

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Edson Alves de Araújo

Falberni de Souza Costa

Caracterização geológica, solos, vegetação e uso da terra

Na região Sul-Occidental da Amazônia ocorrem várias formações geológicas, no entanto, a Formação Sedimentar Solimões é a mais significativa em termos de superfície ocupada. Esta formação é bastante diversificada e, em sua maior parte, predominam rochas argilosas com concreções carbonáticas e gipsíferas, ocasionalmente com material carbonizado (turfa e linhito), concentrações esparsas de pirita e grande quantidade de fósseis de vertebrados e invertebrados. Subordinadamente ocorrem siltitos, calcáreos sílticos-argilosos, arenitos ferruginosos e conglomerados plomíticos. A natureza do material sedimentar depositado na Formação Solimões implica no desenvolvimento de classes de solos com pouco desenvolvimento genético (BRASIL, 1976, 1977; ACRE, 2006), de grande variabilidade ambiental (AMARAL et al., 2005) e sujeitos a intensos processos erosivos (AMARAL et al, 2010), com influência marcante no ciclo hidrológico e na vegetação natural (NEILL et al., 2006).

A Formação Solimões foi depositada principalmente entre o final do Mioceno e o início do Plioceno (WESTAWAY, 2006). Alguns pesquisadores defendem uma origem fluvial/lacustre para os sedimentos desta Formação (LATRUBESSE et al., 1997; WESTAWAY, 2006) enquanto outros sugerem que houve influência de depósitos de marés, através de transgressões marítimas (RÄSÄNEN et al., 1995; GINGRAS et al. 2002). De qualquer forma, esta Formação está ligada com a orogênese dos Andes e os rios da região percorrem em sua maioria sobre esta Formação. Devido ao soerguimento ainda atuante na

Cordilheira Andina, estes rios transportam grande carga de sedimentos, que são também em grande parte fruto da ação destes rios cavando suas calhas sobre esta Formação (LATRUBESSE et al., 2005). Esta dinâmica de sedimentos nos rios e em suas margens, por sua vez, tem um importante papel na determinação da fisionomia e da estrutura das formações vegetais que ocorrem nesta região (SILVEIRA et al., 2008).

Os solos que ocorrem sobre a Formação Solimões estão cobertos por Floresta Ombrófila Aberta em sua maior extensão. Em estreitas faixas, sobre aluviões holocênicos depositados nos canais e calhas dos principais rios ocorre a Floresta Ombrófila Densa. Outras formações menos expressivas em área também ocorrem, como as formações do Grupo Acre na bacia do alto Juruá, que proporcionam o aparecimento, especialmente da Floresta Ombrófila Densa na região da Serra do Divisor (SILVEIRA et al., 2008).

Ao longo do Quaternário (últimos dois milhões de anos), o clima predominante na Amazônia foi mais seco que atualmente (FISCH; MARENGO; NOBRE, 2010.). Devido a sua posição na bacia amazônica e a provável diminuição de evapotranspiração ao longo da bacia, desde a sua foz no Atlântico até as proximidades dos Andes (devido à diminuição de cobertura florestal), acredita-se que os índices pluviométricos na região tenham sido bem mais baixos.

Este clima seco pretérito relaciona-se com a ocorrência, nesta região, de gipsita e concreções carbonáticas (KRONBERG; BENCHIMOL, 1993) e de fósseis de animais característicos de ambientes abertos e que possuíam dentes adaptados para pastar (RANZI, 2000), sugerindo a existência pretérita de vegetação do tipo savana nessa parte da Amazônia (RANCY, 1993; LUCAS et al., 1993). Desta forma, embora a aridez do Quaternário seja frequentemente contestada, nesta porção mais sul-ocidental da Amazônia, devido tanto a baixa pluviosidade quanto as características geomorfológicas e de tipos de solo, é muito provável que houvesse um predomínio de vegetações abertas tipo savana, durante os períodos glaciais. Vale salientar que mesmo na época atual (Holoceno) em que a pluviosidade é maior e a temperatura também mais quente, os rios desta região têm uma grande variação na sua descarga, entre os períodos mais secos e mais chuvosos (RESENDE; MACHADO, 1988). Isso significa que a maior parte da precipitação que

ocorre na região não contribui para a recarga do lençol freático, ocorrendo rápido escoamento superficial. Este comportamento está associado à baixa precipitação efetiva, devido ao caráter de semi-impedimento de algumas argilas do Acre (TRICART, 1985; RESENDE et al., 2005).

Enquanto na maior parte da Amazônia predominam solos de baixa fertilidade, muito intemperizados e profundos (RODRIGUES, 1996; LIMA, 2001), na Formação Solimões é mais comum a ocorrência de solos férteis, com argilas de alta atividade e teores de cálcio e magnésio em associação com alumínio trocável também elevado como, por exemplo, nas planícies aluviais e nos terraços e baixos planaltos das bacias do Purus, Juruá e do Alto Amazonas, originados de sedimentos andinos (GAMA et al., 1992; LIMA et al., 2006).

Em termos gerais, na planície aluvial, que margeia os rios de águas barrentas, ricas em material suspenso predominam solos jovens e, ou, em processo inicial de formação (LIMA, 2001). Nas áreas de relevo suave ondulado a ondulado (“terra firme”), os solos são formados a partir de sedimentos da Formação Solimões, de menor profundidade e menor grau de intemperismo, que solos de terra firme da parte mais leste da região amazônica (LIMA et al., 2006).

A alta fertilidade destes solos tem sido atribuída à sua mineralogia, onde associados a caulinita, ocorrem outros minerais, como vermiculitas, montmorilonita e ilitas (MOLLER; KITAGAWA, 1982; SILVA, 1999). Nos Gleissolos desta região, a composição mineralógica é mais complexa, podendo ocorrer associações de diversos tipos de minerais (SILVA, 1999).

Embora férteis (elevada reserva de nutrientes para as plantas), estes solos são fortemente ácidos (WADT, 2002). Devido a acidez encontrada nestes solos, as argilas do grupo montmorillonita são instáveis neste ambiente (VOLKOFF et al., 1989). O ambiente ácido favorece o ataque ácido sobre estes minerais, promovendo lentamente sua dissolução. Neste caso, quando da análise de solos dessa natureza e extração com solução de KCl 1M ocorre a liberação de grande quantidades de alumínio, retido por diferentes forças eletrostáticas ou covalentes. Este Al, contudo, não está em equilíbrio com a solução do solo, não apresentando assim, toxicidade às plantas (GAMA; KIEHL, 1999).

Devido ao processo ainda inicial de formação (LIMA et al., 2006), a maioria dos solos da região apresenta sérias limitações de drenagem (ARAÚJO et al., 2005), o que os torna de baixo potencial agrícola, inclusive para determinadas espécies de forrageiras, como *Brachiaria brizantha* cv. marandu (WADT et al., 2005). Da mesma forma, a ocorrência de floresta aberta com predomínio de bambus nesta região, deve estar relacionada às limitações de oxigênio e disponibilidade hídrica, impostas pela associação de solos rasos, com minerais de alta atividade e em relevo movimentado.

