores vermelho 2,5YR4/6 a vermelho claro 2,5YR6/8 (nos litotipo de mica xisto), estrutura prismática (na maioria subangulares pequenos e médios) e correspondem ao horizonte mineral argílico (Bt) desses perfis. Este horizonte corresponde ao horizonte

diagnóstico dos solos que apresentam o B textural (Podzólico Vermelho-Amarelo), e caracterizam um processo denominado podzolização, com o gradiente textural ocorrendo devido à translocação de argila nesses volumes e a remoção dessas partículas do horizonte sobrejacente.

A mineralogia é essencialmente caulinítica, juntamente com a hematita que representa o óxido de ferro dominante, caracterizando ainda uma pedogênese bem desenvolvida, em condições oxidantes. Os valores de Ki entre 0,97 e 1,82, variam em função da maior influência, respectivamente, de óxidos e da caulinita, a saturação em bases é baixa, o que indica também a lixiviação quase total de Na, K, Ca e Mg desses volumes.

Volumessaprolítico

Representa os volumes que apresentam uma estrutura laminar (herdada) nos litotipos de mica xisto milonítico e maciça, como seixos e matacões arredondados em formato de “cebolas”, nos litotipos de rochas básicas, ou preservando a estrutura bandada dos migmatitos (perfil MR-11), em ambos os casos pode apresentar penetrações em tamanho variado de volumes de estrutura maciça que correspondem a estágios mais avançados de pedogênese

Volume arenoso

Representa o material erodido e transportado de diferentes áreas, fonte que ocupa geralmente áreas subsidentes ou estabilizadas cuja textura, predominantemente arenosa, é função da natureza e/ou da fração granulométrica do material transportado. Estão associados aos terraços antigos e recentes de rios que compõem a bacia de drenagem da região, representados neste trabalho pelo perfil MR-16. Por tratar-se de áreas de aporte que funcionam como um sistema fechado, apresentam uma mineralogia de argila diferenciada e de neoformação, contida por argilas de rede 2:1 (esmectitas), devido à presença de bases nesse ambiente, oriundas de outras áreas.

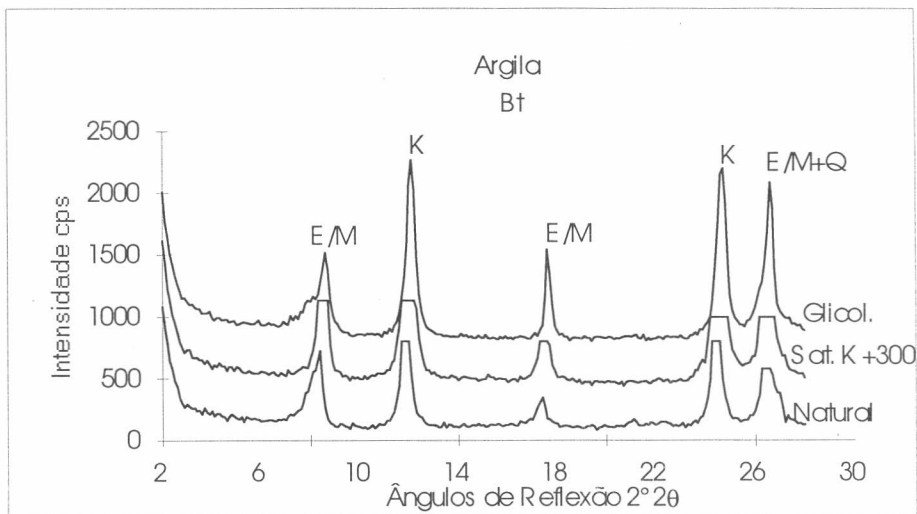
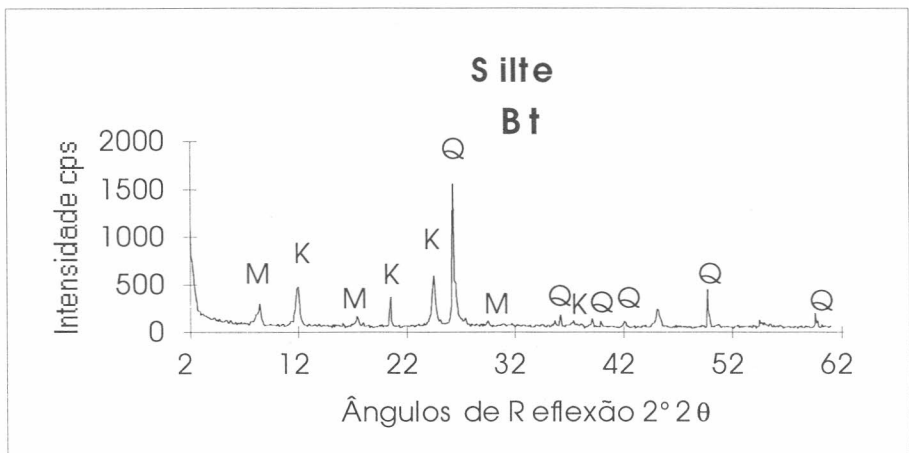
Influência dos fatores de formação no desenvolvimento das coberturas de alteração

