

1

O solo no contexto dos serviços ecossistêmicos e serviços ambientais na Amazônia



Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes

Lauro Charlet Pereira
Marco Antonio Ferreira Gomes
Sérgio Gomes Tôsto
Sérgio Galdino
Tiago de Lisboa Parente

Introdução

No cenário mundial, a Amazônia Brasileira é notadamente a Floresta Tropical de maior expressão geográfica. Sozinha, ela corresponde a quase 70% da Amazônia Continental, da qual participam Bolívia, Colômbia, Peru, Equador, Venezuela e Guianas. No Brasil (Rodrigues et al., 1996), a região amazônica abrange uma extensa área de cerca de 5 milhões de km² (aproximadamente 11 vezes a superfície dos estados de São Paulo e Paraná juntos), que corresponde a cerca de 60% do território nacional.

A área de abrangência dessa região corresponde à totalidade dos estados Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, além de parte do Maranhão (a partir do meridiano 44° de longitude oeste), conforme a Figura 1. Encontra-se entre as coordenadas geográficas 05° 16' 20" (Monte Caburá/RR) e 18° 02' 22" (nascente, braço menor do Rio Araguaia, município de Alto Taquari/MT) de latitude sul (S) e 44° 00' 00" (centro-leste do estado do Maranhão e 73° 59' 32" (Serra de Contamana/AC) de longitude oeste (WGr), com população de 12 milhões de habitantes em 1996 e que passou para 25,4 milhões em 2010, considerando a população total do estado do Maranhão (IBGE, 2010a), e com estimativa de 28,9 milhões de habitantes para o ano de 2019 (IBGE, 2019).

Essa região caracteriza-se, por um lado, pela imensa gama de variações climáticas, geológicas, geomorfológicas e edáficas e, de outro, pela exuberância diversificada de flora e fauna. Ela está incluída na região tropical úmida, onde a necessidade de expansão de áreas para reduzir a pressão populacional está em conflito direto com a necessidade de preservar os ecossistemas (Rodrigues et al., 1996).

A Amazônia Brasileira está situada precisamente dentro da faixa ecológica onde as atividades biológicas são mais intensas e, também, onde a produtividade primária dos ecossistemas alcança seus valores mais elevados. Isso ocorre em função dos fatores que favorecem a fotossíntese e que são abundantes nessa região: radiação solar e água (Rodrigues et al., 1996).

Nesse contexto, o projeto intitulado Construção do Conhecimento e Sistematização de Experiências sobre Valoração e Pagamento por Serviços Ecossistêmicos e Ambientais no Contexto da Agricultura Familiar Amazônica (Aseam) visa quantificar e valorar serviços ecossistêmicos e ambientais, a fim de ampliar a rede de beneficiários desses serviços no bioma Amazônia, incluindo principalmente agricultores, mulheres rurais, jovens rurais, técnicos e tomadores de decisões.

Neste trabalho, objetiva-se promover uma análise do compartimento ambiental solo, analisando os seguintes aspectos: a) o solo e suas relações com os serviços ecossistêmicos; e b) o solo e suas relações com os serviços ambientais. Porém, para dar suporte técnico para essas discussões, foram produzidas avaliações sobre o solo e sua importância agroambiental, bem como a caracterização do meio físico-biótico da Amazônia.

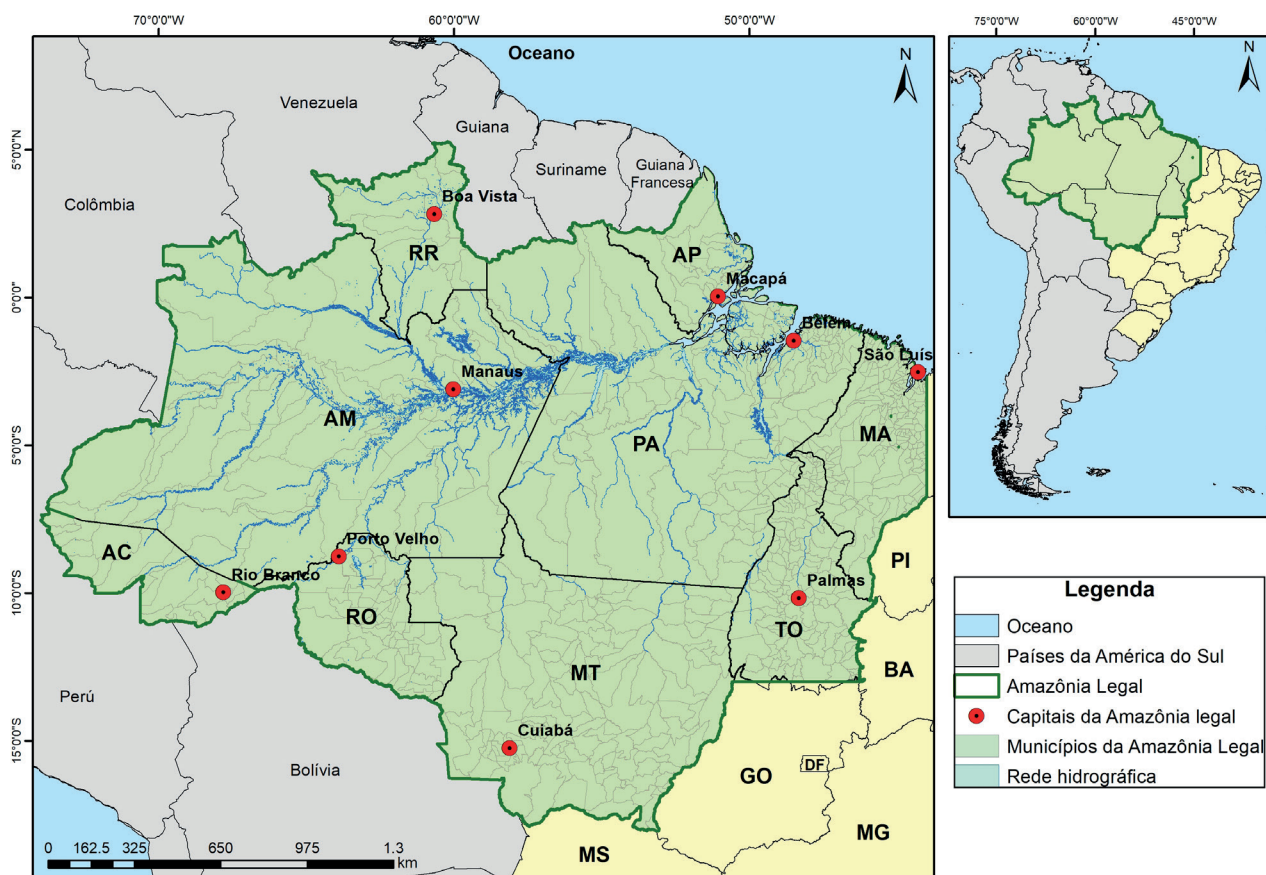


Figura 1. Área de abrangência da Amazônia Legal brasileira.

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Solo e sua importância agroambiental

Dentre os compartimentos ambientais, naturais ou antropizados, o solo é um dos principais, pois suporta a cobertura vegetal, sem a qual os seres vivos em geral não poderiam existir. Este valioso recurso natural exerce multiplicidade de outras funções, como: a) armazenamento e ciclagem de nutrientes; b) ação filtrante e protetora da qualidade da água; c) regulação de distribuição, armazenamento, escoamento e infiltração da água da chuva e de irrigação; e serve, ainda, de abrigo para inúmeras formas de vida (Reichardt, 1988).

Não há um conceito único sobre solo, visto que o entendimento do que é solo varia conforme a atividade ou a formação profissional das pessoas. Além disso, o solo apresenta diversas funções, e é possível elaborar um conceito para cada uma delas. Assim, optou-se por duas definições neste trabalho: a primeira, de caráter mais pedológico (Espindola, 2008; Santos et al., 2018), seguida de outra com visão predominantemente ecológica (Kiehl, 1979; Resende et al., 2014). O resultado é uma abordagem holística, sistêmica desse compartimento ambiental.

Sob o ponto de vista conceitual, o solo é interpretado como corpos naturais independentes, constituídos de materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas ou horizontes resultantes da ação de fatores de formação, com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem e em uma determinada condição de relevo através do tempo (Espíndola, 2008; Lier, 2010; Brady; Weil, 2013; Santos et al., 2015).

Sob a óptica ecológica, o solo deve ser entendido como componente fundamental do ecossistema terrestre, pois, além de servir de substrato às plantas, fornecendo água, ar e nutrientes, exerce multiplicidade de funções como: regulação de distribuição, escoamento e infiltração da água da chuva e de irrigação; armazenamento e ciclagem de nutrientes; e ação filtrante e protetora da qualidade da água e do ar (Prado, 1991; Ambientebrasil, 2020).

Quanto à sua formação, o solo resulta da ação combinada de cinco fatores: clima, organismos, relevo, material de origem e tempo. Os dois primeiros são considerados ativos que exercem ações modificadoras, fornecendo energia e compostos líquidos, sólidos e gasosos no processo (Jenny, 1941; Vieira, 1975; Lepsch, 2002, 2010), conforme as Figuras 2 e 3.

O tipo de solo depende muito da rocha de origem, das ações exercidas pelo clima e pelos microrganismos sobre o material intemperizado ou saprólito e dos mecanismos de transporte. Assim, o solo, no seu processo pedogenético (transformação, remoção, translocação e adição), evolui e dá origem às frações granulométricas areia, silte e argila, como também exibe uma composição química e mineralógica que apresenta certa identidade com a rocha-mãe, ou material de origem.

Dentre os variados tipos de solos destacam-se os arenosos, argilosos, carbonáticos ou calcários, férricos e orgânicos. Isso mostra que existe e prevalece uma certa identidade preservada entre o solo e o material de origem, mesmo com ação dos demais fatores de formação (clima, organismos, relevo e tempo) em diversos níveis ou graus de atuação (Oliveira et al., 1992; Lepsch, 2010; Santos et al., 2018).

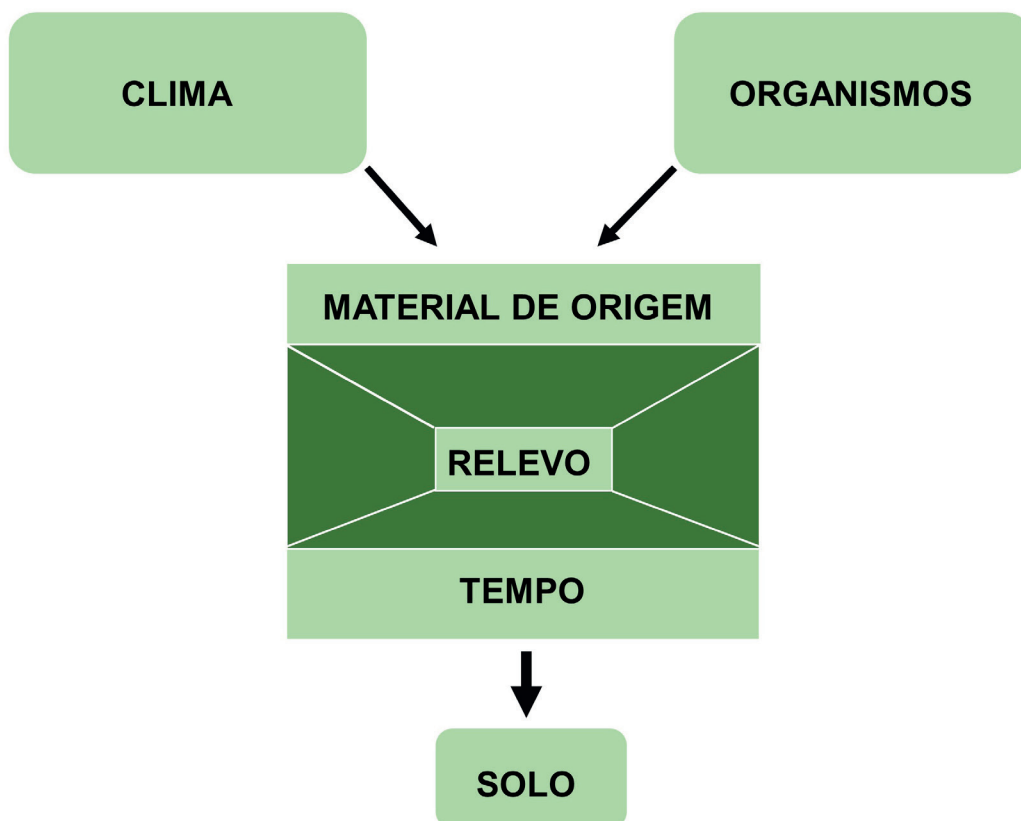


Figura 2. Interação dos fatores de formação do solo.

