

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Núcleo Regional Noroeste

BOLETIM INFORMATIVO
Número 1
Edição de 2022



**O futuro passa
por aqui**



O Boletim de Tecnologia e Inovação é uma publicação seriada do Núcleo Regional Noroeste da SBCS. Neste primeiro número, teve como editores técnicos a sócia Dra. Elaine Almeida Delarmelinda e o sócio Dr. Luciélío Manoel Silva.

O Boletim é composto por seções obrigatórias (Resgate histórico, Notícias administrativas, Artigos de Opinião, Artigos informativos e Quem faz inovação) e outras seções facultativas, com o objetivo de popularizar e difundir o conhecimento sobre a ciência do solo nos Estados do Acre e Rondônia.

O conteúdo da obra é de responsabilidade dos respectivos autores, não representando a opinião dos editores, do Núcleo Regional Noroeste da SBCS ou da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. A responsabilidade pela revisão gramatical e pelas normas ortográficas foram dos respectivos autores, cabendo aos revisores *ad-hoc* avaliar apenas a pertinência da informação técnica.

Boletim Informativo do NRN-SBCS

Editora: Elaine Almeida Delarmelinda (UNIR)

Co-editor: Luciélío M. da Silva (Embrapa Tabuleiros Costeiros)

Avaliadores ad-hoc:

José João Lelis Leal de Souza (UFV)

Marcos Gervasio Pereira (UFRRJ)

Rafael de S. Cavassani (University of Saskatchewan)

Rinaldo J. da S. Júnior (Embrapa Tabuleiros Costeiros)

Diagramação: Karina Thaís Lima Burity

Capa: Foto de Paulo Guilherme Salvador Wadt

Participe do Boletim Informativo

Os artigos para o Boletim Informativo podem ser enviados para editores@sbc-noroeste.agr.br

Diretoria:

Período: 2022/2025

Diretora: Karina Thaís Lima Burity (UFRPE)

Vice-Diretora: Elaine Almeida Delarmelinda (UNIR)

Diretor de Gestão: Paulo G. Salvador Wadt (Embrapa Rondônia)

Conselho Fiscal:

Presidente: Edilaine Istéfani Franklin Traspadini (Seagri-RO)

Membro: Henrique Nery Cipriani (Embrapa Rondônia)

Membro: Elizio Ferreira Frade Junior (UFAC)

WWW.SBCS-NOROESTE.AGR.BR

[Instagram @noroeste.sbc](https://www.instagram.com/noroeste.sbc)

NOTA DOS EDITORES

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), fundada em 1947, é uma entidade científica e civil sem fins lucrativos com objetivo principal de reunir pessoas e instituições, na promoção e desenvolvimento da Ciência do Solo no Brasil. A SBCS é constituída por um corpo técnico altamente qualificado, composto por mais de 400 associados, entre estudantes, graduados, especialistas, mestres e doutores em ciência do solo e áreas correlatas, com participação significativa nas demandas do setor público e privado.

Na Amazônia Sul Ocidental, a SBCS é representada atualmente pelo Núcleo Noroeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, que abrange os limites geográficos dos Estados do Acre e Rondônia. Foi fundado em 2015, com a missão de colaborar no desenvolvimento regional, especialmente de forma técnico-científica, por meio de seus associados, e atualmente composto por 11 associados, profissionais que atuam na docência, pesquisa e extensão.

Ao longo da atuação de seus associados, a SBCS, com apoio de instituições públicas e privadas, sempre contribuiu para o fortalecimento técnico-científico na

região noroeste da Amazônia, destacando-se pela organização de duas edições da Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, realizadas no Acre (2010) e Rondônia (2017 e 2018), excursões científicas que contribuíram para desmistificar e conhecer mais detalhadamente os solos amazônicos, e para a reflexão para tecnologias próprias para o bom uso da terra.

Destaca-se também, a realização de três reuniões científicas do núcleo entre 2012 e 2016, reunindo cientistas e técnicos que possibilitaram conhecer iniciativas em pesquisa e técnicas de manejo dos solos, compartilhar experiências profissionais e formar redes de colaboração. Em 2021, dois eventos online foram realizados em parceria com instituições públicas e privadas, e contaram com mais de 2.000 participantes e 15.000 visualizações.

Em “Caminhos da Produção Agroflorestal na Amazônia” abordou-se as complexidades do uso das terras e das paisagens da Amazônia, face a grande diversidade de arranjos produtivos, desde aqueles voltados para a exploração extrativista até sistemas agrícolas de ele-



NOTA DOS EDITORES

vado nível tecnológico.

No segundo evento, "O espaço rural no desenvolvimento da Amazônia no século 21" foram apresentados os desafios e as oportunidades associadas aos diferentes modelos de uso da terra na Amazônia Sul Ocidental, sendo discutidos os principais avanços tecnológicos para o fortalecimento da economia regional, com ênfase nos processos de manejo dos recursos solo e água.

Parte do conteúdo destes eventos estão publicados na forma de obras literárias, e as produções audiovisuais disponíveis em plataformas digitais, gratuitamente acessíveis à sociedade.

Agora o Núcleo Noroeste está lançando seu primeiro Boletim Informativo, visando informar e orientar sobre tecnologias e avanços científicos resultantes das áreas de ciência do solo e correlatas, voltadas para o uso e manejo do solo e da água.

Neste primeiro número teremos um resgate histórico do maior levantamento de recursos naturais já realizado no país, o RADAM BRASIL. Apresentaremos a trajetória de um professor de ensino superior que nasceu e leciona no Acre, e uma homenagem póstuma à querida Dra. Marília Locatelli da Embrapa-Rondônia.

Conheceremos os laboratórios de análise de solos situados no Noroeste, e um panorama do maior programa de nacional de solos, o PronaSolos, e sua importância para a gestão territorial da zona de desenvolvimento ZDS (Zona de Desenvolvimento Sustentável Abunã-Madeira).

As particularidades dos solos do noroeste e os desafios para desenvolver tecnologias adaptadas também é tema deste volume, bem como as contribuições científicas ao longo de duas décadas por meio de trabalhos de mestrado e doutorado, desenvolvidos nestes solos.

Boa leitura!!

CAMINHOS DA PRODUÇÃO AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA

I Workshop de Cadeias de Produção Agroflorestal Prioritárias da Amazônia
27/04 a 30/04

Mais de 20 palestras
Apresentação de projetos P&D
Submissão de trabalhos científicos até 20/04

EVENTO ONLINE! INSCREVA-SE:
www.even3.com.br/caminhosamazonia/

Promoção e realização

SUFRAMA, Embrapa, RONDÔNIA, SEAGRI, GEPLAC, UNIR, INSTITUTO FEDERAL DE RORAIMA

DE 17 A 20 DE NOVEMBRO DE 2021, 11:00 - 21:00 HORÁRIO DE RONDÔNIA

O espaço rural no desenvolvimento da Amazônia no século 21.
II Reunião de Ciência do Solo do Núcleo Noroeste

Inscrições gratuitas online: www.even3.com.br/noroeste2021

Solos e suas tecnologias para o desenvolvimento da Amazônia

PROMOÇÃO: Núcleo Regional Noroeste, UNIR, Núcleo Regional Noroeste, INSTITUTO FEDERAL DE RORAIMA
REALIZAÇÃO: SEAGRI, Embrapa
APOIO E PROMOÇÃO: CPS



ÍNDICE

RESGATE HISTÓRICO

- 07 O Projeto Radam/Radambrasil e os Levantamentos De Solos Na Região Amazônica

QUEM FAZ A CIÊNCIA

- 21 Uma vida dedicada à pedologia no Acre

HOMENAGENS

- 25 Marília Locatelli, destemida pioneira da pesquisa agroflorestal rondoniense

ARTIGOS INFORMATIVOS

- 29 Importância do Programa PronaSolos para a Gestão Territorial na Região do Projeto Zona de Desenvolvimento Sustentável Abunã-Madeira
- 37 Estado da arte dos serviços de análises de solo destinados ao produtor rural no Noroeste da Amazônia
- 41 Diversidade dos solos da Amazônia Sul Ocidental
- 49 Teses e Dissertações do Noroeste da Amazônia: duas décadas de avanço no conhecimento dos solos do Acre e Rondônia

ARTIGO DE TECNOLOGIA

- 54 Tecnologia do Biochar: implicações ambientais e agronômicas





AUTOR

VIRLEI ÁLVARO DE OLIVEIRA

O PROJETO RADAM/RADAMBRASIL E OS LEVANTAMENTOS DE SOLOS NA REGIÃO AMAZÔNICA



Avaliação e localização da área a ser trabalhada no escritório de apoio em Manaus.

Com base principalmente na experiência vivida pelo autor como membro da equipe de pedologia do Projeto RADAM/ RADAM-BRASIL, e em algumas narrativas disponíveis nas poucas publicações oficiais que versam sobre o tema, procurou-se aqui registrar alguns aspectos interessantes e pouco conhecidos das atividades do referido Projeto.

Como é de conhecimento geral, para muitas regiões brasileiras, particularmente no ambiente amazônico, os levantamentos de solos realizados pelo mesmo, são ainda hoje, a única informação oficial existente sobre os seus solos, particularmente no que tange à sua ocorrência e distribuição geográfica. Nesta oportunidade são apre-

sentadas em linhas gerais, informações sobre o Projeto em si, sobre algumas particularidades de desenvolvimento de seus trabalhos, as dificuldades e os desafios enfrentados, incidentes ocorridos, pessoal envolvido e produtos gerados. Buscou-se realçar também aspectos específicos dos trabalhos de levantamentos realizados nas terras dos estados do Acre e de Rondônia.

O PROJETO RADAM/RADAMBRASIL

Em 1965 foi iniciado no Brasil através do CNAE (Comissão Nacional de Atividades Espaciais) precursora do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), em associação com a NASA (National Aeronautics and Space Administration) dos Estados Unidos da América, um programa para a implementação de pesquisas no campo da aplicação do sensoriamento remoto para levantamentos de recursos naturais. Relacionada a esta parceria, em 1969 foi realizada uma demonstração de aerolevanteamento com emprego de radar de visada lateral, numa área de 5.000 km², situada no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, obtendo-se resultados muito satisfatórios.

Em razão dos bons resultados e das grandes vantagens de se trabalhar com imagens de Radar, por ser relativamente de baixo custo, prazo reduzido para obtenção, e por suas características de não sofrer interferências das condições atmosféricas, o DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério das Minas e Energia) propôs criar a Comissão de Levantamentos Radargramétricos da

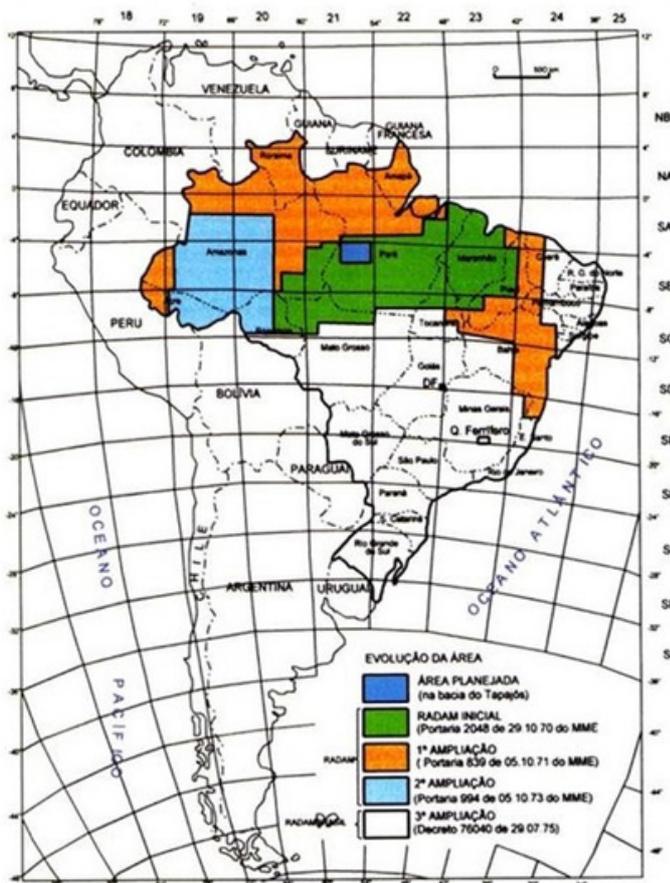


Figura 2 – Ampliações sucessivas de área do Projeto.

Amazônia (CRADAM), que ficou mais conhecida como Projeto RADAM com símbolo mostrado na Figura 01, para atuar inicialmente numa área de 44.000 km² na região do baixo Tapajós, no estado do Pará, o que se concretizou em 29/10/1970. Em seguida, esta área foi ampliada para 1.500.000 km² abrangendo



Figura 1 – Símbolo do Projeto RADAM.



Trabalho em campo, abertura de trincheira.

grande parte da Amazônia, a Pré-Amazônia e porção da região Nordeste, por sua vez ampliada sucessivamente até contemplar todo o território nacional (Figura 2).

Conforme Oliveira (2018) ao longo dos 16 anos de existência (1970-1986) o Projeto RADAM/RADAMBRASIL chegou a contar com 65 pedólogos oficialmente registrados em seu quadro técnico, lotados em bases de apoio nas cidades de Belém, Natal, Salvador, Rio de Janeiro, Goiânia e Florianópolis.

Montou sua equipe de pedologia contratando alguns poucos profissionais que detinham alguma experiência em levantamentos de solos (oriundos direta ou indiretamente de equipes treinadas pela Comissão de



Embarque em avião C47 para transporte de carga e de pessoal entre acampamentos.