Nesta região, a vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica está associada ao relevo movimentado em algumas áreas, às condições de drenagem deficiente, a presença de argilas de alta atividade, e à elevada precipitação, a qual varia de 1.800 (porção sudeste da região) a 2.800 mm ano⁻¹ (porção noroeste da região) (ACRE, 2006). A susceptibilidade à erosão é particularmente preocupante nos solos sem cobertura florestal, imperfeitamente ou mal drenados, onde as perdas de solos são fortes mesmo sobre a cobertura florestal original da Floresta Amazônica.

Em estudo preliminar, conduzido no município de Rio Branco, sobre um Argissolo Vermelho Escuro, em relevo suave ondulado com 6% de declividade, verificou-se em área experimental mantida descoberta (mantida sempre limpa por meio de capinas manuais), sob cultivo com arroz em sistema de manejo convencional, uma perda de solo de 170 Mg ha⁻¹ e de água de 11.680 m³ ha⁻¹ (CORDEIRO et al., 1996). Estas perdas são extremamente altas e comprometem a capacidade produtiva dos solos. Os autores destacam, contudo, que práticas de fácil emprego, como a manutenção da cobertura do solo, podem reduzir as perdas de solo e água em 72% e 42%, respectivamente.

Algumas vezes, em condições específicas, mesmo em sistemas reconhecidamente conservacionistas, como os agroflorestais, as perdas de solo podem ser relevantes. Estudos realizados em um Latossolo Amarelo, em Manaus, demonstram que a erosão no período de formação dos sistemas agroflorestais (SAFs) é intensa e pode representar perdas de solo acima dos limites tolerados. Durante a formação dos SAFs (combinação de seringueira, dendezeiro e guaranazeiro), a manutenção do solo descoberto favoreceu uma maior exposição do solo ao contato direto com as chuvas, em comparação a

formas de manejo onde houve maior proteção do solo através do emprego de leguminosas ou do cultivo de plantas anuais (LEITE; MEDINA, 1985). Isto indica que mesmo os sistemas arbóreos, quando na fase de implantação, são altamente erosivos em determinados tipos de solos e que as práticas adotadas na implantação das lavouras afetam as perdas de solo e água e, por conseguinte, os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas.

Do ponto de vista do regime hidrológico, por predominar na região solos com grau elevado de restrição à drenagem, a maior parte da precipitação que ocorre na região não contribui para a recarga do lençol freático, ocorrendo rápido escoamento superficial. Isto resulta em variações bruscas nas cotas fluviométricas dos principais rios da região e na escassez de redes de drenagem permanentes.

Principais sistemas de produção agropecuária

A pecuária de corte em regime rotacionado extensivo é a principal atividade econômica no setor primário na região, com capacidade de suporte de aproximadamente $1,0 \text{ UA ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, junto ao sistema de pastejo contínuo que predomina nas pequenas propriedades familiares. O sistema de pastejo rotacionado intensivo vem sendo utilizado de forma crescente nas grandes propriedades, elevando a capacidade de suporte das pastagens consorciadas com gramíneas e leguminosas para até $3,0 \text{ UA ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (WADT et al., 2005).

A exploração pecuária está inserida em todos os tipos de uso da terra na região, sendo presente desde as áreas de reservas extrativistas (na maioria das vezes o único tipo de uso da terra nas áreas convertidas dentro destas reservas, predominantemente, respeitando o limite de 10% para conversão de áreas florestais em áreas de produção agropecuária), como também sendo o uso da terra predominante em áreas de assentamento agroextrativista e áreas de assentamento agrícola. Nas fazendas da região é a principal atividade econômica, sendo na grande maioria das vezes, a única atividade econômica.

A integração lavoura-pecuária ocorre apenas em algumas propriedades agrícolas, sendo uma atividade sem expressão econômica, devido à baixa frequência com que é observada na região. O desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da

capacidade produtiva das pastagens, bem como o uso de sistemas produtivos mais ecológicos torna-se fundamental para a sustentabilidade da atividade pecuária na Região Amazônica. A adoção do Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) desponta como uma opção viável na recuperação e renovação de áreas degradadas e como alternativas para maior produção de forragem, sem a necessidade de novos desmatamentos. Além disso, possibilitam melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo. Outro fator favorável do consórcio é a diversificação da produção na propriedade, aumentando as chances de sucesso na comercialização dos produtos e da permanência do homem no campo. A produção agrícola de lavouras anuais (cereais) também é pouco expressiva nas áreas de assentamento, devido à falta de políticas de fomento agrícola e estrutura precária ou insuficiente para o armazenamento da safra, à exceção de algumas regiões do Sul do Amazonas, onde a logística proporcionada pela economia do Estado de Rondônia torna-se mais presente. Fora das áreas de assentamento, a produção agrícola de grãos ocorre de maneira esparsa e está associada a umas poucas fazendas, em áreas individuais, não superiores a 300 ha.

A pecuária leiteira na região correspondente à Formação Solimões também é pequena, não sendo suficiente para atender nem mesmo a demanda da própria população local, sendo os produtos lácteos produzidos na região Central e Sudeste de Rondônia.

Além da pecuária e da produção de grãos, há na região o cultivo de frutas, como banana, abacaxi, cupuaçu, pupunha para semente, pupunha para palmito e outras, seja em sistemas de produção convencional (monocultivos) ou em sistemas consorciados (normalmente em sistemas agroflorestais). Estes sistemas de produção ocorrem, principalmente em pequenas áreas (em geral, não ultrapassando três hectares por produtor), utilizando desde materiais não melhorados e de baixa produtividade (cupuaçu, por exemplo), como materiais de melhor qualidade e mais produtivos (bananeiras, por exemplo).

A produção de farinha de mandioca, embora com ocorrência em toda a Amazônia, tem destaque na região do Vale do Juruá, extremo oeste do Estado do Acre, sobretudo nos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves. Esta farinha alcançou fama regional e

está em fase de indicação geográfica. Parte dessa fama reside na tradição dos agricultores, na maioria familiares, bem como na granulometria arenosa dos solos, utilizados para o cultivo da mandioca. Contudo, devido ao sistema tradicional de cultivo da região com corte e queima de floresta primária ou secundária, associado às condições climáticas (precipitação acima de 2.000 mm e temperatura média do ar de 25° C) e à fertilidade química pobre desses solos, os sistemas de cultivo não são longevos. Alternativas ao sistema tradicional de cultivo estão em estudo e já apresentaram resultados promissores. Costa et al. (2009) avaliaram a produtividade de mandioca de sistemas de cultivo de plantio direto e convencional (uso de grade no preparo do solo) combinados com mucuna, calcário e fósforo contra o sistema tradicional da região em solos com granulometria arenosa e média. No solo arenoso, a produtividade do sistema alternativo (mucuna+calcário+fósforo) com preparo convencional do solo e plantio direto foi 64 e 250%, respectivamente, maior do que no sistema tradicional da região. No solo de granulometria média, os resultados, na mesma ordem, foram 18% superior no preparo convencional e semelhantes com a testemunha no plantio direto.