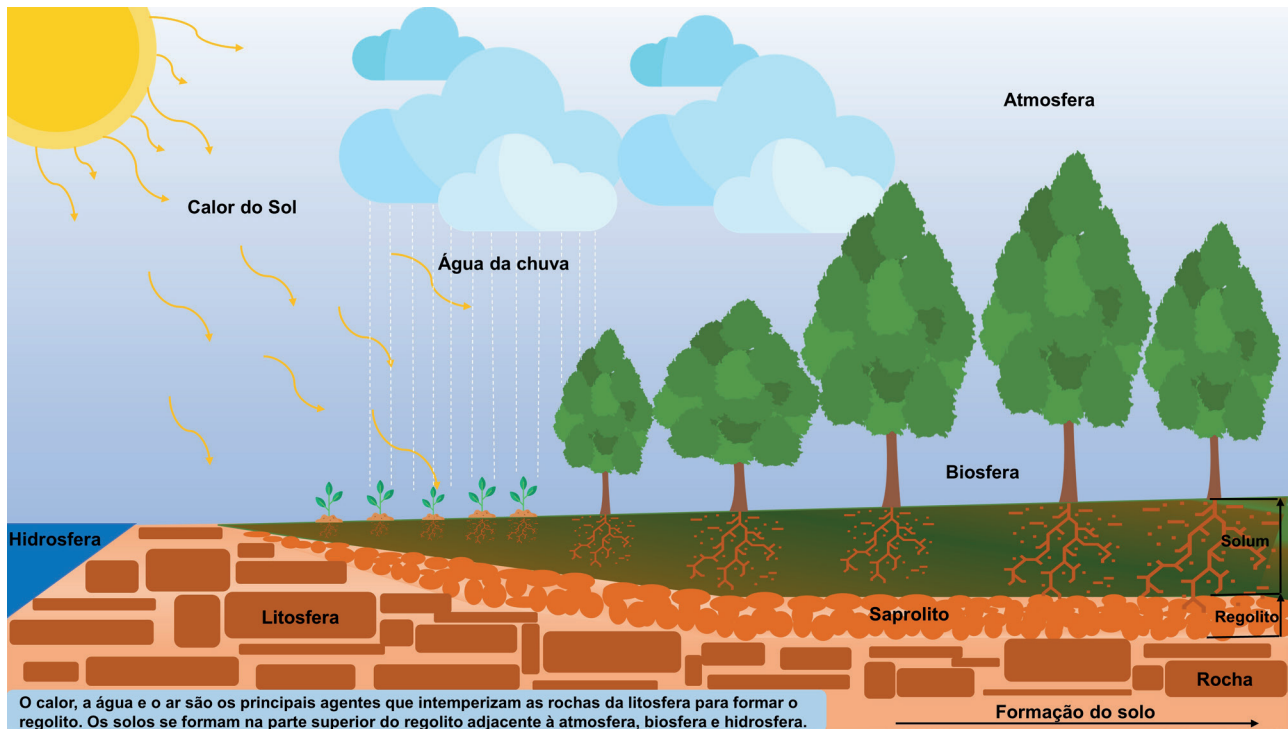


Figura 3. Esquema de formação do solo.

Fonte: Lepsch (2010).

Os constituintes do solo são de natureza sólida, líquida e gasosa. A sólida refere-se à composição mineral e orgânica, enquanto as outras duas correspondem aos espaços porosos entre as partículas do solo. Essas fases guardam entre si uma certa proporção, que pode variar de acordo com tipo de solo, temperatura, pressão, atividades dos microrganismos, dentre outros. Assim, uma proporção supostamente ideal deve ter cerca de 50% de porosidade total (macro e microporosidade) e 50% de volume de sólidos. Os sólidos devem estar assim divididos: 45% de material mineral e 5% de matéria orgânica (Kiehl, 1979), conforme a Figura 4.

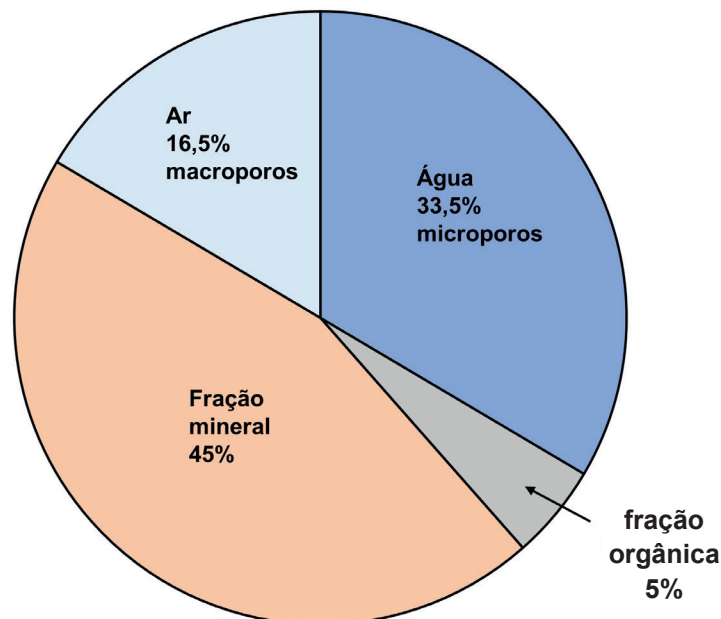


Figura 4. Distribuição volumétrica ideal dos constituintes de um solo.

Fonte: Adaptado de Kiehl (1979).

O estudo do solo, no campo, é feito com base no perfil, ou trincheira, que é constituído por uma sucessão de horizontes, ou camadas, desde a superfície até a rocha. O perfil proporciona melhor entendimento não apenas dos aspectos pedológicos e de classificação de solos, mas também da relação entre solo e planta, já que os atributos físicos, químicos e biológicos de um perfil estão diretamente relacionados com o desenvolvimento das plantas – o crescimento das raízes, a capacidade de armazenamento de água, a aeração e o suprimento de nutrientes às plantas –, aspectos estes que definem as potencialidades agrícolas do solo.

Complementando as abordagens sobre a importância do solo, três pontos merecem ser destacados:

- **Diversidade de uso:** o solo pode apresentar-se sob uso agrícola ou não agrícola. O primeiro caso inclui usos com as atividades lavoura, pecuária, silvicultura e horticultura, principalmente. O uso não agrícola contempla: fins artísticos (cerâmicas, geotinta/ecotecnologia social, outros); como material de construção; como aterro sanitário (lixo das cidades); como áreas de lazer e turismo (campos de golfe, camping, outros); núcleos urbanos, construção de estradas, barragem de terra em açudes; cemitério; dentre outros (Oliveira et al., 1992; Lepsch et al., 2015).
- **Estratificação do ambiente:** segundo Resende et al. (1997, 2014), o solo é o principal estratificador do ambiente em áreas pequenas. Corroborando essa afirmação, Kertzmann e Diniz (1995) comentam que os solos são produtos de interação entre rocha–relevo–clima e, portanto, sintetizam as principais características desses fatores. Assim, segundo os autores, conhecendo-se o solo é possível inferir sobre seus aspectos pedogenéticos e morfológicos.
- **Multifuncionalidade:** tem participação direta em diferentes funções, como ambiental, social e econômica (armazenamento e ciclagem de nutrientes; ação filtrante e protetora da qualidade da água; regulação de distribuição, armazenamento, escoamento e infiltração da água da chuva e de irrigação; e, ainda, oferta de abrigo para inúmeras formas de vida (Resende et al., 2014; Lepsch et al., 2015).

Caracterização do meio físico-biótico da Amazônia

A sinopse sobre os diferentes segmentos ambientais — clima, geologia, geomorfologia, relevo e vegetação — viabiliza um melhor entendimento sobre o contexto vegetacional e morfogeoclimático dessa importante região. Além disso, a classificação de solos usada no Brasil é profundamente relacionada com a ocorrência do solo na paisagem. Tais condições facilitam o entendimento e a análise das relações e inter-relações dos atributos pedológicos do solo (morfológicos, físicos, químicos e biológicos, principalmente) com suas potencialidades, limitações e oferta de serviços ecossistêmicos e serviços ambientais.

Clima

A Amazônia Brasileira apresenta clima quente e úmido, dividido em três áreas climáticas distintas, de acordo com a classificação de Köppen: Afi, Ami e Awi (Bastos, 1972; Nimer, 1979; Bastos, 1982; Projeto..., 1984; Martorano et al., 1993).

O tipo climático Afi caracteriza-se por um clima tropical chuvoso durante todo o ano, com precipitação anual superior a 2.000 mm e no qual a menor precipitação mensal é igual ou superior a 60 mm. Ocorre na parte oeste do Amazonas, em pequena parte no norte do Pará e parte do Amapá. Abrange aproximadamente 790.967 km² (15,14%) da área da Amazônia Brasileira.

O tipo climático Ami apresenta um regime pluviométrico anual igual ou superior a 2.000 mm, com uma curta estação seca, de 1 a 2 meses, e precipitação pluvial inferior a 60 mm. É encontrado na parte central da Amazônia, em partes dos estados Pará, Amazonas, Amapá, Roraima e Acre, e abrange cerca de 1.683.288 km² (32,22%) da Amazônia Brasileira.

O tipo climático Awi caracteriza-se por apresentar índice pluviométrico anual geralmente inferior a 2.000 mm, com nítida estação seca de 3 a 5 meses. Ocorre principalmente do oeste do Maranhão ao Acre, abrangendo cerca de 2.750.102 km² (52,64%) da área da Amazônia Brasileira.

O regime térmico na região é bastante diversificado, com temperaturas médias anuais entre 22° C e 28° C, temperaturas máximas médias anuais entre 29° C e 34° C, e temperaturas mínimas médias entre 16° C e 24° C. A umidade relativa do ar é normalmente superior a 64%, com média anual em torno de 80%. O regime pluvial na região exibe variação ampla, com pluviosidade média anual variando de 1.300 mm a 3.500 mm, distribuída de modo a caracterizar duas épocas distintas: uma mais chuvosa e uma menos chuvosa (Bastos, 1982; Rodrigues et al., 1996).

Geologia

A Amazônia Brasileira consiste de uma vasta área sedimentar predominante, representada por formações cristalinas e sedimentares, com origem do Arqueano até o Holoceno. Essas formações sedimentares estão assentadas sobre o Cráton Amazônico. Na porção central, destacam-se as formações Içá e Alter do Chão; no extremo norte, a Formação Boa Vista; e, na porção oeste, merece destaque a Formação Solimões, pela forte influência sofrida pelo soerguimento dos Andes, onde os sedimentos depositados são responsáveis pela pedologia extremamente contrastante com o resto da Amazônia, formando solos eutróficos com argila de atividade alta (Pereira, 1987; Rodrigues et al., 1996).

Dentre as Formações Cristalinas, os autores destacam granitos e gnaisses, relacionados ao Embasamento Cristalino Brasileiro e, no extremo norte, as Formações Apoteri, associadas a afloramentos de rochas vulcânicas básicas, representadas por basalto e diabásio, datadas do Período Juro-Cretáceo, e a Formação Surumu, associada aos afloramentos de rochas vulcânicas ácidas (riolitos e riodacitos). Essas duas geologias são responsáveis pela gênese de solos no extremo norte, atípicos para os padrões da região amazônica, que são os solos afetados por sódio.

A Bacia Sedimentar do Acre não apresenta as mesmas sucessões sedimentares da Bacia Amazônica. A maioria dos seus sedimentos são de idade terciária, de origem marinha e fluviolacustre. O Terciário repousa sobre o Cretáceo representado por arenitos e folhelhos. Sob essas rochas, encontra-se o Carbonífero (Agência Nacional de Águas, 2015).

As bacias do Alto Amazonas e Médio Amazonas são representadas por sedimentos cenozoicos mais extensos a oeste, em área que se estreita para leste, ladeados pelas formações paleozoicas que os separam dos escudos das Guianas e do Brasil (Agência Nacional de Águas, 2015).

A Bacia de Marajó, separada da Bacia do Amazonas pelo *horst* de Gurupá e da Bacia do Maranhão pelo Arco do Tocantins, constitui-se de terras baixas originadas pelo acúmulo de sedimentos cenozoicos; falhas escalonadas foram responsáveis pelo aprofundamento das camadas, favorecendo a acumulação de milhares de metros de sedimentos (Mendes, 1957).

Geomorfologia

Os estudos geomorfológicos são de grande importância, pois além de apontar dados relevantes sobre épocas e eras geológicas, podem contribuir com informações sobre formas de terreno e relevo, preservação do meio ambiente, construções de ferrovias, portos e viadutos. Na Amazônia (Ranzani, 1979, Santos et al., 2013), são reconhecidas as feições a seguir.

- Planície Amazônica: situada entre os escudos das Guianas e do Brasil, cuja maior parte é representada por um platô que se eleva suavemente para o norte e para o sul, em direção aos escudos cristalinos periféricos. Com altitude inferior a 200 m, essa área é representada pelas formas a seguir.
 - Planalto Amazônico ou Platô Plio-Pleistocênico – representa extensa área de sedimentos argilosos, com 150 a 200 m de altitude a leste, e é mais baixa a oeste.
 - Terraços Pleistocênicos – originados em um período interglacial, no qual o nível do mar era mais alto, situam-se poucos metros acima do nível das águas.
 - Terrenos Holocênicos – são terrenos recentes, que ocorrem principalmente no Médio Amazonas e Baixo Amazonas, pouco acima do nível das águas. Constituem-se de sedimentos deltaicos, como na parte leste da ilha de Marajó, e de sedimentos fluviais representados pelas planícies de inundação ou várzeas intermitentemente inundadas.
- Escudos Cristalinos: apresentam-se extremamente pediplanados e nivelados com os terrenos sedimentares. Não ocorrem, portanto, descontinuidades topográficas que indiquem a presença de contato entre as formações sedimentares e cristalinas. Os domínios cristalinos constituem-se de rochas pré-cambrianas, incluindo gnaiesses, granitos, dioritos e pórfiros.

