

Capítulo 1

Aspectos Gerais dos Solos do Acre com Ênfase ao Manejo Sustentável

Edson Alves de Araújo
Eufrao Ferreira do Amaral
Paulo Guilherme Salvador Wadt
João Luiz Lani

Introdução

A maior parte das terras do Acre é inexplorada. Entretanto, as perspectivas quanto a sua ocupação em curto e médio prazo vêm se constituindo uma grande preocupação, principalmente por estar sendo feita de modo desordenado, desrespeitando-se, muitas vezes, as condições ambientais.

As principais atividades do setor primário da economia no Estado são o extrativismo vegetal, a agricultura de subsistência e a pecuária, sendo esta última a que mais tem crescido nos últimos anos.

O solo exerce um papel muito importante na qualidade de componente chave no processo de sustentação de tais atividades. No entanto, as pesquisas sobre os solos do Acre ainda não atendem quantitativamente às necessidades, para que um número maior de respostas seja dado sobre a sua influência nos ecossistemas naturais e agropastoris em que estão inseridos.

Nos últimos anos, os levantamentos e estudos de solos foram intensificados, e suas contribuições têm elevado significativamente o conhecimento atual no que concerne à gênese, morfologia, física, química, mineralogia e ao manejo. Isso tem permitido estabelecer inferências sobre a melhor utilização de alguns desses solos.

O objetivo do presente capítulo é caracterizar o ambiente em que se insere os solos do Estado do Acre, para que suas potencialidades e restrições

sejam compreendidas de forma mais ampla, inclusive quanto às questões ligadas ao uso sustentável.

O Ambiente de Inserção dos Solos no Estado do Acre

O Estado do Acre possui 152.589 km², o que corresponde a 1,79% do território nacional. Localiza-se e ocupa 3,16% da Região Norte, no sudoeste da Amazônia Brasileira (Acre, 2000).

Os estudos referentes à caracterização e mapeamento dos solos efetuaram-se em levantamentos pedológicos realizados a partir da década de 70. Os principais estudos foram: a) Projeto Radambrasil (Brasil, 1976 e 1977) que envolveu toda a extensão territorial do Estado, originando mapas em escala 1:1.000.000; b) Projeto de Proteção do Meio Ambiente e das Comunidades Indígenas (IBGE, 1990 e 1994), abrangendo o primeiro projeto parte do Estado do Acre, Rondônia e Amazonas e o segundo, as bacias dos Rios Juruá e Javari, nos Municípios de Cruzeiro do Sul, Feijó, Mâncio Lima e Tarauacá; c) Projeto Acre (Embrapa, 1979 e 1989) que levantou solos da área de influência da BR 364, no trecho Rio Branco–Cruzeiro do Sul (estudo não concluído); d) levantamentos exploratórios e detalhados em pólos de assentamento da reforma agrária (Incra, 1977 e 1978; Embrapa, 1990; Amaral & Araújo Neto, 1998) e pólos agroflorestais (Amaral et al., 2000); e) mais recentemente, alguns levantamentos detalhados

realizados pelo programa de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado (Acre, 2000). Novos estudos, incluindo levantamentos de solo mais detalhados ao longo dos principais eixos rodoviários, estão atualmente sendo realizados para a segunda etapa do programa de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre.

Os dados disponíveis sobre geologia, litologia, geomorfologia, clima e vegetação são basicamente aqueles do Projeto Radambrasil, cujas informações essenciais foram revistas quando da elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico para o Estado do Acre (Acre, 2000).

Geologia

No Acre, foram identificadas três regiões geologicamente distintas:

1) Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor (serras Rio Branco, Juruá-Mirim, Moa e Jaquirana), formado principalmente por sedimentos do Cretácio e pequenas ocorrências do Pré-Cambriano e do Paleozóico, localiza-se no extremo sudoeste do Estado, na divisa entre o Brasil e o Peru.

2) Sedimentos das Formações Ramon e Solimões, esta última constituindo-se a deposição continental geologicamente mais recente (Plioceno médio¹ ao Pleistoceno²) e abrangendo a maior parte do Estado.

¹Final do período Terceário.

²Início do período Quaternário.

3) Áreas aluviais, formadas pelos terraços fluviais, e áreas aluvionares (Quaternário).

Essas formações geológicas se inserem na Bacia do Acre, que localiza-se entre a Cordilheira Andina e o limite ocidental da Plataforma Continental Sul-Americana. Essa bacia teve sua evolução afetada pela orogenia andina (levantamento da Cordilheira Andina Oriental), conforme se descreve adiante.

As unidades litoestratigráficas que ocorrem têm idades que vão do Proterozóico até o presente. Na região houve também transgressões marinhas. A primeira ocorreu no Carbonífero, período no qual os sedimentos da Formação Formosa se depositaram em ambiente marinho raso.

Após a deposição da Formação Formosa, ocorreram eventos ígneos de natureza alcalina. Cessada a atividade ígnea, a Bacia do Acre entrou em subsidência com a borda leste positiva, propiciando uma sedimentação clástica regressiva. É, então, depositado o Grupo Acre, inicialmente com os arenitos com estratificação cruzada da Formação Moa, com características típicas de ambientes de deposição rápida de várias fontes não muito distantes.

Ao final da época Campaniana³ ocorreram outras transgressões marinhas originadas a partir do Peru, proporcionando a essa formação caráter cada vez mais marinho. Ao final desse período houve movimentos da crosta provocados pelas orogenias,

³Período Cretácio.

afetando a Bacia do Acre. Esses movimentos resultaram em levantamentos das áreas localizadas a leste, proporcionando uma rápida deposição de arenitos grosseiros que constituem a Formação Divisor, finalizando-se a deposição do Grupo Acre.