O primeiro e talvez mais importante fator a ser considerado é o clima, que exerce influência marcante no desenvolvimento de todas as coberturas de alteração superficial que ocorrem na área. Indistintamente, todos os perfis

apresentam-se bastante intemperizados, o que pode ser comprovado pelos valores de K_i encontrados, bem como pelo resultado das análises químicas e mineralógicas. Não obstante, a morfogênese úmida atual elaborou um conjunto de formas arredondadas e uma rede de drenagem que sugere uma retomada de erosão neste ambiente, salvo em situações particularizadas, onde a forma das estruturas é condicionada pelo material de origem, no caso do alinhamento e da forma das feições positivas de relevo apresentadas por cristas retilíneas e angulosas de material silicificado (quartzítico).

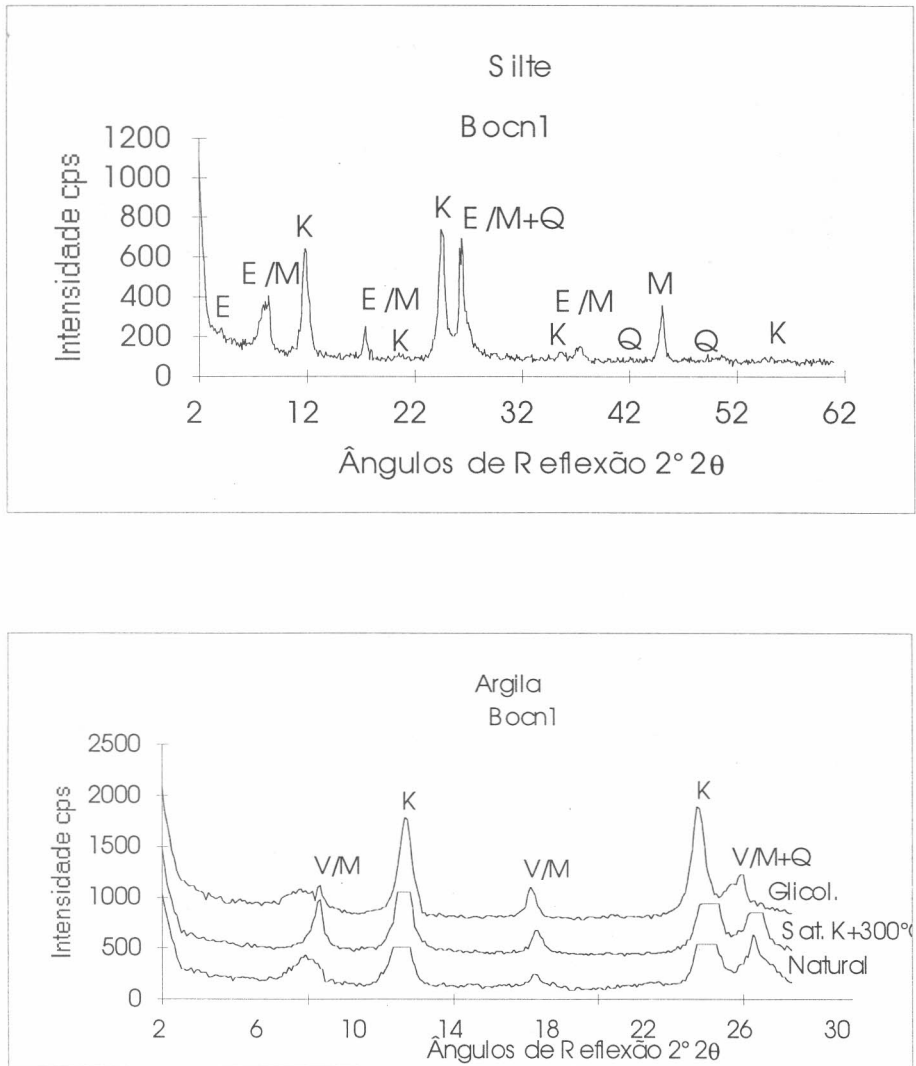
Em relação à mineralogia das frações silte e argila dos volumes de alteração intempérica (VAI), correspondentes aos horizontes Bt, Bo e C1 (solo aluvial), a caulinita aparece como constituinte principal e dominante, enquanto que, em menor proporção e relacionadas aos relitos de mica xisto milonítico, via de regra preservados na estrutura de nódulos e concreções, as micas e as misturas esmectitas/micas, onde a vermiculita domina como mineral de argila de rede 2:1 (Figuras 5 e 6).