Solos do Ministério de Agricultura) e muitos recém formados, na maioria Engenheiros Agrônomos, que foram treinados em serviço. É bom registrar que no Brasil, até os dias atuais, não se ensina a prática de mapeamento de solos nos meios acadêmicos.

DESAFIOS PARA REALIZAR LEVANTAMENTOS DE SOLOS NA AMAZÔNIA

A elaboração de levantamentos de solos requer pelo menos três atividades básicas (IBGE, 2015), a saber: o reconhecimento (identificação e caracterização) dos solos no campo; o estabelecimento dos limites de cada ocorrência e sua delimitação sobre material cartográfico, o que é sempre melhor executado com auxílio de sensores remotos e, por fim, a disposição destes limites com respectiva legenda de identificação sobre base cartográfica.

Naturalmente que para uma região tão ampla e tão especial quanto a Amazônica, executar atividades que carecem de investigações de campo em toda a sua extensão, requereu do Projeto à ocasião, bastante criatividade e porque não dizer também, considerável dose de "ousadia", considerando principalmente, o relativamente curto prazo disponível e a necessidade de buscar soluções para os desafios inerentes à região tal como ela se apresentava, enorme, inóspita em sua maior parte, praticamente sem acessibilidade terrestre, além de quase toda recoberta por densa vegetação florestal.

Dentre os principais desafios àquela ocasião, pode-se destacar: resolver as questões da falta de sensor remoto e de bases cartográficas e, promover ações para execução das investigações de campo. Somavam-se a estes, o pioneirismo para as equipes envolvidas em um trabalho desta natureza, ou



Visualização da clareira na mata

seja, o ineditismo do trabalho, impondo que procedimentos aplicados fossem avaliados e ajustados paulatinamente, à medida que eram postos em prática.

PROCEDIMENTOS CARTOGRÁFICOS EMPREGADOS PARA ATENDER AS DEMANDAS POR SENSOR REMOTO E BASES CARTOGRÁFICAS

Mesmo com a elaboração na década de 1960, de uma cobertura com fotografias aéreas para boa parte do território brasileiro em trabalho contratado à USAF (United States Air Force) pelo governo brasileiro, a região amazônica por ser quase constantemente encoberta por nuvens não foi contemplada com este tipo de sensor, o que fez com que a maioria absoluta de seu território não contasse ao mesmo tempo, com sensores remotos e com bases cartográficas, uma vez que somente após 1960, com a execução do Plano Carta do Brasil em escala 1:250.000, começaram a ser elabora-

das bases cartográficas para o país (Archela e Archela, 2008), o que se iniciou pelas regiões costeiras e mais meridionais, adentrando muito posteriormente para os interiores, mas somente nos locais onde não havia problemas de cobertura de nuvens.

Conforme Lima (2008), em junho de 1971 iniciou-se o aerolevanteamento para produção das imagens de radar que contemplou a região da primeira fase do Projeto ou “fase RADAM” (Figura 2), que foi concluído em 1972. Este trabalho produziu além das imagens de radar, fotografias infravermelho coloridas e multiespectrais e vídeos de perfis altimétricos de radar em linhas de voo, espaçadas a cada 15'. O acervo resultante encontra-se armazenado nas dependências do Serviço Geológico do Brasil - CPRM e inclui: negativos e diafilmes das imagens de radar, série de registros originais de voo, filmes multi-espectrais e infravermelhos e data filmes com os registros primários do radar.

Mesmo tendo solucionado a questão do sensor remoto com a produção das imagens de radar, havia ainda outras pendências de suma importância a serem resolvidas, como era a inexistência de cartografia para a maior parte da região, por mais básica que fosse, e o Projeto teve que contornar este problema também. Como o controle planimétrico nos métodos convencionais seria impraticável para toda a região amazônica, para exercer controle cartográfico sobre o aerolevante realizado, o Projeto lançou mão do método de rastreamento de satélites geodésicos TRANSIT para determinação das coordenadas geográficas de vários locais onde foram implantadas estações terrestres SHORAN (Lima, 2008). Tais estações foram instaladas próximas a campos de pouso, que eram de relativamente fácil identificação nas imagens.

O controle cartográfico obtido, junto às informações de cartografia extraídas das imagens de radar (eventuais caminhos e estradas, povoados, vilas, aldeias, rios e lagos), possibilitou a produção de 251 cartas planimétricas, utilizadas para assentar todas as informações produzidas ou levantadas, na forma de mapas (PROJETO RADAM BRASIL, 1981).

Para a segunda fase do Projeto, denominada "fase RADAMBRASIL", em aerolevante realizado nos anos 1975 e 1976 não mais foram processadas fotografias aéreas em razão de experiência negativa obtida na primeira fase, mas foram produzidas imagens de radar para o mapeamento do restante do território nacional e, como apoio em escritório, utiliza-

ram fotografias aéreas produzidas pela USAF, bem como imagens de Satélite dos programas Landsat e Spot, únicas imagens orbitais existentes na ocasião. As imagens de radar foram o produto mais utilizado dentre os produzidos pelo Projeto e a partir delas, foram gerados 551 mosaicos semicontrolados nas escalas 1:250.000 e 47 na escala 1:1.000.000, para todo o Brasil.

PROCEDIMENTOS EMPREGADOS PARA EXECUÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES DE CAMPO

Resolvidas as questões atinentes à cartografia, os esforços se voltaram para fazer as equipes técnicas terem acesso aos pontos de interesse em campo, para, como se costumava dizer à ocasião "conhecer a verdade terrestre". Há que se realçar que como a fase inicial do Projeto incluía além de terras da Amazônia, terras de áreas periféricas à mesma em sua porção oriental, especificamente os estados do Maranhão e do Piauí (**Figura 2**), os trabalhos de campo se iniciaram por esta porção obviamente, uma vez que a mesma detinha razoável estrutura rodoviária e se encontrava bastante "aberta" em relação ao restante, além de contemplar áreas com vegetação menos densa, tais como cerrado e até mesmo caatinga.

O trabalho nesta parte oriental, realizado no início dos anos 1970, culminou com a publicação dos 3 primeiros volumes do Projeto no ano de 1973 (volumes 1, 2 e 3) e serviram para estabelecer e aprimorar o conhecimento sobre o potencial das imagens de radar e de sua relação com os alvos de interesse (vegetação, relevo, massas



Figura 3: Aspecto da pistas de pouso e heliporto utilizados ; Clareiras naturais utilizadas para alcance dos alvos.

d'água e solos, entre outros). Nesta fase foram realizados grandes perfis de reconhecimento ao longo das rodovias existentes, utilizando sobrevoos em baixa altitude, para associar os padrões de imagem aos mesmos. Desenvolveu-se assim o "know how" necessário para a utilização das imagens de radar com propósito de mapeamento dos recursos naturais e estabeleceu-se serem as "operações" de sobrevoos, de grande importância para os temas que trabalhariam com os alvos mais superficiais dos terrenos, dentre eles cartografia (toponímia em geral), geomorfologia (relevo) e vegetação.

Com o deslocamento dos trabalhos para oeste a partir de 1974, adentrando as áreas de mata amazônica propriamente dita e com os acessos terrestres escasseando, houve a necessidade de empregar helicópteros para o alcance dos alvos, primeiramente com descidas em clareiras naturais ou áreas abertas pelo homem (fazendas) e que ainda existiam na região em quantidade razoável (**Figura 3 e 4**), porém não era uma ocorrência generalizada e, via de regra, não existiam em todos os locais de interesse para as investigações de campo. Em uma segunda campanha de campo realizada ainda em 1974, este problema passou

a ser resolvido com descida em fazendas ou clareiras naturais e fazendo o alcance dos alvos com caminhamentos a pé.

À medida que os trabalhos se deslocavam continuamente para oeste na mata densa, havia uma diminuição significativa na quantidade de fazendas, e estas por geralmente estarem instaladas em áreas aplanadas, homogêneas ambientalmente e sem ocorrência de rochas aflorantes possibilitavam o pouso das aeronaves, mas nem sempre atendiam os interesses de todos os temas investigados e isto fazia com que os técnicos andassem por vezes longas distâncias à procura de suas situações de interesse. Também as clareiras naturais eram muito escassas, requerendo que se utilizasse ou se desperdiçasse muitas horas de voo para encontrá-las, e muitas vezes sem sucesso pleno, pois comumente se tratavam de afloramentos de rochas ou de locais alagados, que não atendiam os interesses de todas as equipes técnicas, e estes fatos determinaram que para as etapas seguintes fossem processadas adequações na sistemática de trabalho.

Deu-se início então a fase da utilização maciça de helicópteros, mas com pouso em clareiras previamente

abertas na mata com emprego de técnicas de rapel (**Figura 5**), que à ocasião era uma prática exclusiva de alguns batalhões das Forças Armadas. Para empregar a técnica, o Projeto contratou pessoal egresso do esquadrão PARA-SAR (Esquadrão Aero terrestre de Resgate e Salvamento) da Força Aérea Brasileira (Lima, 2008).

A partir de 1975, deu-se início então ao trabalho que ficou como a marca registrada do Projeto, que foi o levantamento dos recursos naturais da Amazônia central e ocidental, apresentado em 14 volumes publicados (do 7º ao 20º), tendo como carro-chefe as ações ou operações aéreas, seguidas das fluviais e localizadamente das rodoviárias. Cabe realçar então, que na região Amazônica houve uma evolução ou adequação de estratégias e procedimentos de trabalho determinadas pelas características das áreas alvo em cada momento.

Para a pedologia que buscava na medida do possível, alcançar as partes mais centrais dos grandes pedoambientes, observando as diversas ocorrências dentro de cada um, as campanhas por estradas eram as mais pro-

dutivas por possibilitar o alcance deste objetivo de forma mais plena, enquanto nas campanhas com helicópteros, esta última parte era prejudicada, e nas campanhas fluviais os objetivos nem sempre eram alcançados, pois muitas vezes, o deslocamento em meio à mata densa a partir da margem dos rios, era deveras dificultado por ocorrências diversas como cipoais, áreas alagadas do tipo igapó, além de comumente serem grandes as distâncias que se necessitava percorrer a partir da margem dos rios até os locais de interesse.

- **Dentre as muitas estratégias de trabalho adotadas, merecem menção:** Utilização de acampamentos itinerantes em locais estratégicos dentro da floresta (**Figura 6**), que funcionavam como centro de operações, alojamentos e apoio aos trabalhos de campo; emprego sistemático de aeronaves e embarcações fluviais (**Figura 7**), em razão da deficiência e mesmo inexistência de acessos rodoviários; utilização de trados do tipo “caneco” com 5 de diâmetro, para realizar as son-



Figura 4: Aproximação e estacionamento dos helicópteros nas clareiras abertas.



Figura 5: Operações de rapel para descida em mata e visão da descida em clareira abertura.

dagens e coleta de amostras de solos.

Ao cabo de 9 anos de atividade sob a denominação Projeto RADAM, foi concluído o mapeamento de solos de toda a região amazônica, e ao cabo de mais 7 anos, já sob a denominação Projeto RADAMBRASIL foi concluído o levantamento de todo o território nacional em nível exploratório. No entanto, conforme observou Oliveira (2021) os mapas de solos elaborados, se por um lado forneceram importantes e em sua maioria inéditas informações sobre os principais solos ocorrentes, por outro, em razão do nível cartográfico empregado, não levantaram informações específicas dos solos, necessárias para embasar ou direcionar aspectos inerentes à sua exploração sustentável, tornando-os de aplicação limitada.

Além dos solos, o Projeto RADAM/RADAMBRASIL levantou concomitantemente, outros recursos naturais como vegetação natural (tipologia e inventários florestais), geologia (estratigrafia, ocorrências minerais e possibilidades metalogenéticas), relevo (compartimentação geomorfológica) e procedeu a avaliação do uso potencial das terras. Naturalmente que tudo a

um determinado custo, que segundo Lima (2008) girou em torno de 185 milhões de dólares para todo o Brasil (cerca de US\$ 21,5/km²), valor considerado por muitos como muito baixo, levando-se em conta a relação custo-benefício.



Figura 6: Acampamento em sub-base de apoio; barracas dormitório com redes de selva.



Figura 7: Transposição de cachoeiras puxando as embarcações e; transposição em meio a picadas na mata.

Obviamente que um trabalho de tamanha envergadura, que chegou a contar com cerca de 700 servidores ao todo, e que utilizou cerca de 38.000 horas de voo, entre aviões e helicópteros, naturalmente contabilizou também muitas perdas materiais e humanas. Segundo dados apresentados por Lima (2008), ocorreram 8 acidentes com aviões, 9 com helicópteros, 2 com embarcações fluviais, 2 com carros e 3 no processo de abertura de clareiras na mata (rapel), totalizando 48 vítimas fatais em todo o Brasil e, ainda, 7 vítimas por doenças do tipo malária, infarto e hepatite.

O DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS NOS ESTADOS DO ACRE E RONDÔNIA

Na última parte dos trabalhos da fase Projeto RADAM, que se encerrou oficialmente em janeiro de 1979 com o lançamento do volume 18, foram

contempladas as terras dos estados do Acre e de Rondônia. Nela se desenvolveram basicamente campanhas de campo com uso de embarcações fluviais apoiadas por helicópteros e campanhas exclusivamente com uso de helicópteros, principalmente no estado do Acre, pois em Rondônia, algumas rodovias importantes já existiam e foram utilizadas.