A partir do Terciário, iniciou-se um novo ciclo deposicional, predominantemente continental, com incursões marinhas, que constituem a Formação Ramon. Esses sedimentos originaram-se de rochas preexistentes localizadas a leste da área subsidente, que constituíam áreas emersas, fornecendo material removido pela erosão.

Nesse período, a Bacia Subandina esteve sujeita aos eventos diastróficos, responsáveis pelo soerguimento da Cordilheira Andina. Na Bacia do Acre, o Grupo Acre⁴ foi soerguido originando o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor; no final do Terciário Superior, foi dobrado e falhado, originando a Anticlinal do Moa.

Durante essa fase orogênica, na qual se processa o soerguimento da Cordilheira Andina, a Bacia do Acre, que durante todo o Cretáceo e Terciário Inferior tinha sido marginal e pericratônica, torna-se bloqueada pelo soerguimento dos Andes, transformando-se numa bacia intracontinental. Como consequência disso, processa-se uma inversão no sentido da rede de drenagem, que passa a fluir para leste, criando assim um ambiente tipicamente fluvial. Isso proporcionou a deposição de espessos pacotes

⁴Moa, Rio Azul e Divisor, formações do início, meio e final do período Cretácio.

argilo-arenosos, que passaram a assorear a Bacia do Acre, constituindo, então, a Formação Solimões.

Essa unidade litoestratigráfica teve sua deposição iniciada provavelmente depois do Paroxismo Andino (evento que deu origem à Cordilheira Andina), daí seu posicionamento no Plioceno Médio ao Pleistoceno. Esse fato tem alicerce na deposição das camadas horizontalizadas, jazendo sobre camadas dobradas, marcando o início do seu ciclo deposicional.

A ocorrência de veios de gipsita e material carbonático na Formação Solimões, depositados em ambiente continental de água doce, indica a presença de clima semi-árido. O soerguimento da Cordilheira Oriental Andina teria bloqueado a Bacia do Acre, transformando-a de bacia marginal e aberta durante todo o Cretáceo e Terciário Inferior em uma bacia intracontinental. Associada a esse fato, supõe-se ter havido uma inversão no sentido das correntes fluviais, originando um ambiente tipicamente fluvial, com algumas influências deltaicas e lacustrinas salobras. A origem do material carbonatado deve-se ao fato de que esses sais solúveis foram carregados pelos cursos d'água de fontes situadas à oeste da Bacia do Acre e despejados em lagos instalados, que devem ter sido submetidos a um clima árido capaz de provocar evaporação suficiente para formar esses evaporitos.

Após a deposição da Formação Solimões, houve uma retomada nos movimentos da crosta, porém com

menor intensidade. Esses movimentos reativaram falhamentos e fraturas (refletidos pelos lineamentos Nordeste-Sudoeste e Noroeste-Sudeste) e condicionaram o controle na drenagem. Em seguida, durante o Holoceno foram depositados os aluviões dos terraços e das planícies fluviais relacionadas à atual rede de drenagem.

A Formação Solimões, geologicamente mais recente, é a mais significativa em termos de superfície ocupada, estendendo-se por mais de 80% do Estado. Cobre quase toda a região interfluvial, com exceção do extremo oeste do Estado, onde se encontra o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor, geologicamente mais antigo, cujas formações ocorrem apenas dentro do Parque Nacional da Serra do Divisor e do seu entorno (Formação Ramon e Grupo Acre⁵). Outras formações geologicamente recentes constituem-se os Depósitos Aluviais Holocênicos, que têm ampla distribuição no Estado, e a Formação Cruzeiro do Sul, formada por sedimentos mais arenosos e os aluviões da planície fluvial, que ocorre a leste da cidade do mesmo nome.

Litologia

O Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor não apresenta, atualmente, interesse do ponto de vista de uso do solo, por situar-se no extremo oeste do Estado em áreas de difícil acesso. Ademais, sua extensão territorial é restrita.

⁵Compreende as formações Complexo Xingu, Formação Formosa e Sienito República, com origem nos períodos pré-Canbriano e Paleozóico.

Por outro lado, os principais solos de uso agrícola do Estado pertencem à Formação Solimões que, por ser bastante diversificada, origina uma grande variedade de classes e tipos de solos.

Na Formação Solimões predominam rochas argilosas com concreções carbonáticas (com carbonato de cálcio) e gipsíferas (com gesso), 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 e conglomerados plomíticos.

Finalmente, os principais Aluviões Holocênicos constituem os sedimentos das planícies fluviais, sobrepondo-se discordantemente à Formação Solimões, e caracterizam-se pelos barrancos e praias em ambas as margens dos rios. A espessura desses depósitos pode variar de um a seis metros.

Geomorfologia

O relevo no Acre varia de plano a montanhoso. Em escala regional, as unidades morfoestruturais do Estado são:

- 1) O Planalto Rebaixado (da Amazônia Ocidental) desenvolvido sobre a Formação Solimões, em área de interflúvios tabulares de relevo plano com altitudes de 250 m. Essa unidade predomina na região de Cruzeiro do Sul, no extremo oeste e no leste e sudeste do Estado do Acre, onde ocorrem

principalmente os Latossolos, Argissolos e Plintossolos.

2) A Planície Amazônica é representada pelas planícies aluviais margeando os rios e pelos níveis de terraços descontínuos, remanescentes de sedimentos recentes, sendo a superfície mais baixa (200 m). Nessa unidade predominam os solos característicos das várzeas dos rios existentes no Estado, cujas principais ocorrências são os Gleissolos e Neossolos Flúvicos.