Fatores limitantes da produtividade agrícola

Os fatores limitantes da produtividade são diferenciados conforme o sistema de produção. Para a pecuária de corte, a estratégia tem sido o desenvolvimento do consórcio de gramíneas com leguminosas, no qual a introdução do amendoim forrageiro (*Arachis pintoï*) constitui-se na principal espécie recomendada, embora, a utilização da puerária (*Pueraria phaseoloides*) seja bastante difundida na região, principalmente, para a recuperação de áreas de pastagens com menor produtividade.

O uso do amendoim forrageiro tem sido recomendado pelo fato desta leguminosa apresentar elevada resistência ao pisoteio e ter hábito de crescimento rasteiro, não competindo com a gramínea para a absorção de luz solar. A limitação da expansão do uso desta leguminosa ocorre devido a seu cultivo ser exclusivamente via propagação vegetativa e, portanto, pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de obterem-se materiais adaptados à região amazônica e que também

sejam produtoras de sementes a custos de exploração viáveis.

Em algumas áreas, principalmente próximas de curtumes, a utilização de lodo de curtume também tem se mostrado bastante promissora. Do ponto de vista econômico, o uso deste tipo de resíduos como fertilizante orgânico representa o reaproveitamento integral de seus nutrientes e a substituição de parte das doses de adubação química para as culturas, com rendimentos equivalentes, ou superiores aos conseguidos com fertilizantes comerciais (WADT et al., 2007). Do ponto de vista químico, sua utilização seria limitada pelas quantidades excessivas de sódio e de cromo. O sódio é decorrente do tratamento das peles com produtos à base desse elemento, entre eles o hidróxido de sódio e o bissulfito de sódio. Com relação à presença de metais pesados com potencial de contaminação do solo, embora suas quantidades geralmente mostrem valores abaixo dos limites críticos (BERTOTTI et al. 2008; TEIXEIRA et al., 2008, 2009; SILVA et al., 2009), as aplicações contínuas devem ser monitoradas.

Além do lodo de curtume outros resíduos locais apresentam potencial para uso na agricultura, como a manipueira (material resultante durante a produção da farinha da mandioca), serragem de madeira, casca de frutos (cupuaçu, por exemplo) e outros lodos, como lodo de esgoto. Apesar do potencial, estes resíduos ainda não são utilizados ou faltam estudos mais detalhados que permitam averiguar seus impactos ambientais e benefícios do ponto de vista da nutrição mineral das plantas.

Finalmente, os fertilizantes minerais mais utilizados são a uréia, cloreto de potássio e o super-tríplo e formulações de “plantio” (4-14-8; 4-30-10); muitas vezes usadas em quantidades e proporções entre os nutrientes não suficientes para atender as demandas das culturas, impossibilitando a obtenção de maior produtividade. O principal entrave para o uso de fertilizantes minerais na região tem sido o elevado custo final para o produtor. Isto se deve ao acréscimo do custo em relação ao frete para o transporte do fertilizante até a região, bem como a predominância de culturas com variedades não responsivas, sendo, a maior parte, de baixo potencial produtivo.

Estratégias para o aumento da produtividade agrícola

Em todos os sistemas de produção, a utilização de adubação ainda é incipiente. Algumas pastagens recebem, eventualmente, adubação com resíduos da indústria curtidora, porém, somente aquelas localizadas a um raio de até 25 km do curtume. A maioria dos sistemas de produção agrícola não recebe adubação, quando muito faz-se a adubação de plantio para culturas anuais exigentes, como nas lavouras cultivadas com materiais de milho híbrido.

Por outro lado, dado o maior rigor no controle dos desmatamentos, impedindo a abertura de novas áreas agrícolas, as áreas já abertas têm sido as únicas disponíveis para a expansão da agricultura. Este fato tem promovido, de forma recorrente por parte do sistema produtivo, a busca de soluções para o aumento da produtividade das áreas já convertidas. Acrescente-se a isto que algumas áreas, com uso agrícola já com cerca de 20 anos, também têm exigido adubações para que a produtividade não se torne antieconômica.

Em face destas demandas, algumas ainda latentes, é que se tem procurado desenvolver tecnologias de manejo mais apropriadas para estes solos, as quais são descritas a seguir.

Correção da acidez do solo

Uma das consequências práticas das diferenças mineralógicas nos solos da Formação Solimões resulta na ocorrência de solos com elevada acidez (baixos valores de pH), aliados aos elevados teores de cálcio e de alumínio trocável (solos ácidos de alta atividade iônica). Entretanto, os elevados teores de alumínio trocável não resultam em efeitos fitotóxicos como os que seriam esperados em outros solos, mesmo para variedades de plantas sensíveis a este elemento químico (GAMA; KIEHL, 1999).

A baixa fitotoxicidade do alumínio trocável pode ser consequência da menor atividade de Al na solução, por causa dos altos teores de cálcio e de magnésio trocáveis. Explica-se este efeito pelos processos semelhantes ao que ocorre com a aplicação do gesso agrícola no solo, onde a toxidez é minimizada sem haver necessariamente a

neutralização do alumínio trocável (GAMA; KIEHL, 1999).

Contudo, outro mecanismo que pode explicar esta baixa fitotoxicidade está relacionado à força de retenção do alumínio interestratificado e do alumínio amorfo junto às superfícies de troca catiônica. Assim, como a força de atração exercida pela superfície adsorvente sobre os íons de alumínio na solução seria superior à força de atração exercida sobre outros tipos de cátions (íons de menor valência), cátions como o cálcio e o magnésio ficariam livres na solução do solo. Modelos de dupla camada iônica preveem que a distribuição dos íons de alumínio ao longo da dupla camada difusa não seja uniforme em solos com argilas do tipo 2:1 e em ambiente ácido, diferente do que ocorre nos solos de baixa CTC ou com predomínio de caulinitas e óxido-hidróxidos de ferro ou alumínio (WADT, 2002).

Wadt (1992) sugere que, com base no modelo da dupla camada iônica, são esperados dois comportamentos distintos para o alumínio extraível por solução salina concentrada (“alumínio trocável”), dependendo deste estar absorvido em uma superfície de elevada eletronegatividade ou de baixa eletronegatividade.

Em solos com predomínio de argilas de baixa atividade, embora haja atração pelo alumínio solúvel, este se distribui em proporções constantes entre a superfície adsorvente e a solução do solo, de forma que qualquer mudança em um destes compartimentos rapidamente é compensada com o restabelecimento do equilíbrio. Assim, o alumínio retirado do sistema pela absorção radicular é rapidamente repostado pelo alumínio adsorvido eletrostaticamente, situação esta em que o alumínio apresenta alta atividade na solução do solo. Em outras palavras, significa dizer que a força de adsorção exercida pela superfície adsorvente não são suficientes para reter o alumínio na superfície do mineral e estes íons ficariam movimentando-se próximos à superfície pela ação combinada da energia térmica e eletrostática, sendo distribuídos na camada difusa de acordo com a Lei de Boltzmann.