Embora não tenha sido objeto da análise mineralógica dessas frações, os óxidos de ferro, sobretudo a goethita e a hematita (observados nas frações de areia), em proporções variadas, podem ser relativados pela cor dos VAI e representam os principais componentes não-silicatados.



K- Caulinita; Q- quartzo; E/M- intergrade mica/esmectita;

Figura 5 - Difratomogramas das frações silte e argila do perfil MR-19.



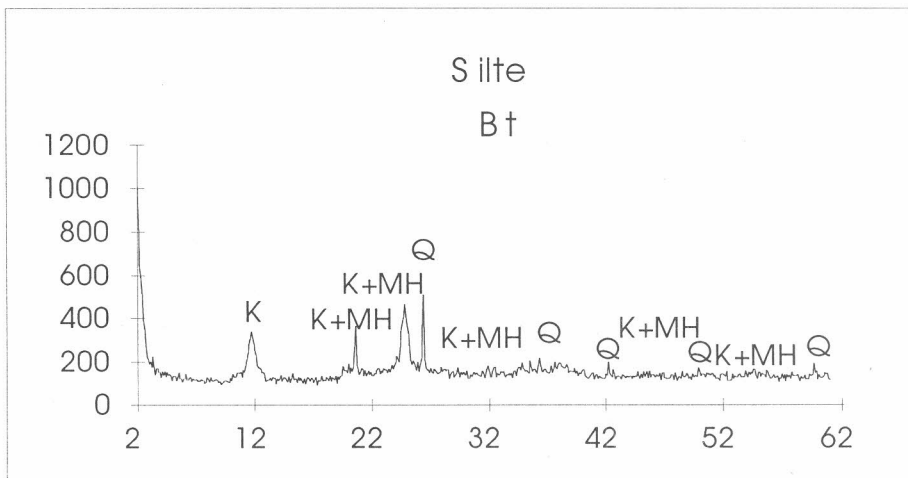
K - Caulinita; Q - quartzo; V - vermiculita; E/M - intergrade mica/esmectita.

Figura 6 - Difractogramas das frações silte e argila do perfil MR-21.

A cor dos VAI, além de ser uma característica morfológica importante na diferenciação dos horizontes do solo e indicar a presença do tipo de óxido, constitui-se em um bom indicativo das condições de oxidação-redução atuantes no ambiente de formação. As cores que apresentam baixo croma (esbranquiçadas) indicam volumes com perda de ferro, que foi reduzido e mobilizado, enquanto que os volumes que apresentam alto croma indicam a imobilização do ferro e oxidação (reoxidação) e quando relacionados a vários ciclos de umedecimento e secagem, dão origem as cores “matizadas”, que por períodos mais prolongados e definidos podem dar origem aos “plinthites” e finalmente aos “ironstones” e portanto, em uma análise global que envolva ainda a evolução do relevo, pode levar à indicação da existência de paleoclimas.