3) A Depressão Amazônica (constituída no Estado pela depressão Rio Acre⁶/Javari⁷) alcança, em geral, altitudes de no máximo 300 m, sendo representada pelas extensas planícies de idade Terciária desenvolvidas sobre a Formação Solimões e pela área de altitudes mais elevadas (até 580 m) denominada Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor. Essa unidade compreende a maior parte do Estado, principalmente em sua região central, na qual se encontram os solos identificados pelo Projeto Radambrasil como Cambissolos e Argissolos. Estudos posteriores indicam que nessa região predominam solos com argilas de alta atividade, alguns com caráter álico, devendo ocorrer além das classes já relacionadas, Vertissolos, Luvisolos, Alissolos e Plintossolos.

⁶O Rio Acre situa-se no extremo leste do Estado do Acre, sendo afluente do Rio Purus no Estado do Amazonas.

⁷O Rio Javari situa-se na divisa entre o Estado do Amazonas no Brasil e o Departamento de Loreto no Peru, sendo afluente do Rio Solimões, próximo às cidades de Tabatinga, AM, e Letícia, na Colômbia.

Clima

O clima no Acre, segundo classificação de Thornthwaite & Mather é úmido (Acre, 2000), subdividido em quatro faixas que se distribuem na direção dos paralelos, no sentido leste-oeste: primeiro úmido (B1); segundo úmido (B2); terceiro úmido (B3); e quarto úmido (B4), cujos totais pluviométricos são, respectivamente, de 1.600 a 2.000 mm, 2.000 a 2.250 mm, 2.250 a 2.500 mm e 2.500 a 2.750 mm.

A temperatura média anual está em torno de 24,5°C, a média máxima próxima de 32°C e a temperatura média mínima em torno de 20°C, as duas últimas aproximadamente uniformes para todo o Estado. Entretanto, a temperatura mínima varia de local para local em função da maior ou menor exposição aos sistemas extratropicais (por exemplo, em Cruzeiro do Sul, 10°C; Brasília, 17,4°C; Rio Branco, 20,2°C e Tarauacá, 19,9°C).

A temperatura não é considerada um fator limitante ao desenvolvimento vegetal. As temperaturas mínimas absolutas durante as friagens, que podem atingir até 4°C, são compensadas pelas máximas que ocorrem durante a tarde, provocando a interrupção do estado de retração metabólica que algumas plantas poderiam sofrer.

Os totais pluviométricos variam entre 1.600 e 2.750 mm anuais e tendem a aumentar no sentido Sudeste-Noroeste. Na maior parte do Estado, as

precipitações são abundantes sem uma nítida estação seca. Os meses menos chuvosos são junho, julho e agosto. A principal característica da pluviosidade no Estado é a diminuição progressiva da intensidade do período seco no sentido Sudeste-Noroeste, com três meses secos no setor Sudeste e menos de um no Noroeste.

A umidade relativa apresenta-se em níveis elevados durante todo o ano, com médias mensais em torno de 80%-90%.

Vegetação

No Acre ocorrem duas grandes regiões fitoecológicas (ou sistemas ecológicos regionais) – o domínio da floresta ombrófila densa (FOD) e o domínio da floresta ombrófila aberta (FOA). Essas duas grandes regiões fitoecológicas estão geralmente associadas às principais feições morfoestruturais presentes na Bacia Amazônica – Depressão Rio Acre-Javari, Planalto Rebaixado e Planície Amazônica (Tabela 1).

Essas feições fitoecológicas regionais da floresta ombrófila densa e da floresta ombrófila aberta estão condicionadas a fatores climáticos, geológicos e pedológicos. Dentro desses dois grandes domínios coexiste uma grande diversidade de formações vegetais, sendo o principal fator nessa diferenciação, provavelmente, o edáfico, determinado pela qualidade dos solos.

Tabela 1. Regiões fitoecológicas e as formações vegetais associadas, segundo as principais unidades morfoestruturais do Estado do Acre.

Região fitoecológica	Formação vegetal
	Depressão Rio Acre-Javari
Floresta ombrófila densa	Floresta densa em relevo dissecado em montanha
	Floresta densa em relevo dissecado em colinas
	Floresta densa em relevo dissecado em cristas
Floresta ombrófila aberta	Floresta aberta de relevo ondulado de depósitos coluviais (1. de palmeiras; 2. de cipós)
	Floresta aberta de interflúvios coluviais (1. de palmeiras; 2. de bambu dominante; 3. de bambu dominado)
	Planalto Rebaixado
Floresta ombrófila densa	Floresta densa em interflúvios tabulares
	Campinarama em áreas de acumulação inundáveis (1. arbórea densa; 2. arbustiva)
	Planície Amazônica
Floresta ombrófila aberta	Floresta aberta em planícies aluviais periodicamente inundáveis
	Floresta aberta em planícies aluviais permanentemente inundáveis
	Floresta aberta da planície aluvial em terraços altos residuais

Fonte: Acre (2000).

Principais Ocorrências de Classes de Solos no Estado do Acre

As principais classes de solos que ocorrem no Acre estão representadas, de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, pelos Alissolos, Argissolos, Nitossolos, Luvisolos, Cambissolos, Gleissolos e Latossolos (Tabela 2). Recentemente, estudos em andamento têm indicado que outros solos, como Plintossolos e Vertissolos podem ter uma expressão territorial muito superior à prevista inicialmente, junto com outros solos de ocorrência mais localizada, como os Neossolos Flúvicos e Espodossolos.

