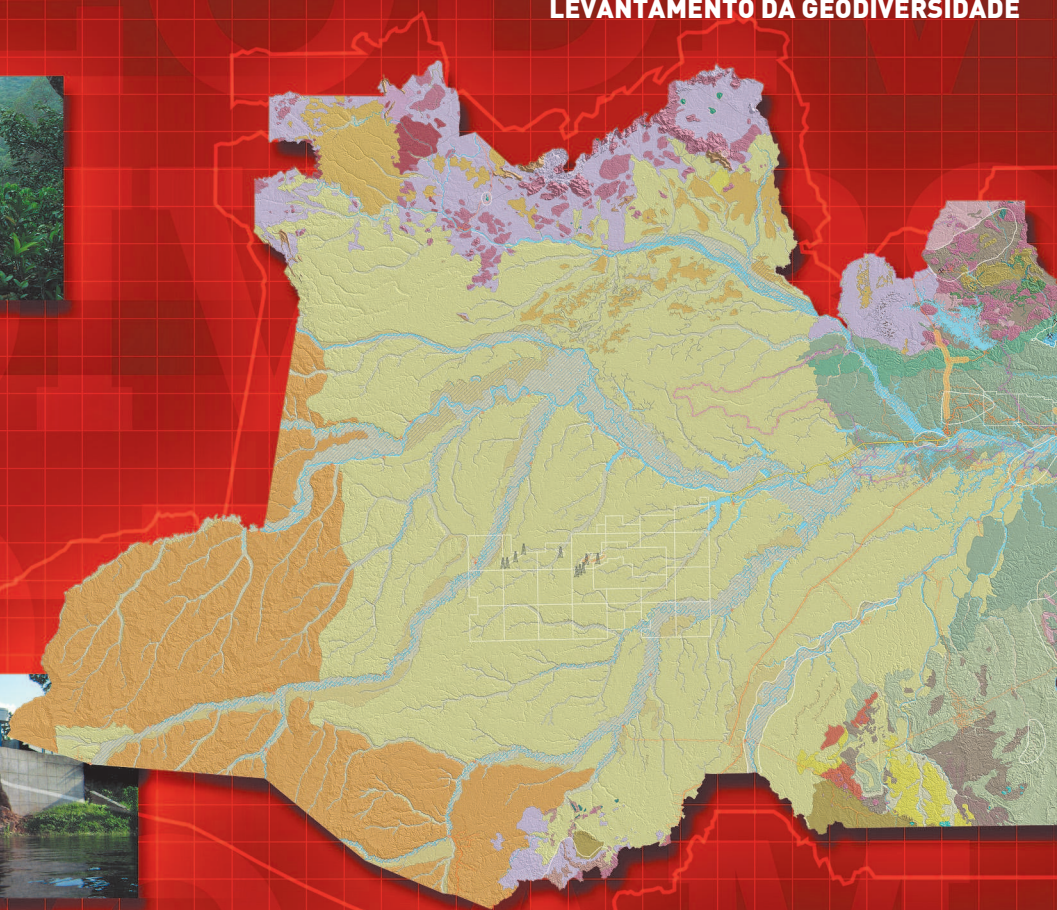
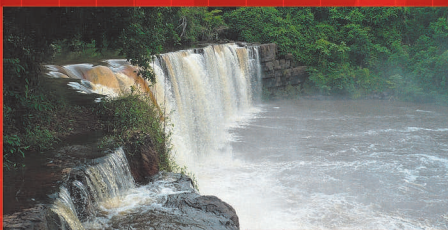


GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2010

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ORGANIZAÇÃO

Maria Adelaide Mansini Maia
José Luiz Marmos

Manaus, Brasil

2010

CRÉDITOS TÉCNICOS

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

COORDENAÇÃO NACIONAL

Departamento de Gestão Territorial
Cassio Roberto da Silva

**Coordenação de Geoprocessamento
e da Base de Dados de Geodiversidade**
Maria Angélica Barreto Ramos
Maria Adelaide Mansini Maia

Coordenação Regional
Valter José Marques

Execução Técnica
Maria Adelaide Mansini Maia
Sheila Gatinho Teixeira
José Luiz Marmos
Carlos José Bezerra de Aguiar

**Organização do Livro Geodiversidade
do Estado do Amazonas**
Maria Adelaide Mansini Maia
José Luiz Marmos

**Sistema de Informação Geográfica
e Leiaute do Mapa**
Maria Adelaide Mansini Maia
Sheila Gatinho Teixeira
Aldenir Justino de Oliveira

**Apoio Banco de Dados, SIG e
Desenvolvimento da Base Geodiversidade**
Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)
João Henrique Gonçalves
Antônio Rabello Sampaio
Leonardo Brandão Araújo
Elias Bernardi da Silva do Espírito Santo
Patrícia Düringer Jacques
Gabriela Figueiredo de Castro Simão

Colaboração
Ana Cláudia Viero
Angela Maria de Godoy Theodorovicz
Antenor de Faria Muricy Filho (ANP)
Antonio Theodorovicz
Bernardo Faria de Almeida (ANP)
Cintia Itokazu Coutinho (ANP)
Edgar Shinzato
Gilvan Coimbra Martins (EMBRAPA)
Hedinaldo Narciso Lima (UFAM)
Isao Shintaku
Jean Racene dos Santos Martins
Jorge Pimentel
José Moura Villas Boas
Kátia Silva Duarte (ANP)
Léo Teixeira
Marcelo Eduardo Dantas
Marcelo Esteves de Almeida
Marcos Vinícius Laray de Jesus (estagiário)
Miguel Arcanjo de Holanda
Mônica Mazzini Perrotta
Nelize Lima dos Santos (estagiária)
Nelson Joaquim Reis
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff
Regina Célia Gimenez Armesto
Renê Luzardo
Rodrigo Santana Macedo (EMBRAPA)
Warley Arruda (UEA)
Wilson Wildner
Wenceslau Gerales Teixeira (EMBRAPA)
Valter José Marques
Vitório Orlandi Filho

Revisão Técnica
Maria Adelaide Mansini Maia
José Luiz Marmos

Revisão Linguística
André Luis de Oliveira Mendonça

Projeto Gráfico/Editoração/Multimídia

**Departamento de Relações
Institucionais (DERID)**
Divisão de Marketing e Divulgação (DIMARK)
(padrão capa/embalagem)
Ernesto von Sperling
José Marcio Henriques Soares
Traço Leal Comunicação

Departamento de Apoio Técnico (DEPAT)
Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)
(projeto de editoração/diagramação)
Valter Alvarenga Barradas
Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

(supervisão de editoração)
Andréia Amado Continentino
(editoração)
Agmar Alves Lopes

(edição de imagem)
Leila Maria Rosa de Alcantara
Nathalia Valladares Leal (estagiário)
Thaynara Pinheiro Rodrigues de Paiva (estagiário)
Yuri Correa de Souza (estagiário)

**Superintendência Regional
de Manaus (SUREG-MA)**
**Gerência de Relações Institucionais
e Desenvolvimento (GERIDE)**
(projeto de multimídia e editoração)
Maria Tereza da Costa Dias
Aldenir Justino de Oliveira

Agradecimentos
Prefeitura Municipal de Manaus
Prefeitura Municipal de Presidente Figueiredo
Prefeitura Municipal de Rio Preto da Eva
Prefeitura Municipal de Itacoatiara
Prefeitura Municipal de Barcelos
Prefeitura Municipal de São Paulo de Olivença
Prefeitura Municipal de Silves

FOTOS DA CAPA:

1. Área de relevante interesse mineral: depósito de nióbio do morro de Seis Lagos, município de São Gabriel da Cachoeira.
2. Risco geológico: solapamento das margens do rio Negro. (fenômeno das “terras caídas”), município de Barcelos.
3. Atrativos geoturísticos: cachoeira do Paredão, rio Juma, município de Apuí.
4. Risco geológico: áreas alagáveis em épocas de cheias no rio Amazonas, município de Manaus.

Maia, Maria Adelaide Mansini.

Geodiversidade do estado do Amazonas / Organização
Maria Adelaide Mansini Maia [e] José Luiz Marmos. — Manaus :
CPRM, 2010.
275 p. ; 30 cm + 1 DVD

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

1. Geodiversidade – Brasil – Amazonas. 2. Meio ambiente – Brasil – Amazonas. 3. Planejamento territorial – Brasil – Amazonas.
 4. Geologia ambiental – Brasil – Amazonas. I. Marmos, José Luiz (Org.).
- II. Título.