A presença da goethita nos volumes mais próximos à superfície (Ap, AB, Bw e Bt), sob maior influência de matéria orgânica, a possível substituição isomórfica ($Fe^{+3} \rightarrow Al^{+3}$), muito comum em solos amazônicos e a grande quantidade de sílica presente no sistema, sugerem a ausência da gibbsita nesses VAI.

A caulinita, bem cristalizada, é registrada inclusive na fração silte desses volumes (Figuras 5 - 7). Nos litotipos de rochas básicas, a metahaloisita está presente junto à caulinita e os hidróxidos de ferro, estes últimos, não totalmente eliminados no tratamento de algumas amostras.



Q- quartzo; K+MH- caulinita e metahaloisita;

Figura 7- Difratograma da fração silte do perfil MR-20.

A influência do litotipo na diferenciação das coberturas de alteração pode ser observada usando-se como exemplo os perfis desenvolvidos a partir dos mica xistos miloníticos (perfis MR-17, 18 e 19), que devido à intercalação de níveis aluminosilicatados micáceos (sericíticos) e silicosos (quartzosos), conferem uma anisotropia estrutural que pode ser visualizada desde escala de afloramento até ao microscópio petrográfico. Esta heterogeneidade reflete ainda em outra característica morfológica observada no campo, a transição entre os horizontes que assim tende a apresentar-se gradual ou clara e irregulares.

A marcante anisotropia estrutural da maioria dos litotipos que ocorrem na região, reflete-se no desenvolvimento da pedogêne dos perfis. A redução da porosidade, impedindo o avanço da frente de molhamento em profundidade, quando analisada a drenagem interna dos perfis de alteração, tende assim a direcionar-se preferencialmente à penetração da água ao longo das fraturas, veios de quartzo fraturados e de cavidades de raízes em profundidade, propiciando como resultado um fluxo lateral acentuado que leva ao desenvolvimento da frente de cerosidade (presença de “filmes” ou cutans de argila) que caracterizam o processo de Podzolização e levam predominantemente ao desenvolvimento dos solos Podzólicos Vermelho-Amarelo da região.

Em relação aos índices Ki encontrados, os valores em torno de 2,00 refletem a presença da caulinita como mineral de argila dominante, com os óxidos tendo influência nos valores menores que 1,0. Os baixos valores de álcalis encontrados na análise química total, em relação as suas concentrações no material de origem, apontam para uma dessaturação muito forte, sobretudo de Ca, Mg, Na e K, que são assim lixiviados dos perfis de alteração. Contudo, analisando os difratogramas das frações silte e argila, pode-se verificar que a presença de micas muito intemperizadas junto a minerais interestratificados deve permitir o aprisionamento de K^+ nas *wedges zones*, nos litotipos de mica xisto milonítico.

A estabilidade das superfícies de aplainamento também constituem-se em outro fator fisiográfico de grande importância ao desenvolvimento das coberturas de alteração superficial que ocorrem na região. A pequena profundidade efetiva dos solos (<1,20m) e a presença de volumes concrecionários no topo da maioria dos perfis, além do forte abatimento do relevo regional, que reduziu

generalizadamente as cotas topográficas, situadas entre 80 e 120m, em conjunto, reforçam a influência desse fator e a dominância de processos erosivos.

A partir da interpretação conjunta dos resultados obtidos, com a descrição morfológica dos perfis (trabalho de campo) e das análises granulométricas, químicas e mineralógicas, elaborou-se a Tabela 1, na qual estão sintetizadas as características morfo genéticas dos perfis de alteração da região de Marabá-PA.