As unidades de mapeamento definidas no Zoneamento Ecológico-Econômico foram obtidas principalmente da compilação de dados realizados em levantamentos anteriores (Brasil, 1976 e 1977; IBGE, 1990 e 1994). Esse processo comprometeu, de certa forma, a caracterização mais precisa das principais classes de solos que ocorrem no Estado (Tabela 2), principalmente porque cada unidade de mapeamento constitui-se pela associação de várias classes de solo. Entretanto, este estudo efetuado pelo Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre destaca-se por ter quantificado as áreas ocupadas por cada classe de solo e ter vertido as classes de solo para o atual sistema brasileiro de classificação de solos (Embrapa, 1999).

Adicionalmente, problemas na interpretação de dados compilados dificultaram a reclassificação precisa das classes de solos do Estado, o que gerou algumas distorções:

1) Provavelmente em muitas áreas os Plintossolos foram mapeados como Argissolos.

2) Muitos Argissolos não poderiam ser classificados atualmente como tal, por apresentarem argila de alta atividade (CTC da argila $> 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ solo) (Embrapa, 1999). Nesse caso, o mais recomendado seria enquadrá-los na classe dos Luvisolos.

3) Muitos solos classificados como Cambissolos podem tratar-se de Vertissolos ou outras classes de solos em que haja a presença marcante de argilas de alta atividade.

Considerando-se o caso dos solos com horizonte diagnóstico B textural, os dados atuais permitem inferir que em aproximadamente 64% do Estado predominam solos com argilas de baixa atividade (Argissolos) e, em apenas 1,8%, ocorrem solos com argilas de média⁸ à alta atividade (Alissolos e Luvisolos) (Tabela 2), podendo ser essa realidade senão inversa, de certa forma distinta das indicações atuais. Essa afirmativa baseia-se na constatação de estudos recentes não publicados nos quais se verifica que a ocorrência de solos com argilas de alta atividade é bastante ampla no Estado, especialmente quanto aos Luvisolos cuja ocorrência provavelmente é significativamente superior.

Prova disso foi a reclassificação e quantificação dos solos do Acre efetuadas por Melo (2003) e o mapa de

⁸ O termo média atividade usado aqui é uma menção ao fato de que na classificação do Alissolos utiliza-se um limite inferior para a definição de argila de maior atividade.

solos do Brasil na escala de 1:5.000.000, lançado recentemente pelo IBGE/CNPS (2001). Melo (2003) agrupou os principais solos dominantes no Acre em seis grupos: Luvisolos (40%), Cambissolos (24%), Argissolos (14%), Alissolos (11%), Hidromórficos (9%) e Latossolos(2%).

Essa discordância em relação ao trabalho do ZEE/AC deve ser devida ao fato de que boa parte desses Luvisolos foi erroneamente reclassificada como Argissolos Eutróficos. Fato que deve ser explicado pela pouca experiência da equipe em verter esses solos para o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) à época, uma vez que o mesmo havia sido lançado pouco antes da publicação dos resultados da primeira fase do ZEE/AC (Acre, 2000). Isso evidentemente não invalida o pioneirismo e a força de vontade da equipe.

Estima-se também que a ocorrência de Plintossolos tenha uma expressão territorial mais ampla do que a atualmente indicada (Tabela 2). Como os Plintossolos estão associados na paisagem a solos com horizonte B textural, provavelmente muitos desses solos foram equivocadamente classificados como Argissolos. É necessário, entretanto, estar atento para essas diferenças, já que os Plintossolos apresentam sérias limitações de drenagem de difícil correção, o que torna seu potencial agrícola limitado. Alissolos, Argissolos e Luvisolos podem também apresentar problemas de drenagem, porém, de menor intensidade e correção mais fácil.

Tabela 2. Classes de solos no 1º e 2º nível categórico e percentual da área ocupada em relação ao Estado do Acre, agrupados segundo o horizonte diagnóstico principal.

Classe	Área do Estado ocupada com cada classe de solo %
Solos com B textural (B_t)	
Alissolo	1,4
Argissolo Vermelho	19,0
Argissolo Vermelho-Amarelo	3,0
Argissolo Amarelo	41,9
Luvissolo	0,4
Solos com horizonte plíntico	
Plintossolos	n.d.
Solos com horizonte B incipiente (Bi)	
Cambissolo Háptico	24,2
Solos com horizonte glei	
Gleissolos Hápticos	7,4
Solos com B latossólico (Bw)	
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,8
Latossolo Vermelho	c.s.
Latossolo Amarelo	1,1
Solos com horizonte A chernozêmico	
Chernossolos Argilúvicos	c.s.
Solos com B nítico (Bt)	
Nitossolo	0,8
Solos com seqüência de horizontes A, R; A, C; A, C, R; ou sem horizonte diagnóstico subsuperficial	
Neossolos Flúvicos	c.s.
Neossolos Litólicos	c.s.

Onde: c.s. = ocorrem somente como componentes secundários nas unidades de mapeamento; n.d. = área de ocorrência não determinada em função da falta de dados na descrição morfológica para a caracterização precisa dos perfis.

Fonte: Acre (2000).

Os exemplos citados indicam que no estado atual, mesmo a visão generalizada do potencial agrícola dos solos do Acre pode merecer revisão. Isto indica necessidade urgente de levantamentos mais detalhados, principalmente em áreas de maior pressão antrópica. Sob esse aspecto, é fundamental e prioritário que os setores competentes se conscientizem da necessidade de um levantamento de reconhecimento, para que se possa proceder um reordenamento territorial baseado em uma proposta de uso sustentável das terras.