CDD 551.098113

Este produto pode ser encontrado em www.cprm.gov.br e seus@cprm.gov.br

6

SOLOS

Wenceslau Geraldes Teixeira (*wenceslau@cnps.embrapa.br*)¹

Warley Arruda (*warleyarruda@gmail.com*)²

Edgar Shinzato (*edgar.shinzato@cprm.gov.br*)³

Rodrigo Santana Macedo (*macedo-rs@hotmail.com*)¹

Gilvan Coimbra Martins (*gilvan.martins@cpaa.embrapa.br*)¹

Hedinaldo Narciso Lima (*hedinaldo@ufam.edu.br*)⁴

Tarcísio Ewerton Rodrigues (*in memorian*)¹

¹EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

²UEA – Universidade do Estado do Amazonas

³CPRM – Serviço Geológico do Brasil

⁴UFAM – Universidade Federal do Amazonas

SUMÁRIO

Introdução	73
Características das principais classes de solos que ocorrem no estado do Amazonas	77
Argissolos	77
Latosolos	78
Cambissolos	79
Plintossolos	79
Espodossolos	80
Gleissolos	80
Neossolos flúvicos	81
Neossolos quartzarênicos	82
Terras pretas de índio	83
Referências	83

INTRODUÇÃO

Os trabalhos de Marbut e Manifold (1926) constituem-se nos primeiros registros sobre as características dos solos da Amazônia, cujas informações receberam um grande incremento com os estudos realizados pela equipe do Instituto de Pesquisa Agrônomo do Norte (IPEAN) (RODRIGUES, 1995). Convém ressaltar o trabalho de Sombroek (1966), considerado um marco nos estudos das classes de solo na Amazônia, onde são descritos em detalhes, pela primeira vez, as Terras Pretas de Índio e os Plintossolos (Figura 6.1).

No estado do Amazonas, a equipe de levantamento de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) procedeu a levantamentos e mapeamentos em diferentes escalas, principalmente na década de 1980 (EMBRAPA, 1982, 1983a, 1983b, 1984a, 1984b, 1984c). Nessa década também foram realizados levantamentos semidetalhados nos municípios de Manacapuru (Figura 6.2), Parintins, Careiro da Várzea e Barreirinha pela equipe do Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1982, 1986a, 1986b, 1986c, 1986d).

Ainda na década de 1980, constam as publicações de características e estudos de gênese e levantamentos de solos concentrados principalmente nas cercanias de Manaus

(CHAUVEL et al., 1987, 1991; LUCAS et al., 1984; RANZANI, 1980). O projeto Radar da Amazônia (RADAMBRASIL) foi o maior levantamento em nível exploratório de solos do Amazonas. Esses estudos, baseados em mosaicos de imagens de radar na escala 1:250.000, bem como em coleta e excursões em pontos remotos da Amazônia, contaram com o apoio de equipes experientes e de helicópteros bem equipados. Os resultados foram publicados, sequencialmente, na escala 1:1.000.000. O estado do Amazonas conta com 12 mapas de solos exploratórios, dentre eles as folhas Manaus (BRASIL, 1978) e Santarém (BRASIL, 1976) (Figuras 6.3 e 6.4).

Em 1981, com a publicação do “Mapa de Solos do Brasil: Escala 1:5.000.000”, pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, tornaram-se disponíveis as informações compiladas sobre os solos da Amazônia. Tal publicação foi revista e publicada com uma nova legenda em 2001 (IBGE, 2001). O Serviço de Proteção da Amazônia (SIPAM), em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), organizou uma base de dados digitais com informações espacializadas dos solos da Amazônia Legal na escala 1:250.000, que foi compilada principalmente das informações colhidas para o referido mapa.

A Figura 6.5 e a Tabela 6.1 apresentam, respectivamente, a distribuição espacial das principais classes de solos do

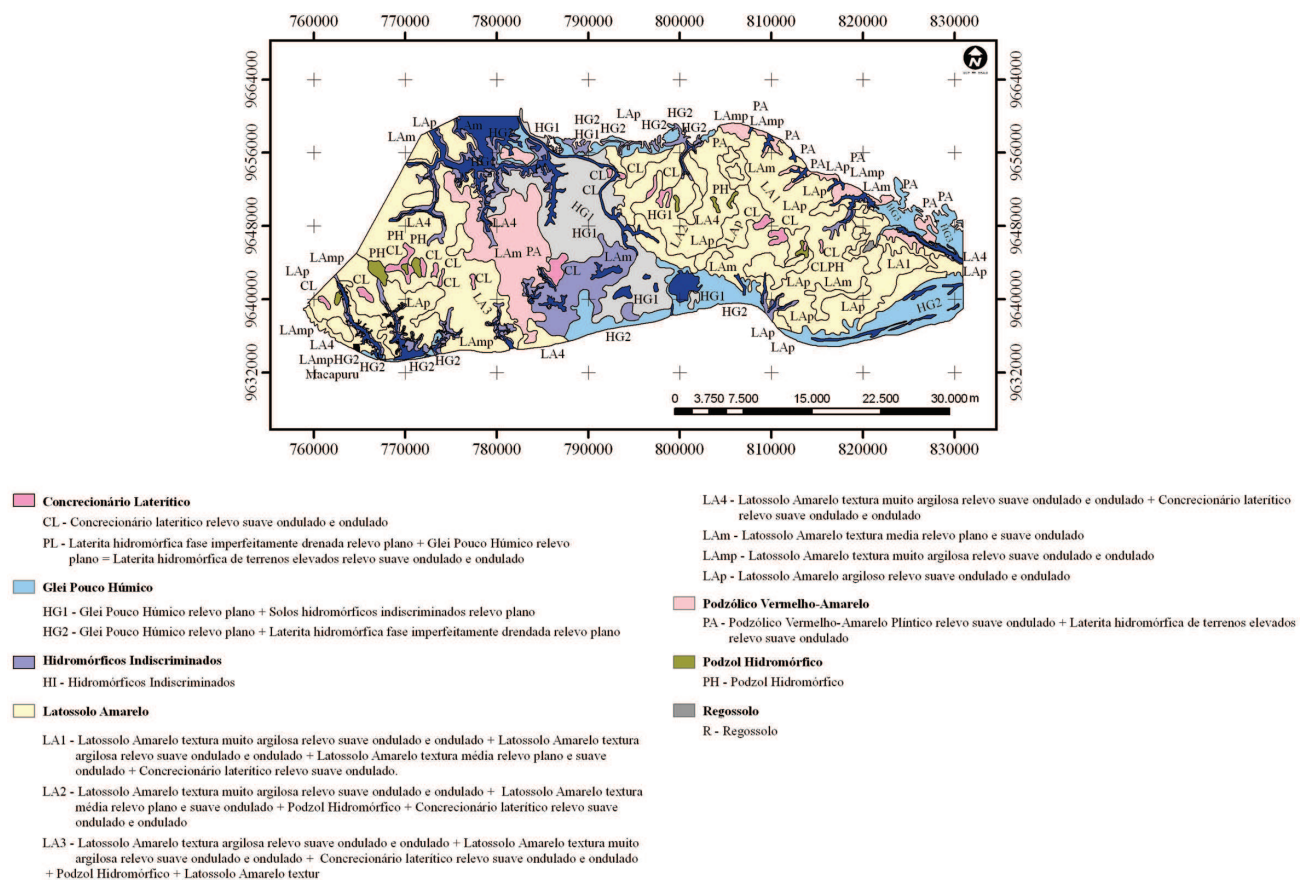


Figura 6.1 - Levantamento da área da rodovia AM-070 (Cacau Pirêra-Manacapuru).
 Fonte: IPEAN (1970). Nota: Mapa digitalizado e revitalizado por Teixeira et al. (2008).