Na ocasião de desenvolvimento destes trabalhos a estrutura administrativa do Projeto tinha sede em Belém (PA) e contava com escritório de apoio em Manaus (AM), de onde partiam as expedições fluviais para alcançar os diversos pontos do interior da região, subindo os rios que a drenavam (**Figura 8**). Para as campanhas aéreas com helicópteros, foram montadas bases e sub-bases de apoio operacional em locais estratégicos, na forma de acampamentos que centralizavam as ações em deter-



Figura 8: Campanhas de campo por via fluvial com “voadeiras”.

minado raio de operação das aeronaves. No estado do Acre, os trabalhos de campo foram realizados entre junho de 1975 e agosto de 1976 e foram criadas bases de apoio nas cidades de Cruzeiro do Sul e Rio Branco (Lima, 2008), e uma sub-base na região de Marechal Thaumaturgo, enquanto no Estado de Rondônia, os trabalhos de campo foram realizados entre junho de 1973 e junho de 1978, e foram criadas bases de apoio nas localidades de Porto Velho, Vilhena, Ariquemes, Ji-Paraná e Guajará-Mirim e uma sub-base na Fazenda Ilha das Flores, às margens do rio Guaporé ao sul do Estado. Outras bases de apoio montadas fora dos limites territoriais destes estados, como nas localidades de Humaitá, Lábrea e Pauini no estado do Amazonas, e Aripuanã e Pontes e Lacerda no Mato Grosso, serviram também de apoio à visitação de locais dentro dos limites dos mesmos.

No estado do Acre, além da visita-

ção aos locais previamente escolhidos com utilização de helicópteros, foram percorridos os trechos de estrada pavimentados existentes, cerca de 50km ao sul de Rio Branco no sentido de Xapuri (AC-040 e BR-317) e, todos os demais trechos já implantados e não pavimentados, destacando-se a BR-364 desde a fronteira com Rondônia até a cidade de Manoel Urbano, a BR-317 de Rio Branco a Assis Brasil na fronteira com o Peru, e a AC-040 de Rio Branco à cidade de Plácido de Castro na fronteira com a Bolívia, e ainda pequenos trechos nos arredores de Cruzeiro do Sul. Uma forma importante de acesso aos alvos neste estado foram as incursões por via fluvial, principalmente subindo o rio Purus e alguns de seus formadores (Acre, Iaco, Envira e Tarauacá) em seus trechos navegáveis, mais especificamente até as cidades de Rio Branco, Sena Madureira, Manoel Urbano, Feijó e Tarauacá, além do rio Juruá e alguns de seus for-

madores, como o rio Moa em seus trechos navegáveis na porção oeste. De maneira geral os trabalhos de campo realizados neste estado se assemelharam muito aos desenvolvidos em todo o restante da porção ocidental da Amazônia, onde a praticamente inexistência de rodovias fez com que o grosso do trabalho fosse desenvolvido por via aérea e fluvial, o que resultou numa muito baixa densidade amostral.

No caso de Rondônia, a existência de um maior número de estradas construídas e em construção à ocasião, em relação ao estado do Acre, proporcionou um trabalho mais intenso de campo e, por conseguinte, uma malha amostral mais densa, e, portanto mais representativa. Os autores do levantamento de solos do Bloco SC.20 (Folha Porto Velho), que contempla a maior parte das terras do estado, comentaram no relatório final que os trabalhos de campo realizados, foram facilitados pela extensa rede de rodovias, e foram complementados com visitações por helicópteros nos locais inacessíveis por terra. Registre-se que a rodovia BR-364, embora ainda não pavimentada já estava implantada, assim como a BR-425 que liga Porto Velho a Guajará-Mirim, e a BR-419 trecho de Porto Velho a Humaitá no Estado do Amazonas (Rodovia Transamazônica), esta última se encontrava inclusive pavimentada no trecho até Humaitá conforme é mostrado nos mapas publicados, e todas elas se constituíram importantes formas de acesso aos inúmeros pedoambientes do Estado. Deve-se também mencionar as inúmeras vias (picadões) ou estradas secundárias recém-abertas para

atender diversos projetos de assentamento que se encontravam em implantação, que facilitaram sobremaneira o acesso, e fez com que o estado de Rondônia fosse contemplado com um trabalho diferenciado do restante dos estados desta porção da Amazônia.

Complementaram os trabalhos de campo as visitações com uso de helicópteros e as incursões por via fluvial, com destaque para as campanhas nos rios Madeira, Mamoré e Guaporé.

Como curiosidades ou fatos interessantes que merecem ser destacados com relação aos trabalhos nestes estados, vale mencionar o fato de que embora o Projeto tenha feito o levantamento dos recursos naturais solos, geologia, vegetação e geomorfologia, o mesmo foi criado pelo Ministério das Minas e Energia do Brasil e, por conseguinte, sempre teve a prospecção mineral como carro-chefe de suas ações, uma vez que naqueles tempos os recursos minerais eram mais determinantes na economia global. Desta forma ao se analisar a disposição da amostragem do Projeto nos mapas de solos, observa-se uma grande concentração nas regiões serranas como na Serra do Divisor à oeste do Acre e na dos Pacaás Novos em Rondônia, confirmando a motivação por pesquisa de recursos minerais. Por outro lado, verifica-se um grande vazio de amostragem na região mais central do Estado do Acre, por exemplo, no interflúvios dos principais rios, o que se deve a inexistência de estradas e ao menor interesse do Projeto neste tipo de ambiente.

Vale mencionar também que mesmo não trabalhando predominantemente



Figura 9: Registro de alguns acidentes com aeronaves do Projeto. Primeira fotos (Esquerda) : acidente com helicópteros da FAB na sub-base de Ilha das Flores, margem do rio Guaporé, Rondônia, e acidente extraído de Lima (2008).

mente com visitas com uso de helicóptero no Estado de Rondônia, o mesmo foi palco de grave acidente com este equipamento (**Figura 9**), o que se deu na sub-base de apoio situada na Fazenda Ilha das Flores, às margens do rio Guaporé no sul do Estado, que embora sem vítimas fatais, danificou pelo menos três aeronaves da FAB.

Fato curioso também foi a realização de um primeiro contato com índios de uma aldeia localizada na borda do Chapadão dos Parecis, que era sempre sobrevoada quando se partia da base de apoio de Vilhena para os trabalhos de campo. Fez-se a descida e o contato amigável, que culminou com troca de presentes (**Figura 10**).



Figura 10: Flagrante de índios observando o trabalho em meio à mata; contato com tribo de indígenas desconhecidos à ocasião, no alto da Chapada dos Parecis – MT, com troca de presentes.

Autor:

Virlei Álvaro de Oliveira é Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Geociências e Meio Ambiente, pesquisador aposentado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

E-mail: virlei53@gmail.com

Referência Bibliográfica

ARCHELA, R. S. & ARCHELA, E. **Síntese cronológica da cartografia no Brasil**. Portal da Cartografia. Londrina, v. 1, n. 1, maio/ago. 2008. P. 93-110.

IBGE. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430p. il.

LIMA, M. I. C. de, PROJETO RADAM: **Uma Saga Amazônica**. Editora Pakatatu. Belém, 2008. 132p. il.

OLIVEIRA, V.A. de, **O Projeto RADAM/RADAMBRASIL e a pedologia nacional**. In: Desbravar, conhecer, mapear: memórias do Projeto Radam/Radambrazil. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

OLIVEIRA, V. A. de, **Solos do Sudoeste da Amazônia. In: Solos da Amazônia Ocidental: base da sustentabilidade agrícola e ambiental / Lucielio Manoel da Silva... [et al.], editores técnicos**. - Brasília, DF : Embrapa, 2021. 130 p. (PDF) : il. ; 21 cm x 29,7 cm

PROJETO RADAMBRASIL. **Comissão Executora do Projeto Radambrazil**. Informações Básicas, 2. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1981.52p.

Uma vida dedicada à pedologia no Acre

Quando recebi o convite para falar da minha trajetória acadêmica e profissional, a primeira preocupação foi como relatar de forma cronológica, sem esquecer fatos relevantes, e pessoas que me influenciaram de forma marcante nesses quase 30 anos dedicados à pedologia.

Nasci em meados da década de 60, na cidade de Rio Branco, capital do Acre. Filho de seringueiros e avós paternos que migraram do Nordeste, fugindo da seca, desde pequeno tive contato com o meio rural.

Com o declínio na produção da borracha, meus pais mudaram-se para a cidade de Rio Branco. Naquele tempo, em Rio Branco, meu pai exerceu a atividade de catraieiro, ou seja, conduzia embarcação (catraia) para transportar a população de uma margem a outra do rio Acre. Depois foram contemplados com uma área rural (colônia), uma forma, na ocasião, do governo em apoiar a leva de seringueiros que migraram dos seringais para os centros urbanos. Quando adolescente, durante as férias, ajudava meus pais na lida da colônia, tais como na limpeza de roçado, plantio e colheita do milho e mandioca, ordenha do gado, etc.

Estudei boa parte dos anos em escola pública no Acre. No início dos anos 80, tive a oportunidade de cursar o segundo grau profissionalizante em Brasília, no curso de Habilitação Básica em Química. Ao término do segundo grau, em meados dos anos 80, retornei ao Acre. Na ocasião, prestei vestibular para o curso de Agronomia e fui aprovado na Universidade Federal do Acre (UFAC).

Iniciei ali minha jornada nas ciências agrárias, mas nem de longe imaginava o rumo que minha vida profissional iria tomar. Ao término do curso, realizei meu Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) sob a orientação do saudoso professor José Ribamar Torres da Silva (*in memoriam*), que além de orientador, foi antes de tudo um amigo. Foi com o professor Ribamar que iniciei na “arte” da descrição de um perfil de solo a campo. De forma didática, elucidativa e apaixonada, ele passava os conceitos embutidos na descrição do solo, e ensinava a classificá-lo. Lembrando que naquele tempo, final dos anos 80, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) ainda não estava consolidado como na atualidade.

Ao concluir o curso de agronomia, o procurei para me aconselhar se seria oportu-



Autor: Edson Alves de Araújo

Foto: Excursão da IX RCC- Acre (2010) em Cruzeiro do Sul, Acre.



Uma das primeiras excursões de solos que participei no Acre, em 1999. Agachados: Genilson Maia, Bob Dylan. Em pé: Edson Araújo, Nilson Bardales, Maria Dalzenira, Carminda Luzia, Emanuel Amaral, Crispim, Eufan Amaral e Tarcísio Ewerton (*in memoriam*).

nas de culturas (anuais e perenes). Concomitantemente, atuava na rede de ensino estadual, onde pude ministrar a disciplina de química, fato que despertou minha vocação para a docência.

Em 1992 recebi o convite do Professor Eufan Ferreira do Amaral, à época, professor visitante na área de solos da Universidade Federal do Acre, para trabalhar no Programa Estadual de Zoneamento do Acre (PROEZA), núcleo de trabalho que iniciou as incursões a fim de realizar o Zoneamento do Acre. A experiência foi um marco na minha vida profissional, pois dali surgiu uma grande amizade entre nós, e uma parceria no desenvolvimento de trabalhos e projetos na área de solos. A partir daí, comecei a conhecer o Acre, seus solos, suas potencialidades e sua gente. Essa parceria me deu base e conhecimento teórico-prático para ingressar no mestrado da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 1998.

Na UFV, tive a orientação do Dr. João Luiz Lani, uma pessoa iluminada e com a capacidade de transmitir conceitos e teorias de forma bastante didática. Com ele, comecei a perceber os solos inseridos no ambiente. Isso trouxe reflexos relevantes nos trabalhos e pesquisas que desenvolvi, desde então. Minha incursão no mestrado abriu o caminho para os amigos e parceiros Eufan Amaral e Nilson Bardales, os quais, posteriormente, também foram orientados pelo Dr. Lani.

Desenvolvi meu trabalho de dissertação no Acre, município de Sena Madureira, em área de assentamento rural com foco nas alterações das características físicas e químicas do solo após o desmate, queima e posterior utilização agrícola e pecuária.

No início de 2000, retornando ao Acre, contribuí em trabalhos pioneiros no ZEE-Acre, em sua primeira fase, na compilação do mapa de solos. Na ocasião, reclassificamos os perfis de solo conforme o SiBCS, lançado no ano anterior em evento durante o CBCS, realizado no Centro de Convenções em Brasília.

no ingressar no mestrado na área de solos, onde fui orientado a ingressar na vida profissional, no sentido de ganhar experiência e só depois seguir com o mestrado na área.

Segui, então, trabalhando. No ano seguinte, em 1989, ingressei na Secretaria de Estado, Agricultura e Pecuária do Acre (SEAP-AC). Nesse tempo, busquei experiências que fortalecessem meu currículo em termos profissionais e acadêmicos.

Posteriormente, prestei serviços para a UFAC, na qualidade de assistente da Professora Andréa Alechandre, que ministrava as disciplinas



Excursão de solos ao longo da BR 364 no trecho Rio Branco – Cruzeiro do Sul, no ano de 2003: Agachado: Edson Araújo. Em pé, esquerda para direita: Eufnan Amaral, Lúcio Zancanella, Nilson Bardales, Judson Valentim, Sonaira Silva, Antônio Willian Flores, Franciso, Marcio Francelino, Tadarío Oliveira e Emanuel Amaral.

No início de 2003, retornei à UFV para cursar doutorado, desta vez sob a orientação do Professor Dr. João Carlos Ker, referência nacional na área de classificação e gênese de solo. Época marcante e de consolidação dos ensinamentos na área de solos. Nesse período, concorri a uma bolsa de estudo/pesquisa da Fundação Ford, no Programa Internacional de Bolsa, no qual fui selecionado.