Relevo

O termo relevo, ou topografia, refere-se às formas do terreno que compõem a paisagem. Seu conhecimento é de grande importância, sobretudo no que se refere ao planejamento e à gestão territorial, visto que exerce influência direta sobre a distribuição da população e condiciona atividades econômicas, alocação de rede viária, dentre outros (Vieira, 1975; Oliveira et al., 1992).

Na Amazônia (IBGE, 2010b), predomina um relevo colinoso, ou suavemente ondulado, em grande parte com densa cobertura vegetal, cuja manutenção é fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas e a manutenção da oferta de serviços ecossistêmicos. A manutenção da vegetação também tem papel importante nas áreas sujeitas às inundações, como as planícies fluviais, marinhas e lacustres (às margens de lagos), sobretudo pela fragilidade ambiental e legislação ambiental.

Nesse mesmo estudo, foi verificado que as áreas de relevo mais acidentado, com classes de intensidade de dissecação “forte” e “muito forte”, estão mais concentradas no extremo oeste da região, e compreendem os estados Acre e Amazonas, oeste do Amapá, noroeste do Pará e Roraima e norte de Mato Grosso. São também áreas de extrema fragilidade ambiental, sobretudo considerando os riscos decorrentes de avanços da ação antrópica ao longo de eixos rodoviários, que facilitam a derrubada de florestas e a consequente aceleração dos processos erosivos e seus impactos ambientais.

Como se sabe, sob o aspecto pedogenético, o relevo tem participação e influência marcantes em diversos aspectos, tais como: a) formação do solo e desenvolvimento do perfil (profundidade);

b) mapeamento e classificação de solos; c) avaliação do potencial de uso das terras; d) práticas de uso e manejo x serviços ecossistêmicos/ambientais; e e) outros, como infiltração da água no solo e/ou escoamento superficial, taxa de radiação, umidade e temperatura do solo, e riscos à erosão (Oliveira et al., 1992; Resende et al., 2014).

Contudo, por se tratar de uma abordagem sinóptica, optou-se pela citação de apenas dois exemplos, que ilustram bem a importância do relevo: classes de profundidade efetiva do solo e classes de declividade usadas no mapeamento e na classificação de solos (Tabelas 1 e 2). Em geral, os solos rasos são encontrados em relevos mais acidentados, tais como "forte ondulado" e "montanhoso", ao passo que os solos mais profundos são encontrados em relevos mais suaves, tais como "plano" e "suave ondulado" (Lepsch, 2010; Lepsch et al., 2015; Pereira; Gomes, 2016).

Tabela 1. Classes de profundidade efetiva do solo.

Classes	Profundidade (cm)
Muito raso	≤ 25
Raso	> 25 e ≤ 50
Moderadamente profundo	> 50 e ≤ 100
Profundo	> 100 e ≤ 200
Muito profundo	> 200

Fonte: Lepsch (2015) e Pereira e Gomes (2016).

Tabela 2. Classes de declividade usadas no mapeamento de solos.

Classes	Declividade (%)
Plano	0 a 3
Suave ondulado	3 a 8
Ondulado	8 a 20
Forte ondulado	20 a 45
Montanhoso	45 a 75
Escarpado	> 75

Fonte: Hirano et al. (1988) e Santos et al. (2015).

Vegetação

A cobertura vegetal da Amazônia Brasileira é bastante diversificada, variando de Floresta Tropical Pluvial até o Cerrado, que contempla os campos (savanas). Grande parte dessa floresta apresenta aspecto luxuriante, dando a impressão, à primeira vista, de que a fertilidade natural dos solos é elevada. No entanto, o que ocorre é um equilíbrio biológico "solo-floresta-solo", no qual as plantas vivem praticamente da ciclagem de seus nutrientes. O ciclo de nutrientes entre a floresta e o solo é quase fechado e contínuo, com a maior parte dos nutrientes localizada na própria biomassa (Falesi et al., 1980; Demattê, 1988).

Na Amazônia Brasileira, a cobertura vegetal engloba várias regiões fitoecológicas intertropicais, que correspondem aos tipos de vegetação fenotípica, que são semelhantes na sua essência ecológica, embora sejam diferentes no aspecto florístico. Segundo Araújo et al. (1986) e IBGE (1988, 2012), há na Amazônia basicamente seis regiões fitoecológicas, além das áreas de formações pioneiras

e áreas de tensão ecológica. Por se tratar de uma sinopse, serão comentadas apenas as mais representativas, porém, as demais formações também serão citadas.

- Região da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Amazônica): Ocorre sob clima quente, úmido e superúmido, sem período biologicamente seco durante o ano e, excepcionalmente, com dois meses de umidade escassa. As temperaturas médias oscilam em torno de 25° C. É a região que ocupa o maior espaço amazônico, com cerca de 42%.
- Região da Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Transição): Encontra-se sob clima quente e úmido e pode apresentar um período seco de dois a quatro meses, com temperaturas médias entre 24° C e 25° C. É a segunda maior região no espaço amazônico, e ocupa aproximadamente 21%.
- Região da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Semicaducifólia): Está relacionada ao clima de duas estações, uma chuvosa e outra seca, com temperaturas médias em torno de 22° C. A percentagem de árvores caducifólias no conjunto florestal situa-se entre 20% e 50%.
- Demais formações: região da Floresta Estacional Decidual (Mata Caducifólia); região da Savana (Cerrados e Campos); região da Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos e das Acumulações Arenosas (Campinaranas); Áreas das Formações Pioneiras (Vegetação de Restinga, Manguezal e Aluvial); Áreas de Tensão Ecológica (contatos entre tipos de vegetação).

Solo

Entre as principais classes de solos encontradas na Amazônia Brasileira, a grande dominância é de Latossolos e Argissolos Distróficos, com cerca de 70%; Nitossolos, Argissolos Eutróficos e Latossolos Vermelhos Distroféricos somam 4,5%; Gleissolos Eutróficos, 5%; e o restante da área corresponde aos solos de várzea (Gleissolos Distróficos), Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos e Cambissolos (Ranzani, 1979; Camargo, 1981; Oliveira et al., 1992; Santos et al., 2018).

Quanto à fertilidade natural, verifica-se que cerca de 85% dos solos da Amazônia são distróficos, predominantemente álicos. Contudo, é importante considerar a grande dimensão dessa região, pois o aparente baixo percentual de solos eutróficos (férteis) representa algo em torno de 50 milhões de hectares, área superior à dos estados de São Paulo e Paraná juntos (Oliveira et al., 1992; Rodrigues et al., 1996; Santos et al., 2018).

Para melhor ilustrar esse notável potencial de terras férteis da Amazônia, sobretudo para produção de alimentos, é importante ressaltar que, para ocupar com lavouras área equivalente, o Brasil levou quase cinco séculos (Nascimento; Homma, 1984).

Latossolo

Os Latossolos, na Amazônia, estão representados pelo Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho Distroférico e Latossolo Vermelho Eutroférico, com predominância dos dois primeiros. As diferenças básicas entre essas quatro classes de solos têm por base a combinação de características como teor de Fe_2O_3 , cor do solo e relação K_i ($\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$). Essas características são determinadas pelos processos de pedogênese que, em condições de clima mais quente e úmido, têm no material de origem (fator de formação do solo) uma influência relevante, embora destaquem-se muito mais em condições clima temperado. Esse aspecto fica evidente quando se analisa um Latossolo Vermelho, por exemplo, cuja origem ocorre a partir de uma rocha ígnea básica, ao passo que um Latossolo Vermelho-Amarelo já apresenta origem a partir

da combinação de uma rocha ígnea básica com um arenito (Gomes; Pereira, 2008; Santos et al., 2018; Pereira et al., 2019).

São solos minerais profundos e muito profundos, de textura variando de média a muito argilosa, bem drenados, porosos e permeáveis. Apresentam horizonte B latossólico (óxico) e ocupam as partes altas e planas da paisagem. São desenvolvidos de um material de origem retrabalhado, resultando em solos quimicamente pobres, caracterizados por baixa capacidade de troca cátions (CTC), acidez elevada e baixa saturação em bases, além de álicos (Pereira, 1987; Silva, 1989; Lepsch, 2010).

Argissolo

São solos minerais que apresentam horizonte B textural (argílico) com perfis bem desenvolvidos, profundos e medianamente profundos, de bem a moderadamente drenados, com acentuada diferença textural entre os horizontes superficial e subsuperficial (Lepsch, 2010; Santos et al., 2018).

Na região Amazônica, têm sido observadas as mais variadas relações de textura entre os horizontes A e B. Ao mesmo tempo, essas variações texturais, aliadas à drenagem mais restrita que ocorre no horizonte B, em relevo ondulado e forte ondulado, tornam os Argissolos muito suscetíveis à erosão.

Esses solos, de acordo com o material de origem e estágio de intemperismo, podem ser distróficos ou eutróficos. Os primeiros são mais comuns na região amazônica.

Plintossolo

São solos minerais medianamente profundos, formados sob condições periódicas de excesso d'água, fortemente ácidos, com drenagem de moderada a imperfeita.

Normalmente apresentam baixa fertilidade natural, evidenciada pelos baixos valores de soma de bases, baixa CTC e saturação com alumínio superior a 50%. Todavia, podem ocorrer solos com saturação de bases de média a alta (Embrapa, 1986; Rêgo, 1986).

Cambissolo

São solos minerais, de pouco profundos a profundos, de bem a moderadamente drenados, com horizonte B incipiente (ou câmbico) subjacente a um horizonte A, e teores de silte bastante altos, tanto na superfície como em subsuperfície.

Os Cambissolos na Amazônia podem ser distróficos e eutróficos, com argila de atividade alta (Ta) nos eutróficos e de atividade baixa (Tb) nos distróficos. Situam-se em relevo mais movimentado, apresentam altos teores de silte e elevada suscetibilidade à erosão (Oliveira et al., 1992; Santos et al., 2018).

Gleissolo

Esta classe compreende os solos hidromórficos, pouco desenvolvidos, com horizonte A escuro seguido de um horizonte diagnóstico glei (horizonte Bg ou Cg) iniciando a menos de 50 cm da superfície. Os Gleissolos mais representativos na Amazônia incluem o Gleissolo Háplico e o Gleissolo Melânico, que ocorrem nas planícies de inundação (várzeas), margeando os cursos d'água, e podem ser eutróficos ou distróficos (Oliveira et al., 1992; Santos et al., 2018).

Outros solos

Entre outros solos que ocorrem na Amazônia, podem ser citados os Nitossolos Vermelhos, Vertissolos, Chernossolos Hápicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Plintossolos Pétricos, Espodossolo Humilúvico e Neossolos Quartzarênicos.

Desses, merecem maior destaque os Chernossolos, Nitossolos Vermelhos e Vertissolos que, apesar da pequena expressão geográfica, são importantes por sua alta fertilidade. São excelentes para o uso agrícola, ressalvadas as limitações atribuídas a relevo acidentado, rochosidade, riscos de erosão e drenagem (Rodrigues et al., 1996; Lepsch, 2002).

Solo e suas relações com os serviços ecossistêmicos

Antes de falar de serviços ecossistêmicos, torna-se importante uma visão mais clara e objetiva sobre o capital natural, ou ecossistema. Conceitualmente entende-se ecossistema como unidade de natureza ativa que combina comunidades bióticas e ambientes abióticos, com os quais interage, variando em tamanho e características (Art, 2001; Tôsto et al., 2012). Para Farley (2012), as contribuições dos ecossistemas, ou capital natural, são essenciais para a sociedade e as atividades econômicas, visto que todos os seus produtos decorrem, em algum grau, da transformação de matérias-primas originadas na natureza.

Quanto aos serviços ecossistêmicos, embora a maioria dos autores não faça distinção deles com os serviços ambientais, não é raro surgirem dúvidas entre esses dois termos, conhecidos como serviços da natureza.

Assim, por um lado, os serviços ecossistêmicos são aqueles que tratam exclusivamente dos benefícios humanos oriundos de ecossistemas naturais, ao passo que os serviços ambientais correspondem àqueles que resultam da intervenção humana, individual ou coletiva, para a manutenção ou recuperação dos elementos dos ecossistemas (Costanza et al., 1997; Nusdeo, 2012; Parron et al., 2015; Brasil, 2021; Silva, et al., 2021).