Por outro lado, naqueles solos onde a superfície adsorvente possui elevada eletronegatividade, esta atrai com maior força os íons adsorvidos. Nesta situação, cátions de menor raio iônico hidratado e maior valência são adsorvidos, preferencialmente, próximos à superfície. Os cátions assim adsorvidos estão em um equilíbrio muito lento com o restante dos cátions trocáveis e apresentam uma menor

atividade na solução do solo. Outros cátions de maior raio iônico hidratado e menor valência são expulsos para a solução do solo, onde apresentam maior atividade. Estes mecanismos, na prática, diminuem a quantidade de alumínio que pode atingir o sistema radicular das plantas e, portanto, seu efeito fitotóxico, resultando em baixa atividade do alumínio na solução do solo.

Esta distorção, no uso do teor de alumínio trocável como um índice da acidez do solo, é agravada porque o KCl, utilizado como extrator, provoca a dissolução do alumínio amorfo e do alumínio interestratificado, que são formas não trocáveis e, portanto, apresentam um equilíbrio muito tênue com a solução do solo (MARQUES et al., 2002).

Assim, o teor de alumínio trocável em muitos solos de alta atividade iônica da Formação Solimões não representa uma característica negativa quanto à limitação da fertilidade dos solos, sugerindo-se inclusive, que em solos álicos e com argilas de alta atividade, este indicador não seja adotado como limitante da aptidão agrícola destes solos (COUTO et al., 2009). Outra consequência prática imediata é que a estimativa da necessidade de calagem pelo método do alumínio trocável não representa a quantidade adequada de calcário indicada para corrigir a acidez do solo e melhorar a produtividade vegetal (GAMA; KIEHL, 1999). Além disto, análises de fertilidade podem indicar teores de alumínio trocável superior a $10 \text{ cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$ solo, em solos com saturação de bases superior a 60% (WADT, 2002).

Acrescente-se que a correção da acidez deste solo a valores próximos à neutralidade pode conduzir a um sério problema nutricional. A presença de quartzo na fração argila destes solos pode promover a fixação do magnésio presente em solução, causando a deficiência deste nutriente (SUMNER et al., 1978).

Dada estas condições, Wadt (2002) deixou de recomendar o uso do alumínio trocável como indicador de acidez destes solos. Embora, à luz dos conhecimentos atuais, não exista um método confiável para a estimativa da necessidade de calagem nos solos ácidos, de alta atividade da Formação Solimões, com base no modelo da dupla camada difusa, o método da saturação de bases passou a ser considerado como aquele mais indicado, desde que os limites mínimos de saturação de bases fossem revistos para valores mais baixos que os

adotados em outras regiões do país. A vantagem deste método é que ele pode ser trabalhado não com ênfase na elevação do valor do pH do solo, como originalmente feito em sua concepção, mas no equilíbrio da relação $Al/(Ca+Mg)$, procurando-se elevar a saturação de bases a valores que possibilitem a saturação de alumínio de no máximo 20%, para espécies com baixa tolerância à acidez do solo (WADT, 2002).

Para muitos solos ácidos de alta atividade de argila da Formação Solimões, a relação entre pH e saturação de bases é fraca ou inexistente. No entanto, em situações em que a saturação de bases for maior que 50%, existem poucas possibilidades de valores de saturação de alumínio superiores a 20% (Wadt, 2002). Isto sugere que se for tomado o valor de saturação de bases (V%) como referência, tem-se uma variável de fácil obtenção para o cálculo da necessidade de calagem, sem grandes alterações na rotina laboratorial e minimizando o risco de elevada saturação de alumínio.

Em razão destas considerações, a necessidade de calagem para as principais culturas agrícolas tem sido estabelecida em função do grau de tolerância de cada espécie vegetal à acidez do solo e do tipo de argilas predominantes, que podem ser estimadas pelo valor da CTC do solo. Preconiza-se que quanto maior for a CTC, maior será a proporção do alumínio retido na camada de *Stern* e menor a atividade deste íon na solução do solo para um mesmo valor de saturação de bases. Baseando nestas premissas, passou-se a recomendar a calagem pelo método da saturação de bases (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de saturação de bases (V%) adequados para diferentes culturas, nas condições edáficas do Acre.

Cultura	Latossolos e solos com textura areia na camada superficial	Demais solos com CTC < 10 cmol kg ⁻¹ .	Demais solos com CTC > 10 cmol kg ⁻¹
Abacate	50	40	30
Abacaxi	50	40	35
Açaí	60	50	40
Acerola	70	60	50
Algodão*	60	50	45
Amendoim	60	50	40
Arroz de sequeiro	50	40	40
Arroz irrigado	50	40	30
Banana*	70	60	50
Batata doce*	60	50	40
Batata*	50	45	40
Cacau	50	40	30
Café	60	50	40
Cana-de-açúcar	60	50	40
Cará e inhame*	60	50	40
Citros	70	60	50
Coco	50	40	30
Crotalária juncea	70	60	50
Cupuaçu	50	40	30
Feijão	60	50	40
Girassol	70	60	50
Goiaba	70	60	50
Gramíneas aromáticas	40	35	25
Gramíneas em geral	45	40	30
Guaraná	50	40	30
Leguminosas em geral	50	40	30
Mamão	80	70	50
Mandioca	40	30	20
Manga	60	50	40
Maracujá	70	60	50
Milho	50	45	40
Pimenta-do-reino	70	60	50
Pimenta longa	50	40	30
Pupunha	50	40	30
Seringueira*	45	35	25
Soja	50	45	40

Legenda: *Culturas exigentes em magnésio. Se a relação Ca/Mg no solo for maior que 3, usar calcário dolomítico.

Recomendação de adubação para as culturas

Na Amazônia, o Estado do Acre foi o primeiro a possuir um sistema de recomendação de adubação considerando as propriedades dos solos da Formação Solimões, e onde recomendações de adubação foram agrupadas por tipo de cultura, sendo adaptadas da literatura tabelas de adubação para sistema de produção de maior potencial agrícola e destinadas ao cultivo comercial (WADT, 2005).

Na adaptação dos critérios de interpretação da disponibilidade

de nutrientes no solo para a região, foram consideradas de duas a três classes de disponibilidade dos nutrientes, uma vez que a solução adotada foi utilizar níveis de classe de disponibilidade de nutrientes de maior amplitude, reduzindo-se, conseqüentemente, o número de classes de interpretação. Esta limitação foi necessária dada à ausência de ensaios de calibração de adubação para a região. Foram definidas classes de disponibilidade no solo para fósforo (P), potássio (K) e os micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), baseando em recomendações adotadas em outros estados do Brasil e fazendo-se adaptações conforme o nível de conhecimento acumulado localmente (WADT; CRAVO, 2005).