No doutoramento, realizei pesquisa focada na mensuração da qualidade do solo, a partir do uso de indicadores de natureza física, química e biológica em ecossistemas de pastagens com diferentes tempos de uso em comparação a mata nativa.

Em 2008 recebi o convite do Dr. Eufnan Amaral, que nessa época era Secretário de Meio Ambiente do Acre (SEMA), para coordenar o Departamento de Gestão Territorial e Ambiental. Um grande aprendizado, considerando que o referido departamento possuía três divisões: O Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE), o Ordenamento Territorial Local (OTL) e Etnozoneamento. Na oportunidade, colaborei para a concepção, elaboração e implementação de políticas ambientais para o estado. Destaco também o legado de documentar estas ações por meio da publicação de manuais, guias, cartilhas e livros técnicos, alguns produtos ainda provenientes dos estudos do ZEE do Acre. À frente da SEMA, no ano de 2010, exerci o cargo de assessor técnico.

Enquanto estive a serviço da SEMA apoiei, em parceria com a Embrapa, a realização da IX Reunião de Correlação e Classificação de Solos do Acre – IX RCC, promovida pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Fiz parte, em 2009, da equipe que participou dos trabalhos prévios de prospecção, abertura e descrição morfológica dos perfis de solos utilizados durante a reunião em 2010. Na ocasião, tive a enorme satisfação de conviver e aprender com ícones da pedologia brasileira, a exemplo de Paulo Klinger Tito Jacomine (*in memoriam*), Lúcia Helena dos Anjos e Virlei Álvaro de Oliveira.

Em 2011, retornei à Secretaria de Agricultura, período em que aproveitei para trabalhar em produtos (artigos e livros) que havia pesquisado no doutorado. No período, assumi a área de planejamento da SEAP.



Trabalho de excursão prévia a IX RCC – AC, ocorrido em 2009. Agachados (esquerda para direita): Edson Araújo, Falberni (Embrapa), Marcio Francelino (UFV); Em pé: Dázio Bayma, João Lani, Klinger, Virlei, Nilson Bardales, Lucia dos Anjos (UFRRJ); Acima (sentados): Elaine Delarmelinda (UNIR), Pedro Araújo e Paulo Wadt (Embrapa).

No início de 2013, atuei junto ao grupo temático Sistemas Integrados e Áreas Degradadas (SIAD) da Embrapa Acre como pesquisador visitante. Foi neste ano também que prestei concurso público para docente da UFAC – *Campus* Cruzeiro do Sul, na área de Ciência do Solo. Concretizava-se assim a realização de um antigo sonho de ser professor universitário.

Por estar numa região distante dos grandes centros em que há ainda muito a pesquisar, iniciei trabalhos de prospecção para realizar o levantamento dos solos e ambientes da área do *Campus* em colaboração com os acadêmicos dos cursos de Agronomia e Florestal. Neste meio tempo, aprovei um projeto no edital da Prograd-UFAC a fim de obter apoio nessa atividade. Como resultado do levantamento, o *campus* possui na atualidade 7 perfis de solo que são utilizados como unidades didáticas.

Os próximos desafios dizem respeito ao levantamento detalhado da área experimental do *Campus* Floresta, da área indígena Puywanawa e dos demais municípios que compõem a regional do Juruá, ou seja, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Thaumaturgo e Porto Walter.

Para finalizar este relato, gostaria de enfatizar que trabalhar com pedologia não é tarefa fácil, uma vez que exige um esforço físico e intelectual tremendo. O esforço mental reside no fato de ser necessário conhecimento nas mais diversas áreas da pedologia, geologia, geomorfologia e o uso de geotecnologias. O esforço físico é refletido na exigência de longas viagens de deslocamento, caminhadas, tradagens, abertura de perfis de solo (trincheiras), descrição dos solos e coleta de material. Mas, ainda assim, apesar das dificuldades e falta de incentivo, a pedologia proporciona o convívio com vários profissionais, pois não se atua nessa atividade sozinho. Isso torna o trabalho mais fácil e gratificante. Com tudo isso, fica o desejo de continuar fazendo a diferença e alimentando a necessidade dos estudos nessa área de pesquisas tão desafiadoras!!

Marília Locatelli, pioneira da pesquisa agroflorestal rondoniense

Marília Locatelli nasceu em Carazinho, RS, aos 18 dias de outubro de 1958. Coursou os ensinamentos fundamental e médio em Passo Fundo, e em 1981 graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), também no Rio Grande do Sul. Logo em seguida, foi para Minas Gerais cursar o mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo obtido o título em 1984.

Após o mestrado, Marília lecionou por um breve período na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), pouco tempo depois, prestou concurso público assumindo, em 1985, o cargo de Pesquisadora na Embrapa Rondônia. Em 1994 iniciou o doutorado em Soil Science (Ciência do Solo) na North Carolina State University (NCSU), Raleigh, Estados Unidos, uma das mais tradicionais na área, recebendo o título de Ph.D. no ano de 2000.

Desde o início de sua carreira em Rondônia, Marília destacou-se como mulher pioneira, tendo contribuído para o fortalecimento da categoria dos Engenheiros Florestais, chegando a ser vice-presidente (1990) e conselheira (2009 e 2014) do CREA-RO, além de ter auxiliado na consolidação do curso de Engenharia Florestal da Faculdade de Rondônia (FARO), o primeiro do estado, atuando como professora de 2005 até a data de seu falecimento, em 11 de maio de 2018. Orientou inúmeras monografias de graduação, bolsistas de iniciação científica e estagiários, auxiliando na formação de centenas de profissionais.

Na Pós-Graduação, lecionou no curso de Geografia da Universidade Federal de Rondônia (Unir), desde 2006, tendo orientado, pelo menos 10 estudantes de mestrado e dois de doutorado, fora as coorientações. Sua atuação como professora na Unir rendeu uma homenagem póstuma em forma de um livro técnico-científico organizado por professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia (XIMENES et al., 2018). Conforme se lê na dedicatória do livro, o título "Café Geográfico: Colonização, Florestas e Sistemas Agroflorestais na Amazônia" sintetiza a trajetória científica de Marília Locatelli com precisão.



In memoriam: Marília Locatelli

Autores:

Henrique Nery Cipriani

Victor Ferreira de Souza



Encontro dos funcionários da Embrapa Rondônia no dia de conscientização e prevenção do câncer de mama. Crédito da imagem: Vania Beatriz Vasconcelos de Oliveira

Na Embrapa, Marília desenvolveu projetos pioneiros para os sistemas agroflorestais com castanha-do-brasil, feijó, pupunha e cupuaçu em Rondônia e com destaque para a região Amazônica (VIEIRA; LOCATELLI; SOUZA, 1998). Também participou de alguns dos primeiros ensaios de procedência de eucaliptos no estado (CASTRO; LOCATELLI, 1986). No avançar de sua carreira, dedicou-se mais ao sistema de produção de castanha-do-brasil (LOCATELLI et al., 2008), e aos sistemas agroflorestais com café, sendo o projeto “Adequação de sistema de produção de café sombreado em Rondônia e Acre” (ADEQUAÇÃO..., 2014) seu penúltimo projeto na Embrapa.

Em suas mais de 200 publicações técnicas e técnico-científicas, há grande contribuição para a Ciência do Solo. Destacam-se seus trabalhos sobre a ocupação, aptidão e qualidade do solo sob diferentes regimes de uso, em sistemas agroflorestais, e combatendo o sistema de derruba-e-queima. Foi supervisora do Laboratório de Solos e Plantas da Embrapa Rondônia por nove anos, na época em que o laboratório atendia, além das demandas de projeto de pesquisa, aos produtores rurais do estado. Seu último projeto aprovado foi “Indicadores de sustentabilidade para sistemas agrossilvipastoris e agropastoril na região sudoeste da Amazônia”, com foco na qualidade do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), cofinanciado pela Fundação de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia – Fapero (Chamada PAP/REDE nº 001/2017), o qual, infelizmente, não chegou a executar.

De 2000 a 2007 participou como representante da Embrapa junto ao Comitê Assessor Global do ASB (Partnership for the Tropical Forest Margins), a única associação global de instituições dedicada inteiramente à pesquisa nos limites das

florestas tropicais. Também foi articuladora internacional da Embrapa Rondônia por muitos anos, representando a Unidade em eventos e recebendo visitas internacionais. Sua competência técnica e habilidades interpessoais renderam-lhe a aprovação no processo seletivo para chefe-geral da Embrapa Rondônia, cargo que ocupou de 1991 a 1994. Foi a terceira mulher a assumir a Chefia-Geral de uma Unidade da Embrapa e a primeira mulher chefe-geral da Embrapa Rondônia.

Em 25 de agosto de 2011, recebeu o fatídico diagnóstico de câncer de mama. Para tratamento, chegou a se transferir temporariamente para a Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS. Porém, seu amor por Rondônia foi comprovado ao retornar a Porto Velho, mesmo tendo todas as circunstâncias para permanecer em seu estado natal. Após quase sete anos de luta contra a doença, partiu deixando saudade, pelo seu jeito divertido e solícito. Sua trajetória foi devidamente honrada e eternizada com a Láurea ao Mérito 2021, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA, 2021).

Referência Bibliográfica

ADEQUAÇÃO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAFÉ SOMBREADO EM RONDÔNIA E ACRE.

[S. I.], 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/205970/adequacao-de-sistema-de-producao-de-cafe-sombreado-em-rondonia-e-acre>. Acesso em: 4 out. 2021.

CASTRO, A. W. V. de; LOCATELLI, M. **Competição de espécies/procedências de eucalipto na região de Vilhena-RO**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 1986. (Embrapa Rondônia. Pesquisa em Andamento). E-book. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46778/1/PA-940001.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

CONFEA. **Láurea ao Mérito 2021**. Brasília: CONFEA, 2021. E-book. Disponível em: https://www.confea.org.br/midias/confea_laur_eaomerito2021_versao_web.pdf. Acesso em: 4 out. 2021.

LOCATELLI, M. *et al.* **Cultivo da castanha-do-brasil em Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2008. (Embrapa Rondônia. Sistemas de Produção, v. 7).

VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M.; SOUZA, V.F. de. **Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 1998. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa, v. 22). E-book. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67373/1/CPAF-RO-DOCUMENTOS-22-CRESCIMENTO-DE-CASTANHA-DO-PAU-BRASIL-EM-DOIS-SISTEMAS-DE-CULTIVO-FL-11385.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

XIMENES, C. C. *et al.* (org.). **Café geográfico: colonização, floresta e sistemas agroflorestais na Amazônia**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2018. E-book. Disponível em: <https://editoracrv.com.br/produutos/detalhes/33405-detalhes>. Acesso em: 3 out. 2021.

Autores:

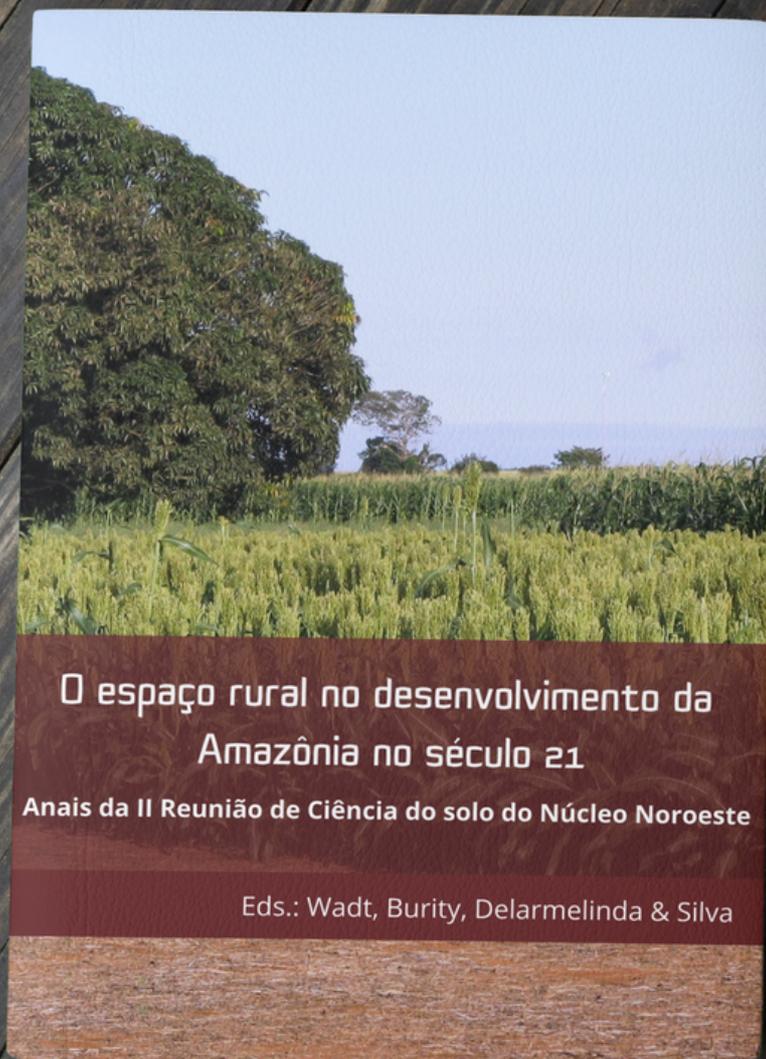
Henrique Nery Cipriani é pesquisador da Embrapa, Rondônia, RO.

E-mail: henrique.cipriani@embrapa.br

Victor Ferreira de Souza é pesquisador da Embrapa da Embrapa, Rondônia, RO.