Como consequência prática da evolução geológica e pedológica dos solos do Acre, seus indicadores de qualidade necessitam ser reavaliados: os processos pedogenéticos que ocorreram nessa região são muito distintos daqueles apresentados para classes de solos equivalentes de outras regiões do País, resultando em características e propriedades que tornam a interpretação do seu potencial agrícola de maior complexidade.

Indicadores de Qualidade dos Solos do Estado do Acre

Os solos dessa região da Amazônia Brasileira, embora sejam desenvolvidos de material sedimentar, apresentam camadas superpostas de composições mineralógicas diferentes. Evidências apontam que em muitos solos do Estado o material de origem é um composto de argila rico em montmorilonita, com presença variável de illita e de vermiculita e pouca caulinita (Volkoff et al., 1989). Em alguns perfis foi constatado que a montmorilonita presente no

horizonte C não ocorre nos horizontes mais superficiais. As ilitas e vermiculitas dão origem às esmectitas, tipo beidelita (com altas cargas tetraédricas), como observado em Cambissolos do Estado (Volkoff et al., 1989). Em solos com horizonte B textural mais desenvolvido, as esmectitas identificadas no horizonte C, provavelmente por degradação, desaparecem nos horizontes mais superficiais, restando no perfil as ilitas e a caulinita.

No conjunto, essas características conferem aos solos uma alta fertilidade natural e elevada capacidade de troca catiônica. No entanto, as características físicas limitam a atividade agrícola, devido à elevada capacidade de expansão e contração das esmectitas. Outras características importantes desses solos é a quase completa ausência de gibbsita e a presença de médio a alto teores de materiais amorfos de alumínio, altos teores de potássio, de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis. Em solos onde o teor de silte é mais elevado, é comum encontrar teores de magnésio trocável mais elevados que os de cálcio trocável.

Esses solos, embora possuam elevada acidez ativa (baixos valores para pH em água) e elevados teores de alumínio trocável, apresentam baixa fitotoxicidade mesmo para variedades de plantas sensíveis ao alumínio. É possível, contudo, que muito desse alumínio “trocável” origine-se da desestabilização das esmectitas (montmorilonita e beidelita). Do ponto de vista biológico, esse alumínio apresenta baixa atividade iônica na solução do solo e, portanto, não representa uma característica relacionada com a

sua fertilidade (Gama; Kiehl, 1999; Wadt, 2002). Como esses solos possuem altos teores de cálcio e magnésio associados aos altos teores de alumínio trocável, normalmente apresentam baixos valores de pH e elevada saturação de bases.

Do ponto de vista geológico, trata-se portanto de solos jovens, formados a partir de processos geológicos, que ocorreram nessa região da Amazônia: diversas transgressões marinhas do último período interglacial, seguidas por períodos áridos, possibilitaram o acúmulo de carbonatos e sulfatos de cálcio no solo, formando, em algumas áreas, veios com mais de seis metros de largura, e processos erosivos associados à última fase da epirogênese andina, que transportaram para o local materiais vulcânicos, trazidos por processos de erosão hídrica ou eólica (Gama et al., 1992).

Essas características não são observadas com a mesma intensidade nos solos do Planalto Rebaixado, embora, também tenham sido formados sobre a Formação Solimões e suas características predominantes sejam semelhantes aos demais solos amazônicos pertencentes às mesmas categorias taxonômicas. Embora a predominância de caulinitas seja um denominador comum para muitos solos da Região Amazônica, é importante destacar o baixo ou nulo conteúdo de gibbisita (óxido de alumínio) mesmo na fração argila de Latossolos da região.

Essas propriedades diferenciais, ditadas principalmente pela mineralogia, sugerem que os principais indicadores de qualidade do solo não

devem ser interpretados da forma convencional, principalmente no que se refere a sua fertilidade, devendo ser objeto de estudos mais abrangentes e detalhados.

Assim, além das indicações gerais referentes a cada classe de solo, algumas informações adicionais devem ser verificadas para definir sua qualidade ao uso agrícola (Tabela 3). Alguns desses indicadores fazem parte das análises utilizadas em levantamentos de solos, porém, como dito anteriormente, necessitam ser interpretados com a devida cautela. Por exemplo: os parâmetros limites utilizados para definir níveis tóxicos de alumínio trocável em outras regiões são questionáveis para uso nos solos do Acre. O próprio índice de pH em água pode não significar problemas de fertilidade como se fosse em outros tipos de solo. Também, a relação entre os teores de cálcio e magnésio trocáveis deve ser interpretada com cautela.

A interpretação correta do potencial agrícola, ditado por essas propriedades, permite avaliar antecipadamente os impactos ambientais das atividades humanas. Essa medida evita uma sucessão de erros, como os ocorridos em alguns projetos de colonização e assentamento, em que se incentivou o desmatamento de áreas impróprias para exploração agrícola, causando desequilíbrios ambientais irremediáveis na região e importantes prejuízos socioeconômicos.

Assim é que, por exemplo, o alumínio trocável, embora seja um indicador de acidez de solos

amplamente utilizado em outras regiões, pelas razões já expostas, é contra-indicado para os solos do Estado do Acre e, portanto, foi excluído da lista de indicadores químicos recomendados.

Em relação aos indicadores físicos, a granulometria do solo (teor de argila) é fundamental para determinar a atividade das argilas do solo (CTC/teor de argila) e também para auxiliar na interpretação do teor de fósforo disponível, caso não se disponha do índice do P remanescente.

Outros indicadores físicos (teste de infiltração, densidade aparente e estabilidade de agregados) informam sobre as condições físicas do solo capazes de afetar tanto as reações físico-químicas como as biológicas relacionadas à ciclagem dos nutrientes e às condições para o crescimento do sistema radicular.