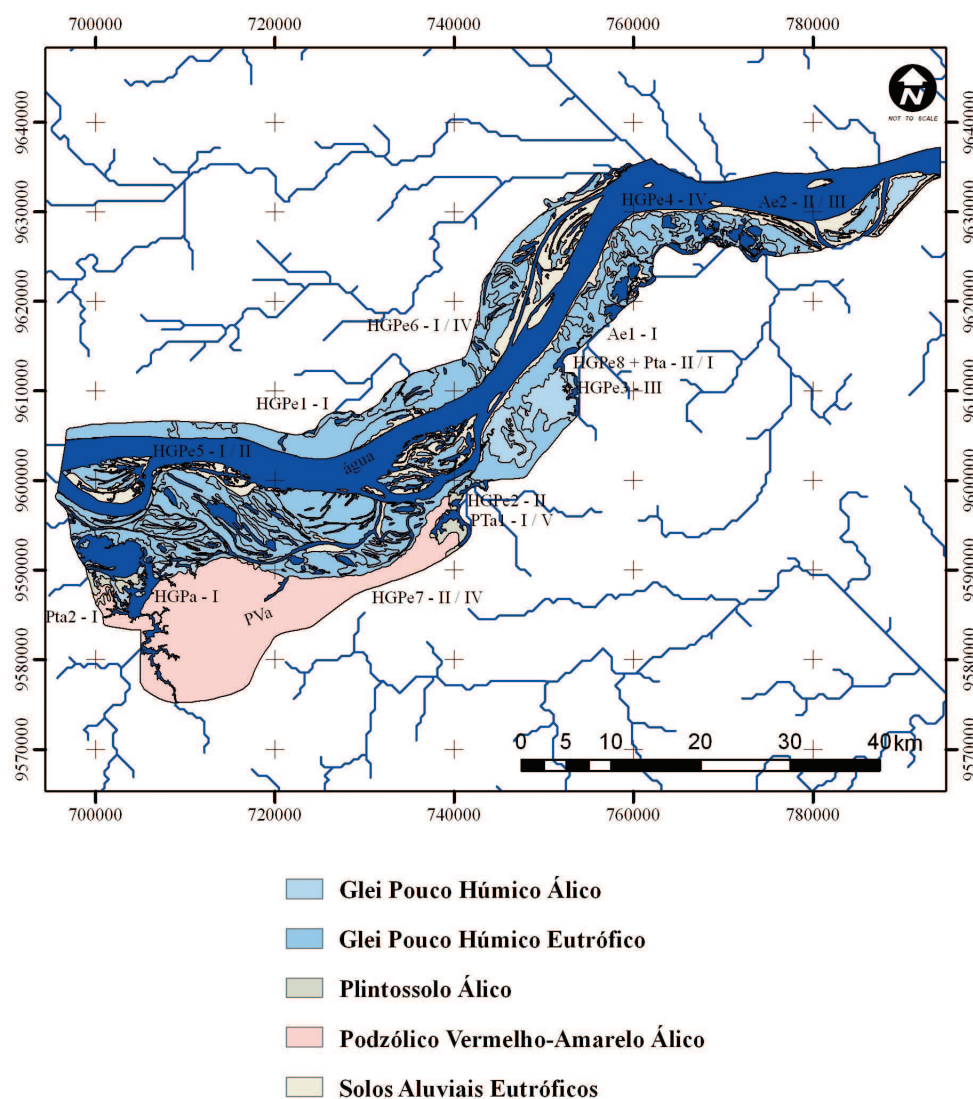
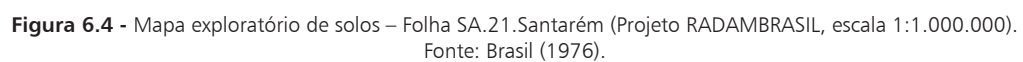
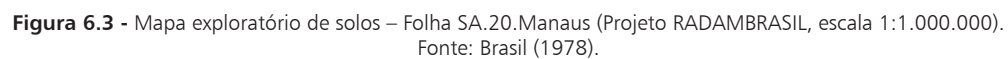


Figura 6.2 - Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola do município de Manacapuru (AM).
Fonte: CETEC (1986a). Nota: Mapa digitalizado e revitalizado por Teixeira et al. (2008).

estado do Amazonas e a porcentagem areal das principais classes de solos ocorrentes no estado. Tais informações foram compiladas da base digital da Amazônia Legal (IBGE/SIPAM), sendo considerada apenas as classes dominantes de cada unidade de solo. No entanto, devido à escala cartográfica empregada, as unidades mapeadas foram constituídas na legenda original em associações de solos. Assim, na referida tabela, apenas os componentes principais das unidades de mapeamento foram considerados.

Dentre as classes de solo dominantes no estado do Amazonas, os Argissolos compreendem praticamente 45% da área do estado. Os Latossolos representam 26% da área, sendo predominantemente Latossolos Amarelos, cuja ocorrência se concentra próximo à região central do estado nas áreas de terra firme. Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos predominam nas planícies de inundações e perfazem 9% dos solos do Amazonas, sendo em sua quase totalidade férteis quando ocorrem nas margens dos rios de

águas barrentas (Solimões, Madeira, Purus, Juruá, dentre outros). Os Espodossolos, que perfazem mais de 7% da área do estado, predominam na área norte do Amazonas, principalmente nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Barcelos. Sobre esses solos predomina uma vegetação mais esparsa, denominada “campinas” e “campinaranas” (Figura 6.6). Os Plintossolos, com 3,5%, são os solos predominantes nos campos e cerrados do sul do estado do Amazonas (Figura 6.7), principalmente nos municípios de Humaitá, Lábrea e Canutama. As demais classes ocorrem em menor proporção em relação à área total do estado e das outras classes; entretanto, são as classes dominantes em algumas regiões, como os Cambissolos na região do Alto Solimões (COELHO et al., 2005) e na bacia do rio Urucu, na Província Petrolífera de Urucu (Coari) (TEIXEIRA et al., 2009). Os Neossolos Quartzarênicos predominam nas áreas de terra firme na área da Vila Amazônia, no município de Parintins (MARTINS et al., 2007; SOUZA et al., 2008).



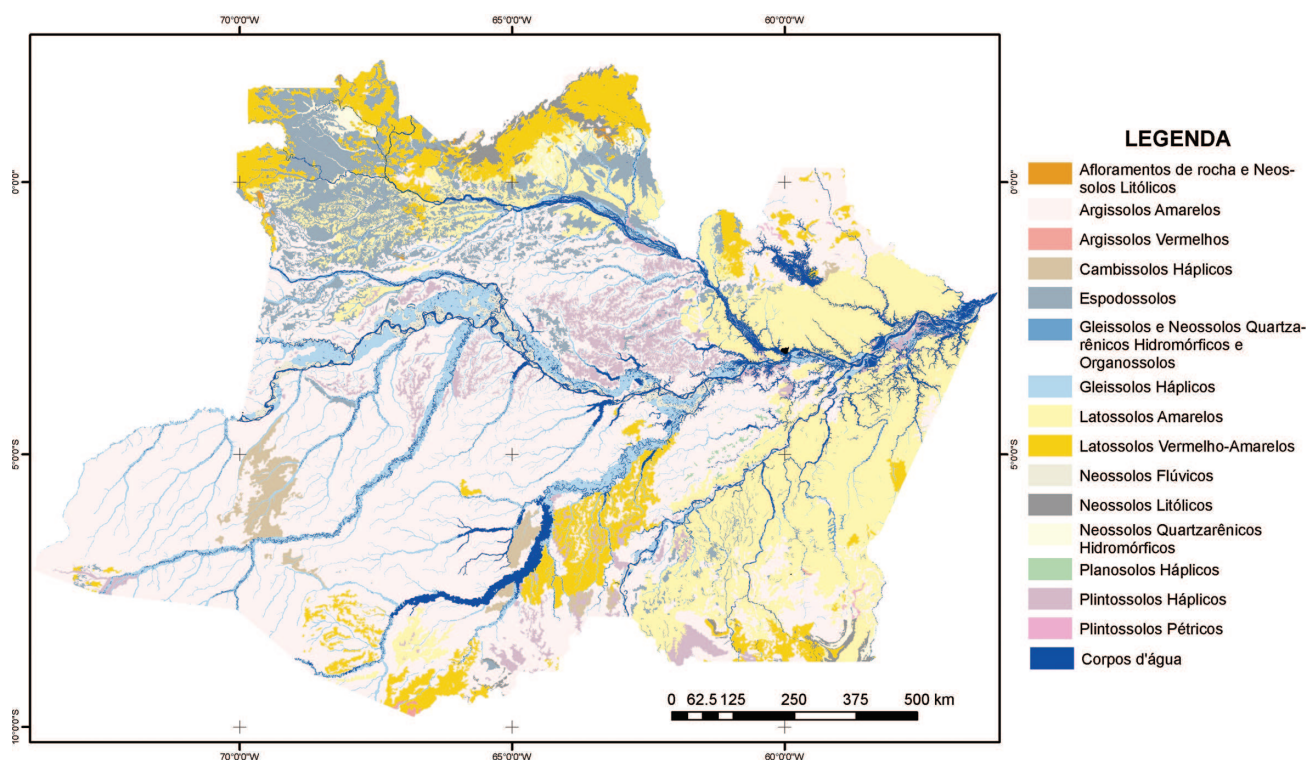


Figura 6.5 - Mapa exploratório de solos do estado do Amazonas. Nota: Compilado da base digital do IBGE/SIPAM.