E-mail: victor.souza@embrapa.br

**LANÇAMENTO
AGOSTO
AMAZON.COM**



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Regional Noroeste**

Importância do Programa Prona Solos para a Gestão Territorial na Região do Projeto Zona de Desenvolvimento Sustentável Abunã- Madeira

Petula Ponciano Nascimento
Lucia Helena Cunha dos Anjos
Edgar Shinzato
Mariane Crespolini dos Santos
Jose Carlos Polidoro

O solo é um recurso natural de vital importância para a vida humana no planeta, como suporte para a produção de alimentos, fibras e energia, na oferta de serviços ambientais, preservação da biodiversidade, entre outras funções essenciais, contribuindo, ainda, se bem manejados, para a mitigação das mudanças climáticas. Solos saudáveis são a base para a segurança alimentar e a sustentabilidade das gerações futuras. Dentre outras funções e benefícios à sociedade, o solo desempenha papel de destaque nos principais processos biogeoquímicos que garantem a vida na Terra, tal como no ciclo hidrológico, contribuindo para perenização dos cursos de água e controle de enchentes, bem como no ciclo do carbono, fixando esse elemen-

to; recicla nutrientes; abriga um quarto da biodiversidade do planeta; fornece material e suporte para a construção civil; bem como o valor cultural, na confecção de objetos de arte e para fins utilitários. O desconhecimento sobre o recurso solo, em especial suas potencialidades e distribuição geográfica no território nacional, dificulta a racionalização de seu uso, o que contribui para o desperdício de insumos agrícolas, principalmente da água de irrigação e dos nutrientes adicionados através de adubações, e se constitui em fator impeditivo para aumento da produção agrícola sustentável.

A falta de informação e de atenção para com esse recurso concorre para processos de degradação das terras, tais como: erosão, desertificação, con-

taminação, compactação, impermeabilização, potencialização de desastres naturais, emissão excessiva de gases de efeito estufa. Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations/Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a cada ano são perdidos mais de 20 bilhões de toneladas de solos no mundo devido à erosão, o que equivale a mais de três toneladas de solo por pessoa (MONTANARELLA et al., 2015). O solo não é um recurso renovável na escala humana, já que cada centímetro de solo pode levar centenas de anos para se formar. O que evidencia a urgência de estabelecimento de leis e adoção de estratégias que protejam e garantam seu uso e manejo sustentáveis. Estimativas da FAO projetam para 2050 um total de 9,6 bilhões de pessoas no mundo, sendo necessário, para alimentar tal contingente, aumentar em 60% a produção global de alimentos. Entretanto, a área de solos produtivos no mundo é limitada e se encontra sob constante pressão; assim, a capacidade de atender a essa demanda diminui de maneira preocupante.

O Brasil contribui significativamente para esses dados: nossos solos são, historicamente, submetidos a processos de degradação, resultando em redução do potencial produtivo. Considerado o celeiro do mundo e com um dos maiores potenciais de terras passíveis de serem incorporadas ao processo produtivo (cerca de 90 milhões ha, sem ampliar o desmatamento nos biomas protegidos), como o Brasil se posiciona? Como fará face aos desafios internos e globais, sem informação sobre solos em escalas adequadas ao

planejamento e estabelecimento de políticas de uso, manejo e conservação desse recurso essencial? É preciso agir agora, conhecer adequadamente os solos do País, para evitar sua degradação e garantir a segurança alimentar das gerações atual e futura.

Investimentos governamentais no desenvolvimento científico e tecnológico da região amazônica beiram quase um século. Porém, muito deste conhecimento é de acesso limitado, nas instituições públicas e privadas, e, muitas vezes, sem uma organização para divulgação de acordo com as tecnologias atuais. A carência de informações detalhadas sobre os solos é outro grande entrave para o desenvolvimento do país. Apenas 5% do território nacional conta com mapeamentos em escalas adequadas, dificultando as ações para promoção do desenvolvimento sustentável.

Com dimensões continentais, o Brasil partiu, em 2020, para o desafio de conhecer melhor e cuidar do principal patrimônio natural do cidadão brasileiro, para promover os vários setores da economia: agropecuária, meio urbano, indústria, geração e distribuição de energia, saneamento básico, telecomunicações etc. O Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil (PronaSolos), o maior programa para a governança - uso, manejo, conservação, legislação e gestão dos solos e das águas do Brasil, tem a missão de mapear todo o território nacional, até 2048, em escalas iguais ou mais detalhadas que 1:100.000, como o mínimo para tomada de decisão quanto ao planejamento e uso das terras a nível municipal e de microbacias, tornando-se a base de uma gestão ter-

ritorial estratégica. O PronaSolos é coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), envolvendo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Casa Civil da Presidência, outros cinco ministérios e cerca de 30 instituições públicas e privadas, incluindo instituições de ensino e de extensão rural. O programa busca engajar diferentes setores para mapear solos de 1,3 milhão de km² do país, nos primeiros 10 anos, e mais 6,9 milhões de km² até 2048.

A construção do PronaSolos, um programa de Estado, começou em 2013, quando o mundo despertava para a importância da ciência do solo para a segurança alimentar. Em 2015, o Tribunal de Contas da União (TCU) realizou, em Brasília, a Conferência Governança do Solo, com a proposta de discutir temas como a importância do solo, os riscos de degradação, os conflitos de utilização, as iniciativas bem-sucedidas ligadas à sua gestão. Além do TCU, o evento congregou representantes de diversas instituições no Brasil, entre elas, a Embrapa, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), a Itaipu Binacional, a Agência Nacional de Águas, a Sociedade Nacional da Agricultura e o Ministério do Meio Ambiente.

Deste marco em diante, dois episódios foram fundamentais. O primeiro foi o acórdão 142/2015 do TCU, que deu ênfase à falta de governança e apontou a insuficiência de informações e a dificuldade de acesso a dados de nossos solos. O segundo foi a mobilização interinstitucional liderada pelo Mapa e pela Casa Civil, que formularam a proposta de um programa nacio-

nal apoiados pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) e pelas instituições de ensino, pesquisa e extensão que atuam com base na ciência do solo. A formalização do PronaSolos aconteceu em 2018, e a nomeação dos comitês estratégico e executivo, em 2020, por decretos presidenciais.

Em dezembro, foi entregue à sociedade brasileira a versão 1.0 da plataforma tecnológica do PronaSolos, uma das mais modernas do mundo. Por meio de sistema de informações geográficas (SigWeb), ela reúne mapas e dados de solos produzidos ao longo dos últimos 60 anos por diversas instituições. Pela primeira vez, é possível acessar vasto acervo sobre solos brasileiros em um único local. Alguns dos mapeamentos são inéditos, como os mapas nacionais de suscetibilidade e vulnerabilidade dos solos brasileiros à erosão hídrica e o mapa nacional atualizado de estoque de carbono. Eles já podem subsidiar o setor produtivo e o poder público na seleção de áreas para ações de conservação e recuperação, além de servi como o pilar fundamental para as finanças verdes e as boas práticas ambientais, sociais e de governança – conhecidas como ESG. Em breve, serão disponibilizados o mapa de condutividade elétrica do solo, importante para os setores de telecomunicações e de transmissão de energia.

Os maiores desafios do PronaSolos estão no horizonte. É preciso executar os trabalhos de campo, previstos para as próximas décadas. O que permitirá planejar, ao nível de propriedade, o melhor uso das terras; realizar manejo mais adequado das culturas e aperfeiçoar práticas que reduzam a erosão;

otimizar o uso de fertilizantes e defensivos e os projetos de irrigação; ampliar a adoção de sistemas integrados; além de reduzir a pressão por abertura de novas áreas pelo aumento de produtividade das já existentes.

O PronaSolos terá impactos para muito além da agropecuária. Como exemplos, otimizar a expansão urbana; reduzir a sedimentação dos rios, enchentes e desastres naturais; criar mecanismos mais precisos para avaliação das terras e apoiar a concessão de crédito agrícola, reduzindo riscos para agricultores e financiadores. O programa também viabilizará que todos os municípios tenham zoneamento agroecológico (ZAE), ferramenta fundamental para o desenvolvimento sustentável.

A força das parcerias, presentes desde o início do PronaSolos, terá que ser intensificada para que esses avanços aconteçam e beneficiem o setor produtivo e a sociedade. Os desafios exigem engajamento das esferas públicas e privadas. Hoje, a legislação dá oportunidades para a criação de consórcios público-privados e para a formação de fundos financeiros de apoio à inovação. O PronaSolos é inovação tecnológica, institucional e social. Quem ganha é o Brasil.

O Bioma Amazônia possui grande diversidade e possui dimensões continentais, ocupando 60% do território brasileiro. Temos 5,2 milhões km² com grande variabilidade de paisagens, sendo que 74% estão situados em áreas de relevos irregulares, com montanhas, depressão e colinas; a maior bacia hidrográfica do mundo, com 6,1 milhões km²; megadiversidade florestal, com 2500 espécies de árvo-

res e cerca de 40 mil espécies de plantas; grande diversidade de animais, com 4221 espécies conhecidas, que representa 25% das espécies do mundo; enorme sociobiodiversidade, com 4,8 milhões de pessoas vivendo na floresta ou em harmonia com ela e cerca de mil comunidades quilombolas e 460 mil indígenas, de mais de 220 povos diferentes; além das questões das cidades amazônicas, que abrigam 19 milhões de pessoas, ou seja, 80% da população da região, e dos muitos dilemas urbanos a serem resolvidos e os conflitos fundiários, entre outros.

Em relação aos solos, 84% do território amazônico estão mapeados em escalas com baixo nível de detalhe. Exceções no Estado do Acre, alguns municípios em Rondônia e polos de desenvolvimento ou estações experimentais de pesquisa. “O último grande esforço para conhecer a base de recursos naturais, em especial os solos da Amazônia, foi o projeto Radam Brasil (IBGE), no final da década de 1970 e início da década de 1980. É essa a informação que temos, que nos permite ter uma visão ainda míope do que temos na Amazônia”, como disse o pesquisador Eufnan do Amaral em webinar do Núcleo Regional Noroeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) em maio de 2020.

Dentre as características intrínsecas da região amazônica as várzeas representam cerca de 400 mil km² ou cerca de 9% da área total da Amazônia Legal. Foi nesse ambiente que se fixou inicialmente o homem na Amazônia e até os dias de hoje é onde reside grande parte da população não urbana da Amazônia. Pela sua dimensão, as várzeas Amazônicas estão entre as

maiores reserva de solos férteis do planeta e o seu conhecimento está diretamente ligado ao uso sustentável desse ambiente.

Conciliar sustentabilidade e desenvolvimento da Amazônia é um dos maiores desafios do Brasil na atualidade, porque significa aliar a necessidade de proteger a floresta ao direito dos habitantes da região às mesmas oportunidades de inclusão social e cidadania que o restante do país, tais como infraestrutura urbana, mobilidade, saúde, educação e desenvolvimento econômico.

Essa é a proposta do Projeto da Zona de Desenvolvimento Sustentável Abunã-Madeira (ZDS Abunã-Madeira). A iniciativa ganhou a adesão dos governos estaduais do Acre, Rondônia, Amazonas e federal. A Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) e a Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa) foram chamadas a ajudar a formatar o projeto, hoje sob coordenação do Ministério do Desenvolvimento Regional.

A ZDS Abunã-Madeira (Figura 1) foi planejada como conjunto de ações multisetoriais para promover a sustentabilidade ambiental por meio do desenvolvimento socioeconômico. Com área que abrange cerca de 32 municípios no sul do Amazonas, leste do Acre e noroeste de Rondônia, englobando um total de 465,8 mil km² e população estimada em cerca de 1,7 milhão de pessoas (2020).

Atualmente, vivemos o mundo cada vez mais tecnológico e os dados e informações não só do meio físico, passaram a ser considerados como o novo “petróleo” da humanidade. A capacidade de compartilhar e armazenar

dados em plataformas revolucionou a forma com que as instituições criam estratégias para se comunicar com a sociedade. A Plataforma Tecnológica Pronasolos agrega estratégias modernas e inteligentes para reunir dados e informações e gerenciar os novos projetos de mapeamento de solos e do meio físico de maneira integrada. Os dados gerados pelo programa terão interface com várias políticas públicas, como no caso da ZDS Abunã-Madeira.

O uso da infraestrutura (CPRM/SGB) foi possível graças à política de otimização de sua base tecnológica implementada nos últimos anos, por meio de transformação digital que permitiu contar com infraestrutura de tecnologia da informação robusta e de alto padrão instalada no data center da RNP. A sistematização nacional de informações geoespaciais é essencial para que a plataforma ofereça dados cada vez mais integrados e consistentes à sociedade, que serão base para construção de política nacional da geoinformação. A ZDS Abunã-Madeira será o primeiro piloto a nível nacional.

O projeto da ZDS Abunã-Madeira tem claro a importância de conhecer e cuidar do solo de maneira estratégica. Os resultados beneficiarão mais de uma dezena de setores como os de seguro e crédito agrícola, zoneamentos agroecológicos e ecológicos econômicos dos estados e municípios, Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), vulnerabilidade da terra a eventos extremos em áreas urbanas e rurais; planejamento de microbacias e projetos de telecomunicações entre vários outros. Outro efeito previsto pelos especialistas envolvidos é a valorização da terra.