Os indicadores biológicos (atividade microbiana e fauna de solo) são importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal. Solos com maior atividade microbiana são capazes de promover uma ciclagem mais rápida dos nutrientes essenciais (principalmente nitrogênio, fósforo e enxofre), enquanto que a fauna de solo têm importante papel na trituração dos restos vegetais, na infiltração de água no solo e na formação de agregados. Vale destacar também a importância de cupins ou térmitas na formação do solo e como indicador de ambientes degradados, principalmente em áreas de pastagem extensiva.

Quanto aos indicadores químicos, os valores de pH em água e pH em KCl devem ser utilizados para determinar a carga líquida dos solos, pelo valor de ΔpH . Quanto maior o valor de ΔpH , maior a CTC líquida do solo e menor a dependência da CTC do solo por cargas variáveis. A maioria dos solos do Estado apresenta valor de ΔpH negativo, à exceção dos horizontes superficiais com elevados teores de matéria orgânica ou de solos de baixa CTC. É importante lembrar, contudo, que devido à intensa hidrólise de alumínio nesses solos, o valor de pH em água ou do pH em KCl, por si só, não se constitui um indicador muito útil.

O valor de saturação de bases é o mais importante indicador para determinar a necessidade de correção da acidez do solo, definindo a necessidade de calagem (Wadt, 2002). Os teores de cátions alcalinos e alcalinos terrosos trocáveis (soma de bases) podem também ser adotados como um parâmetro adicional para avaliar a fertilidade desses solos, porém, face à adoção da saturação de bases como referência, os teores de cátions alcalinos e alcalinos terrosos trocáveis somente terão importância caso o solo apresente baixa CTC. Nesse caso, recomenda-se que o valor crítico adotado para o teor de cálcio seja de 2 a 3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ solo, dependendo das exigências culturais, sendo a acidez potencial um indicador que deve ser usado concomitantemente com a soma de bases para determinar a CTC do solo.

A CTC da argila é outro importante indicador da densidade de cargas no material coloidal do solo e serve para indicar os prováveis constituintes da

fração argila, quando interpretada simultaneamente com informações sobre ΔpH , teor de carbono orgânico e granulometria. Pelo valor da CTC da argila, ao mesmo tempo com as demais variáveis, é possível prever se há predomínio de óxidos, argilas do tipo 1:1 ou argilas do tipo 2:1.

Por sua vez, o teor de potássio trocável isoladamente é um importante indicador sobre a capacidade do solo de fornecer esse nutriente para o desenvolvimento vegetal.

O teor de carbono orgânico no solo é resultante das taxas de adição e decomposição e um dos indicadores químicos mais sensíveis ao uso e manejo dos solos, principalmente nas frações mais lábeis e predispostas à ação de microorganismos.

Deve-se salientar que a escolha de indicadores de qualidade de solo deve seguir alguns critérios, quais sejam: correlacionar-se bem com os processos naturais do ecossistema; ser de fácil determinação e interpretação para técnicos, especialistas e produtores de modo geral; ser suscetível às variações climáticas e de manejo; e se possível componente de uma base de dados existente (Doran e Parkin, 1996).

Finalmente, cada classe de solo apresenta, genericamente, um conjunto de propriedades que necessita ser interpretado ao mesmo tempo com o tipo de solo onde ocorre, para que possa ser avaliada corretamente quanto ao seu potencial agrícola.

Tabela 3. Indicadores de qualidade do solo para o Estado do Acre.

Indicador	Importância para solos do Estado do Acre
Indicadores físicos	
1. Infiltração	Drenagem
2. Textura do solo (proporção de areia, silte e argila)	Retenção e transporte de água e nutrientes; erosão do solo
3. Granulometria	Determinação da facilidade ou não do ajuste de partículas que irá influenciar nos processos de compactação e adensamento do solo
4. Densidade aparente	Determinação do grau de compactação do solo (comportamento do sistema radicular)
5. Estabilidade dos agregados	Determinação do grau de estabilidade dos agregados do solo
Indicadores biológicos	
1. Quociente microbiano	Determinação da atividade microbiana do solo
2. Fauna de solo (minhocas, formigas, cupins e outros)	Fragmentação de restos de vegetais; modificação da estrutura do solo por meio de escavação e produção de coprólito; indicadora de degradação ambiental

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Importância para solos do Estado do Acre	
Indicador	Indicadores químicos
1. pH em água ou em $\text{CaCl}_2,0,01\text{M}$	Estimativa do pH do solo
2. pH em KCl	Estimativa do pH do solo em solução salina
3. Saturação de bases	Estimativa da proporção de cátions alcalinos e alcalinos terrosos no complexo de troca
4. Teores de cátions alcalinos e alcalinos terrosos trocáveis	Determinação do teor de cálcio, potássio e magnésio trocáveis. Não há indicações da necessidade de determinar o teor de sódio trocável
5. Acidez potencial	Determinação da acidez total do solo ($\text{H} + \text{Al}^{+3}$)
6. C-orgânico	Determinação do teor de matéria orgânica oxidável do solo
7. CTC do solo	Determinação da capacidade de troca catiônica do solo
8. CTC da argila	Estimativa da atividade da argila e da mineralogia
9. P disponível	Determinação da disponibilidade de fósforo no solo
10. P remanescente	Determinação da capacidade de adsorção de fosfato
Indicadores morfológicos	
1. Profundidade do horizonte A	Riqueza de matéria orgânica e fauna do solo
2. Profundidade do solum (horizonte A + B)	Capacidade produtiva para cultivo de plantas com sistema radicular profundo; pedogênese do solo
3. Presença e profundidade de ocorrência de plintita, mosqueado ou cores acinzentadas	Condições de drenagem e propensão aos processos de encharcamento e secagem do solo
4. Presença de material de solo fendilhado	Indicativo de solo de argila de atividade alta