Tabela 6.1 - Área das principais classes de solos dominantes no estado do Amazonas e seu percentual em relação à área total do estado.

Unidade Mapeada	Classes de Solos	Área (km ²)	Área (%)
AR	Afloramentos de Rocha + Neossolos Litólicos	934.9	0.06
Urb	Áreas Urbanas	188.27	0.01
PA	Argissolos Amarelos	703529.21	44.8
PV	Argissolos Vermelhos	599.89	0.04
CX	Cambissolos Háplicos	21572.55	1.37
AG	Corpos d'Água	73403.28	4.67
ES	Espodossolos	112142.53	7.14
G	Gleissolos + Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos	514.33	0.03
GX	Gleissolos Háplicos	140879.37	8.97
LA	Latossolos Amarelos	285041.75	18.15
LVA	Latossolos Vermelho-Amarelos	124614.33	7.93
RY	Neossolos Flúvicos	22749.8	1.45
RL	Neossolos Litólicos	13966.46	0.89
RQg	Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos	14087.67	0.9
SX	Planossolos Háplicos	1065.84	0.07
FX	Plintossolos Háplicos	54502.69	3.47
FF	Plintossolos Pétricos	652.81	0.04
	Total	1.570.446	100



Figura 6.6 - Vegetação de campinarana típica dos Espodosolos do norte do estado do Amazonas (São Gabriel da Cachoeira, AM).



Figura 6.7 - Vegetação de campos naturais típica dos Plintossolos do sul do estado do Amazonas (Humaitá, AM).

CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS QUE OCORREM NO ESTADO DO AMAZONAS

Argissolos

Essa classe compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam horizonte B textural (Bt) [horizonte mineral subsuperficial com textura franco-arenosa ou mais fina, onde houve incremento de argila; em geral, ou apresentam elevado gradiente textural ou há pouca expressão do gradiente, desde que o horizonte B seja bem estruturado e manifeste forte cerosidade na superfície de seus agregados estruturais], com perfis bem desenvolvidos, profundos e medianamente profundos, bem a moderadamente drenados. Distinguem-se dos Latossolos pela acentuada diferenciação de classe de textura entre os horizontes A e B, sendo os horizontes superficiais mais arenosos que os horizontes subsuperficiais (EMBRAPA, 2006).

As classes de textura predominantes nos horizontes A e Bt nas ocorrências registradas no Amazonas são média/

argilosa e argilosa/muito argilosa. Devido à ocorrência de textura mais arenosa no horizonte superficial e, muitas vezes, uma drenagem restrita no horizonte Bt, os Argissolos são suscetíveis aos processos de erosão hídrica, principalmente quando ocorre relevo ondulado ou forte ondulado. Nas proximidades e na cidade de Manaus, problemas de erosão nas áreas urbanas e destruição de ruas e estradas normalmente estão relacionados aos Argissolos.

As características químicas dos Argissolos são muito variáveis. Nas partes central e oeste do Amazonas são desenvolvidos a partir de sedimentos dos períodos Cretáceo/Terciário, sendo predominantemente distróficos (menos de 50% do complexo de troca e cátions são saturados por bases trocáveis) e mesmo álicos (mais de 50% do complexo de troca de cátions são saturados pelo íon alumínio). No Amazonas, os Argissolos, em sua maioria, apresentam reação extremamente a moderadamente ácida (Figura 6.8). Na região oeste do estado do Amazonas, muitas das ocorrências de Argissolos apresentam reduzida drenagem interna (EMBRAPA, 1982; TEIXEIRA et al., 2009), que condiciona o aparecimento de um horizonte com caráter plíntico, resultante de processos de oxidação e redução do ferro devido à variação da aeração causada por encharcamentos temporários.

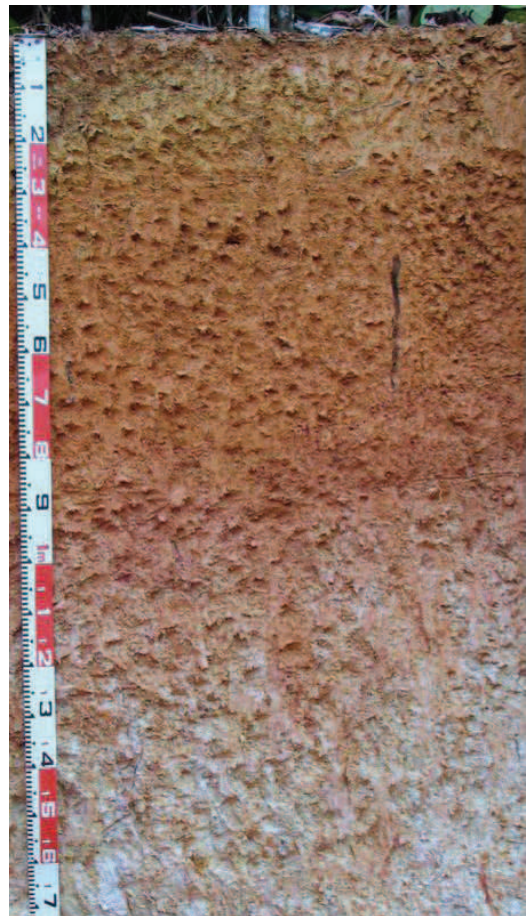


Figura 6.8 - Perfil típico de Argissolo (Rio Preto da Eva, AM).

No Apêndice III é apresentado o perfil típico de um Argissolo Amarelo no estado do Amazonas.

A generalização da aptidão agrícola dos Argissolos é difícil pela variabilidade de atributos de interesse agroeconômico, como: profundidade efetiva, textura binária (por exemplo, média/argilosa, argilosa/muito argilosa), fertilidade, caráter plântico e sua ocorrência em diferentes fases de relevo. Contudo, aqueles que ocorrem em relevo plano e suave ondulado, sem limitações de caráter físico, supridas as exigências de corretivos e fertilizantes que os cultivos exigirem, são os que apresentam melhores condições ao uso agrícola intensivo no estado. Em relevo ondulado, são normalmente indicados para culturas permanentes, devido à elevada suscetibilidade à erosão hídrica.

Latossolos

A classe dos Latossolos compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam normalmente uma sequência de horizontes A, Bw [horizonte mineral bastante intemperizado, evidenciado por completa ou quase completa ausência ($> 4\%$) de minerais primários facilmente intemperizáveis; apresentam estrutura forte muito pequena ou pequena granular, ou em blocos subangulares, bem como textura franco-arenosa ou mais fina e reduzidos teores de silte] (latossólico) e C, com pouca diferenciação entre os horizontes Bw e, em geral, com transição entre os horizontes plana e difusa (Figura 6.9).



Figura 6.9 - Perfil típico de Latossolo Amarelo (Manaus, AM).

Na fração argila ocorrem minerais em avançado estágio de intemperismo. No estado do Amazonas, predominam o mineral de argila (1:1) caulinita e óxidos de ferro (goethita e hematita). A fração areia é dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo, principalmente o quartzo (COELHO et al., 2002) e alguns poucos fragmentos feldspáticos. Os Latossolos que ocorrem no estado do Amazonas são profundos ou muito profundos, com espessuras quase sempre superiores a 2 m (BOTSCHEK et al., 1996; LUCAS et al., 1984; MARQUES et al., 2004). Apresentam, na Amazônia Central, predomínio da fração argila, sendo classificados, em sua maioria, como argilosos ou muito argilosos (RODRIGUES et al., 1971, 1974; SHINZATO et al., 2005; TEIXEIRA, 2001).