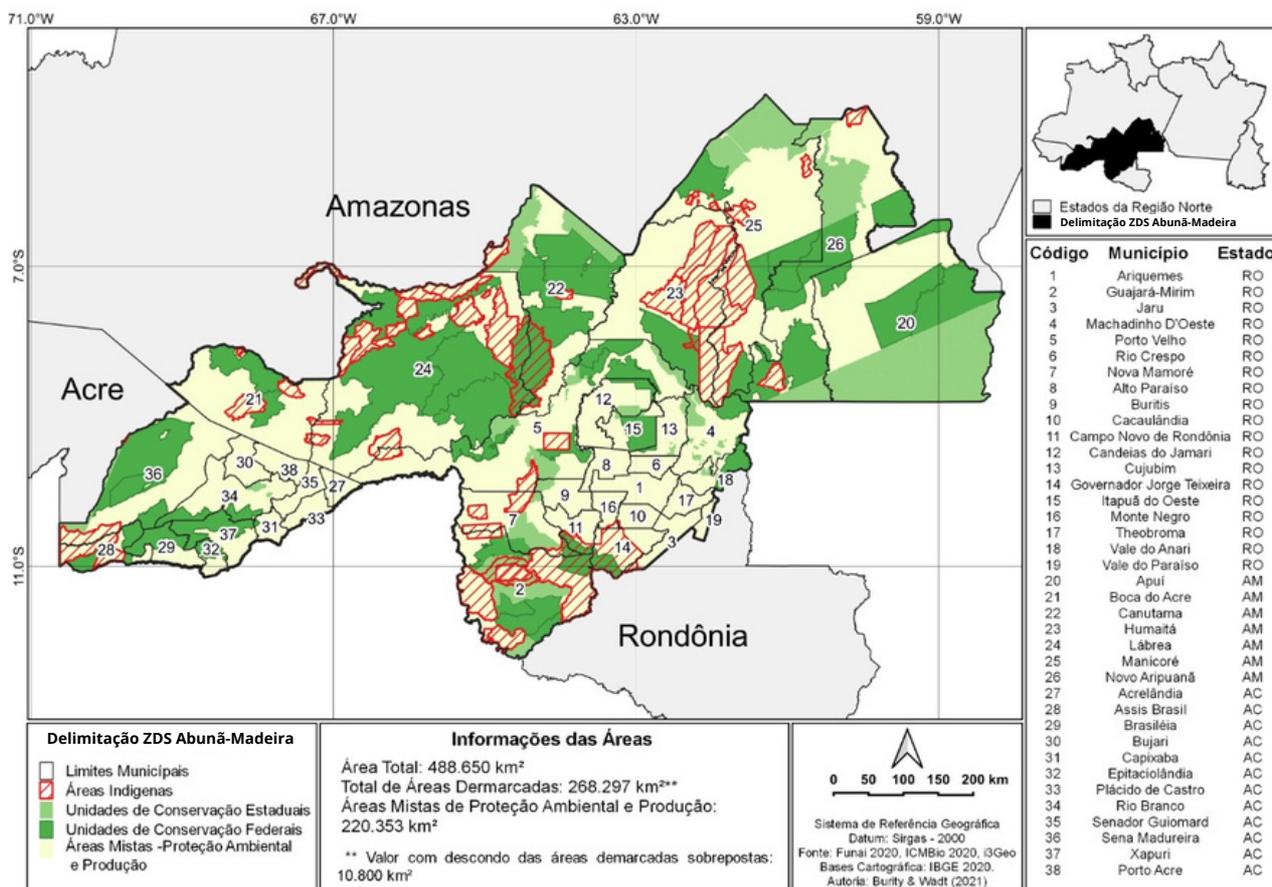


Figura 1. Área de abrangência da ZDS Abunã-Madeira. Fonte: Burity & Wadt (2021)

Esses avanços e tecnologias serão transferidos à sociedade através de projetos educacionais para capacitar pessoal em diversos níveis, adequando realidades e demandas regionais. As instituições de ensino nos estados na ZDS Abunã-Madeira poderão formar parcerias com universidades em outras regiões do País, transferindo conhecimento e tecnologia em um processo de benefício mútuo.

Além de bioma complexo, a Amazônia é uma formação social singular. A construção de estratégias territoriais exige, além do conhecimento do ambiente natural e econômico, a apreensão do universo cultural local. Entre as oportunidades geradas a partir do conhecimento sobre os recursos naturais, em especial solos, destacam-se o aumento da produtividade das áreas já convertidas para o uso agrícola, a ampliação do enfoque territorial de conhe-

cimento do bioma, estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, fortalecimento de estratégias de incentivo dos serviços ambientais, promoção do encontro de saberes tradicionais e científicos, fortalecimento da agricultura familiar, contribuição para a conservação do bioma com a gestão de unidades de conservação e áreas protegidas, redução de emissões associadas à produtividade e avanços para uma cultura de manejo de paisagem, com a concepção integrada de propriedades rurais, sejam pequenas, médias ou grandes.

Da união de propósitos do Prona-solos e da ZDS Abunã-Madeira serão construídos os sistemas de produção sustentáveis para a Amazônia, assegurando o direito dos povos amazônicos e com um novo modelo de agricultura para ambientes tropicais úmidos, que poderá ser exemplo para o mundo.

Referência Bibliográfica

Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSololos) / José Carlos Polidoro ... [et al]. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. (PDF)

Solos da Amazônia Ocidental: base da sustentabilidade agrícola e ambiental / Lucielio Manoel da Silva ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2021. 130 p. (PDF).

Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia Plano Regional de Desenvolvimento da Amazônia (PRDA): 2020-2023 / Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. - 1ª ed. amp. – Belém: SUDAM, 2020. 235 p.: il.

PRADO, R. B. Serviços ecossistêmicos: estado atual e desafios para a pesquisa na Amazônia. Revista Terceira Margem Amazônia. v. 6, n. especial 16, p. 11-22, 2021.

POLIDORO, JOSÉ CARLOS; FREITAS, PEDRO LUIZ; HERNANI, LUÍS CARLOS ; ANJOS, LÚCIA HELENA CUNHA ; RODRIGUES, RENATO DE ARAGÃO RIBEIRO ; CESÁRIO, FERNANDO VIEIRA ; ANDRADE, ALUÍSIO GRANATO ; RIBEIRO, JEFÉ LEÃO. **Potential impact of plans and policies based on the principles of Conservation Agriculture on the control of soil erosion in Brazil.** LAND DEGRADATION & DEVELOPMENT, v. 2021, p. 1-12, 2021.

Conferência Governança do Solo (2015: Brasília, DF). **Relatório / Conferência Governança do Solo**, 25 a 27 de março de 2015, Brasília, DF. - Brasília : Tribunal de Contas da União, 2015. 56 p. : il. (<https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/conferencia-governanca-do-solo.htm>)

SHINZATO, E.; TEIXEIRA, W.G.; DANTAS, M. E., **Principais classes de solos.** Em: ADAMY, A. (Org.). Geodiversidade do estado do Acre. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Porto Velho: CPRM, 2015. P. 57-74.

TEIXEIRA, W. G.; LIMA, H. N.; PINTO, W. H. A.; DE SOUZA, K. W.; SHINZATO, E.; SCHROTH, G... **O manejo dos solos nas várzeas da Amazônia.** Em: Bertol, I.; De Maria, I.C.; Souza, L.S.. (Org.). Manejo e Conservação do Solo e da Água. 1ed.Viçosa, MG. : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2019.v. 22, p. 701-728.

Autores:

Petula Ponciano Nascimento é pesquisadora e Supervisora de Relações Institucionais da Embrapa, Brasília, DF.
E-mail: petula.nascimento@embrapa.br

Lucia Helena Cunha dos Anjos é professora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
E-mail: lanjosrural@gmail.com

Edgar Shinzato é chefe do Departamento de Informações Institucionais do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), Rio de Janeiro, RJ.
E-mail: edgar.shinzato@cprm.gov.br

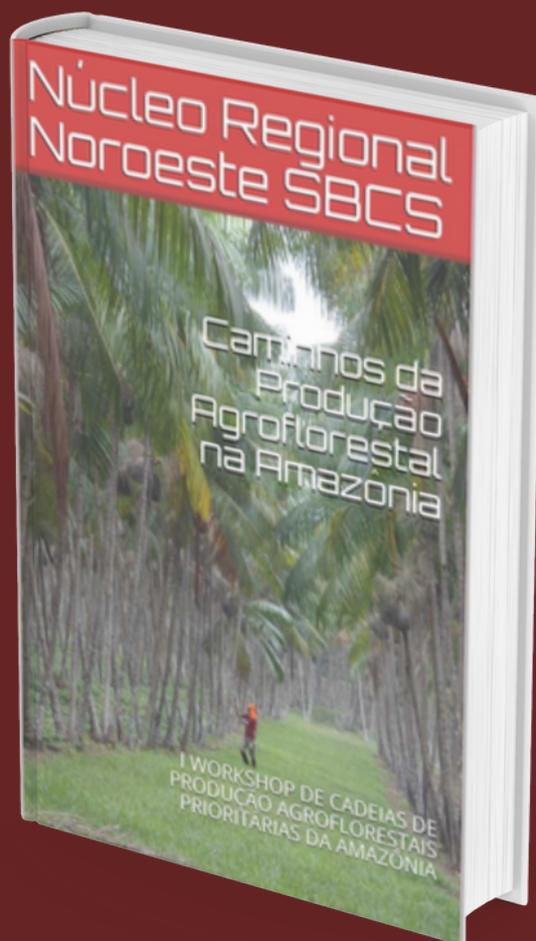
Mariane Crespolini dos Santos é Diretora de Produção Sustentável e Irrigação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (DEPROS/MAPA), Brasília, DF.
E-mail: mariane.crespolini@agricultura.gov.br

Jose Carlos Polidoro é pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.
E-mail: jose.polidoro@embrapa.br



Associe-se

Os 10 primeiros novos sócios e/ou anuidades renovadas do Núcleo Noroeste, ganham um exemplar.



"oferta válida para anuidades de 2022 e exemplar e-book da Amazon.com.br"

Acesse o QrCode



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Regional Noroeste**

Estado da arte dos serviços de análises de solo destinados ao produtor rural no Noroeste da Amazônia

Luciélío Manoel da Silva
Edson Alves de Araújo
Marcos Gervasio Pereira

A utilização de corretivos e fertilizantes agrícolas, apesar de não ser largamente utilizada, é uma das práticas que tem contribuído para o aumento da produtividade agrícola em várias regiões do Brasil. Porém, para que se tenham resultados positivos com a adoção dessa técnica, se faz necessário o conhecimento da exigência nutricional das culturas em questão e, principalmente, os níveis que os nutrientes e a presença de elementos tóxicos no solo no momento do plantio e/ou ao longo do ciclo da cultura.

As recomendações de corretivos e fertilizantes para a maioria das espécies vegetais cultivadas estão disponíveis na literatura, porém, os teores dos nutrientes que estão nas áreas que serão cultivadas são conhecidos apenas

através da análise solo. Os resultados das análises de solo proporcionam aos produtores o conhecimento atual dos níveis de fertilidade da área e o planejamento para definição das doses de fertilizantes e corretivos a serem aplicadas no cultivo, além da época de aplicação.

Normalmente as análises físicas e químicas de rotina de solos para fins de fertilidade consistem na determinação das frações granulométricas do solo (areia, silte e argila), pH, nutrientes disponíveis (Ca, Mg, Na, K e P), teor de matéria orgânica, acidez trocável (Al) e acidez potencial (H+Al). Para a determinação dos nutrientes disponíveis e acidez trocável e potencial, a análise química segue as etapas de extração e determinação. A extração é realizada com a mistura do solo com

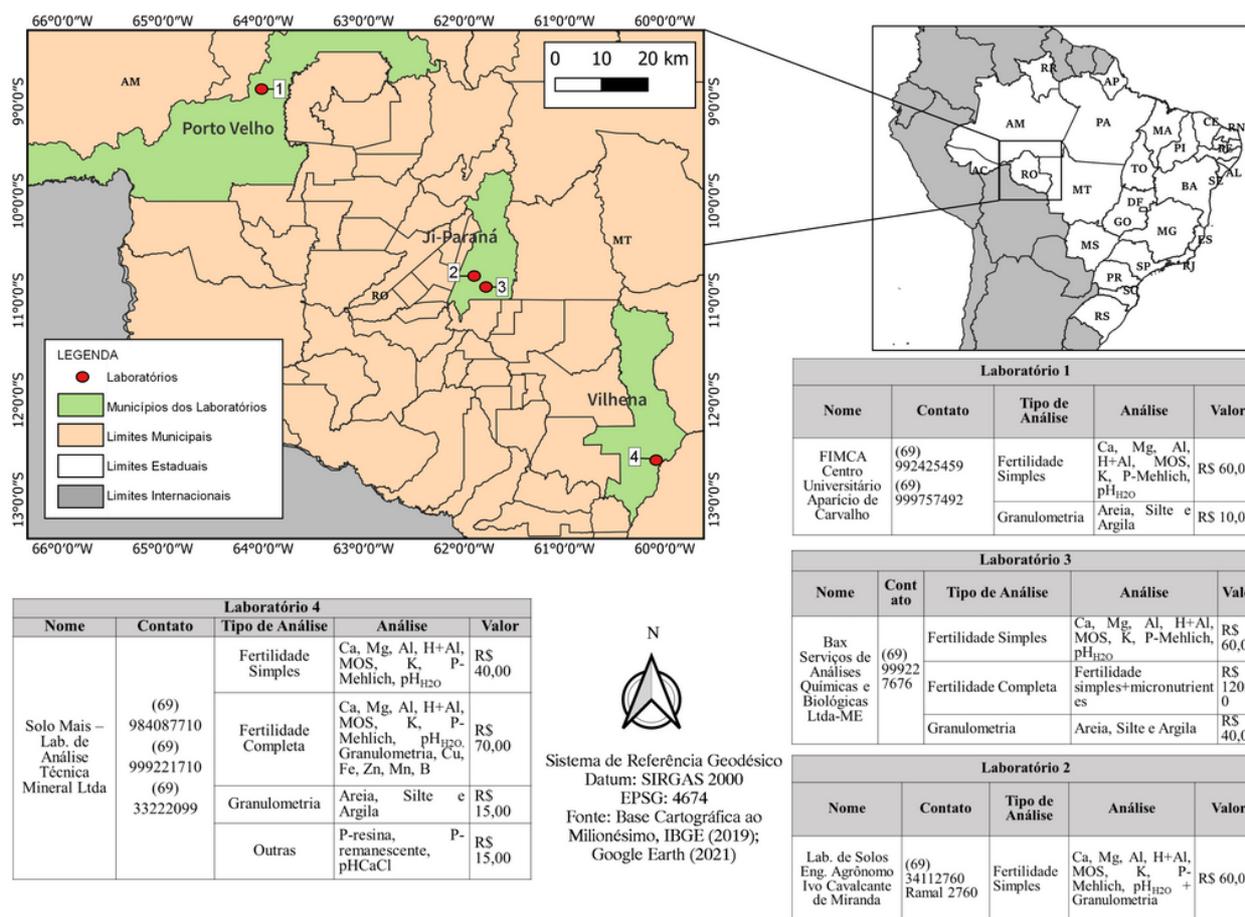


Figura 1. Distribuições e informações sobre os laboratórios de solos que atendem produtores na região Noroeste da Amazônia. As informações referentes aos valores cobrados pelas análises foram obtidas em outubro de 2021.

soluções extratoras apropriadas, seguida pela agitação e decantação. A determinação consiste na quantificação dos teores extraídos através de aparelhos ou reações químicas apropriadas.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma visão atualizada dos laboratórios que realizam análises de solo na Região Noroeste da Amazônia, especificamente nos estados do Acre e Rondônia. Além disso são analisadas a qualidade dos serviços, os valores cobrados em contraste com a demanda crescente na região.