Por outro lado, de acordo com a Fundação Getúlio Vargas (FGVCES, 2019), os termos “serviços ambientais” e “serviços ecossistêmicos” são muitas vezes utilizados para expressar o mesmo sentido. No entanto, há uma diferença sutil: os serviços ambientais decorrem de intervenção humana para favorecer direta ou indiretamente a preservação, conservação, recuperação ou melhoria de serviços ecossistêmicos, ao passo que os serviços ecossistêmicos são quaisquer contribuições da natureza para o bem-estar humano, e independem de uma ação humana. Assim, todos os serviços ambientais são serviços ecossistêmicos, mas o inverso não é verdadeiro.

Para o propósito deste trabalho, os serviços ecossistêmicos e serviços ambientais não serão considerados sinônimos, dada a explícita diferença conceitual entre eles, ou seja: no primeiro caso, os benefícios humanos e sociais ocorrem sem intervenção de atividades humanas; enquanto, no segundo, há contribuições humanas para favorecer a preservação, conservação, recuperação ou melhoria dos serviços prestados pela natureza. Além disso, essa coerência de percepção, como mostrada na Figura 5, propiciará melhor entendimento das abordagens sobre os serviços que podem ser oferecidos pelos solos da Amazônia.

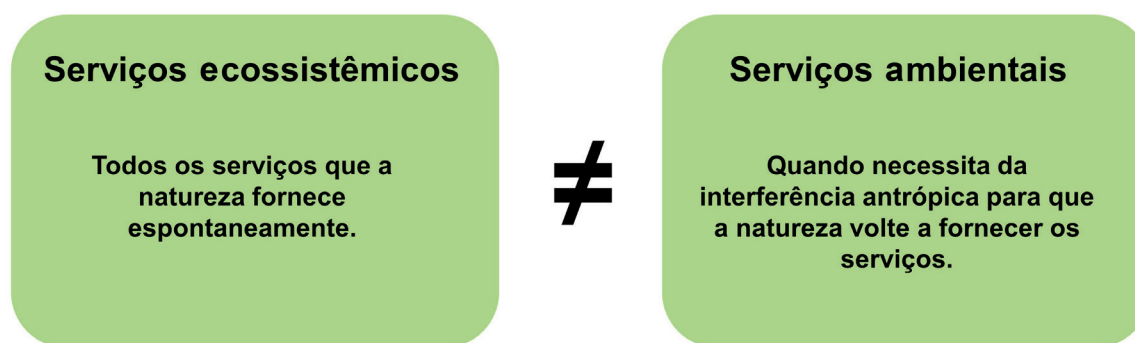


Figura 5. Diferença entre serviços ecossistêmicos e serviços ambientais.

Outrossim, ainda no contexto das discussões sobre aspectos conceituais, merece ser incluído o conceito de “função ecossistêmica”, que pode ser definida como constantes interações entre os elementos estruturais, como transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gás, regulação climática, ciclo de água, entre outros (Andrade; Romeiro, 2009; Parron et al., 2015).

Uma função ecossistêmica costuma gerar um determinado serviço quando os processos naturais subjacentes desencadeiam uma série de benefícios, direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano, incorporando a noção de unidade antropocêntrica. Em outras palavras, uma função passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade de ser utilizada para fins humanos (Andrade; Romeiro, 2009; Parron et al., 2015; Ferraz et al., 2019).

Segundo Costanza et al. (1997), os processos (funções) e serviços ecossistêmicos nem sempre apresentam relação biunívoca, pois um único serviço pode ser resultado de duas ou mais funções ecossistêmicas, ou uma única função pode gerar mais que um serviço ecossistêmico.

As funções ecossistêmicas, com seus respectivos serviços, são agrupadas em quatro categorias fundamentais, conforme a Tabela 3 (Millennium Ecosystem Assessment, 2005):

- a) **Serviços de suporte:** em sua maioria, seus benefícios ocorrem de maneira indireta e manifestam-se a longo prazo. Porém, são essenciais para a provisão de todos os demais serviços.
- b) **Serviços de regulação:** abrangem os benefícios obtidos pela sociedade, oriundos da regulação natural dos processos ecossistêmicos. Pela sua própria função, apresentam-se atuando nos mais variados tipos de serviços relacionados aos temas ambientais, como ar, água, solo e clima, além de intervirem também nos processos de polinização, controle biológico e prevenção de desastres (controle de poluição/desintoxicação/impactos).
- c) **Serviços de provisão (abastecimento):** incluem os produtos ofertados pelos ecossistemas e que abastecem diretamente a sociedade, tais como alimentos e fibras, água, madeira para combustível, recursos genéticos, medicinais e farmacêuticos, dentre outros.
- d) **Serviços culturais:** incluem a diversidade cultural e estão intimamente ligados a valores e comportamentos humanos, como valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos, recreação e turismo.

Tratando-se especificamente do compartimento "solo", este fornece 11 tipos de serviços distintos, que possibilitam a vida na Terra, conforme a Figura 6.

Tabela 3. Funções ecossistêmicas e serviços ecossistêmicos.

Funções ecossistêmicas	Serviços ecossistêmicos
Serviços de provisão (abastecimento)	- Alimentos, madeira e fibras - Recursos genéticos - Recursos medicinais - Recursos ornamentais - Água potável
Serviços de suporte	- Manutenção da biodiversidade - Manutenção do ciclo de vida (ciclagem de nutrientes e da água/fotossíntese) - Formação do solo - Regulação da qualidade do ar - Regulação do clima (incluindo sequestro de carbono) - Regulação dos fluxos de água (enchente/seca) - Purificação da água
Serviços de regulação	- Fertilidade do solo - Prevenção da erosão - Controle biológico (doenças/pragas) - Polinização - Prevenção de desastres - Controle de resíduos
Serviços culturais	- Valores estéticos (paisagem) - Recreação e turismo - Valores espirituais e religiosos - Valores educacionais/culturais

Fonte: Millennium Ecosystem Assessment (2005).

Para melhor qualificação e visibilidade, fez-se um reordenamento desses 11 serviços, agrupando-os por categoria, o que permitiu fazer duas considerações muito relevantes:

- a) O solo oferece serviços ecossistêmicos e ambientais em todos os níveis de funcionalidades e desempenho dos ecossistemas; e
- b) O solo é um significativo compartimento do capital natural, que está intimamente relacionado com todos os demais compartimentos ambientais. Além disso, representa um estoque provedor e regulador que fornece suporte para o bom funcionamento dos diferentes ecossistemas (terrestres e aquáticos), importantes para a vida na Terra, a qualidade ambiental e o bem-estar da sociedade (Tabela 4).

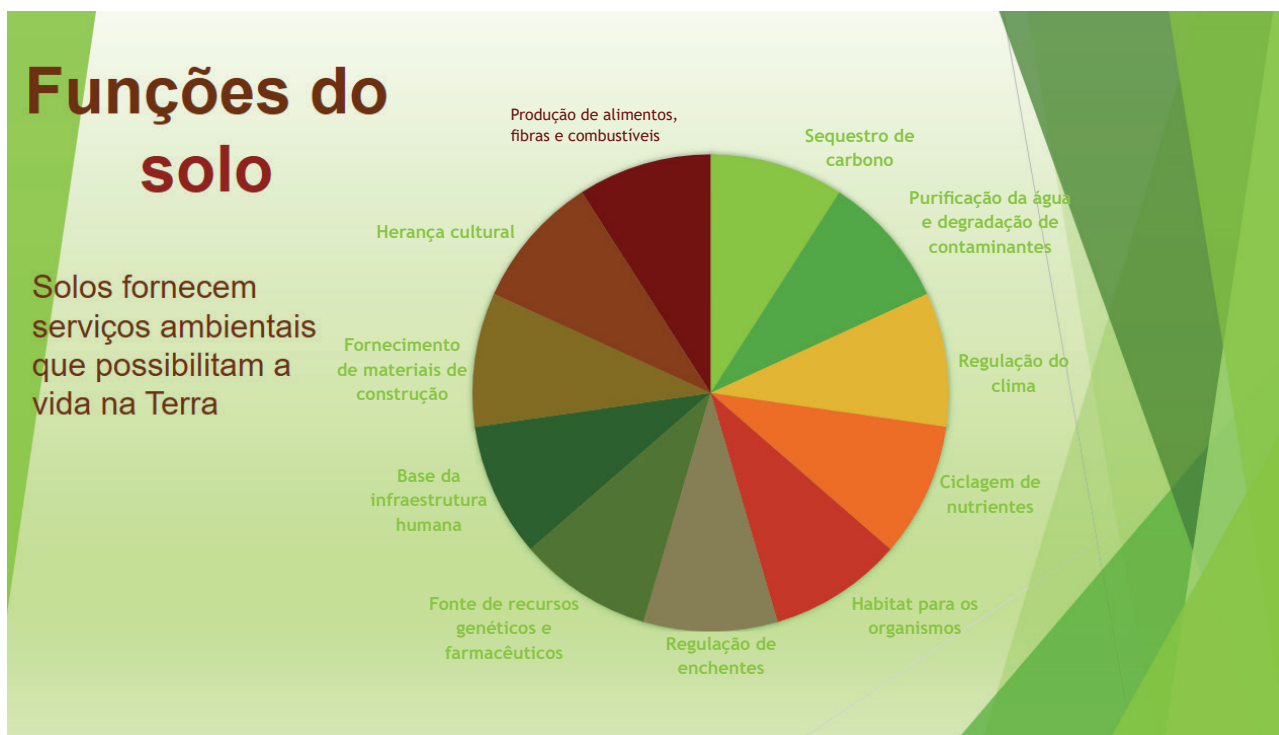


Figura 6. Serviços ecossistêmicos fornecidos pelos solos.

Fonte: FAO (2019).

Tabela 4. Categorias de serviços e onze serviços ecossistêmicos e ambientais fornecidos pelo solo.

Categorias de serviços	Serviços ecossistêmicos e ambientais
Provisão (abastecimento)	- Produção de alimentos, fibras e combustíveis
	- Fonte de recursos genéticos e farmacêuticos
	- Fornecimento de materiais de construção
	- Sequestro de carbono
Serviços de regulação	- Purificação de água e degradação de nutrientes
	- Regulação do clima
	- Regulação de enchentes
Serviços de suporte	- Ciclagem de nutrientes
	- Habitat para organismos
Serviços culturais	- Base de infraestrutura humana
	- Herança cultural

Fonte: Adaptado de FAO (2019).

Outros serviços ecossistêmicos do solo ("serviços ecossistêmicos associados")

Considerando o grande número de atributos constituintes do solo (morfológicos, físicos, químicos, biológicos e mineralógicos, dentre outros), bem como a sua significativa importância na funcionalidade de diferentes ecossistemas, verifica-se que algumas funções e seus respectivos serviços ecossistêmicos podem estar intimamente associados a tais atributos, por isso são aqui denominados de "serviços ecossistêmicos associados" (Coelho, 2019), conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Funções e serviços ecossistêmicos associados a atributos de solos.

Função ecossistêmica	Serviços ecossistêmicos (associados)	Atributos do solo (associados)
Água no solo (regulação)	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclo hidrológico - Controle de vazão de cursos d'água - Purificação da água - Redução da contaminação do solo - Suporte ao desenvolvimento vegetal - Suporte à produção de alimentos, fibra e madeiras 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura do solo - Porosidade - Profundidade efetiva - Teor e tipo de argila - Sequência de horizonte pedogenético - Teor e tipo de matéria orgânica do solo - Pedregosidade/rochosidade - Cobertura vegetal - Textura, densidade do solo, drenagem interna
Estoque de carbono no solo (suporte)	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção da biodiversidade - Provisão de alimentos, madeira e fibras - Regulação hidrológica (retenção e purificação de água) - Controle biológico de pragas e doenças - Regulação climática - Redução da contaminação do solo - Formação e constituição do solo - Ciclagem de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Teor de argila - Umidade - Temperatura - Disponibilidade de nutrientes - Reação do solo (pH) - Vegetação (raízes e serapilheira)
Refúgio e viveiro natural (suporte)	<ul style="list-style-type: none"> - Banco de germoplasma (agricultura, medicina, ...) - Controle de doenças e pragas - Regulação climática (água, temperatura, conforto ambiental) - Provisão de alimentos, madeira e fibras 	<ul style="list-style-type: none"> - Teor de matéria orgânica no solo (MOS) - Estrutura do solo - Profundidade efetiva do solo - Porosidade, teor de argila - Reação do solo (pH), saturação por alumínio (m%), saturação por bases (V%)

Fonte: Adaptado de Coelho (2019).

Solo e suas relações com os serviços ambientais

A partir do conceito de serviços ambientais visto anteriormente, verifica-se que esses serviços necessitam da intervenção humana para favorecer direta ou indiretamente a preservação, conservação e recuperação, ou melhoria dos serviços ecossistêmicos. Ou seja, as ações humanas promovem a restauração/recuperação dos serviços ecossistêmicos, que voltam a propiciar benefícios à vida humana.

Assim, com base nessa premissa e buscando a simplificação de entendimento, optou-se por uma abordagem em duas vertentes. A primeira, destacando os principais fatores “geradores de externalidades negativas”, que afetam direta ou indiretamente a qualidade do solo e a degradação dos serviços ecossistêmicos, impedindo ou comprometendo o desempenho de suas funções (geração de impactos negativos). Na segunda, em contraposição à primeira, são destacados os principais fatores de restauração/resgates que podem promover a melhoria da qualidade ambiental, em especial do solo, e revitalizar os ecossistemas/agroecossistemas, fundamentais para a provisão de serviços ambientais (geração de impactos ambientais positivos).