Adicionalmente, novos conceitos relacionados ao estado atual de desenvolvimento da agricultura na região foram incorporados. Como exemplo, a definição de classes de disponibilidade para nitrogênio em função do grau de utilização antrópica do solo, a qual foi possível somente pela apropriação da experiência local, onde os produtores relatam resposta à adubação nitrogenada somente naquelas áreas com maior tempo de uso da terra. Desta forma, a demanda de adubação nitrogenada depende de duas variáveis principais: reservas de nitrogênio no solo e demanda pela planta. Para cultivos de alta produtividade, e principalmente para aqueles de ciclo curto, como por exemplo, os cultivos de cereais, a demanda por nitrogênio dá-se em períodos curtos e em taxas elevadas, de forma que a mineralização no nitrogênio do solo, mesmo naqueles com alto teor de matéria orgânica e baixa relação C/N, espera-se não ser suficiente para atender às exigências da cultura. Nesse caso, a adubação complementar com nitrogênio em cobertura é fundamental para garantir o potencial produtivo das culturas.

Por outro lado, o conhecimento empírico é coerente ao afirmar que em áreas recém-desmatadas a disponibilidade de nitrogênio tende a ser suficiente para atender às quantidades exigidas pela vegetação. Isso significa que nessas áreas, mesmo sem a adubação nitrogenada, as lavouras poderão apresentar um crescimento vegetativo razoavelmente bom, sem que, contudo, esse crescimento reflita-se em boas produtividades, já que haverá fome oculta de nitrogênio e, assim, deficiência na formação de proteínas e outros compostos nitrogenados. Contudo, a constatação importante é que o nitrogênio contido no solo

pode ser suficiente para formação inicial da cultura.

Assim, a disponibilidade de nitrogênio no solo afeta, nestes sistemas, principalmente a adubação de plantio, enquanto a demanda da planta, segundo seus patamares de produtividade, passa a ser determinada pela adubação de cobertura. Na prática, significa que se pode reduzir as quantidades de nitrogênio recomendadas na adubação de plantio, em áreas recém-desmatadas, e essa redução poderá ainda ser maior se o solo apresentar elevados valores para a capacidade de troca catiônica (CTC), uma vez que a maior CTC auxiliará na retenção no complexo sortivo das formas amoniacais do nitrogênio recém-mineralizado, após o processo de desmatamento, permitindo sua liberação gradual nos primeiros anos de exploração agrícola (WADT; CRAVO, 2005).

Para o enxofre não foi elaborada uma tabela de interpretação, embora, em princípio, seja possível adotar o mesmo critério utilizado para o nitrogênio. Quanto ao fósforo, as classes de disponibilidade foram definidas em função da textura do solo estimada pelo teor de argila ou valor do P-remanescente. Os valores utilizados para essa primeira aproximação basearam-se em pesquisa realizada com a adsorção de fósforo em amostras de solos da região leste do Estado (SILVA, 1999). Para outros nutrientes esse critério não foi utilizado, embora possa vir a ser aplicado nas futuras aproximações, se houver informações disponíveis para as condições do solo do Estado do Acre.

Por causa da ausência de informações que auxiliassem o refinamento das interpretações para cada nutriente, decidiu-se adotar um único critério, independentemente do sistema de produção ou espécie vegetal. Assim, para todos os nutrientes foram determinadas no máximo três classes de disponibilidade. Provavelmente, nas futuras aproximações será possível definir melhor essas classes se forem realizados ensaios de calibração. Os demais nutrientes foram tratados da forma convencional, fazendo-se somente os ajustes com base nas premissas já discutidas. As tabelas de interpretação do teor de nutrientes no solo estão disponíveis em Wadt e Cravo (2005).

Por sua vez, para se desenvolver as tabelas de recomendação de adubação, também seriam necessárias informações obtidas por meio de experimentação e ensaios regionais, utilizadas para equacionar a recomendação de adubação e correção do solo, além de outras

informações como composição química, produtividade das lavouras e exportação de nutrientes. Contudo, para as condições edafoclimáticas do Estado do Acre, não existem até o momento informações desta natureza. Portanto, o sistema de recomendação de adubação desenvolvido foi adaptado de resultados obtidos de outras regiões.

Ressalve-se que, embora sabendo que este procedimento não seja o ideal, as tabelas foram desenvolvidas a partir de análises individuais de cada cultura, na tentativa de adotar procedimentos técnicos visando tornar as recomendações as mais confiáveis possíveis.

Foram ainda introduzidos novos procedimentos, sendo o principal a integração entre a diagnose foliar e a análise de solos. Isto foi feito para culturas de maior valor agregado ou com maior potencial para seu desenvolvimento em grande escala; enquanto que para outros grupos de cultura as recomendações de adubação foram realizadas sem considerar a diagnose foliar.

Nesse sentido, o Estado do Acre está sendo o primeiro estado brasileiro a possuir tabelas de recomendação de adubação integrando a análise de solos e a diagnose foliar. Muito embora, o método empregado já tenha sido recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

A introdução da diagnose foliar no processo de recomendação de adubação vem antecipar uma demanda já verificada nos estados com maior tradição agrícola.

Entre os métodos disponíveis, optou-se pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), visto sua grande aceitação no meio produtivo, existindo inclusive disponibilidade de vários programas de computação capazes de organizar os dados de monitoramento nutricional e gerar as normas e os índices DRIS, necessários para a utilização dessa ferramenta. Para a interpretação dos índices DRIS foi adotado o método do Potencial de Resposta à Adubação, o qual classifica o estado nutricional das plantas em cinco categorias distintas, em relação a cada nutriente que tenha sido avaliado no processo de diagnose (Tabela 2).

Portanto, no Estado do Acre, a recomendação de nutrientes para algumas culturas está sendo feita em função da produtividade esperada e da disponibilidade do nutriente no solo, como também em função do estado nutricional das plantas.

Nos casos em que não há informação disponível sobre o estado nutricional da planta, as mesmas tabelas poderão ser utilizadas, adotando-se o potencial de resposta nulo como referência na definição da necessidade de adubos. Como exemplo, das tabelas de recomendação de adubação utilizadas, tem-se a tabela de recomendação para adubação fosfatada de cobertura na cultura do feijoeiro (Tabela 3). No exemplo, a quantidade do nutriente (P_2O_5) a ser aplicada varia em função da disponibilidade de fósforo no solo (baixa, média ou alta), da produtividade da cultura e do potencial de resposta à adubação.

Tabela 2. Significado do potencial de resposta à adubação em relação à interpretação dos valores dos índices DRIS obtidos da diagnose foliar de plantas.

Potencial de resposta à adubação	Significado
Muito alto	A planta apresenta alta probabilidade de aumentar a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado é altamente insuficiente.
Alto	A planta apresenta média probabilidade de aumentar a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado pode estar insuficiente.
Nulo	O nutriente avaliado está equilibrado e qualquer aumento na dosagem apresenta probabilidade nula de proporcionar aumentos da produtividade.
Baixo	A planta apresenta média probabilidade de diminuir a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado pode estar excessivo.
Muito baixo	A planta apresenta alta probabilidade de diminuir a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado é altamente excessivo.

Tabela 3. Doses recomendadas para a adubação fosfatada de cobertura na cultura do cafeeiro.