Rede de Laboratório de Solo da Região Noroeste da Amazônia

Na Figura 1 são apresentadas informações dos Laboratórios que reali-

zam análises de solo para produtores rurais nos estados do Acre e Rondônia.

O estado do Acre possui dois laboratórios de solos, todos pertencentes à instituição pública com apenas um em funcionamento, pertencente a Embrapa Acre. Porém, na atualidade, nenhum dos dois laboratórios atende a produtores rurais.

No estado de Rondônia estão distribuídos cinco laboratórios em pleno funcionamento. Destes, quatro laboratórios pertencem à rede privada e destinam-se a atender a demanda dos produtores rurais. O outro localiza-se no município de Porto Velho, na sede da Embrapa, o qual se destina a pesquisa, ou seja, não atende a produtores rurais.

Os valores das análises de solos, cobrados pelos laboratórios particulares, apresentam valores que oscilam

dependendo do tipo da análise a ser realizada. Porém nestes são determinados todos os nutrientes e elementos tóxicos, base para a recomendação das doses de corretivos e fertilizantes.

Em nenhum laboratório é realizada a análise de fósforo remanescente (P-rem), seja nas análises simples ou completa, e apenas um informou que realiza esse tipo de análise, quando solicitada. Quanto aos atributos físicos, verifica-se que todos os laboratórios realizam análise granulométrica (determinação das frações granulométricas areia, silte e argila), cujo valor varia entre R\$ 10,00 a R\$ 40,00 reais.

A determinação da fração argila é de suma importância, uma vez que é utilizada para interpretação do nível do teor de P no solo, além de servir para inferir sobre capacidade de armazenamento de água do solo retenção de nutrientes e manejo do solo. No entanto, estudos tem demonstrado que o P-rem é o indicador mais adequado para a interpretação do teor de P disponível para os solos da região, já que este apresenta relação direta com a capacidade de adsorção de fosfato, o que sugere a necessidade dos laboratórios incluírem a análise de P-rem no grupo de análises de fertilidade simples.

Todos os laboratórios empregam em suas análises os métodos analíticos convencionais recomendados pela Embrapa. Porém dois laboratórios usam, concomitantemente, os métodos recomendados pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Dos quatro laboratórios, dois participam de programa Interlaboratorial, sendo um deles integrante de mais de um programa. A participação no Programa Inter-

laboratorial, por parte dos laboratórios, torna possível avaliar e monitorar a qualidade dos resultados das análises, sendo portando mais um indicador para o produtor escolher o laboratório que enviará as suas amostras de solo.

Quantidade de análises processadas versus área cultivada

Os estados de Rondônia e Acre, segundo o censo agropecuário de 2017, possuem uma área cultivada de 8.927.966 e 3.817.937 hectares, respectivamente, que inclui cultivos com culturas temporárias, permanentes, pecuárias e criações de outros animais.

Conforme as informações fornecidas pelos quatro laboratórios da região, que atendem os produtores, são realizadas cerca de 15.000 análises anualmente. Considerando a necessidade de realizar uma amostragem de solo a cada 10 hectares, haveria uma necessidade estimada de analisar em torno de 1.274.590 (um milhão duzentos e setenta e quatro mil e quinhentos e noventa) amostras. Neste cenário verifica-se que apenas 1,2% da área cultivada nos dois estados são feitas análises de solos para avaliação da fertilidade. Porém, sabe-se que a definição da quantidade de amostras a ser analisadas para representar uma área é determinada pela a homogeneidade da área e não pelo tamanho da área. Neste caso, deve-se levar em conta aspectos da natureza e propriedades dos solos, do material de origem, variações topográficas, histórico de uso, entre outros. Estes fatores podem proporcionar variações em curto espaço, o que pode requerer a

necessidade de um maior número de amostras a serem coletadas.

Quantidade de propriedades rurais versus uso de corretivos e fertilizantes

Segundo o Censo Agropecuário de 2017 o estado de Rondônia possui 91.438 propriedades rurais e o Acre 37.356, dessas apenas 17% e 8%, respectivamente, usam algum tipo de fertilizante, e apenas 8% e 3%, respectivamente, usam de algum tipo de corretivo.

A maioria dos nutrientes presentes nos solos apresentam maior disponibilidade entre valores de pH 5,5 a 6,5, sendo portanto necessária a correção da acidez do solo, uma vez que a grande maioria dos solos da região são ácidos (com pH abaixo de 5,0) e com problemas de toxidez por alumínio e manganês. Portanto, torna-se necessário o uso prévio de corretivos (calagem), anterior ao processo de adubação do solo, do contrário o produtor estará desperdiçando recursos financeiros.

Considerações finais

Pelas informações apresentadas percebe-se que há uma grande lacuna para realização de análises em amostras de solos para fins de fertilidade e que, muito provavelmente, alguns produtores fazem uso da adubação e correção sem o emprego de análises de solo.

É possível afirmar que caso todos os produtores adotassem as práticas de correção e adubação do solo, toda a cadeia do agronegócio poderia sair ganhando, uma vez que os laboratórios de análise de solos ampliariam suas capacidades de análises. Isso resulta-

ria e um impacto positivo no setor, em função da necessidade do aumento da capacidade de operacionalização das análises, resultando na contratação de mão-de-obra qualificada. Além disso, vale destacar os benefícios aos produtores que com a realização da análise do solo, teriam uma recomendação correta dos corretivos e fertilizantes a serem aplicados. Isto poderia resultar na redução dos custos de produção, perdas por lixiviação e também melhoria das condições ambientais. Adicionalmente, aumentaria a produtividade e consequentemente maiores lucros e evitaria a expansão da fronteira agrícola através de derruba da floresta.

Autores:

Luciéllo Manoel da Silva é analista de pesquisa da Embrapa Tabuleiros Costeiros – UEP Rio Largo, SE.
E-mail: lucielio.silva@embrapa.br

Edson Alves de Araújo é professor da Universidade Federal do Acre, Cruzeiro do Sul, AC.
E-mail: earaujo.ac@gmail.com

Marcos Gervasio Pereira é professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
E-mail: gervasio.marcos@gmail.com

Diversidade dos solos da Amazônia Sul Ocidental

Paulo Guilherme Salvador Wadt
Elaine Almeida Delarmelinda

A capacidade produtiva de alimentos e fibras de uma região, do ponto de vista dos seus recursos naturais, é dependente diretamente do solo (Figura 1). Estes, disponibilizam os elementos químicos essenciais ao desenvolvimento das plantas, a água, o espaço poroso para o crescimento do sistema radicular, bem como os gases que contribuem para sua respiração radicular.

Os solos variam de forma significativa na natureza, sendo empregado para sua categorização um sistema de classificação taxonômico similar ao utilizado para a classificação das plantas e animais. O Brasil possui seu próprio sistema, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que engloba treze classes de solos. Como entre as plantas, há variações dentro

das classes, que pode levar à identificação de mais de 180 subtipos de solos. O conhecimento dessa diversidade é estratégico para o planejamento, ordenamento territorial e uso das terras de modo sustentável.

Na Amazônia, a verdadeira capacidade produtiva dos solos ainda é pouco compreendida. Isto, em parte, pode ser atribuído à própria formação dos especialistas em Ciência do Solo e das ciências agrárias. Nas disciplinas de formação profissional nossas escolas repetem o mantra que os solos formados em condições de clima quente e úmido, em relevo plano, são invariavelmente ácidos e de baixa fertilidade.

Esse entendimento origina-se de pesquisas e estudos realizados em algumas regiões da Amazônia onde o

material de origem dos solos (as rocha e/ou sedimentos), estão há bilhões de anos sendo alterados por processos físicos, químicos e biológicos, pelo que se denomina de intemperismo.

Denominadas de “Reunião de Classificação e Correlação de Solos-RCC”, foram realizadas na Amazônia Ocidental (RCC do Acre, RCC de Roraima e RCC de Rondônia).

O solo é um corpo natural, composto de material mineral e orgânico, e poros, ocupados por água e gases. A proporção entre esses constituintes é variável de acordo com os processos de formação, e ocasionalmente pela atividade antrópica, originando um conjunto de seções horizontais que compõem o perfil de solo.

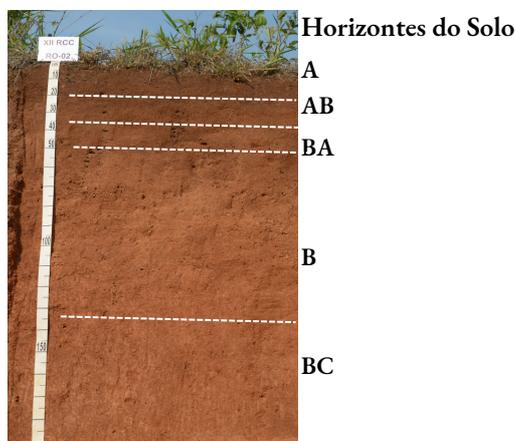


Figura 1. Perfil de solo no Município de Ouro Preto do Oeste.

A partir de estudos e do entendimento sobre os processos de intemperismo que atuam em regiões úmidas e quentes, foram feitas várias generalizações sobre os solos amazônicos. Porém, por muito tempo foi ignorado que na Amazônia ocorrem solos com materiais de origem recentes, com pouco tempo de exposição à ação dos agentes do intemperismo. Negligenciados pelo conhecimento científico por décadas, culminaram na formação conceitos equivocados e de profissionais com baixa expertise nestes ambientes.

Esta realidade começou a mudar nas últimas décadas: novos trabalhos abordando a formação, classificação e manejo dos solos da Amazônia Ocidental, passaram a indicar solos com características muito diversas das que seriam esperadas ocorrer em uma região equatorial, de clima quente e úmido.

Como exemplo foi a realização pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo de três excursões científicas:

Essas reuniões foram destinadas a compreender a melhor forma de classificar corretamente esses solos e avaliar os diversos processos que modelam as paisagens e os ecossistemas amazônicos.

Somando-se às pesquisas realizadas pelo pesquisador da Embrapa, Dr. José Raimundo Natividade Ferreira Gama, inicia-se com essas reuniões um novo entendimento sobre essas terras, muito além das generalizações que eram feitas em livros técnicos e publicações científicas, inclusive lançando novas luzes sobre o manejo da acidez e da fertilidade de muitos solos da Amazônia.

Matoso e Wadt (2016) abrem o debate sobre essas “crenças de que os solos da Amazônia seriam todos pobres e improdutivos”. Nesse trabalho iremos nos aprofundar um pouco mais, com foco nos solos dos estados do Acre, de Rondônia e do Sul do Amazonas.

Setores pedológicos ou macro pedoambientes da Amazônia Sul Ocidental

Dada a enorme variabilidade de solos e de ambiente (geomorfologia, geologia, relevo e vegetação) na Amazônia, Schaefer et al. (2017) idealizaram onze setores pedológicos para a região (**Figura 2**). Cada um desses setores apresenta um conjunto de paisagens, regulada pelas condições específicas de formação dos solos.

Quatro desses setores são característicos da Amazônia Sul Ocidental, a seguir descritos:

Bacia do Alto Amazonas-Solimões

A Bacia do Alto Amazonas-Solimões é o de maior expressão territorial na Amazônia Sul Ocidental. Compreende, grosso modo, terras ao sul do rio Solimões, a oeste do Rio Madeira e a ao norte do arco de Iquitos.

No estado de Rondônia, inclui também as terras do vale do Rio Guaporé (**Figura 2**).

Nessa vasta região, é marcante a influência das bacias hidrográficas dos rios de águas claras (barrentas), como as bacias do Madeira, Purus, Juruá e dos afluentes sul do Solimões, que adicionam constantemente sedimentos fluviais, trazidos de cabeceiras andinas ou subandinas, em um processo de constante renovação da fertilidade natural.