Nos horizontes subsuperficiais, as argilas se encontram quase que em sua totalidade floculadas. As estruturas dominantes são na forma de pequena granular (fortemente desenvolvida) e em blocos subangulares. Quando há predomínio da estrutura granular, o solo adquire aspecto maciço poroso (RODRIGUES, 1995) com poros apresentando distribuição de frequência tipicamente bimodal (macro- e microporos) (TEIXEIRA et al., 2001). São bastante porosos ($> 50\%$ de poros) e muito permeáveis. A estrutura microagregada e a distribuição de frequência bimodal dos poros dos Latossolos Amarelos fazem com que grande parte da água drene facilmente.

Latossolos com textura argilosa e muito argilosa apresentam altas tensões ("solo seco") e elevada umidade ($> 20\%$ em volume). Embora a água que se encontra dentro de microporos esteja revestindo as partículas de argila, ela não é disponível para a maioria das plantas. Os Latossolos são encontrados predominantemente em relevo plano ou suave ondulado, embora ocorram também em relevo movimentado (SHINZATO et al., 2005).

O horizonte superficial A é fraco ou moderado quando há predomínio de argila, sendo mais espesso em áreas mais arenosas. Entretanto, essa maior espessura do horizonte A nas áreas mais arenosas não reflete, necessariamente, maior estoque de carbono, dado que esses teores são relativamente baixos nessas camadas. Apresenta em sua condição original a vegetação de floresta primária, com boa a excelente drenagem, mesmo quando a textura for muito argilosa. Na parte da Amazônia Central, próximo a Manaus, em condições naturais de elevada permeabilidade e bem estruturados, são pouco suscetíveis aos processos de erosão hídrica.

Os Latossolos no Amazonas apresentam predominantemente caráter distrófico ou álico. Os valores predominantes de pH indicam solos de reação extremamente a moderadamente ácidos. Os estudos dos horizontes superficiais dos Latossolos indicam predominância de cargas superficiais líquidas negativas e, conseqüentemente, dominância de capacidade de troca de cátions sobre a troca de ânions. Nas camadas inferiores, em algumas localidades são encontrados valores positivos indicando o predomínio de cargas positivas nesses solos, caráter denominado ácrico

(SHINZATO et al., 2005). No estado do Amazonas ocorrem, predominantemente, Latossolos Amarelos; entretanto, há ocorrência, em menor escala, de Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos.

Apresentam baixa fertilidade natural, com teores muito reduzidos de bases trocáveis e fósforo. Possuem relativamente alta saturação de alumínio, tendo, contudo, potencial de uso para a agricultura e a pecuária, face às boas propriedades físicas e ao relevo plano e suave ondulado, o que facilita seu manejo e mecanização. As limitações decorrentes da baixa fertilidade e acidez elevada os tornam exigentes em corretivos e adubos químicos e orgânicos.

No Apêndice III são apresentados dados típicos de um perfil de Latossolo Amarelo ocorrente no estado do Amazonas.

Cambissolos

Essa classe compreende solos minerais não hidromórficos, com estágio intermediário de formação se comparados aos Argissolos ou Latossolos. No Amazonas, são solos rasos e imperfeitamente drenados, com reduzida fertilidade (Figura 6.10). A classe textural é bastante variável, mas na região oeste do estado do Amazonas são caracterizados pelos elevados teores de silte. A maioria dos perfis de Cambissolos descritos no Amazonas é álico, com deficiência generalizada de nutrientes. São solos ácidos ou muito ácidos, com teores baixos a médios de matéria orgânica. Os teores de fósforo trocável são muito baixos. Quanto à sua utilização, depende da forma do relevo onde ocorrem.



Figura 6.10 - Perfil típico de Cambissolo (Coari, AM).

Na região do rio Urucu (TEIXEIRA et al., 2009), esses solos apresentam drenagem interna do perfil muito reduzida.

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Cambissolo na Amazônia Central.

Plintossolos

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), os Plintossolos são solos minerais que apresentam horizonte plântico [horizonte mineral de espessura igual ou maior que 15 cm, caracterizado pela presença de plintita em quantidade igual ou superior a 15% por volume de solo; a plintita se refere a um material rico em óxidos de ferro, ou de ferro e alumínio, com a propriedade de endurecer irreversivelmente (petroplintita), sob efeito de ciclos alternados de umedecimento e secagem], petroplântico ou litoplântico (Figura 6.11). A característica mais marcante dessa classe de solos é a presença de manchas ou mosqueados avermelhados (plintita), geralmente compondo um mosqueado de cores bem contrastantes (tons de amarelo e vermelho) com a matriz (geralmente esbranquiçada) (SHINZATO et al., 2005).

Quando apresentam concreções endurecidas (petroplintita), são denominados Plintossolos Pétricos. As petroplintitas, localmente denominadas “piçarras”, são frequentemente utilizadas para revestimento de estradas vicinais. Os Plintossolos, normalmente, são encontrados em áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores de encosta, situações que implicam reduzida drenagem. São geralmente imperfeitamente drenados, à exceção dos que



Figura 6.11 - Perfil típico de Plintossolo (Humaitá, AM).

apresentam como petroplínticos, estes, em sua maioria, no estado do Amazonas, são bem drenados. Os Plintossolos Pétricos, geralmente, são encontrados em relevo suave ondulado e ondulado.

No estado do Amazonas predominam os caracteres distróficos ou álicos. Na região sul do estado (municípios de Humaitá, Lábrea e Canutama), são os solos predominantes em grandes áreas sob a vegetação de cerrados ou campos (MARTINS et al., 2003; MACEDO e TEIXEIRA, 2009). É interessante frisar que essa fase de vegetação (cerrados ou campos), que ocorre no Brasil Central por uma limitação da água disponível, no Amazonas sua ocorrência é devida ao encharcamento dos Plintossolos nos períodos de maior precipitação. Os Plintossolos, no sul do estado, apesar de ocorrerem em relevo plano e suave ondulado, propícios à mecanização, apresentam limitações devido à reduzida drenagem e baixa fertilidade (EMBRAPA, 1997). Para cultivo de grãos nesses solos com problemas de drenagem, é necessária a implantação de eficientes sistemas de drenos, pois há dificuldade de colheita e perdas causadas pelo excesso da água no solo e falta de aeração (MACEDO e TEIXEIRA, 2009).

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Plintossolo na Amazônia.

Espodossolos

Os Espodossolos são solos predominantemente arenosos, com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e/ou alumínio em profundidade (Figura 6.12). Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), os Espodossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte diagnóstico subsuperficial B espódico (Bh) [horizonte mineral subsuperficial que apresenta acumulação iluvial de matéria orgânica e compostos de alumínio, com presença ou não de ferro iluvial; em geral, a estrutura do horizonte B espódico é maciça e pode se apresentar sob forma consolidada e de consistência extremamente dura; nesse caso, é denominado "orstein"].

A estrutura é fraca, pequena, granular ou grãos simples no horizonte A e maciça no horizonte B espódico. No Amazonas são geralmente profundos, com acentuado contraste de cor entre os horizontes, sendo, por isso, facilmente distinguíveis no campo. Ao horizonte A, de cor cinza-escuro ou preta, segue-se um horizonte E esbranquiçado, que, por sua vez, é normalmente seguido por um horizonte de coloração preto-amarronzada (horizonte Bh). Apresentam reduzida fertilidade e são fortemente ácidos (SHINZATO et al., 2005). No Amazonas, predominantemente nos Espodossolos, ocorre vegetação de campinarana, sendo que, em várias dessas ocorrências, devido à limitada drenagem do horizonte espódico, há um encharcamento temporário nos períodos de maiores precipitações. Paradoxalmente, esses solos, pela textura arenosa e estrutura em grão soltos, apresentam reduzida capacidade de armazenamento de água; por conseguinte, a vegetação que cresce nesses



Figura 6.12 - Perfil típico de Espodossolo (Rio Preto da Eva, AM).

loais sofre períodos de estresse por deficiência hídrica nos períodos de estiagem.

Possuem sérias restrições ao uso agrícola, condicionadas pela textura arenosa: fertilidade natural muito baixa, reduzida capacidade de reter água e nutrientes e, no caso do horizonte espódico cimentado ("orstein"), há restrições pelo excesso de água devido à drenagem deficiente do horizonte espódico.