Tabela 1- Características morfogênicas dos perfis de alteração

Perfil	VAI	Litotipo	Prof. (cm)	Cor (Munsell)	Estrutura (pedológica)	Comp. granulométrica da T.F. (%)			M.O. (%)	Elementos químicos totais em óxidos (%)					H ₂ O ⁺ (LOI)	Ki	Mineralogia das frações		
						Areia	Silte	Argila		Ca+Mg+Na+K	Si	Al	Fe	Mn			Ti	Argila	Silte
MR-11	Bt	Migmatito	22-51	2,5YR4/6	Prismática	21,30	10,50	68,20	0,95	0,81	50,72	26,37	8,68	0,11	1,44	8,86	1,82	K,I	Q,K,I
	Cr		51-257	5R6(8)/6	Maciça	34,30	12,30	53,40	0,50	1,81	51,16	27,35	8,63	0,31	1,13	9,13	1,89		
	Bt		42-30	2,5YR4/6	Prismática	14,60	8,00	77,40	0,80	5,55	38,62	22,91	18,45	0,07	0,80	8,83	0,97	K,Q	Q,K e FeOH
MR-12	Cr	Diorito	80-150	10YR6/6	Maciça	10,50	14,00	75,50	0,4	1,79	35,27	27,93	13,65	0,04	0,45	16,0	1,19		
		Canga Laterítica	70-150+	7,5YR6/6	Blocos	17,80	4,70	77,50	1,38	0,63	39,52	25,72	52,23	0,03	1,22	14,29	1,07	K,Mh,Q e FeOH	Q,K e Mh
MR-16	C1	Aluvião	16-61	10YR5/6	Maciça	68,50	5,30	28,20	0,52	1,02	91,97	3,37	3,63	0,06	0,55	1,21	2,39	K,E e Q	K,E/M, e Q
	Bt		22-48	2,5YR6/8	Prismática	13,40	12,50	74,10	0,82	3,51	51,43	23,01	9,60	0,02	0,96	10,49	0,73	K,E e Q	Q e K
MR-17 18 e 19	Cr	Mica xisto	48-144	5R4/6	Laminar	19,00	19,70	60,50	0,55	4,59	52,94	22,45	9,44	0,02	0,95	9,32	1,76		
	Bt		20-59	2,5YR4/4	Prismática	18,20	13,00	63,80	0,55	1,12	39,57	25,32	23,54	0,17	3,93	6,13	0,82	K e M	Q,K e Mh
MR-20	Cr	Diabásio	59-127+	10YR6/6	Maciça	11,60	15,60	72,80	0,40	5,11	33,69	22,92	18,61	0,11	3,93	15,29	1,94		
		Material Retrab/Fm	120-430	2,5YR4/4	Blocos	22,80	14,0	63,20	0,79	0,99	32,58	22,51	29,88	0,03	4,20	10,12	0,70	K e V	K,E/M
MR-21	Cr1	Itapecuru.	450-750	10R6/6	maciça	41,20	19,20	39,60	0,42	0,73	73,51	12,18	6,53	0,01	2,63	4,38	1,51		

mineralogia : K- caulinita ; Q- quartzo ; M- mica ; V- vermiculita ; Mh- methaloisita ; FeOH- hidroxidos de Fe e Al ; E/M- mistura esmectita/mica

CONCLUSÕES

Os perfis de alteração que ocorrem na região de Marabá-PA, são constituídos em sua quase totalidade, por horizontes ou volumes saprolíticos, apresentando na maioria dos casos “stone line” no topo e poucas dezenas de centímetros de horizontes ou volumes argilosos, onde a pedogênese atuou de maneira significativa, o que se atribui à participação de processos erosivos, com a morfogênese dominando em relação à pedogênese e o resultado é a ausência de platôs exibindo perfis lateríticos completos, e a presença de superfícies rebaixadas, elaboradas em regime de clima úmido atual.

A influência de processos tectônicos (Neotectônica) que levaram a reativação de fraturas e falhas com acomodação de blocos falhados expôs um conjunto de litotipos, onde dominam os mica xistos milonítico (perfis MR-17, 18 e 19), localmente as rochas básicas de diques (perfis MR12 e 20), granitos e migmatitos do complexo Xingu (perfil MR-11), depósitos de material retrabalhado ocupando o topo das poucas superfícies residuais antigas (perfil MR-14), cobertura cenozóica sobre sedimentos cretácios da formação Itapecuru, da bacia do Maranhão (perfil MR-21) e depósitos aluvionares recentes (perfil MR-16).