Adubação de fósforo em cobertura - P₂O₅ (kg ha⁻¹ ano⁻¹)				
Potencial de resposta ao fósforo	Produtividade kg ha⁻¹	Disponibilidade de P no solo		
		Baixa	Média	Alta
Muito alto	< 1.200	40	30	20
	1.200 a 1.800	50	40	30
	1.800 a 2.400	60	50	40
	2.400 a 3.000	70	60	50
	3.000 a 3.600	80	70	60
	3.600 a 4.800	90	80	70
Alto	> 4.800	100	90	80
	< 1.200	30	20	10
	1.200 a 1.800	40	30	20
	1.800 a 2.400	50	40	30
	2.400 a 3.000	60	50	40
	3.000 a 3.600	70	60	50
Nulo	3.600 a 4.800	80	70	60
	> 4.800	90	80	70
	< 1.200	20	10	0
	1.200 a 1.800	30	20	10
	1.800 a 2.400	40	30	20
	2.400 a 3.000	50	40	30
Baixo	3.000 a 3.600	60	50	40
	3.600 a 4.800	70	60	50
	> 4.800	80	70	60
	< 1.200	10	0	0
	1.200 a 1.800	20	10	0
	1.800 a 2.400	30	20	10
Muito baixo	2.400 a 3.000	40	30	20
	3.000 a 3.600	50	40	30
	3.600 a 4.800	60	50	40
	> 4.800	70	60	50
	< 1.200	0	0	0
	1.200 a 1.800	10	0	0
	1.800 a 2.400	20	10	0
	2.400 a 3.000	30	20	10
	3.000 a 3.600	40	30	20
	3.600 a 4.800	50	40	30
	> 4.800	60	50	40

Fontes alternativas de nutrientes

Estudos realizados no Estado do Acre reforçam as expectativas para o uso de resíduos locais como fonte alternativa para os fertilizantes minerais, principalmente, aqueles trabalhos com o uso de lodo de curtume.

Resíduos do tipo de lodos de curtume, desde que utilizados

dentro de doses convencionais, para o fornecimento de nutrientes às plantas têm-se mostrado promissores na região. Souza et al. (2007b) observaram que a aplicação de 300 kg de N orgânico, tendo como fonte dois lodos de curtume (caleiro e decantador primário), resultou em uma acumulação de N em plantas de milho, cultivadas em vaso, equivalente à aplicação de 100 kg de N na forma de sulfato de amônio. A aplicação de maiores doses de N orgânico na forma de lodo apresentou menores acumulações totais de N nas plantas, provavelmente, em função de problemas relacionados à salinização (SILVA et al., 2007). Doses de N orgânico equivalentes a 600 kg N ha⁻¹ foram suficientes para causar problemas devido à elevada salinidade associada a estas doses, reduzindo drasticamente o desenvolvimento das plantas, devendo ser evitadas aplicações nesta magnitude, tanto para o lodo de caleiro como para o lodo de decantador primário (SOUZA et al., 2007a).

Deve-se ainda considerar o efeito do lodo sobre a mineralização do nitrogênio do solo. Ao avaliar o efeito de doses de lodo suficientes para fornecer de 50 a 600 kg de N orgânico ha⁻¹, aplicadas a uma profundidade de 0 a 5 cm em amostras de um Argissolo Vermelho Amarelo, em vasos, Bertotti et al. (2007) verificaram que as maiores doses de lodo aplicadas aumentaram o pH do solo na camada de 0-10 cm e de 10-20 cm, havendo também aumento do teor de Ca trocável na camada superior e de Mg na camada inferior, além de redução da acidez potencial na camada superior e inferior, neste caso, somente para o tratamento com a maior dose de N orgânico.

Dada à característica alcalina do lodo de curtume, seu efeito em aumentar o pH e diminuir a acidez potencial do solo deve ser considerado como esperado. Mesmo o aumento do teor de Ca trocável na camada superior pode ser explicado pela conjunção do efeito alcalino com os altos teores de Ca encontrados no lodo, ficando este efeito restrito à camada de aplicação pela baixa mobilidade do cálcio. Por outro lado, o aumento do teor de Mg trocável em profundidade indica o potencial deste resíduo em intensificar as perdas deste nutriente por lixiviação, o que em longo prazo poderia resultar em desequilíbrios da relação Ca/Mg no complexo de troca do solo na zona radicular.

A utilização do lodo de curtume tem-se mostrado como uma excelente tecnologia para a recuperação de áreas degradadas pelo uso

agrícola intensivo. No Estado do Acre, em área tratada com lodo de curtume, a produtividade média do milho sem adubação de cobertura foi de 3.370 kg ha⁻¹ (SOUZA et al., 2007b), superior à média regional que é de 1.495 kg ha⁻¹. Neste experimento, onde foram testados seis diferentes híbridos de milho (cinco híbridos Pioneer e um Bandeirantes), os híbridos Bandeirantes e Pioneer 30F33 apresentaram as menores produtividades (2.325 e 2.855 kg ha⁻¹, respectivamente). Já os híbridos Pioneer P3041 e Pioneer 30K75 apresentaram, na ausência de adubação de N em cobertura, as maiores produtividades (4.382 e 3.986 kg ha⁻¹, respectivamente).

Estes resultados são bastante relevantes, indicando que apenas a utilização de materiais genéticos, mais produtivos em áreas recuperadas com a adição de lodo de curtume, pode representar um ganho de produtividade de até 2.887 kg ha⁻¹ em relação à média regional ou de 2.057 kg ha⁻¹, em relação ao material genético de menor potencial produtivo (SOUZA et al., 2007a).

Neste mesmo estudo, a aplicação de apenas 40 kg N ha⁻¹ resultou em melhoria da produtividade da cultura. Com exceção do híbrido Pioneer P3041, cujo ganho de produtividade foi de apenas 10%, os demais materiais testados apresentaram um aumento de produtividade que variou de 37% para o Pioneer 30K75 a até 57% para o Pioneer 30F33 (SOUZA et al., 2007b). Já com relação a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹, em geral o ganho de produtividade foi inferior a 20% (em comparação com a aplicação de 40 kg N ha⁻¹) independente da fonte de N utilizada (Pioneer 30F33, Pioneer 30F80, Pioneer 30K75 e Pioneer P3041). Entretanto, foi superior a 35% para os híbridos Bandeirantes e Pioneer 30F90 quando foi utilizado como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio, em comparação com a uréia.

Segundo Souza et al. (2007a), a combinação das tecnologias simples, como a utilização de lodo de curtume nas doses de 40 m³ ha⁻¹ (teor de umidade em torno de 95%), aliada à adubação nitrogenada com uréia na dose de 80 kg N ha⁻¹, e a utilização de sementes de híbridos com maior potencial produtivo, mesmo mantendo-se todas as demais condições do sistema de produção atual, resulta em produtividades de milho entre 5.300 a 5.700 kg ha⁻¹, ou seja, mais de três vezes superiores à média regional.