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Espodossolo no estado do Amazonas.

Gleissolos

Compreendem solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei – horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial caracterizado por cores neutras ou mosqueadas que refletem a prevalência de processos de redução, com ou sem segregação de ferro, em decorrência de saturação por água durante algum período ou o ano todo (Figura 6.13).

São solos mal ou muito maldrenados em condições naturais, tendo o horizonte A cores desde cinzentas a pretas, espessura entre 10 e 50 cm e teores variáveis de carbono orgânico. São solos formados sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea. A maioria das ocorrências no Amazonas apresenta encharcamento durante longos períodos do ano, o que resulta em condições anaeróbicas e consequente redução do íon férrico para o íon ferroso, no processo denominado gleização. Esse processo se caracteriza pela presença de cores acinzentadas ou azuladas, consequência da solubilização do ferro, que se transloca e reprecipita formando, em muitas ocorrências, um mosqueado de cores.



Figura 6.13 - Perfil típico de Gleissolo (Parintins, AM).

A maior parte dos Gleissolos do estado do Amazonas desenvolveu-se a partir de sedimentos quaternários, nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, em áreas abaciadas ou depressões. Em algumas áreas, verifica-se a presença de Gleissolos nas posições mais elevadas da paisagem (região do rio Urucu, município de Coari) onde, nas épocas das chuvas, ocorre um encharcamento na superfície do solo (caráter epiáquico) que se prolonga por vários meses.

No estado do Amazonas, a maioria dos Gleissolos apresenta elevada fertilidade (TEIXEIRA et al., 2008). A natureza do material de origem, a posição na paisagem (pequena diferença de cota em relação ao nível das águas no período seco), as condições restritas de drenagem e as inundações periódicas a que estão sujeitos esses solos resultam em reduzida taxa de intemperismo, sendo, por isso, os solos mais novos da paisagem. Apresentam pouca estruturação e teores elevados de silte e areia fina. Na maior parte do estado do Amazonas, não apresentam processos de erosão intensos, especialmente devido ao relevo plano a suave ondulado onde ocorrem e à pequena diferença de cotas entre o nível do solo e o nível das águas.

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Gleissolo no estado do Amazonas.

Neossolos Flúvicos

Essa classe de solo compreende solos minerais pouco desenvolvidos, apresentando pequena expressão dos processos pedogenéticos como consequência de características do próprio material, de sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou

limitar a sua evolução. Os Neossolos Flúvicos estão associados principalmente ao dique aluvial (barrancos dos rios) e às partes mais elevadas do interior da várzea, enquanto os Gleissolos ocorrem na parte mais interior e mais rebaixada da várzea (Figura 6.14). Nessa classe estão incluídos os solos que, no antigo sistema de classificação, foram classificados, principalmente, como Solos Aluviais. Os Neossolos Flúvicos do estado do Amazonas ocorrem principalmente às margens dos rios e lagos associados aos grandes rios. Os que apresentam caráter eutrófico estão associados ao processo de colmatagem de sedimentos ricos do rio Solimões e seus afluentes de águas barrentas (Madeira, Juruá, Purus etc.), enquanto os distróficos, aos rios de água preta (Negro, Urubu etc.), onde a quantidade de sedimentos é reduzida e há teores elevados de ácidos orgânicos dissolvidos na água (VIEIRA e SANTOS, 1987).

Em sua grande maioria, os Neossolos Flúvicos, assim como os Gleissolos, no estado do Amazonas, são solos com elevada fertilidade natural, desempenhando importante papel na produção agrícola familiar da região. São intensamente utilizados pelos agricultores ribeirinhos durante o período de vazante, para o cultivo de hortaliças, feijão caupi e plantas fibrosas (juta e malva). Entretanto, apresentam sérias restrições às culturas perenes e à silvicultura, devido, principalmente, ao alagamento durante longos períodos. Sua potencialidade agrícola também é em função de sua posição na paisagem próxima a rios, o que, teoricamente, facilita o escoamento por via fluvial. Nas áreas de ocorrências dos Neossolos Flúvicos e dos Gleissolos ocorre, frequentemente, o desbarrancamento das margens no leito do rio, fenômeno conhecido localmente como "terras caídas".

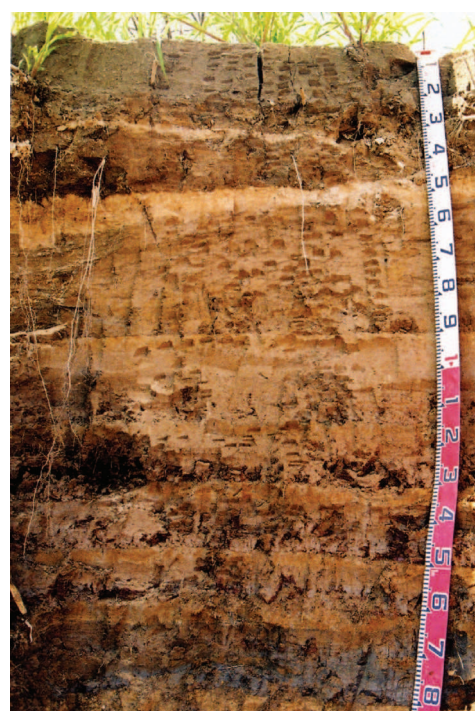


Figura 6.14 - Perfil típico de Neossolo Flúvico (Iranduba, AM).

No Apêndice III é apresentado o perfil típico de um Neossolo Flúvico no estado do Amazonas.

Neossolos Quartzarênicos

São solos minerais, hidromórficos ou não, geralmente profundos, essencialmente arenosos, pouco desenvolvidos a partir de sedimentos arenoquartzosos ou de arenitos, caracterizados por completa ausência de horizonte B diagnóstico (Figura 6.15).



Figura 6.15 - Perfil típico de Neossolo Quartzarênico com horizonte A antrópico (Parintins, AM).

A fração areia representa pelo menos 70% do total de sólidos minerais do solo (EMBRAPA, 2006). A estrutura é muito fraca, pequena granular, com aspecto maciço e/ou grãos simples. A coloração é bastante variável, podendo apresentar tonalidades acinzentadas, amareladas ou avermelhadas, em função da presença de óxidos de ferro. São normalmente bem e excessivamente drenados e sua capacidade de retenção de água é muito reduzida. A fertilidade natural é muito baixa, com carência generalizada de nutrientes. Devido a tais características, esses solos apresentam restrições para uso e necessitam de grande aporte de corretivos e fertilizantes para se tornar produtivos, o que geralmente não apresenta viabilidade econômica.

No Apêndice III é apresentado o perfil típico de um Neossolo Quartzarênico no estado do Amazonas.

TERRAS PRETAS DE ÍNDIO

As Terras Pretas de Índio (TPI), denominadas *Amazonian Dark Earths* em língua inglesa, são áreas encontradas principalmente na Amazônia, cujos solos apresentam

horizontes superficiais escuros e férteis (epieutróficos). As cores escuras desses horizontes superficiais são devidas à elevada concentração de algumas formas aromáticas de carbono (*black carbon*), de origem predominantemente pirogênica (GLASER, 2007), muito estáveis e de alto poder pigmentante. Adicionalmente, apresentam grande densidade de cargas negativas, que confere a esses horizontes elevada capacidade de troca de cátions (CTC) (LIANG et al., 2006). Essas áreas são também caracterizadas por elevadas concentrações dos cátions: cálcio, magnésio, zinco e manganês (GLASER, 2007; KÄMPF e KERN, 2005; LEHMANN et al., 2003; SMITH, 1980).

Os horizontes enriquecidos das TPIs também apresentam, normalmente, artefatos cerâmicos arqueológicos e elevada concentração de fósforo total e disponível para plantas (P), quando comparados com os solos adjacentes formados do mesmo material de origem (GLASER e WOODS, 2004; KÄMPF e KERN, 2005; KERN e KÄMPF, 1989; LEHMANN et al., 2003; SOMBROEK, 1966; TEIXEIRA et al., 2009; WOODS et al., 2009). Datações por meio de técnicas radiocarbônicas indicam que a formação e ocupação das áreas de TPI ocorreram principalmente entre 500 e 2500 anos antes do presente (A.P.) (NEVES et al., 2004).