Estão entre os principais fatores geradores de externalidades negativas: agricultura com uso do fogo; erosão do solo; uso do solo sem considerar a sua capacidade e/ou aptidão agrícola; outros fatores.

Agricultura com uso do fogo

O uso do fogo na Amazônia ocorre a séculos, desde os primeiros paleoíndios que dominaram esse recurso (Homma, 2020). Segundo Alves e Modesto Júnior (2020), os desmatamentos e queimadas ocorrem desde a Pré-História, quando nossos ancestrais ameríndios os utilizavam como sistema de manejo para renovar pastos nativos e preparar pequenas roças para produção de alimentos.

Na pequena agricultura, predomina o sistema de derruba e queima seguidas do plantio efetuado por dois a três anos, até a queda da fertilidade do solo. Com isso, a área é abandonada, deixada em pousio, durante oito a dez anos, com vistas à regeneração natural da vegetação de capoeira. Porém, como esse período de pousio vem sendo cada vez menor, a quantidade de biomassa também é reduzida, ocasionando colheitas ainda menos produtivas e formando extensas áreas degradadas (Alves; Homma, 2020).

As queimadas causam inúmeros problemas, sobretudo ao solo e meio ambiente. Embora invisível para a maioria das pessoas, elas impactam fortemente o equilíbrio dos ciclos dos nutrientes no solo, como fósforo, potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio, além de causar diversos distúrbios à biodiversidade, envolvendo o carbono e a matéria orgânica (Alves; Modesto Júnior, 2020).

Essa situação torna-se ainda mais grave na região amazônica, onde predominam os Latossolos e Argissolos Distróficos, com baixos níveis de nutrientes, acidez elevada, baixa saturação em bases e dominância de minerais de argila do tipo 1:1, de baixa reatividade. Com a perda de matéria orgânica (descarbonização) decorrente de queimadas e/ou erosão hídrica, em poucos anos de uso o solo fica exaurido e dependente exclusivamente da CTC da fração argila, que apresenta baixa capacidade de retenção de nutrientes.

Um estudo sobre a contribuição da matéria orgânica e da fração argila para a CTC da camada superficial de Latossolos Amarelos, solos de grande expressão territorial na Amazônia, encontrou, respectivamente, valores de 87% e 13% para os solos da Formação Barreiras e, para os solos

da Formação Solimões, 79% e 21%. Isto é, para esses solos, conforme Pereira (1987), a matéria orgânica é quase sinônimo de CTC, daí a grande importância do manejo, visando a conservação e/ou recarbonização dos solos.

Erosão do solo

A grande diversidade de solos e de ambientes na Amazônia, com as suas especificidades, deve ser considerada no processo de uso e ocupação das terras, de modo a manter a sustentabilidade e qualidade dos ecossistemas, assim como de seus serviços ambientais.

Quando se fala de sistema produtivo, sobretudo em termos de uso dos solos amazônicos, há o grande desafio de evitar e/ou minimizar a degradação ambiental que, por definição, refere-se ao esgotamento ou à destruição do recurso natural solo, principal ativo do processo produtivo (Art, 2001).

A sua degradação decorre fundamentalmente da erosão hídrica, que provoca alterações de seus atributos físicos, químicos e biológicos, acarretando a perda da capacidade de retenção de umidade e a diminuição dos nutrientes. Isso, além de reduzir e até impossibilitar as condições para o desenvolvimento das culturas, causa graves problemas econômicos, sociais e ambientais, além de causar redução direta na provisão de serviços ambientais.

Entende-se por erosão o processo de desprendimento e arraste acelerado de partículas de solo, causado principalmente pela água da chuva. A erosão do solo é a principal causa de degradação das terras brasileiras, e produz não apenas a redução de oferta de serviços ambientais, mas também problemas econômicos e sociais (Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Lepsch, 2002).

A deflagração dos processos erosivos, em função sobretudo da inadequação do uso das terras e/ou do mal manejo do solo, ocasiona direta e indiretamente inúmeros problemas, tanto no solo quanto na água, que são recursos naturais vitais para a performance ou o funcionamento dos diferentes ecossistemas, bem como para a produção agrícola e oferta de serviços ambientais (Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Lepsch et al., 2015).

A partir do arraste da camada superficial do solo, é possível descrever, de forma simplificada, as diferentes fases do processo erosivo e suas principais consequências socioeconômicas e ambientais, como segue:

- a) Solo – perda de solo e nutrientes, com arraste da matéria orgânica (descarbonização); queda na produção e produtividade agrícola; baixos rendimentos econômicos; êxodo rural e consequentes problemas sociais; e
- b) Água – deposição de sedimentos e defensivos agrícolas; contaminação, poluição e assoreamento dos cursos d'água; menor qualidade e quantidade de oferta de água; problemas rurais e urbanos e consequente redução na quantidade e qualidade de serviços ambientais (Figura 7).

Ressalta-se, ainda, que a erosão do solo gera impactos que prejudicam espécies animais e vegetais, além de influir diretamente na redução de áreas cultivadas (Bertoni; Lombardi Neto, 1999).

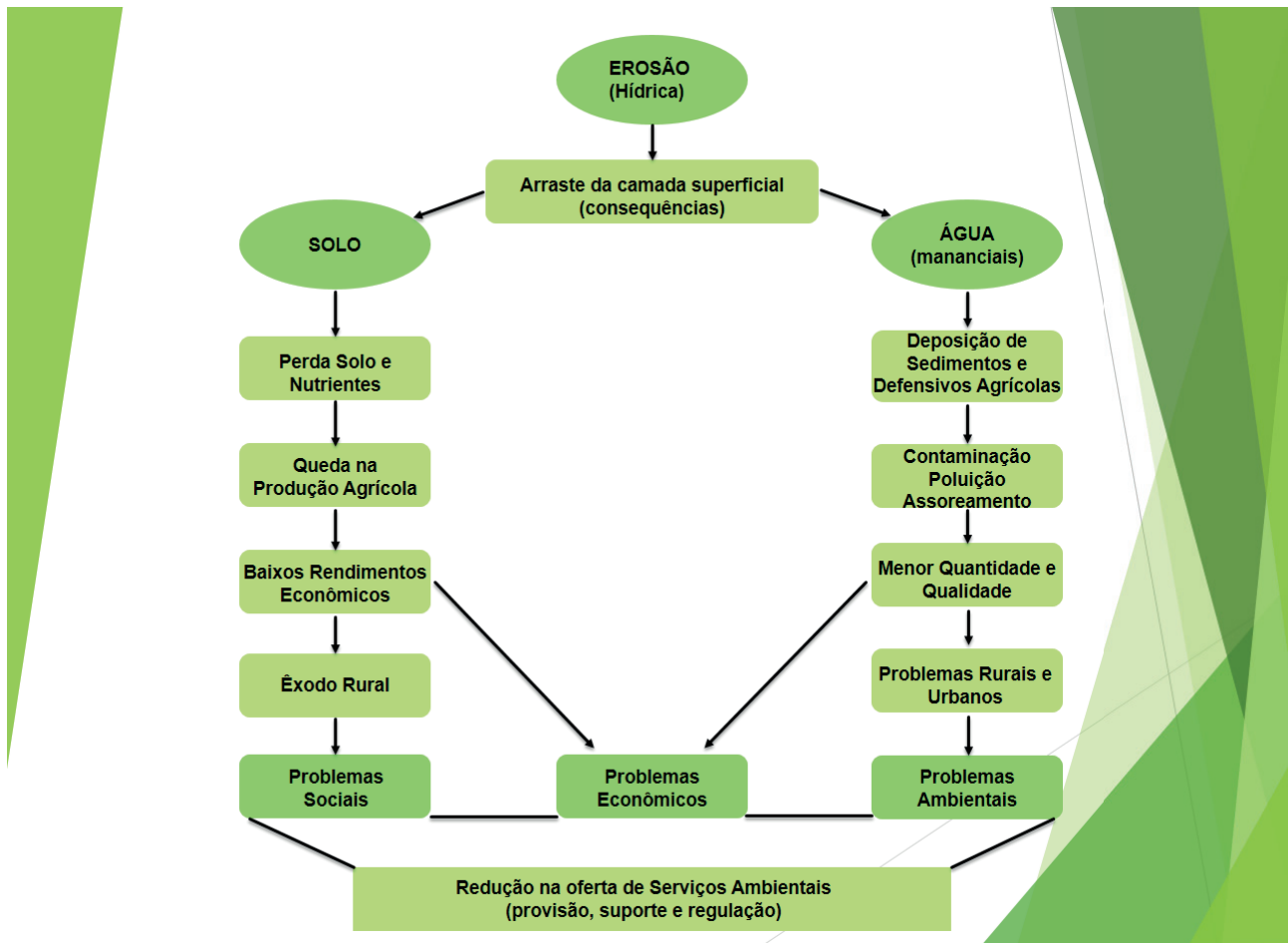


Figura 7. Visão simplificada da erosão do solo e suas consequências sociais, econômicas e ambientais.

Uso do solo sem considerar a sua capacidade e/ou aptidão agrícola

Assim como a erosão, o uso das terras sem considerar a sua capacidade e/ou aptidão agrícola pode concorrer fortemente para a degradação de ecossistemas e agroecossistemas, com perdas de biodiversidade, produtividade e sustentabilidade, além de comprometimentos na provisão de serviços ambientais.

Segundo Curi et al. (1992), muitas vezes o uso de uma determinada área não é feito de forma compatível com sua real capacidade de uso/aptidão agrícola. Como resultado ocorrem os problemas de degradação do solo, reduzindo a sua prestação de serviços dentro dos ecossistemas e, conseqüentemente, ocasionando perdas de competitividade para o setor agrícola e comprometimento na provisão de serviços ambientais, principalmente.

Portanto, o uso adequado dos recursos naturais requer, antes de tudo, o conhecimento de seu potencial e limitações, a fim promover uma otimização que concilie produção agrícola com o mínimo de agressão ambiental, ou seja, estabelecer o sinergismo entre agricultura e conservação ambiental (produção x conservação). Quando o compartimento ambiental "solo" é utilizado de forma incorreta, não considerando seus atributos intrínsecos (características físicas, químicas e morfológicas, principalmente) e fatores condicionadores (relevo, clima, aspectos geológicos, uso e cobertura), que refletem a sua real capacidade de uso ou aptidão agrícola, podem ser

desencadeadas situações indesejáveis, por exemplo: a) sobreutilização – uso do solo acima de seu potencial agrícola, com previsão de perda de sua capacidade produtiva, elevado risco de degradação dos agroecossistemas e consequente redução do potencial de prestação de serviços ambientais; e b) subutilização – uso do solo abaixo de seu potencial agrícola, também inadequado, com efeitos indesejáveis (Pereira et al., 2005a).

Outros fatores geradores de externalidades negativas

Inúmeros fatores e aspectos concorrem para a degradação de ecossistemas, prejudicando os sistemas agrícola e florestal da Amazônia. Contudo, como não é propósito deste capítulo esgotar os comentários sobre cada um desses fatores, são citados apenas alguns, também potenciais geradores de externalidades negativas que acarretam perda de qualidade dos ecossistemas (biodiversidade e sustentabilidade), degradação dos solos e redução de quantidade e qualidade dos serviços ambientais. São eles: a) práticas agrícolas inadequadas, frente às condições climáticas predominantes em regiões tropicais; b) práticas conservacionistas insuficientes; c) desinformação sobre funcionamento do solo na natureza (por exemplo, solo como um mediador dos ciclos biogeoquímicos); d) compactação do solo; e) desmatamento; f) queimadas e diminuição da matéria orgânica do solo (descarbonização).

Restauração/resgate, manutenção, e/ou melhorias de serviços ambientais de solos amazônicos (Intervenções humanas)

A partir do fundamento conceitual de “serviços ambientais”, certamente poderiam ser citadas inúmeras formas, ações e procedimentos de intervenção humana, no sentido de promover o resgate, a restauração ou a melhoria dos serviços ambientais prestados pelos solos aos ecossistemas amazônicos.

Contudo, mesmo diante do mega bioma Amazônia, o maior dentre os seis biomas brasileiros, detentor de diversos ecossistemas e grande biodiversidade de fauna e flora, optou-se por priorizar três eixos de abordagem, os quais podem contribuir expressivamente não apenas para se antepor às externalidades negativas impostas aos solos, mas sobretudo promover a restauração/o resgate, a manutenção e/ou melhoria de suas funções, visando sobretudo à produção agrícola sustentável e à oferta de serviços ambientais.

Os três eixos priorizados e descritos a seguir são:

- Eixo 1: sistema de capacidade de uso e sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras;
- Eixo 2: práticas conservacionistas; e
- Eixo 3: métodos, modelos, práticas tecnológicas ou estratégias de produção.