Limitações de Uso Relevantes para os Argissolos

Os Argissolos são solos que apresentam drenagem deficiente e baixa a média fertilidade natural, em razão do predomínio de minerais de argila de baixa atividade. Por estarem muitas vezes associados a condições de relevo mais movimentado, são também bastante susceptíveis à erosão. Nesses solos, além dos indicadores de qualidade (Tabela 3) é conveniente avaliar o gradiente textural entre o horizonte A e o horizonte Bt, já que se o gradiente for muito elevado, os problemas de drenagem poderão ser mais pronunciados. Argissolos com horizonte A mais espesso ou estrutura mais desenvolvida normalmente serão mais aptos ao uso agrícola.

É importante lembrar que muitos solos, classificados como Argissolos no Zoneamento Ecológico-Econômico (Acre, 2000), podem ser provavelmente Plintossolos, Alissolos ou Luvisolos, de forma que os indicadores de qualidade devem ser avaliados à luz dessa informação. A presença de caráter plíntico em alguns Argissolos deve também ser considerada como um importante indício de má drenagem.

Limitações de Uso Relevantes para os Cambissolos

Os Cambissolos do Estado são solos normalmente rasos ou pouco profundos, apresentam restrição de drenagem, principalmente em função da presença de minerais de argila expansíveis (argilas 2:1). Por causa dessa característica, esses solos costumam expandir-se quando umedecidos e contrair-se quando

secos, ocasionando o aparecimento de fendas que podem vir a danificar o sistema radicular de plantas. Devido a esse comportamento, tornam-se solos de difícil manejo, principalmente no tocante à mecanização agrícola, conforme enfatizado por Araújo et al. (2001). Alguns solos classificados como Cambissolos no Zoneamento Ecológico-Econômico (Acre, 2000) podem apresentar horizonte com caráter plíntico ou horizontes diagnósticos de Vertissolos ou Luvisolos, devendo essa possibilidade ser avaliada acuradamente, já que isso afetará seu potencial agrícola. Normalmente, ocorrem em relevo mais movimentado (ondulado a forte ondulado), o que os torna, associados às suas características físicas, altamente susceptíveis à erosão.

Quanto à fertilidade, normalmente não possuem limitações, principalmente quando apresentam altos teores de cálcio e magnésio trocáveis ou alta CTC.

Limitações de Uso Relevantes para os Plintossolos

Embora os Plintossolos não possuam representação cartográfica nos mapas de solos elaborados até a presente data no Estado (Acre, 2000), são relevantes visto a constatação de sua ocorrência principalmente nos Municípios de Rio Branco, Porto Acre, Xapuri e Brasiléia. Além dessas áreas, constata-se sua presença no eixo rodoviário da BR 364 entre Rio Branco–Sena Madureira e Rio Branco–Porto Velho (RO).

Os Plintossolos apresentam séria restrição de drenagem, fato agravado por estarem associados normalmente à presença de argilas de atividade alta. Se drenados excessivamente, há o endurecimento do horizonte plíntico, limitando ainda mais o uso agrícola, e quando sujeitos a ciclos alternados de secagem e umedecimento, seu uso torna-se mais restrito.

Limitações de Uso Relevantes para os Gleissolos

Os Gleissolos normalmente apresentam argilas de alta atividade e elevados teores de alumínio trocável e também demonstram elevada capacidade de fixação do fósforo, possivelmente por reações de precipitação. Não apresentam grandes problemas de fertilidade (são normalmente ricos em cálcio, magnésio e potássio), embora não existam informações confiáveis sobre a dinâmica do alumínio em condições de hidromorfismo aliada às condições de elevada CTC.

Por serem solos hidromórficos apresentam drenagem muito deficiente, com severa deficiência de oxigênio. Possuem, portanto, uso agrícola limitado, além de ocorrerem em sua maioria próximo à margem de rios e igarapés.

Limitações de Uso Relevantes para os Neossolos Flúvicos

Os Neossolos Flúvicos do Estado podem estar associados também à presença de argilas de alta atividade em ambiente ácido. Nesse caso, podem

apresentar uma maior capacidade de fixação de fosfato, superior à esperada em solos dessa classe de outras regiões. De modo geral, apresentam menores restrições à drenagem e à fertilidade que os Gleissolos e são normalmente de alto potencial agrícola para culturas anuais, embora, sujeitos a inundações periódicas. Os indicadores biológicos são mais recomendados para avaliar a qualidade desses solos.

Indicadores de Qualidade Relevantes para os Latossolos

Os Latossolos no Estado do Acre apresentam uma pequena distribuição territorial e ocorrem em locais de relevo plano a suave ondulado. São solos cauliniticos, com baixos teores de óxido de ferro e ausência de gibbsita, indicando que sofreram um processo de pedogênese de menor intensidade do que Latossolos de outras regiões. Esse fato é importante no tocante ao uso de mecanização agrícola intensiva: a ausência de gibbsita e os baixos teores de ferro, agentes considerados agregantes do solo, fatalmente propiciarão a compactação e ao adensamento natural, decorrentes do ajuste face a face da caulinita (Araújo, 2001; Araújo et al., 2001; Resende et al., 2002;). Em razão do predomínio de caulinita na fração argila, apresentam também baixa capacidade de fixação de fósforo. Assim, recomenda-se a analisar o P remanescente na avaliação da fertilidade desses solos, o que poderá reduzir a necessidade de adubações fosfatadas.