Os solos que apresentam os horizontes típicos das TPIs não têm uma classificação específica no sistema brasileiro de classificação de solos, sendo caracterizados nos levantamentos como solos com horizonte A antrópico, de Argissolos e Latossolos e, menos frequentemente, da classe dos Plintossolos e Espodossolos (TEIXEIRA et al., 2008) (Figura 6.16).

A maioria das TPIs estudadas e mapeadas até o momento no estado do Amazonas se encontra principalmente nas áreas de terra firme (livres da inundação anual dos rios), em barrancos altos próximos (*bluffs*) às calhas dos grandes rios (Solimões, Amazonas, Urubu, Negro). Nas áreas de várzeas (Gleissolos), também são encontrados horizontes antrópicos; entretanto, frequentemente estão soterrados (MACEDO e TEIXEIRA, 2009; TEIXEIRA e MARTINS, 2003).

A origem das TPIs causou muito debate no passado. Alguns autores afirmavam que as TPIs eram férteis antes dos assentamentos e da influência antrópica e que a população indígena havia sido atraída para lá devido à fertilidade daquelas áreas. Várias hipóteses de origens geogênicas também foram levantadas: acúmulo de cinzas vulcânicas; sedimentação de lagos etc. As primeiras suposições da origem antrópica das TPIs surgiram na década de 1940, mas até a década de 1980 a hipótese de origem não-antrópica das TPIs era comum. Kämpf e Kern (2005) procedem a uma revisão histórica dessa questão e fornecem todas as referências originais dos trabalhos com as diferentes hipóteses.

Ranzani (1980) classificou corretamente alguns horizontes superficiais típicos das TPIs como de origem antrópica. Sombroek (1966) descreveu no platô de Belterra, às margens do rio Tapajós, no Pará, alguns perfis de TPI e também alguns horizontes amarronzados, aos quais denominou Terras Mulatas (TM). Ambos os horizontes foram considerados como de origem antrópica; porém, acredita-



Figura 6.16 - Perfil típico de Argissolo com A antrópico (Terra Preta de Índio) (Iranduba, AM).

-se que as TMs foram formadas por manejo intencional, realizado com finalidades de melhoria da qualidade do solo para produção agrícola. A influência antrópica na formação e nas características das TPIs e TMs foram corroboradas por dados de Hilbert (1968), Smith (1980), Pabst (1985), Woods e McCann (2001), Neves et al. (2003) e Teixeira et al. (2007).

As TPIs na Amazônia Central têm fortes evidências de ser resultado da atividade antrópica, por meio da incorporação de resíduos orgânicos que adquiriram caráter recalcitrante pelo uso do fogo. Principalmente, os resíduos vegetais foram carbonizados e adquiriram elevada capacidade de reter os nutrientes catiônicos adicionados através de resíduos de origem animal (ossos, sangue, pele e vísceras) e de origem vegetal (cascas, sobras de alimentos, folhas de palmeiras utilizadas nas coberturas das habitações) (KÄMPF e KERN, 2005; LIMA et al., 2002, SCHAEFER et al., 2004). Recentemente, tem sido também estudado o provável enriquecimento da TPI por excrementos (BIRK et al., 2008). Especula-se que, provavelmente, alguma prática ritualística envolvendo a carbonização dos resíduos era hábito dessas populações, o que justificaria a ocorrência de TPI em apenas algumas áreas ocupadas por populações pré-colombianas. A área de solos com horizontes antrópicos na Amazônia foi estimada entre 6.000 e 18.000 km² (SOMBROEK et al., 2003). Há algumas estimativas ainda maiores, mas, se existem TPIs nessa densidade e tamanho, estas não foram adequadamente mapeadas, provavelmente esses números estão superestimados. As TPIs, normalmente, são áreas de aproximadamente dois a quatro hectares (SMITH, 1980), mas TPIs com dezenas de hectares, como os sítios Hatahara, Caldeirão e Açutuba, no município de Iranduba, e mesmo centenas de hectares, têm sido também relatadas (por exemplo, Santarém e Autazes).

Dada a grande extensão de muitos sítios arqueológicos na Amazônia Central (PETERSEN et al., 2001) e considerando-se a ineficiência dos instrumentos agrícolas de madeira e machados de pedra para a prática da agricultura de corte e queima (DENEVAN, 2001), acredita-se que as tribos pré-

-colombianas provavelmente utilizavam métodos de cultivo intensivo nas áreas de várzea (onde estas eram disponíveis) e o cultivo semipermanente (nas Terras Mulatas) e permanente (nas Terras Pretas de Índio).

A elucidação das formas da agricultura pré-colombiana é um fator crucial que poderá apontar soluções para práticas agrícolas na atualidade na região tropical. A elevada fertilidade e a sustentabilidade das TPIs incitam esforços para compreensão de sua gênese e dos mecanismos de sua estabilidade que apresentam grande resiliência, mantendo suas boas qualidades químicas (elevada fertilidade e altos teores de matéria orgânica) e físicas, mesmo com o uso intensivo (TEIXEIRA e MARTINS, 2003). A possibilidade de replicar o manejo para criação ou recuperação de solos com características semelhantes poderá aumentar o tempo de uso das terras e reduzir a pressão de desmatamento sobre áreas de vegetação primária na Amazônia. Uma vez conhecidos os processos e mecanismos de formação das TPIs, estes poderão ser utilizados na recuperação de solos degradados, reincorporando áreas abandonadas ao processo produtivo.

REFERÊNCIAS

- BIRK, J. et al. Origin of nutrients in Amazonian dark earths as assessed by molecular markers. In: WORLD ARCHAEOLOGICAL CONGRESS, 6., 2008, Dublin. **Abstracts...** Dublin: WAC, 2008. p. 1-5.
- BOTSCHKE, J. et al. Soil chemical properties of a toposequence under primary rain forest in the Itacoatiara vicinity (Amazonas, Brazil). **Geoderma**, [Amsterdam], v. 72, p. 119-132, 1996.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**: folha EM 20 Manaus – geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1978. 628 p. + mapas.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**: folha EM 21 Santarém – geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. 552 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).
- CETEC. **Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município de Manacapuru**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986a. 185 p. + mapa.
- CETEC. **Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município de Parintins**: relatório técnico final. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986b. 169 p. + mapa.

CETEC. **Levantamento semidetalhado de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município de Barreirinha.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986c. 177 p.

CETEC. **Levantamento semidetalhado de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município do Careiro.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986d. 125 p.

CHAUVEL, A. Contribuição para o estudo da evolução dos latossolos amarelos, distróficos, argilosos na borda do platô, na região de Manaus: mecanismos de gibbsitização. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 2, n. 2, p. 227-245, 1985.

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos distróficos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 12, p. 47-60, 1982. Suplemento.

CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. **Experientia**, n. 43, p. 234-241, 1987.

COELHO, M. R. **Levantamento pedológico de uma área-piloto relacionada ao projeto BiosBrasil (Conservation and sustainable management of below-ground biodiversity: phase I), município de Benjamin Constant (AM).** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.

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

DENEVAN, W. M. **Cultivated landscapes of native Amazônia and the Andes.** Oxford: Oxford University Press, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no município de Careiro, estado do Amazonas.** [Manaus:] EMBRAPA, 1984a.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no município de Uruará, estado do Amazonas. **Boletim de Pesquisa**, [Rio de Janeiro], n. 30, 97 p., 1984b.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no município de Barreirinha, estado do Amazonas. **Boletim de Pesquisa**, [Rio de Janeiro], n. 32, 96 p., 1984c.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de 21.000 hectares no município de Tefé, Amazonas.** [Manaus:] EMBRAPA, 1983a.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento exploratório dos solos que ocorrem ao longo da rodovia Manaus-Porto Velho.** [Manaus:] EMBRAPA, 1983b.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de área-piloto no município de Barreirinha, estado do Amazonas.** [Manaus:] EMBRAPA, 1982.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de solos do Brasil:** escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1981. 1 mapa, color.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1979, Manaus. **Guia de Excursão...** Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. 71 p.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, [S.I.], v. 362, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; WOODS, W. (Eds.). **Amazonian dark earth: explorations in space and time.** Berlin: Springer, 2004.

HILBERT, P. **Archaeologische untersuchungen am mittleren Amazonas marburger studien zur volkerkunde.** Berlin: Verlag Dietrich Reimer, 1968.