Sistema de capacidade de uso e sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras

No âmbito da ciência do solo, as inúmeras classificações existentes podem ser reunidas em duas categorias distintas: classificação taxonômica e classificação técnica, ou interpretativa. Elas diferenciam-se principalmente por grau de complexidade, número de parâmetros utilizados e finalidades.

Há diversas classificações técnicas, ou interpretativas, em uso no Brasil. As mais adotadas são o sistema de capacidade de uso (Lepsch, et al., 2015) e o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho; Beek, 1995).

Esses sistemas, apesar de suas especificidades e estruturas metodológicas distintas, que não cabe aqui comentar, têm propósitos e aplicações práticas muito similares. Ambos primam essencialmente pela avaliação da potencialidade dos solos em sua ambiência (condições de relevo, clima, geologia, uso e cobertura vegetal, dentre outros), identificando e definindo a sua máxima capacidade de uso, com o menor risco de degradação (Pereira, 2002).

O uso adequado das terras deve ser o primeiro passo em direção a uma agricultura correta e sustentável. O cuidado com o uso equilibrado, especialmente de solo, água e biodiversidade, contribui para a conservação de recursos naturais e de seus diferentes ecossistemas, propiciando, assim, a continuidade da oferta de serviços ambientais e serviços ecossistêmicos (Pereira et al., 2005b; Tôsto et al., 2010).

Nesse contexto, sobretudo em termos de ecossistemas amazônicos, o compartimento ambiental "solo" torna-se cada vez mais vital na equação da produção agrícola, com a prática do sinergismo entre produção e conservação, visto que tais fatores são perfeitamente conciliáveis e estão do mesmo lado na equação. O mais importante não deve ser maximizar a produção, mas sim otimizar o uso do recurso solo, dentro dos princípios da sustentabilidade (Pereira et al., 2017).

Portanto, considerando a imensa variedade de ecossistemas e agroecossistemas da Amazônia, região sob condições de forte intensidade pluviométrica e temperaturas elevadas, além de predominância de solos de baixa fertilidade natural e baixo teor de matéria orgânica, torna-se recomendável o uso do solo dentro de suas potencialidades, avaliando os ganhos socioambientais, para só então pensar na lucratividade econômica da produção. Na verdade, não é nada vantajoso aumentar a produção e/ou produtividade agrícola à custa da degradação ambiental e consequente redução de quantidade e qualidade de serviços ambientais dos solos.

Os sistemas de avaliação do potencial de uso das terras (capacidade de uso e aptidão agrícola) são instrumentos que, além de balizar o uso sustentável de agroecossistemas, com recuperação, manutenção e/ou melhoria de serviços ambientais dos solos, podem fornecer subsídios para: diagnósticos e planejamento agroambientais; zoneamentos; orientação e/ou reorientação de uso das terras; e estudos de adequação ou inadequação de uso das terras (Ramalho Filho; Pereira, 1999; Pereira, 2002).

Práticas de conservação do solo (práticas conservacionistas)

Com o intuito de se antepor às ocorrências de externalidades negativas impostas aos solos, bem como promover a restauração/o resgate, a manutenção e/ou melhoria de suas funções e, conseqüentemente, a provisão de serviços ambientais, serão abordadas as principais práticas conservacionistas e os sistemas de manejo de solos.

Entende-se como práticas conservacionistas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo, garantindo máxima infiltração e menor escoamento superficial das águas pluviais. Com isso, além de minimizar ou controlar as forças dos processos erosivos, é possível promover o resgate/a restauração,

a conservação e/ou melhoria dos serviços ambientais dos solos. Tais práticas podem ser agrupadas em três categorias: vegetativas, edáficas e mecânicas (Bitar, 1995; Bertoni; Lombardi Neto, 1999).

Práticas de caráter vegetativo: São práticas conservacionistas que se utilizam da vegetação para controlar processos erosivos. A densidade de cobertura vegetal (plantas e/ou resíduos) tem grande influência na proteção do solo, e preserva a sua integridade contra os efeitos danosos da erosão. Entre essas práticas, destacam-se:

- Plantas de cobertura: dispostas entre as culturas, tanto anuais quanto perenes, mantendo o solo coberto durante o período chuvoso.
- Cultura em faixas: plantio em faixas com larguras variáveis, contínuas ou em rotação, tendo como principal objetivo interceptar a velocidade das enxurradas e dos ventos, facilitar a infiltração das águas e permitir a contenção do solo parcialmente erodido.
- Cordões de vegetação permanente: fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento e sempre em contorno. Oferecem condições de controle da erosão semelhante a culturas em faixa.
- Alternância de capinas: intercalação das capinas, em culturas anuais ou perenes, de maneira a manter parcelas de área em cultivo, com mato, imediatamente abaixo de outra recém-capinada.
- Cobertura morta: a cobertura morta, com palha ou resíduos vegetais, protege o solo contra impactos das gotas de chuva, diminui o escoamento superficial, incorpora matéria orgânica no solo, aumentando assim a sua resistência ao processo erosivo.
- Quebra-ventos: barreira densa de árvores com a finalidade de interceptar a ação dos ventos, controlando a erosão eólica.

Práticas de caráter edáfico: São práticas conservacionistas que controlam a erosão e mantêm ou melhoram a fertilidade do solo, contribuindo para uma agricultura sustentável e a provisão de serviços ambientais. Entre essas práticas, destacam-se:

- Controle do fogo: o fogo, prática comum na agricultura brasileira, especialmente na Amazônia, é muito prejudicial ao solo. Causa destruição da matéria orgânica, interfere nas partículas estruturais, e diminui a capacidade de absorção e retenção de umidade, comprometendo, assim, a integridade produtiva e a resistência do solo à erosão.
- Adubação verde: incorporação de nitrogênio e matéria orgânica no solo, enterrando-se restos vegetais ainda verdes. A matéria orgânica melhora as condições físicas do solo através da estruturação e do aumento de porosidade.
- Adubação química: manutenção e restauração da fertilidade do solo, propiciando aumento de produtividade e melhor cobertura vegetal, protegendo, dessa forma, o solo.
- Adubação orgânica: incorporação da matéria orgânica no solo (recarbonização), por meio da aplicação de determinados produtos (esterco, composto orgânico). Essa prática, sobretudo nos solos da Amazônia, propicia melhorias para o desenvolvimento das culturas, além de promover a redução das perdas de solo e de água por erosão.
- Rotação de cultura: plantio de diferentes tipos de lavouras rotacionadas em uma mesma gleba, visando ao controle de pragas e doenças, bem como à melhoria das características físicas e da fertilidade do solo.

- Calagem: correção da acidez do solo com aplicação de cálcio, proporciona melhor cobertura vegetal, o que reflete em maior proteção contra o impacto das gotas de chuva e, portanto, menor perda de solo e de água por erosão.

Práticas de caráter mecânico: São práticas artificialmente desenvolvidas nas áreas de cultivo, visando quebrar a velocidade de escoamento superficial das águas e facilitar a sua infiltração no solo. Entre elas, destacam-se:

- Plantio em contorno (em nível): São marcadas curvas de nível no terreno e executados sulcos e camalhões de terra em espaços estabelecidos. As fileiras de cultura e os sulcos e camalhões constituem um obstáculo às enxurradas, controlando a erosão. Quando bem conduzida, é uma das práticas mecânicas mais eficientes para as terras de cultivo.
- Terraceamento: É mais eficiente quando usado em combinação com plantio em contorno e, dado seu alto custo, é recomendado onde outras práticas simples ou combinadas não proporcionam o necessário controle da erosão. Após vários anos, seu efeito pode ser evidenciado pelas melhores produções das culturas, devido à conservação do solo e da água.
- Canais escoadouros: São canais vegetados, de dimensões apropriadas, com função de transportar com segurança a água de escoamento superficial oriunda dos sistemas de terraceamentos ou de outras estruturas.

Atividades agrícolas e tecnologias que promovem a recarbonização do solo, funcionalidade dos ecossistemas e restauração/resgate de serviços ambientais

À semelhança dos dois eixos anteriores, este também refere-se às formas, às práticas/tecnologias e aos procedimentos de uso das terras que, além de se contraporem às externalidades negativas impostas ao solo, podem promover restauração/resgate, conservação e/ou melhoria de suas funções, visando principalmente a produção agrícola sustentável e a provisão de serviços ambientais.

Assim, embora diversos tipos de agricultura possam atender às condições mencionadas (por exemplo, as agriculturas sintrópica, biológica, regenerativa e biodinâmica, dentre outras), não é objetivo deste item discutir cada tipo que é praticado na Amazônia, e sim apenas destacar alguns, com base nos seguintes aspectos: maior perspectiva de adoção e sucesso na região; recarbonização e resgate das funcionalidades do solo e ecossistemas; e maior sinergismo entre agricultura e meio ambiente. São eles: roça sem fogo e sistemas poupa-terra.

Roça sem fogo (agricultura sem uso de queimadas)

Apesar do uso milenar do fogo na agricultura, Alves e Modesto Júnior (2020) afirmam que essa prática é dispensável na agricultura familiar amazônica, porém são necessárias políticas públicas para esse fim. Na mesma linha desses autores, Homma (2020) afirma que é possível produzir uma agricultura na Amazônia sem o desmatamento e as queimadas, contribuindo, assim, para o “desmatamento zero”, cenário amplamente desejado pela sociedade brasileira e mundial.

Nesse contexto e considerando o grande vácuo entre a agricultura convencional (derruba e queima), com seus inúmeros danos ambientais e baixa produtividade, e a necessidade de uma agricultura de caráter mais conservacionista e sustentável nessa região, pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental desenvolveram pesquisas e ensaios por cerca de uma década e meia, os quais resultaram em diferentes formas de agricultura sem uso de fogo, dentre estas, resumidamente:

- a) Roça sem fogo: processo tecnológico adotado em áreas de capoeira com 5 a 10 anos de idade, que se utiliza de ferramentas manuais como foice, facão, machado e motosserra. A sua lógica operacional compreende diferentes fases e abrange a demarcação de área, broca da vegetação herbácea rente ao solo, o inventário das espécies de interesse econômico que permanecerão na área, o corte da vegetação lenhosa com aproveitamento de produtos madeireiros e não madeireiros, o picotamento da galhada para proteger o solo, aceiro, abertura de covas para plantios, tratos culturais e colheita (Alves; Modesto Júnior, 2020; Brasil, 2020).
- b) Trio produtividade da mandioca: criado como alternativa para o sistema de produção de mandioca, recomenda três componentes que mais impactam na produtividade dessa cultura, isto é, seleção e corte reto de maniva-semente, plantio no espaçamento 1 m x 1 m, e controle de plantas daninhas (mato) durante os primeiros 150 dias após o plantio (Alves et al., 2008; Embrapa Amazônia Oriental, 2015; Alves; Modesto Júnior, 2020).
- c) Projeto Tipitamba: a palavra Tipitamba foi adaptada da língua tyriós, e significa ex-roça ou capoeira. Esse projeto é composto por cinco subprojetos que abrangem desde o aperfeiçoamento e teste de equipamentos, visando o preparo de área sem queima, até a avaliação socioeconômica e valoração da tecnologia sem queima e capoeira melhorada. Assim, em vez de derruba e queima, foi desenvolvida a tecnologia de corte e trituração da biomassa da vegetação secundária e sua utilização como cobertura morta (*mulch*), de grande relevância para adoção no sistema roça sem fogo (Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 2011; Kato et al., 2002).
- d) Sistema Bragantino: modelo de produção agrícola inovador, concebido para as peculiaridades da agricultura familiar e empresarial da região Nordeste Paraense, denominada de região Bragantina. Possibilita o cultivo contínuo das diversas culturas em rotação e consórcio. Tem como ponto de partida a correção da fertilidade do solo (calagem, fosfatagem e micronutrientes), mantendo a área ocupada produtivamente durante o ano todo (Cravo et al., 2005; Cravo; Lopes, 2008).

A roça sem fogo, com suas diferentes tecnologias e processos, pode ser adotada e replicada por qualquer agricultor na Amazônia. Dentre as principais vantagens diretas e indiretas dessa prática, destacam-se: i) solução para um dos principais problemas ambientais de preparo de área na agricultura amazônica, as queimadas; ii) controle da erosão, melhoria da fertilidade e aumento da biodiversidade do solo; iii) conservação e incremento de carbono/matéria orgânica no solo (recarbonização); iv) incremento de produtividade das culturas e maior flexibilidade no calendário agrícola; v) redução do desmatamento; vi) redução de riscos de incêndio; vii) regulação térmica do solo e conservação da água; viii) maior oferta de serviços ambientais, dada a melhoria de condições ecológicas do solo; ix) redução de emissão de gases nocivos para a atmosfera, o que contribui para o bem-estar da população e reduz os efeitos do aquecimento global (Cravo et al., 2005; Kato et al., 2007; Alves; Modesto Júnior, 2020).

Sistemas poupa-terra (intensificação sustentável da agropecuária)

Esta é mais uma abordagem, dentro da perspectiva de restauração/resgate, conservação e/ou melhoria das funções ecológicas do solo, que visa promover o bom funcionamento dos sistemas/agroecossistemas, a sustentabilidade do setor produtivo e a oferta de serviços ambientais.