Portanto, a tectônica recente influencia na evolução da paisagem e representa um outro fator de fisiografia (onde se inclui a topografia), que junto com a heterogeneidade dos litotipos remetem a uma condição de forte anisotropia dos elementos estruturais dos últimos e termina por influir na drenagem interna dos perfis de alteração e no desenvolvimento das coberturas de alteração da região. Devido à instabilidade das superfícies de aplainamento, a erosão impede o desenvolvimento das coberturas por um período prolongado e o resultado é a ausência de perfis lateríticos completos e a desestabilização de algumas superfícies residuais, a exemplo do que ocorre com o perfil MR-14, um Latossolo Vermelho-Amarelo, que apresenta minerais intemperizáveis fazendo parte dos relitos de mica xisto milonítico, preservados pelos nódulos e concreções ferruginosas.

A presença de grande quantidade de sílica no ambiente de formação promoveu uma caulinizacão intensa dos VAI e resultou na dominância da caulinita como mineral de argila, caracterizando um processo de monossilicização. A participação do ferro é também significativa e o mesmo pode aparecer tanto individualizado, na forma de hematitas e goethitas quanto no retículo dos minerais de argila, como produtos respectivamente de coberturas ferralíticas e fersialíticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H.G.; MARINHO, P.A. & MARTINS, R.C. (s.d.) Programa Levantamentos geológicos básicos do Brasil. Marabá. Folha SB.22.X.D Estado do Pará. Belém, CPRM, il. no prelo.
- BEAUVAIS, A. & COLIN, F. 1993. Formation and transformation processes of iron duricrust systems in tropical humid environment. *Chem. Geol.*, Amsterdã, 106: 77-101.
- BIRKELAND, P.W. 1984. Soil and Geomorphology, New York, Oxford University, 272p.
- BOULANGÉ, B. & MILLOT, G. 1983. La distribution des bauxites sur le craton ouest-africain. *Sci. Géol. Bull.*, 41(1): 113-23.
- BUOL, S.W., HOLE, F.D. & Mc CRACKEN, R.J. 1973. *Soil genesis and classification*. Iowa, Iowa State University, 358p.
- CAMARGO, M. & BENNEMA, J. 1962. Some considerations on the major soils of the humid tropic of Brazil. FIRST SOIL CORRELATION SEMINAR FOR SOUTH AND CENTRAL ASIA, Soil map of the World FAO/UNESCO, PROJECT. FAO/UNESCO. Tashkent, Uzbekistan: p.87-91.
- COSTA, M.L. 1980. *Geologia, mineralogia, gênese dos fosfatos de Jandιά, Cansa Perna e Itacupim no Pará e Pirocaua no Maranhão*. Belém, UFPA/NCGG, 132p. Tese de mestrado.
- COSTA, M.L. 1990. Mineralogia, Geoquímica, gênese e epigênese dos laterítos fosfáticos de Jandιά, na região Bragantina (NE do Pará). *Geochim. Bras.*, 4(1): 85-110.
- EMBRAPA / SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. 1979. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 57 p.
- EMBRAPA / SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. 1988. *Definição e notação de horizontes e camadas do solo*. Rio de Janeiro, 54p.
- ESTADOS UNIDOS. 1975. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. Soil Taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, Soil Conservation Service, 754p.
- FABRI, C.; VEIGA JUNIOR, I. & OZIER-LAFONTAINE, H. 1991. Diagnóstico Agronômico do Arroz na microregião de Marabá- Resultados da análise global, In: *Agricultures Paysannes et Développement: Caraïbes-Amérique Tropicale*, Université Antilles Guyane. Mimeografado.
- FALESI, I.C. ; SERRA FREIRE, E.M. & SILVA, L.G.T. 1986. *Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área da estrada de ferro Carajás*. Rio de Janeiro, CVRD. 104p.
- FANNING, D.S. & FANNING, M.C.B. 1989. *Soil morphology, Genesis and Classification*. New York, Wiley, 395p.
- HORBE, A.M.C. 1991 *Evolução mineralógica e Geoquímica do perfil laterítico mineralizado a Sn, Zr, Nb, Y e ETR da Serra do Madeira Pitinga (AM)*. Belém, UFPA/NCGG, 246p. Tese de Mestrado.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. ; PESSOTI, J.E.S. & MATTOS, J.T. 1989. *Uso do sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da serra do mar no Estado de São Paulo*.
- SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 4. Bariloche, SLASR, 2:135-140.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. ; MATTOS, J.T. & RIEDEL, P.S. 1990. *Estudos correlativos entre respostas espectrais e índices de intemperismo de coberturas de alteração intempéricas*. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. (IMPE- 5176-PRE/1641).