IBGE. **Base pedológica da Amazônia legal.** Base em formato digital referente a levantamento em escala de detalhe compatível com a escala de 1:250.000. Manaus: IBGE/SIPAM, 2001.

IPEAN. Os solos da área Cacau-Pirêra-Manacapuru. Belém: IPEAN, 1970. 198 p + 1 map. (Série: Solos da Amazônia, v. 2-3).

KÄMPF, N.; KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO,

P. et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v. 4, p. 277-320.

KERN, D. C. **Geoquímica e pedogequímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)**. 1996. 124 f. Tese (Doutorado em Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

KERN, D. C. **Caracterização pedológica de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná**. 1988. 232 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

KERN, D. C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná-PA. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [S. l.], n. 13, p. 219-225, 1989.

KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon basin. **Journal of Soil Science**, London, v. 16, n. 96, p. 1-3, 1965.

LEHMANN, J. et al. **Amazonian dark earths: origin, properties, management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003. 523 p.

LIANG, B., J. et al. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. **Soil Science Society of American Journal**, [S. l.], n. 70, p. 1719, 2006.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micro-morfologia de solos da Amazônia ocidental**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LIMA, H. N. et al. Pedogenesis and pre-colombian land use of terra preta anthrosols ("indian black earth") of western Amazonia. **Geoderma**, [Amsterdam], v. 110, n. 1-2, p. 01-17, 2002.

LUCAS, Y. et al. Transição latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 325-335, set./dez., 1984.

MACEDO, M.; TEIXEIRA, W. G. Sul do Amazonas, nova fronteira agropecuária? O caso do município de Humaitá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 24., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5933-5940.

MACEDO, R. S.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Caracterização de dois perfis com horizonte antrópico (terra preta de índio) no lago do Limão, AM. In: CONGRESSO DA ABEQUA: ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL, 11., 2007, Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA; UFPA, 2007.

MARBUTT, C. F., MANIFOLD, C. B. The soils of the Amazon basin in relation to their agricultural assistential. **Geographical Review**, n. 16, p. 414-442, 1926.

MARQUES, J. D. O. et al. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um latossolo amarelo na região Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 34, p. 145-154, 2004.

MARTINS, G. C. et al. Ocorrência de horizontes antrópicos (terra preta de índio) em neossolos quartzarênicos no município de Parintins-AM, Brasil. CONGRESSO DA ABEQUA: ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL. 11., 2007, Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA/UFPA, 2007.

MARTINS, G. C.; VERGAAGH, M.; TEIXEIRA, W. G.; MARTIUS, C.; GOMES, L. Alterações nos atributos físicos do solo em decorrência da manipulação de resíduos da vegetação secundária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. Solo: alicerce dos sistemas de produção. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD ROM.

MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, W. G.; FERREIRA, M. M. O sistema de plantio convencional de grãos degrada os plintossolos das savanas da região de Humaitá-AM. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT; SBSC, 2002. p. 1-4.

NEVES, E. G. et al. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earths. In: LEHMANN, J. et al. (Eds.). **Amazonian dark earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 29-50.

NEVES, E. G. et al. The timing of terra preta formation in the central Amazon: archaeological data from three sites. In: GLASER, B.; WOODS, W. I. (Eds.). **Amazonian dark earths: explorations in space and time**. Berlin: Springer, 2004. p. 125-134.

PABST, E. **Terra preta do índio: chemische kennzeichnung und ökologische bedeutung einer brasilianischen indianerschwarzerde**. Fakultät für Geowissenschaften. München: Ludwig-Maximilian Universität, 1985. 362 p.

PETERSEN, J. B.; NEVES, E. G.; HECKENBERGER, M. J. Gift from the past: terra preta and prehistoric amerindian occupation in Amazonia. In: McEWAN, C.; BARRETO, C.; NEVES, E. G. (Eds.). **Unknown Amazon: culture in nature in ancient Brazil**. Londres: The British Museum Press, 2001. 86 p.

RANZANI, G. Identificação e caracterização de alguns solos da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta amazônica**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 7-41, 1980.

RANZANI, G.; KINJO, T.; FREIRE, O. Ocorrência de "Plaggen Epidedon" no Brasil. **Boletim Técnico Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, [São Paulo], n. 5, p. 1-11, 1962.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 19-60.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, B. N. R. da; MORIKAWA, I. K.; VIANA, J. A. Solos da rodovia PA-70, trecho Belém-Brasília-Marabá. Belém: IPEAN, 1974. p. 1-192. (Boletim Técnico, 60).

RODRIGUES, T. E. et al. **Solos do distrito agropecuário da SUFRAMA (trecho km 30/km 79 – Rod. BR-174, Manaus-AM)**. [Manaus]: IPEAOC, 1971. 99 p. (Série: Solos V.1, n. 1).

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an indian black earth (IBE) anthrosol from western Amazonia. **Australian Journal of Soil Research**, [Austrália], n. 42, p. 401-409, 2004.

SHINZATO, E. et al. **Os solos do distrito agropecuário da Suframa – DAS**. Manaus: [S. n.], 2005.

SILVA, B. N. R. et al. **Os solos da área Cacau-Pirêra-Manacapuru**. Belém: IPEAN, 1970.

SMITH, N. J. H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazônia. **Association of American Geographers**, [S.l.], v. 70, p. 553-566, 1980.

SOMBROEK, W. G. **Amazon soils**: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen: Center for Agriculture Publications and Documentation, 1966. 292 p.

SOMBROEK, W. et al. Amazonian dark earths as carbon stores and sinks. In: LEHMANN, J. et al. (Eds.). **Amazonian dark earths**: origin, properties and management. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003.

SOUZA, K. W. D. et al. Forma de fósforo em terras pretas de índio da Amazônia brasileira com diferentes granulometrias. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA; SBCS; IAPAR; UEL, 2008.

TEIXEIRA, W. G. Building a digital soil data base of the Solimões river region in the Brazilian Central Amazon. In: HARTEMINK, A. E. et al. (Eds.). **Digital soil mapping**

with limited data. Heidelberg: Springer, 2008. p. 327-335.

TEIXEIRA, W. G. Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey Ferralsol in the central Amazon. **Bayreuther Bodenkundliche**, Berichte, v. 72, n. 1, 2001.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Caracterização de terras pretas de índio no médio rio Urubu, município de Rio Preto da Eva, AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Estabilidade de agregados como indicador da qualidade física do solo em terra preta de índio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD ROM. p. 1-5.

TEIXEIRA, W. G. et al. (Eds.). **As terras pretas de índio da Amazônia**: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2009. 421 p.

TEIXEIRA, W. G.; ARRUDA, W. da C.; LIMA, H. N.; IWATA, S. A.; MARTINS, G. C. Building a digital soil data base of the Solimões river region in the Brazilian Central Amazon. In: HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L. (Org.). **Digital soil mapping with limited data**. Heidelberg: Springer, 2008, v. p. 50-64.

TEIXEIRA, W. G. et al. Os solos das várzeas próximas à calha do rio Solimões-Amazonas no estado do Amazonas. In: WORKSHOP GEOTECNOLOGIAS APLICADAS ÀS ÁREAS DE VÁRZEA DA AMAZÔNIA, 1., 2007, Manaus. **Anais...** Manaus: IBAMA, 2007. p. 29-36.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; LIMA, H. N. An amazonian dark earth profile description from a site located in the floodplain (várzea) in the Brazilian Amazon. In: CONGRESSO DE ARQUEOLOGIA DA COLÔMBIA, 3., 2004, [S. l.] **Anais...** [S.l.: s. n.] 2004.

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

WOODS, W. I.; MCCANN, J. M. Origen y asistencia de las tierras negras de la Amazonía. In: HIRAOKA, M., MORA, S. (Eds.). **Desarrollo sostenible em la Amazonía**: mito o realidad? Quito: Abya-Yala. 2001.

WOODS, W. I. et al. (Eds.). **Amazonian dark earths**: win sombroek's vision. Belin: Springer, 2009.

7

RISCO GEOLÓGICO

Sheila Gatinho Teixeira (*sheila.teixeira@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Introdução	89
Tipos de riscos geológicos presentes no estado do Amazonas	89
Inundações.....	89
Movimentos de massa	92
Erosão	94
Erosão pluvial.....	94
Erosão fluvial	97
Referências.....	100