São solos susceptíveis à compactação, quando apresentam maior proporção de argila na fração terra fina seca ao ar, e à erosão quando em relevo mais movimentado (suave ondulado) ou quando apresentam textura média. Por isso, recomenda-se atenção ao avaliar seus indicadores físicos (textura, estabilidade de agregados, densidade do solo).

Possuem acidez elevada e baixos teores de cálcio, magnésio e potássio. O alumínio nesses solos pode apresentar-se mais tóxico que nos demais grupos de solo do Estado, principalmente pelo fato de que os altos teores de alumínio trocável estarão sempre associados a baixos teores de cálcio e magnésio trocáveis.

Limitações de Uso Relevantes para outras Classes de Solos

Os Chernossolos do Estado normalmente estão associados a solos pouco desenvolvidos, à presença de argila de atividade alta e a relevos mais movimentados. Associados aos Cambissolos, são de melhor fertilidade por apresentarem um horizonte A bem desenvolvido rico em cátions alcalinos e alcalinos terrosos trocáveis. Devem ser testados quanto à taxa de infiltração como forma de certificar-se de seu potencial agrícola, já que a drenagem deficiente pode comprometer seu potencial de uso.

Os Neossolos Litólicos estão associados à presença de relevo ondulado a forte ondulado, que condiciona

pouca atividade pedogenética. Suas principais limitações decorrem da pequena profundidade efetiva associada ao relevo movimentado, fato pelo qual apresentam potencial agrícola muito restrito.

Os Luvissolos no Estado estão normalmente associados a relevo mais movimentado e a solos pouco profundos, conferindo-lhes relativo grau de susceptibilidade à erosão, o que, aliado ao fato de apresentarem drenagem deficiente, restringe seu uso agrícola, apesar da elevada fertilidade natural.

Considerações Finais

Para a maioria dos solos do Estado, os principais problemas, em termos de utilização racional, estão na baixa drenagem e disponibilidade das reservas de fósforo (limitação comum à maioria dos solos brasileiros) e na elevada erosão.

Contudo, a utilização racional desses solos requer a verificação, in loco, dos principais indicadores de qualidade, de modo que possam ser tomadas medidas corretivas ou conservacionistas adequadas para cada situação, permitindo seu uso de forma sustentável.

A segunda fase do Zoneamento Ecológico-Econômico no Estado do Acre estará produzindo novas informações, para uma melhor interpretação do potencial agrícola desses solos, as quais serão de muita utilidade. A correta interpretação do potencial agrícola desses solos dependerá, ainda, de estudos que propiciem uma avaliação mais precisa dos seus diversos indicadores de qualidade,

principalmente frente as várias formas de uso (florestas manejadas, florestas plantadas, agricultura itinerante, pastagens plantadas, agricultura comercial).

Referências Bibliográficas

ACRE. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico: recursos naturais e meio ambiente - documento final.** Rio Branco: 2000. v. 1, p. 37-42.

AMARAL, E. F. do; ARAUJO NETO, S. E. **Levantamento de 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 Acre; ASB, 1998. 77 p. (Embrapa Acre. Documentos, 36).

AMARAL, E. F. do; MELO, A. W. F.; LUNZ, A. M. P.; ANDRADE, E. P.; ARAÚJO, E. A.; FRANKE, I. L. **Metodologia simplificada de zoneamento agroflorestal.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 19 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 35).

ARAÚJO, E. A.; PACHECO, E. P.; AMARAL, E. F.; PINHEIRO, C. L. S.; PARIZZI NETTO, A. **Aptidão natural para mecanização agrícola dos solos do Estado do Acre.** Rio Branco: SECTMA; Embrapa Acre, 2001a. 14 p. (Informativo Técnico ZEE/AC; 10).

ARAÚJO, E. A. **Caracterização de solos e modificações provocadas pelo uso agrícola no assentamento Favo de Mel, na Região do Purus – Acre.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

BRASIL. 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. 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).

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality.** Wisconsin, USA: Soil Science Society America, 1996. Cap. 2, p. 25-37. (Special Publication, 49).

EMBRAPA. **Levantamento de solos e zoneamento agroecológico preliminar de área de influência da Rodovia BR-364 no Estado do Acre.** EMBRAPA/SNLCS-SEPLAN/AC. Belém: 1979. 16 p. (Primeiro relatório parcial).

EMBRAPA. **Levantamento de solos e zoneamento agroecológico preliminar da área de influência da BR-364 no Estado do Acre.** Belém: 1989. 8 p. (Segundo relatório parcial).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos, avaliação da aptidão agrícola das terras e zoneamento agropedoclimático do Antimari:** Rio Branco Estado do Acre. Belém: 1990. 3 v.

GAMA, J. R. N. F. ; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho-amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 475-482, 1999.

GAMA, J. R. N. F.; KUSUBA, T.; OTA, T.; AMANO, Y. Influência de material vulcânico em alguns solos do estado do Acre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, n. 1, p. 103-106, 1992.

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.

IBGE/EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solo. Mapa de Solos do Brasil; 1:5.000.000. Rio de Janeiro: 2001. mapa e legenda.

INCRA. Projeto de assentamento dirigido Boa Esperança. Rio Branco: 1977. 261 p.

INCRA. Projeto Pedro Peixoto. Levantamento de reconhecimento detalhado de solos e classificação da aptidão agrícola dos solos. Rio Branco: 1978. 358 p.

MELO, A. W. F. Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre. Piracicaba: ESALQ, 2003. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338 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. 3, p. 363-372, 1989.

WADT, P. G. S. Manejo de solos ácidos do Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre. 2002. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 79).