Tecnologias poupa-terra são entendidas como aquelas tecnologias, de baixo ou alto custo, adotadas pelo setor produtivo, que permitem acréscimos sustentáveis na produção total em uma mesma área, e evitam a abertura de novas áreas para produção agropecuária. Ou seja, caso essas tecnologias não estivessem em uso, haveria necessidade de mais áreas para a produção de alimentos e energia, causando possíveis impactos ambientais negativos (Telhado; Capdeville, 2021).

Atualmente o Brasil dispõe de inúmeras estratégias e tecnologias poupa-terra, que, além de promoverem maior eficiência de uso das áreas agricultáveis, atendem adequadamente aos preceitos de sustentabilidade nas dimensões ambiental, econômica e social, dentre elas: a) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF); b) agricultura de baixa emissão de carbono (ABC); c) agricultura de precisão; d) fixação biológica de nitrogênio (FBN); e) sistema plantio direto (SPD); e f) emprego de bioinsumos em substituição aos insumos não renováveis; dentre outras (Embrapa Pecuária Sudeste, 2020; Embrapa, 2020a; Telhado; Capdeville, 2021).

Entretanto, considerando os objetivos do presente capítulo, priorizou-se a abordagem do sistema iLPF, que oferece grande número de benefícios para promover a restauração/recuperação do solo. Tal sistema, que pode ser adotado por pequenos, médios e grandes produtores nos diferentes biomas brasileiros, contribui para maior oferta de serviços ambientais, além de promover a sustentabilidade do sistema produtivo e da propriedade (Embrapa Agropecuária Oeste, 2019; Embrapa, 2020a).

Dentre diferentes técnicas, modelos e recomendações de uso das terras que buscam o sinergismo entre produção e conservação, ou agricultura sustentável e meio ambiente, tem-se verificado que a “estratégia de produção”, caracterizada pela integração das atividades agrícola, pecuária e florestal dentro da mesma área, pode ser a forma mais indicada, sobretudo em termos de uso dos solos da Amazônia. Pode ser feita em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, de forma a propiciar benefícios mútuos para todas as atividades (Embrapa Pecuária Sudeste, 2020).

Trata-se de uma intensificação sustentável, cujos benefícios englobam aspectos produtivos, financeiros, ambientais e sociais. Nesse contexto, o ex-ministro da agricultura Alysson Paulinelli destaca-a como “nova descoberta, onde numa mesma área, com o mesmo homem e mesma máquina, trabalha-se o cultivo de diversas variedades e ainda planta uma caderneta de poupança, chamada floresta, que a cada 5 a 6 anos pode compensar o produtor de eventuais dificuldades”. É um dos novos conceitos de manejo de solo, planta e de sustentabilidade (Embrapa, 2020a, 2020b).

Desde o fim da década de 1970, a Embrapa pesquisa diferentes sistemas de integração entre lavoura, pecuária e florestas, como alternativas de produção para o País. Ela trabalha basicamente com quatro diferentes configurações:

- a) Lavoura + pecuária (iLP) = sistema agropastoril;
- b) Lavoura + floresta (iLF) = sistema silviagrícola;
- c) Pecuária + floresta (iPF) = sistema silvipastoril;
- d) Lavoura + pecuária + floresta (iLPF) = sistema agrossilvipastoril.

O sistema iLPF oferece inúmeros benefícios agronômicos, ecológicos, sociais e ambientais, além de produtivos e financeiros. O solo é um dos principais fatores beneficiados pela integração, que culmina no grande aumento de sua capacidade produtiva e de provisão de serviços ambientais. Alguns potenciais benefícios são apresentados de forma resumida a seguir (iLPF..., 2013; Silvano Reis Imóveis Rurais, 2015; Embrapa Pecuária Sudeste, 2020; Mansur, 2020).

a) Agronômicos, ecológicos e ambientais:

- otimização e intensificação da ciclagem de nutrientes no solo;
- recarbonização do solo (“RecSoil”), em função do aumento da matéria orgânica;
- melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo;
- redução dos riscos de erosão;
- manutenção da biodiversidade e sustentabilidade da agropecuária;
- melhoramento da qualidade e conservação das características produtivas do solo;
- melhoria na utilização dos recursos naturais pela sinergia entre os componentes vegetais e animais;
- melhoria do bem-estar animal, em decorrência do maior conforto térmico;
- redução na pressão para abertura de novas áreas com vegetação nativa;
- mitigação do efeito estufa, resultante da maior capacidade de sequestro de carbono.

b) Outras vantagens (econômicas e sociais):

- diversificação da renda do produtor, com aumento de renda dos empreendimentos rurais (gado, madeira e cultivos anuais);
- fixação e maior inserção social por meio da geração de emprego e renda no campo;
- estímulo à qualificação profissional;
- melhoria da qualidade de vida do produtor e de sua família;
- reconstituição do paisagismo, possibilitando atividades de eco e agroturismo;
- melhoria da imagem pública dos agricultores, pois concilia atividade produtiva e meio ambiente.

Portanto, o iLPF é uma estratégia poupa-terra que propõe uma nova maneira de ocupar a terra, os espaços, com baixa emissão de carbono e revitalização e restauração dos solos e seus serviços ambientais, principalmente. Além disso, tira a pressão sobre a floresta nativa, evitando o desmatamento de novas áreas, vantagens que permeiam uma boa agricultura, sobretudo para a região amazônica.

Essa integração permite a produção de grãos, carne, leite e energia em uma mesma área, utilizando recursos e diversificando as propriedades rurais. Permite cultivar inúmeras variedades e ainda planta uma “caderneta de poupança verde”, chamada floresta, cuja madeira alimenta cerâmicas, siderúrgicas, marcenarias, construção civil e é matéria-prima da indústria de papel e celulose. Conforme G1 (2020), a exportação de celulose dos produtos derivados da madeira rendeu

12 bilhões de dólares para o Brasil, em 2019, o que faz da madeira plantada o mais importante produto agrícola brasileiro depois da soja.

Considerações finais

Considerando as abordagens e contextualizações desenvolvidas, pode-se fazer as seguintes considerações:

- 1) A partir da sinopse sobre o ambiente físico-biótico da Amazônia Brasileira, verificou-se que a região apresenta clima quente e úmido, dividido em três tipos distintos: Awi, Ami e Afi. O tipo climático Awi foi o de maior representatividade, abrangendo 53% de toda a região, seguido pelo tipo Ami, com 32%, e o tipo Afi, com 15%. A cobertura vegetal é bastante diversificada, porém a Floresta Amazônica (Floresta Ombrófila Densa) tem a maior extensão, com cerca de 42% da área total, seguida pela floresta de transição (Floresta Ombrófila Aberta), que ocupa 21%, são as mais expressivas. A sua geologia consiste de uma vasta área sedimentar predominante, representada por formações cristalinas e sedimentares. O relevo predominante é o colinoso, ou suavemente ondulado, embora sejam encontrados também relevos mais acidentados, com dissecação forte e muito forte, concentrados no extremo oeste da região. Quanto aos solos, a grande dominância é de Latossolos e Argissolos Distróficos, com cerca de 70% da área total; Nitossolos, Argissolos Eutróficos e os Latossolos Vermelhos Distroféricos somam 4,5%; Gleissolos Eutróficos, 5%; e o restante da área corresponde aos solos de várzea (Gleissolos Distróficos), Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos e Cambissolos.
- 2) Quanto à fertilidade natural, verificou-se que cerca de 85% dos solos da Amazônia são distróficos, predominantemente álicos. Contudo, é importante considerar a grande dimensão dessa região, pois o aparente baixo percentual de solos eutróficos (férteis) representa algo em torno de 50 milhões de hectares, área superior à dos estados de São Paulo e Paraná juntos.
- 3) A transformação de ambientes amazônicos naturais em sistemas de produção, relacionados principalmente à agropecuária, tem provocado alterações significativas nos solos, sobretudo nos seus atributos físicos, químicos e biológicos (descarbonização), com grandes perdas de produção, produtividade e de serviços ambientais. Essa situação se torna ainda mais grave quando em solos predominantemente distróficos, com baixos níveis de nutrientes, acidez elevada, baixa saturação em bases e dominância de minerais de argila de baixa reatividade (tipo 1:1), nos quais a matéria orgânica tem papel fundamental na capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.
- 4) A erosão hídrica pode causar fortes prejuízos econômicos, sociais e ambientais, tais como: redução da capacidade produtiva das terras; assoreamento de mananciais (rios, lagos, represas, dentre outros); comprometimento da oferta/disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade; perdas de adubos e outros insumos usados na produção; elevação dos custos de tratamento da água; e êxodo rural.
- 5) Dentre as multifuncionalidades do solo, destacam-se cinco funções ecológicas principais:
 - a) meio para o crescimento de plantas (nativas e cultivadas) e, com isso, base da produção e segurança alimentar;
 - b) exímio sequestrador e armazenador de carbono, com influência, portanto, no efeito estufa e nas mudanças climáticas;
 - c) reserva de biodiversidade, abrigando bilhões de microrganismos;
 - d) grande influência no ciclo hidrológico, favorecendo a filtragem,

captação e infiltração de água; e e) outras funções não agrícolas (construção civil e sanitária, áreas de lazer e fins artísticos).

- 6) Apesar de os serviços ecossistêmicos (SE) e serviços ambientais (SA) serem, muitas vezes, considerados sinônimos, há uma nítida diferença conceitual entre eles que deve ser considerada: os SE referem-se a todos os serviços que a natureza fornece espontaneamente, ao passo que os SA necessitam da intervenção humana (no seu resgate ou restauração) para que a natureza volte a fornecê-los.
- 7) A partir de uma visão sintetizada, verificou-se que o uso dos solos amazônicos apresenta-se principalmente sob dois macrocenários: a) uso convencional, caracterizado por práticas agrícolas inadequadas (uso do fogo e outras), falta ou insuficiência de práticas conservacionistas, uso sem levar em conta a capacidade produtiva/aptidão agrícola, presença de erosão, compactação do solo, desmatamento ou conversão da floresta, queimadas e diminuição da matéria orgânica dos solos (descarbonização); e b) uso alternativo (sustentável), caracterizado pela adoção de práticas conservacionistas como roça sem fogo, trio da produtividade e uso de sistemas de integração (iLP, iLF, iPF e iLPF), que culminam na boa agricultura, conciliando produção e conservação e ganhos econômicos, ambientais e sociais.
- 8) Merece destaque a relevância das atuações e contribuições das Unidades da Embrapa e instituições/empresas parceiras da região, pois suas pesquisas têm propiciado a geração de números crescentes de tecnologias e boas práticas agrícolas, principalmente de uso e manejo, adequadas às condições locais e/ou regionais. À guisa de exemplo, podem ser citadas as práticas contidas nas tecnologias poupa-terra e roça sem fogo.
- 9) A avaliação da capacidade de uso e da aptidão agrícola das terras são importantes instrumentos de planejamento e gestão ambiental, dentro do conceito de sustentabilidade. Além de fornecerem a distribuição espacial das potencialidades de uso da área, viabilizam: a) análise de eventuais conflitos de uso; b) avaliação quanto à adequação à legislação ambiental; c) identificação de áreas frágeis e/ou degradadas; e e) recomendações de práticas conservacionistas, visando a recuperação do solo e de seus serviços ambientais.
- 10) O compartimento ambiental "solo", além de ser o principal ativo da propriedade, é vital na equação da produção agrícola em termos de ecossistemas amazônicos. Nesse sentido, é necessário promover o sinergismo entre produção e conservação, visto que tais fatores são perfeitamente conciliáveis (ambos estão no mesmo lado da equação). O mais importante não deve ser maximizar a produção, mas sim otimizar o uso do recurso solo dentro dos princípios da sustentabilidade, mantendo os serviços ecossistêmicos e resgatando os serviços ambientais. Nesse contexto, merecem destaque as tecnologias poupa-terra.
- 11) Considerando a fragilidade de ecossistemas e agroecossistemas da região amazônica, é conveniente caracterizar inicialmente os custos ambientais, para só então pensar na lucratividade econômica da produção. Na verdade, não é nada vantajoso aumentar a produção e/ou produtividade agrícola à custa da degradação ambiental e das consequentes perdas de serviços ecossistêmicos.
- 12) O sistema iLPF, uma das tecnologias poupa-terra, assim como a roça sem fogo, oferece inúmeros benefícios e abrange os aspectos agrônômicos, ecológicos, sociais e ambientais, além dos produtivos e financeiros. O solo é um dos principais fatores beneficiados, dadas as ações diretas no controle da erosão, na recarbonização, na manutenção da fertilidade e no

aumento da biodiversidade. Além disso, o ILPF contribui para a diminuição da pressão por abertura de novas áreas, a conservação da água e a maior oferta de serviços ambientais.

13) Os solos geram inúmeros serviços ambientais para o bem-estar humano: serviços de provisão (por exemplo, matérias-primas e alimentos), de regulação (sequestro de carbono, clima, enchentes) e de suporte (ciclagem de nutrientes, infraestrutura humana). Entretanto, o seu uso inadequado, aliado ao mal manejo, contribui para a degradação de suas funções ecossistêmicas, com forte redução na produção agrícola e na oferta de serviços ambientais.