A maior produtividade em área tratada com lodo de curtume

nos solos da região já foi observada em outro ensaio experimental por Wadt et al. (2007b), mesmo sem haver alterações significativas na fertilidade do solo (WADT et al., 2007a). Segundo Wadt et al. (2007b), apenas a utilização do lodo proporcionou aumento de 50% da produtividade das culturas, o que é do ponto de vista econômico muito significativo, se considerar que este produto é oferecido gratuitamente. Por outro lado, Nóbrega e Wadt (2007) não observaram efeito do lodo de curtume sobre características fitotécnicas de plantas de milho.

O potencial do lodo de curtume observado no Estado do Acre já havia sido também constatado em outras situações no Brasil. Costa et al. (2000) verificaram maiores rendimentos de matéria seca da parte aérea em plantas de soja, em tratamentos que receberam NPK + calcário e lodo com cromo (250 kg ha^{-1}). Ainda, Ferreira et al. (2003) observaram que o tratamento que recebeu lodo de curtume proporcionou incrementos de 22% no rendimento de grãos de milho quando comparados com o tratamento NPK+ calcário.

Estes resultados indicam o potencial do uso do lodo de curtume para a recuperação de áreas degradadas e para a fertilização de culturas agrícolas. Entretanto, ainda são necessários estudos para determinar as quantidades adequadas a serem aplicadas em função do tipo de solo e de suas propriedades químicas.

Considerações finais e propostas para avanço no conhecimento ou de ação

A Amazônia brasileira possui atualmente cerca de 25 milhões de habitantes, com necessidades de trabalho, renda e alimentação. Por outro lado, somente na região de influência da capital Rio Branco, Estado do Acre, em um raio de aproximadamente 1000 km, a população total é de cerca de 32 milhões de habitantes, incluindo as populações residentes no altiplano andino e no litoral do Pacífico.

Estas populações desenvolvem suas atividades sobre tipos de solos que apresentam muitas propriedades distintas de todas as demais regiões do País, sendo em alguns casos, ímpares em todo o mundo. Portanto, pode-se considerar ser esta uma das regiões com a maior demanda de pesquisa e novas tecnologias, que sejam capazes de orientar na utilização dos recursos edáficos e hídricos da região, sem

causar problemas ambientais ou degradação ambiental. Ou causá-las com menor grau possível.

O uso e manejo adequado do solo é um ponto central desta questão, já que seu uso de forma sustentável permite não só a manutenção dos serviços ambientais relacionados ao ciclo hidrológico, mas também, propicia condições para que as áreas já convertidas possam manter a sua capacidade produtiva, diminuindo a demanda por novas áreas de floresta.

Neste sentido, mais pesquisas são necessárias para promover a utilização de outros tipos de resíduos locais e, principalmente, faz-se necessário o aprimoramento das recomendações de adubação e calagem, visando melhorar sua viabilidade econômica para a produção de lavouras.

Referências bibliográficas

ACRE (Estado). **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco: SEMA, 2006. 356 p.

AMARAL, E. F.; LANI, J. L.; BARDALES, N. G. **Vulnerabilidade a ação antrópica no Acre com Ênfase nos processos de gênese e morfogênese do solo**. Rio Branco: SEMA, 2010. 14 p. (No prelo).

ARAÚJO; E. A. de; AMARAL, E. F.; WADT, P. G.; LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: WADT, P. G.. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p.27-62

BERTOTTI, F.; PINTO, C. E. D. L.; TERAN, J. J.; WADT, P. G. S.; PEREZ, D. V.; TEIXEIRA, S. T. Alterações em componentes da acidez do solo em resposta a aplicação de lodo de curtume, em vasos. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-UFAC. 16., 2007. Rio Branco, AC. **[Anais...]** Rio Branco: UFAC. 2007. 2 p. 1. CD-ROM.

BERTOTTI, F. ; TEIXEIRA, S. T. ; WADT, P. G. S. Caracterização química do

lodo de curtume gerado no processo de curtimento em web-blue. In: FERTBIO. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**: anais. 2008, Londrina. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 19 Rio Branco; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 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: DNPM, 1977. 420 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 13).

CORDEIRO, D. G.; DEDECEK, R.; MOURÃO, P. L.; SILVEIRA, A. M. P. **Determinação das perdas de solo e água em solo podzólico vermelho escuro sob diferentes condições de manejo na região de Rio Branco – Acre**. Rio Branco: Centro de Pesquisa Agroflorestral do Acre, 1996. (Pesquisa em Andamento, 90).

COSTA, C. N.; CASTILHOS, D. D.; KONRAD, E. E.; RODRIGUES, C. G.; PASSIANOTO, C.C. Efeito residual da adição de lodos de curtume sobre o rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, 2000.1 CD

COSTA, F. S.; BAYER, C.; FILHO, M. D. C.; MAGALHÃES, I. B.; SANTIAGO, A. C. C.; SILVA, E. P. Efeito de sistemas de manejo do solo na produtividade de mandioca no Juruá – Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2009. Fortaleza, CE. **[Anais...]**, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

COUTO, W. H. ; ANJOS, L. H. C. ; LEMOS, C. O. ; DELARMELINDA, E. A. ; WADT, P. G. S. . Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras em Solos

Sedimentares Associados a Argilas de Alta Atividade da Amazônia Sul-Occidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2009. Fortaleza, CE. **[Anais...]**, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J.; BISSAN, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimentos de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 755-763, 2003.

GAMA, J. F. 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**, Viçosa, v. 23, p. 475-482, 1999.

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

GINGRAS, M. K.; RÄSÄNEN, M. E.; PEMBERTON, S. G.; ROMERO, L. P. Ichnology and sedimentology reveal depositional characteristics of baymargin parasequences in the Miocene Amazonian foreland basin. **Journal of Sedimentary Research**, v. 72, n. 6, p. 871-883, 2002.

LATRUBESSE, E., BOCQUENTIN, J., SANTOS, J. C. R., RAMONELL. Paleoenvironmental model for the Late Cenozoic of southwestern Amazonia: paleontology and geology. **Acta Amazonica**, v. 27, n. 2, p. 103-118, 1997.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J. C.; SINHA, R. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 1, p. 1-18, 2005.

KRONBERG, B. I.; BENCHIMOL, R. E. Geochemistry and geochronology of

surficial Acre Basin sediments (Western Amazonia): key information for climate reconstruction. **Acta Amazonica**, v.22, n.1, p.51-69, 1992.

KRONBERG, B.; BENCHIMOL, R. Aridez no Acre: a história climática de uma região. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 1, p.44-47, 1993.

LEITE, F. P. R. **Palinologia da Formação Solimões, neógeno da bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: implicações paleoambientais e bioestratigráficas**. 2006. 135 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. **Perda de solo em um Latossolo Amarelo do estado do Amazonas sob diferentes sistemas culturais**. Manaus: Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê, 1985. 5 p. (Pesquisa em Andamento, 27)

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V. ; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, n.1, p. 59-68, 2006.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa

LUCAS, Y.; SOUBIÉS, F.; CHAUVEL, A.; DESJARDINS, T. Estudos do solo revelam alterações climáticas da Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 93, p.36-39, 1993.

MARQUES, J. J.; TEIXEIRA, W. G.; SCHULZE, D. G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. **Clay Mineralogy**, v. 37, p. 651-661, 2002.