- KOLOKO'TSEV, V.G. 1986. A model of Bauxite formation in platformal areas. *Int. geol. rev.* 28(5): 536-46.
- LECOMTE, P. 1988. *Stone line profiles : Importance in geochemical exploration. J. Geoch. Exp.*, Amsterdã, 30: 35 - 61.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. dos 1984. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas, SBCS/SNLCS, 45p.
- MAYNARD, J.B. 1992. Chemistry of Modren Soils as a guide to Interpreting Precambrian Paleosols. *The J. Geol.*, 100:279-89.
- MAZALTARIM, D. 1989 Geochimie des cuirasses ferrugineuses et bauxitiques de l'Áfrique de l'Ouest et Centrale. Strasbourg. University, 260 p. Tese de Doutorado.
- MELFI, A.J. & PEDRO, G. 1977. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. *Rev. Bras. de geoc.*, 7(4): 271-86.
- MIRANDA, M. 1990. *A ocupação planejada da terra*. In: BECKER, B.K. ; MIRANDA, M. & MACHADO L.O. (ed.) Fronteira Amazônica: questões sobre a gestão do território. Brasília, UnB/UF RJ, 219p.
- OJANUGA, A.G. & LEE, G.B. Characteristics, distribution, and geneses of nodules and concretions in soils of the Southwestern Upland of Nigéria. 1973, *Soil Sci.* 116: 282-91.
- ROSATELLI et al. 1974. Levantamento exploratório de solos da folha SB-22 Araguaia e parte da folha SC-22 Tocantins. Proj. *RADAMBRASIL*. Rio de Janeiro, 4:1-129 il.
- SILVA, L.G.T. ; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. ; MATTOS, J.T. & MUCHAGATA, M.G. 1993. *Fisiografia e solos da região de Marabá-PA, a forte influência tectônica na qualidade e distribuição das unidades geoambientais*. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Resumos. Goiânia, SBCS/UFGO, 4:335.
- SILVA, L.G.T. 1995. Estudo Pedogeoquímico das coberturas de alteração intempéricas que ocorrem na região de Marabá, PA. uma contribuição ao manejo ambiental. Rio Claro, UNESP/IGCE, 250p. Tese de Mestrado.
- SOMBROECK, W.G. 1966. *Amazon soil. a reconnaissance of the soil of the Brazilian Amazon region*. Wageningen, H. Veenman & Zn. N.V., 292p.
- THANH, N. 1984. The composition and struture of the quaternary crust of weatering on the ultrabasic and basic rocks in the humid tropical regions. *Int. geol. rev.*, 26(2):178-88.
- TRUCKENBRODT, W. ; KOTSCHOUBEY, B. & SCHELLMANN, W. 1991 Composition and Origin of the clay cover on Noth Brazilian laterites., *Geol. Rundsch.*, Stuttgart, 80(3):591-610.
- VALENTE, M.A. 1991. *Uso de imagens de satélite em levantamento de solos na Serra dos Carajás- Pará*. Belém, FCAP, 77p. Tese de Mestrado.
- VELOSO, H.P. ; RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, FIBGE, 123p.
- VETTORI, L. 1969. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 24p. (Boletim técnico, 7).