14) Como recomendações, pode-se destacar, por exemplo: mudanças de comportamento e consciência da sociedade, com ênfase na educação ambiental; adoção de boas práticas de uso e conservação do solo, da água e da biodiversidade; manutenção dos serviços ecossistêmicos e restauração/resgate dos serviços ambientais dos solos.

Referências

- ALVES, R. N. B.; HOMMA, A. K. O. O fogo na agricultura da Amazônia. In: ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. (ed.). **Roça sem fogo**: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 35-40.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. (ed.). **Roça sem fogo**: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 184 p.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S.; ANDRADE, A. C. da S. O trio da produtividade na cultura da mandioca: estudo de caso de adoção de tecnologias na região no Baixo Tocantins, Estado do Pará. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLÓGICA, 2008, Campina Grande. **Os desníveis regionais e a inovação no Brasil**: os desafios para as instituições de pesquisa tecnológica. Brasília, DF: ABIPTI, 2008. 1 CD-ROM.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Avaliação dos aquíferos das bacias sedimentares da província hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.00) e cidades pilotos (escala 1:50.000)**. Brasília, DF: ANA: SIP, 2015. 131 p. (Geologia da Província Hidrogeológica Amazonas, v. 2).
- AMBIENTEBRASIL. **A importância de estudar o solo**. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuaria/programas_e_projetos/a_importancia_de_estudar_o_solo.html. Acesso em: 05 fev. 2020.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico**: rumo a uma "Economia dos Ecossistemas". Texto para Discussão, Campinas: Unicamp-IE, 2002. (UNICAMP-IE. Texto para discussão, 159).
- ARAÚJO, A. P.; JORDY FILHO, S.; FONSECA, W. N. da. A vegetação da Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. 1986, Belém. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA-Departamento de Difusão de Tecnologia; Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1986. v. II, p. 135-152. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 36).
- ART, H. W. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2001. 583 p.
- BASTOS, T. X. **O clima da Amazônia Brasileira, segundo Köppen**. Belém: EMBRAPA – CPATU. 1982. 4 p. (EMBRAPA-CPATU. Pesquisa em Andamento, 87).
- BASTOS, T. X. **O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira**. Belém: IPEAN, 1972. p. 68-122 (IPEAN. Boletim Técnico, 54).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.
- BITAR, O. Y. (coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE: IPT, 1995. 247 p. (Série Meio Ambiente).
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. A formação dos solos. In: BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.
- BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 9, p. 7, 14 jan. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **PDA: roça sem queimar e método de sombreamento**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Mo4B_cV1dC8. Acesso em: 30 jun. 2020.

CAMARGO, M. N. **Comunicação expositiva do mapa de solos do Brasil 1:5.000.000**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1981. 9 p.

COELHO, R. M. Atributos e classes de solo associados a serviços ecossistêmicos. In: WORKSHOP SUDOESTE PAULISTA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 2019, Buri. [**Palestra**]. Buri, SP: UFSCar, 2019. 28 p.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELLO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 15 may, 1997.

CRAVO, M. da S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. de. **Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 93 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 218).

CRAVO, M. da S.; LOPES, A. de M. **Sistema Bragantino: produção agrícola sustentável: orientações técnicas ao agricultor**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 15 p.

CURI, N.; CARMO, D. N.; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 176, p. 5-16, 1992.

DEMATTE, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

EMBRAPA. **Integração lavoura-pecuária-floresta**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>. Acesso em: 08 out. 2020a.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE, 1986. v.1 522 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35; SUDENE. Recursos de Solos,17). 1 mapa escala 1:1.000.000 mapa exploratório-reconhecimento de solos do estado do Maranhão.

EMBRAPA. **Solos comemora 45 anos com live no YouTube**. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52808728/embrapa-solos-comemora-45-anos-com-live-no-youtube?p_auth=DM37kOMB. Acesso em: 30 jun. 2020b.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **ILPF em números: intensificação sustentável da produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9dQETCcVqC4>. Acesso em: 23 nov. 2020.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Sistema roça sem fogo e trio produtividade**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aVTRjfx-bOs&t=2s>. Acesso em: 30 jul. 2020.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Projeto Tipitamba: produzir sem queimar**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. [17] p.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Sistema Tipitamba de agricultura sem queima**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gLxhqwMn6TI>. Acesso em: 30 jul. 2020.

EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE. **Vantagens da ILPF para o agro**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DRXX4VGyMdk&list=PLFwkb0UnggS83UWFq7fr-d9zvtmmsZ4Rv&index=15>. Acesso em: 18 ago. 2020.

ESPÍNDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a pedologia**. Campinas: Editora Unicamp, 2008. 397 p.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C.; DUTRA, S. **Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do Nordeste Paraense**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1980. 49 p. il. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 14).

FAO. **Funções do solo: solos fornecem serviços ambientais que facilitam a vida na terra**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ax374pt/ax374pt.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.

FARLEY, J. Ecosystem services: the economics debate. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 40-49, 2012.

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 121 p.

FGV CES. **Diretrizes empresariais para a valoração econômica de serviços ecossistêmicos**: versão 3.0. São Paulo: FGV EAESP Centro de Estudos em Sustentabilidade, 2019. 101 p. (TeSE Iniciativa FGV CES).

G1. Agro: a indústria-riqueza do Brasil. **Exportações de madeira e celulose rendem US\$ 12 bilhões para o Brasil em 2019**: 15 de maio de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/video/exportacoes-de-madeira-e-celulose-rendem-us-12-bilhoes-para-o-brasil-em-2019-8557068.ghtml>. Acesso em: 01 jun. 2020.

GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C. Ordenamento agroambiental de áreas de afloramento do Aquífero Guarani: estudo de caso nos estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 18, p. 59-72. 2008.

HIRANO, C.; AMARAL, F. C. S. do; PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I.; SOUZA NETO, N. C. de. **Delineamento macro-agroecológico do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. 114 p.

HOMMA, A. K. O. Amazônia: a civilização do fogo. In: ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. (ed.). **Roça sem fogo**: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 11-33.

IBGE. **Amazônia Legal Brasileira 2019**. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/amazonia_legal/2019/Amazonia_Legal_2019.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IBGE. **Censo**. 2010b. Disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=1&idnoticia=1887&t=geostatisticas-revelan-patrimonio-ambiental-la-amazonia-legal&view=noticia>. Acesso em: 10 jan. 2021.

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil, escala 1:5.000.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 1988. 1 mapa. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 274 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).

IBGE. **População dos Estados da Amazônia Legal**. 2010a. Disponível em: <https://pib.socioambiental.org/en/Not%c3%adcias?id=101220>. Acesso em: 05 jan. 2021.

ILPF: uma alternativa sustentável para a Amazônia Mato-grossense. Diretor Valdir Pacheco. Produtor Ponto Final Audio e Video. Roteiro Gabriel Rezende Faria, Melice Sguissardi. Sinop, MT: Embrapa Agrossivopastoril, 2013. 1 Filme (18min02seg), son., color

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

KATO, O. R.; KATO, M. do S. de A.; CARVALHO, C. J. R. de; FIGUEIREDO, R. de O.; CAMARÃO, A. P.; SÁ, T. D. de A. Plantio direto na capoeira: uma alternativa com base no manejo de recursos naturais. In: WADT, P. G. S. (ed.). **Sistema plantio direto e controle de erosão no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. p. 79-111.

KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; JESUS, C. C. de; RENDEIRO, A. C. **Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte e trituração no município de Igarapé-Açu, Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 3 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 64).

KERTZMAN, F. F.; DINIZ, N. C. As abordagens de solos utilizados na geologia aplicada ao meio ambiente. In: BITAR, O. Y. (coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE); IPT, 1995. cap. 3.1, p.19 - 30.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. (ed.). **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170 p.

LIER, Q. de J. van (ed.). **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

MANSUR, E. **Como o carbono do solo contribui para a mitigação das mudanças climáticas?** Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2020. (SPT: Série de Palestras Técnicas on-line, 08/09/2020). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=C9ILN6ea46k>. Acesso em: 16 dez. 2020.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CESAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather)**. Belém, PA: SUDAM; Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1993. 53 p.

- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and human well-being: a framework for assessment**. MEA, 2005. Disponível em: <http://goo.gl/xc48Yy>. Acesso em: 12 maio 2021.
- MENDES, J. DE C. Notas sobre a Bacia Sedimentar Amazônica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 26, p. 3-37, jul. 1957.
- NASCIMENTO, C.; HOMMA, A. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1984. 282 p. il. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 27).
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.
- NUSDEO, A. M. de O. **Pagamento por serviços ambientais: sustentabilidade e disciplina jurídica**. São Paulo: Atlas, 2012. 179 p.
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: Unesp/Funep, 1992. 201 p.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. v. 1., 370 p.
- PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 122 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- PEREIRA, L. C. **Características químicas de Latossolos Amarelos da região amazônica brasileira**. 1987. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- PEREIRA, L. C.; GOMES, M. A. F. G. Profundidade efetiva e profundidade do solo: conceitos e importância agrônômica. **Jornal Dia de Campo**, 14 dez. 2016. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=33953&secao=Agrotemas&c2=Nutri%E7%E3o>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- PEREIRA, L. C.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de; TOSTO, S. G.; QUARTAROLI, C. F. Caracterização pedogeomorfológica de uma área sob coberturas de seringueira, mata e pastagem, no município de Planalto-SP. In: RODRIGUES, V. A.; SIQUEIRA, H. E.; OLIVEIRA, P. J. D. de.; PINHEIRO, L. Z.; BUCCI, L. A. (ed.). **Biomass brasileiros: conservação da biodiversidade, solo, floresta e água**. Botucatu: FEPAF, 2017. Edição dos anais do 5º Simpósio Internacional de Microbacias Hidrográficas, realizado em Botucatu, em junho de 2017.
- PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F.; PALLONE FILHO, W. J. Taxa de adequação de uso das terras e riscos de degradação agroambiental. **Revista Científica Rural**, v. 10, n. 1, p. 39-47, 2005a.
- PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F.; TOCCHETTO, M. R. L. Avaliação agrícola das terras como instrumento de planejamento de uso sustentável: nível de manejo B. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E SAÚDE, 5., 2005, Santos/SP. **Anais...** Santos/SP: CBPAS, p. 443-446, 2005b.
- PEREIRA, M. G.; DOS SANTOS, L. H. C.; PINHEIRO JUNIOR, C. R. P.; PINTO, L. A. S. R.; DA SILVA NETO, E. C.; FONTANA, A. Formação e caracterização do solo. In: TULLIO, L. (org.) **Formação, classificação e cartografia dos solos**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. cap.1, p. 1-20.
- PRADO, H. do. **Manejo dos solos: descrições pedológicas e suas implicações**. São Paulo: Nobel, 1991. 116 p.
- PROJETO de hidrologia e climatologia da Amazônia. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, PA: Sudam, 1984. 125 p. (SUDAM. Publicação, 39).
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 36 p. (Embrapa Solos. Documentos, 1).
- RANZANI, G. Recursos pedológicos da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 9, n. 4, supl. 1, p. 23-35, dez. 1979.
- RÊGO, R. S. **Caracterização e gênese de solos com plintita da Ilha de Marajó**. 1986. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí.
- REICHARDT, K. Por que estudar o solo? In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; FREITAS, S. S. (ed.). **A responsabilidade social da Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. 525 p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 334 p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORREA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: bases para a distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2014. 378 p.

RODRIGUES, T. E.; PEREIRA, L. C.; GAMA, J. R. N. F.; REGO, R. S.; HENRIQUE, L. M. Uso e ocupação do solo da Amazônia Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1990, Londrina. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas: anais**. Londrina: SBCS: Iapar, 1996.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. G.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2015. 101 p.

SILVA, J. M. L. **Caracterização e classificação de solos do terciário do Nordeste do Estado do Pará**. 1989. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA, L. J. S.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C. Elementos para a discussão sobre políticas e programas de preservação dos serviços ambientais no Amazonas. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 6, n. especial 16, p. 85-104, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.36882/2525-4812.2021v6i16.ed.esp.p85-104>.

SILVANO REIS IMÓVEIS RURAIS. **Terra e sustentabilidade** (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Embrapa), 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jct1EyX3VKA&t=4284s>. Acesso em: 20 jun. 2020.

TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 162 p.

TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; CARVALHO, J. de C.; MANGABEIRA, J. A. de C. **Zoneamento de uso e cobertura dos solos do município de Araras, SP**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2010. 10 p. Relatório de Execução.

TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; MANGABEIRA, J. A. de C. **Serviços ecossistêmicos e serviços ambientais: conceitos e importância**. EcoDebate, 13 dez. 2012. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2012/12/13/servicos-ecossistemicos-e-servicos-ambientais-conceitos-e-importancia-artigo-de-sergio-gomes-tosto-lauro-charlet-pereira-e-joao-alfredo-de-c-mangabeira/>. Acesso em: 8 ago. 2021.

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