MARTINS, J. S. **Pedogênese de podzólicos vermelho-amarelos do Estado do Acre, Brasil**. 1993. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

NEILL, C.; ELSENBEER, H.; KRUSCHE, A.V.; LEHMANN, J., MARKEWITZ,

D.; FIGUEIREDO; R. O. Hydrological and biogeochemical processes in a changing Amazon: results from small watershed studies and the large-scale biosphere-atmosphere experiment. **Hydrological Processes**, v. 20, n.12, p. 2467 – 2476, 2006.

MÖLLER, M.R.F.; KITAGAWA, Y. **Mineralogia de argilas em Cambissolos do Sudoeste da Amazônia Brasileira**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1982. 19 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 34).

NOBREGA, M. S.; WADT, P. G. S. **Características da espiga de milho em função do nitrogênio aplicado em cobertura**. In: XVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-UFAC. 16., 2007. Rio Branco, AC **Anais...** Rio Branco: UFAC. 2007. 2 p. 1. CD-ROM.

RANCY, A. A paleofauna da Amazônia indica áreas de pastagem com pouca cobertura vegetal. São Paulo, **Ciência Hoje**, n. 16, p. 48-51, 1993.

RANZI, A. **Paleoecologia da Amazônia: Megafauna do Pleistoceno**. Florianópolis: Ed. Da UFSC; Rio Branco: UFAC, 2000. 101 p.

RÄSÄNEN, M.; LINNA, A. M.; SANTOS, J. C. R.; NEGRI, F. R. Late Miocene tidal deposits in the Amazonian foreland basin. **Science**, v. 269, n. 5222, p. 386-390, 1995.

RESENDE, M.; MACHADO, R.P. Cotas fluviométricas do rio Acre, suas causas e implicações na política da colonização. **Acta Amazonica**, v. 18, n.3/4, p.85-92, 1988.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações**. Lavras: UFLA, 2005, 192 p.

RIBEIRO, M.; KER, J. C.; AMARAL, E. F. do; SILVA, J. R. T.; DUARTE, M. A. Características químicas e mineralógicas de alguns solos do estado do Acre. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 26., 1997, Rio de Janeiro **Resumos....** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do**

Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS:UFV, 1996. p.19-60.

SILVA, A. L. F. da; SOUZA, L. F. de.; WADT, P. G. S.; PEREZ, D. V.; TEIXEIRA, S. T. Condutividade elétrica e pH no extrato de saturação em solos tratados com duas fontes de lodo de curtume. In: XVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-UFAC. 16., 2007. Rio Branco, AC [Anais...] Rio Branco: UFAC. 2007. 2 p. 1. CD-ROM.

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

SILVA, L. M. ; TEIXEIRA, S. T. ; PIRES, A. M. M. ; PEREZ, D. V. ; WADT, P. G. S. Caracterização química de resíduos de curtume e seu potencial agrônomo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2009. Fortaleza, CE. [Anais...] Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

SILVEIRA, M.; DALY, D. C.; SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; AMARAL, E. F. do; PEREIRA, M. G.; PASSOS, V. **Ambientes físicos e coberturas vegetais do Acre.** In: DALY, D. C.; SILVEIRA, M. Primeiro catálogo da flora do Acre, Brasil. Rio Branco, AC: Ed. UFAC, 2008. p. 33-66.

SOUZA, L. F.; WADT, P. G. S.; BERTOTTI, F.; SILVA, A. L. F. da; PÉREZ, D.V. Efeito do N em cobertura na produtividade do milho cultivado em área tratada com lodo de curtume. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. [Anais...] Gramado: SBCS. 2007a. 3 p. (CD-ROM).

SOUZA, L. F.; WADT, P. G. S.; PÉREZ, D. V. Avaliação do nitrogênio orgânico de duas fontes do lodo de curtume sobre o rendimento de matéria seca na germinação de plantas de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. [Anais...] Gramado: SBCS. 2007a. 3 p. (CD-ROM).

SOUZA, L. F. de; SILVA, A. L. F. da; BERTOTTI, F.; TEIXEIRA, S. T.; WADT, P. G. S.; PEREZ, D. V. Absorção e partição do nitrogênio em plantas de milho

adubadas com lodo de curtume. In: XVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-UFAC. 16., 2007. Rio Branco, AC [Anais...] Rio Branco: UFAC. 2007. 3 p. 1.CD-ROM.

SUMNER, M. E.; FARINA, P. M. W.; HURST, V. J. Magnesium fixation – a possible cause of negative yield responses to lime applications. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Baltimore, v. 9, p. 995-1007, 1978.

TEIXEIRA, S. T.; BERTOTTI, F.; PEREZ, D. V.; WADT, P. G. S. Alterações nos atributos químicos de solo tratado com lodo de curtume. In: FERTIBIO. 2008, Londrina, PR. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**: anais. Viçosa, MG: SBCS, 2008.

TEIXEIRA, S. T. ; WADT, P. G. S. ; PEREZ, D. V. ; SILVA, L. M. . Manejo de resíduos de curtume em solos amazônicos: Plintossolo. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2009. Fortaleza, CE. [Anais...] Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

TRICART, J. Evidence of Upper Pleistocene dry climates in Northern South America. In: DOUGLAS, I.; SPENCER, T. (Ed.). **Environmental change and tropical geomorphology**. London: Allen & Unwin, 1985. p. 197-217.

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, p. 363-372, 1989.

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

WADT, P. G. S. ; PEREZ, D. V. ; NÓBREGA, M. de S. ; BERTOTTI, F. . Produtividade do milho em área de pastagem degradada, tratada com lodo de curtume. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. [Anais...] Gramado: SBCS. 2007a. 3 p. (CD-ROM).

WADT, P. G. S.; CRAVO, M. Interpretação dos resultados de análise de

solos In: WADT, P. G. S. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005.

WADT, P. G. S.; DIAS-FILHO, M. B.; SOARES, J. P. G. Manejo do Solo em Pastagens Plantadas. In: WADT, P. G. S. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p. 459-490.

WADT, P. G. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, L. F. de. Práticas para o controle da erosão hídrica. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Sistema plantio direto e controle de erosão no Estado do Acre**, Rio Branco: Embrapa Acre, 2007. p.19-78.

WADT, P. G. S.; PÉREZ, D.V.; NÓBREGA, M. de S. Alteração na fertilidade do solo, teor de nutrientes e no estabelecimento inicial de milho cultivado em áreas tratada com lodo de curtume. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. **[Anais...]** Gramado: SBCS. 2007b. CD-ROM.

WADT, P. G. S.; PÉREZ, D. V.; NÓBREGA, M. de S. Produtividade do milho em área de pastagem degradada, tratada com lodo de curtume. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. **[Anais...]** Gramado: SBCS. 2007c. CD-ROM.

WESTAWAY, R. Late Cenozoic sedimentary sequences in Acre state, southwestern Amazonia: Fluvial or tidal? Deductions from the IGCP 449 fieldtrip. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 21, n.1-2, p. 120–134, 2006.