Nas várzeas predominam solos mal drenados (Gleissolos) e aqueles formados por deposição de sedimentos fluviais (Neossolos Flúvicos).

O cultivo desses solos é limitado pela variação do nível dos rios, que pode variar dezenas de metros entre o período das vazantes e cheias. São cultivados por populações indígenas e

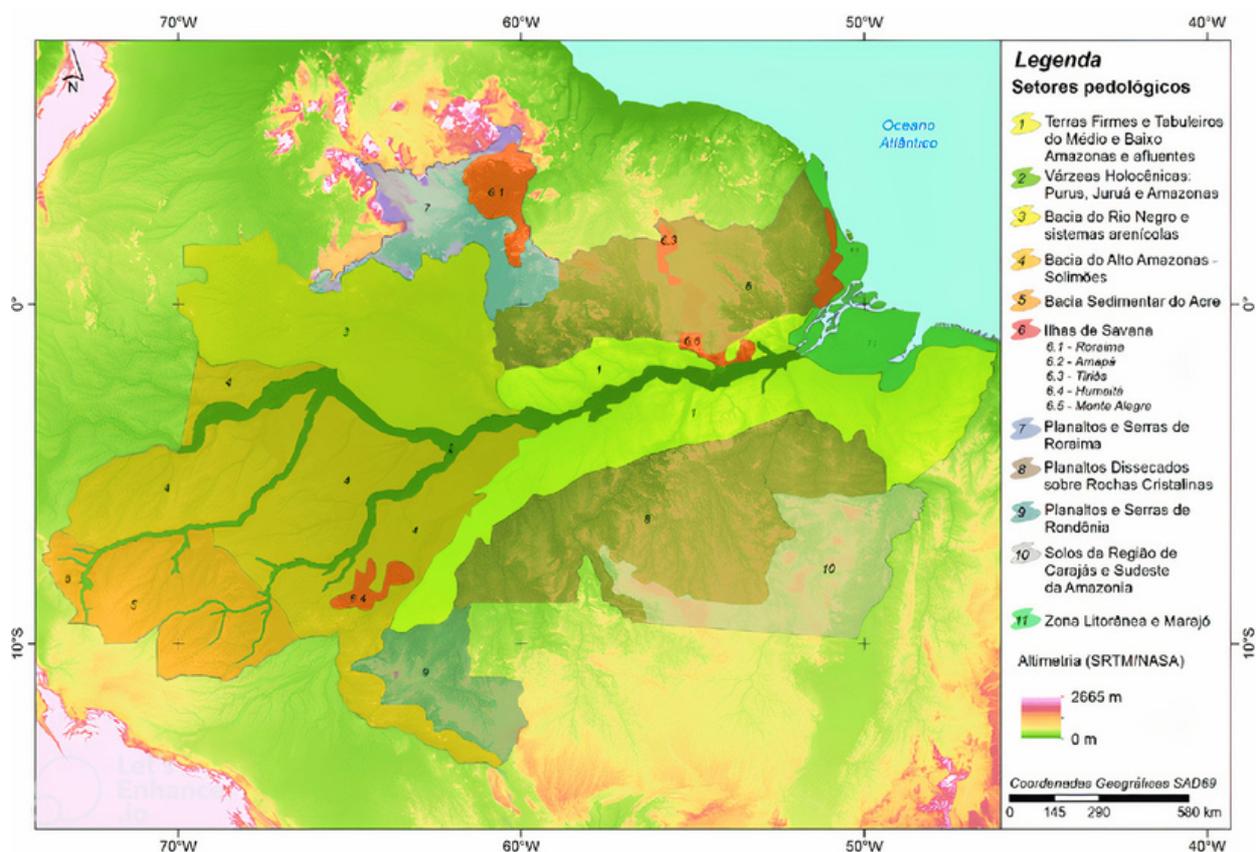
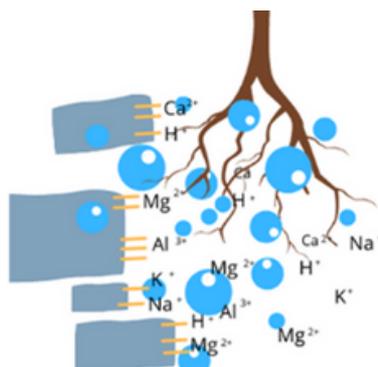


Figura 2. Setores pedológicos da Amazônia brasileira (Fonte: Schaefer et al., 2017)

Esses solos têm elevada fertilidade natural, apresentam altos teores de cátions básicos trocáveis, especialmente cálcio e magnésio (eutrófico), tem alta capacidade de reter nutrientes (elevada capacidade de troca de catiônica), e em alguns casos, presença de sódio e alumínio.



SOLOS EUTRÓFICOS - boa fertilidade, 50% ou mais das cargas ocupadas por cátions básicos (cálcio, magnésio, potássio e sódio).

SOLOS DISTRÓFICOS - baixa fertilidade, menos de 50% das cargas ocupadas por cátions básicos, há predomínio de cátions ácidos (alumínio e hidrogênio).

Figura 3. Capacidade de troca de cátions (CTC): as cargas negativas das argilas retêm os cátions, que por sua vez estão em equilíbrio químico com aqueles dissolvidos na solução do solo.

tradicionais, sem que seja observado esgotamento de suas reservas de fertilidade ou necessidade de correção de sua acidez.

Nas terras altas dessa região, que se caracteriza por uma extensa planície sedimentar, predominam solos ácidos, majoritariamente de baixa fertilidade (distróficos), e cuja formação ocorreu em uma paisagem de constante alagamento (hidromorfismo) há alguns milênios. Normalmente, predominam os Argissolos (solos com horizonte subsuperficial de acúmulo de argila) e Plintossolos (solos sujeitos ao efeito temporário do excesso de umidade, e presença de plintita [*1]). Nas extremidades dessa região, de maior altitude e menor hidromorfismo, podem ocorrer tanto solos muito antigos (Latosolos), como solos muito jovens (Cambissolos).

Uma característica marcante dos solos das terras altas é a baixa fertilidade, com baixos teores de cátions básicos trocáveis, como cálcio, magnésio e potássio.

Associado a esse ambiente há a ocorrência de solos com argilas que expandem quando úmidas (refletindo em alta pegajosidade do solo), e que quando secas se contraem, ocasionando grandes rachaduras na superfície, sendo o material que constitui estes solos, tecnicamente denominado de argilas de alta atividade (**Figura 4**).

Além disso, frequentemente há presença extremamente elevada de alumínio extraível [*2]. Essa condição, rara em outros solos brasileiros, impõe a necessidade de revisão das técnicas de manejo da acidez para fins agrícolas. O elevado teor de alumínio extraível, quando associado à presença

[*1] - Material formado pela mistura de argilas, caracteristicamente pobre em carbono orgânico e rico em ferro e alumínio, agregando-se em estruturas compostas com grãos de quartzo e outros minerais. Típico de ambientes afetados pelos ciclos de umedecimento e secagem do solo.

[*2] - O alumínio é um elemento químico tóxico às plantas, e, portanto, determinado na análise de solo, objetivando a sua neutralização com corretivos. Optou-se deliberadamente pelo uso do termo "extraível" para diferenciar do termo "trocável", embora, analiticamente sejam indicadores obtidos pelo mesmo processo de extração com solução salina de KCl 1M em análise de solo. O termo trocável refere-se à fração extraída que fica em equilíbrio dinâmico com a água do solo que circunda as raízes das plantas. O termo extraível inclui uma fração trocável e outra não-trocável.



Figura 4A. Aspecto de um solo seco com argila de alta atividade: alto fendilhamento e coloração clara.

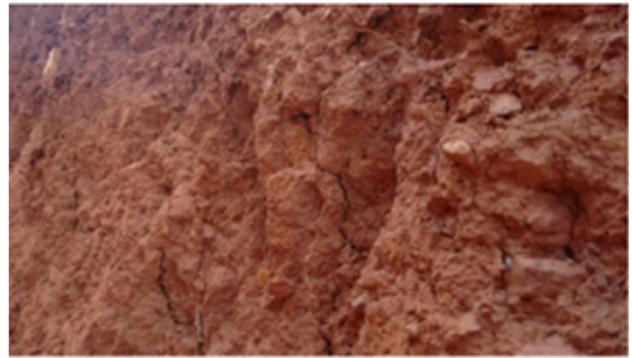


Figura 4B. Aspecto de um solo seco com argila de baixa atividade: fendas finas e pouco presentes, e coloração avermelhada ou amarelada.

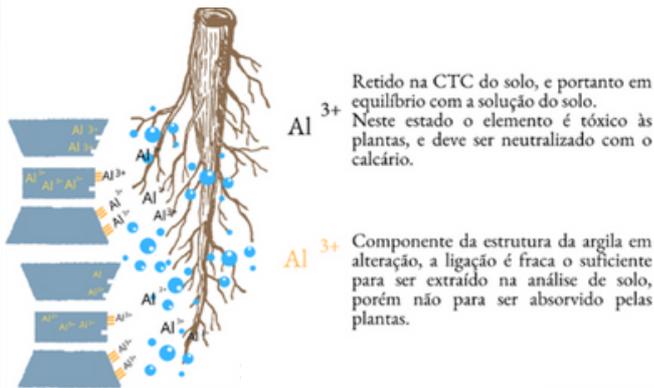


Figura 5. Formas de alumínio no solo.

de argilas de alta atividade, não implica no mesmo grau de fitotoxicidade por alumínio. Pesquisas recentes mostram que nesse ambiente o alumínio adsorvido não fica em equilíbrio com a solução do solo (**Figura 5**) e, portanto, não serve nem mesmo como um indicador adequado para estimar a necessidade de calagem.

Outra condição importante desses solos relacionado à presença de argilas de alta atividade, em um ambiente fortemente ácido, é o forte intemperismo atual, que provoca alteração química das estruturas das argilas, liberando grande quantidade dos nutrientes necessários para o desenvolvimento da vegetação.

Ainda, esses nutrientes liberados pelo intemperismo, quando são removidos pelos processos erosivos, são carregados em grande quantidade para o delta do Amazonas.

No delta do Amazonas, promovem a multiplicação e o crescimento de algas, realizando o sequestro de carbono atmosférico em escalas globais.

Bacia Sedimentar do Acre

Ao sul da Bacia do Alto Amazonas-Solimões, e delimitada pelo Arco de Iquitos, localiza-se a Bacia Sedimentar do Acre.

Esta bacia é predominantemente formada por sedimentos do período terciário, denominado de Sedimentos da Formação Solimões. Esses sedimentos foram depositados desde quando se iniciou o soerguimento da Cordilheira dos Andes, quando o choque entre as placas tectônicas da América do Sul e de Nasca provocaram a mudança no fluxo de drenagem do rio Amazonas, que antes era de leste para o oeste.

Nesse domínio geológico, o Arco de Iquitos é provavelmente a estrutura mais importante para a formação da Bacia Sedimentar. Esse arco é uma cadeia de rochas dobradas no sentido convexo e que se encontra atualmente soterrado, mas tanto no passado como no presente, controla a adição de sedimentos de origem andina e subandina.

Esses sedimentos andinos e sub-andinos são relevantes por serem constituídos de minerais com altos conteúdos de nutrientes, resultando em uma das maiores extensões de solos de elevada fertilidade natural em toda a Amazônia, semelhante ao que ocorre no noroeste da Argentina.

Do processo de formação das paisagens na Bacia Sedimentar do Acre, são encontrados solos com elevada fertilidade natural, caracteristicamente de elevada capacidade de troca de cátions, que podem ser *eutróficos* (solos com elevada proporção de cátions alcalinos e alcalinos terrosos) ou *distróficos* (baixa proporção de cátions alcalinos e alcalinos terrosos) (**Figura 3**), porém associados a argilas de alta atividade e elevados teores de alumínio extraível.

As classes mais comuns são os Cambissolos (solos em estágio inicial de formação) e os Argissolos e Luvisolos (solos com horizonte subsuperficial característico de acumulação de argilas).

Em geral, nesses solos, as reservas minerais superam em muitas vezes a necessidade das culturas. Pelo fato do alumínio extraível nesses solos não estar em equilíbrio com a solução do solo, nem sempre requerem a correção da acidez.

Nas bordas leste e oeste da Bacia Sedimentar do Acre, a variabilidade dos solos aumenta, dada a deposição de sedimentos mais pobres em nutrientes, sendo mais frequente a presença de Argissolos, Plintossolos e Latossolos, com redução marcante da presença de argilas de alta atividade, e aumento daquelas de baixa atividade e óxidos de ferro, condição comum na

grade maioria dos solos brasileiros.

Na Bacia Sedimentar do Acre, a granulometria (proporção entre areia, silte e argila) é bastante variável. Contudo, nessa região é comum encontrar altos teores de silte, em maior frequência do que se observa em outras regiões. Isso decorre que altos teores de silte são associados a materiais recém adicionados. Outra peculiaridade é haver maior teor de magnésio em relação ao teor de cálcio no complexo de troca, devido ao intemperismo de argilas como as esmectitas. Comparativamente, até mesmo os Latossolos da região, guardam, proporcionalmente, melhor fertilidade natural que seus equivalentes de outras regiões.

Ilhas de Savanas de Humaitá-AM

As Ilhas de Savanas ocorrem em várias regiões da Amazônia, e caracterizam-se por uma exceção à paisagem dominada por florestas ombrófilas.

As Ilhas de Savanas, e em especial, as que ocorrem na região de Humaitá, no Amazonas, são paisagens associadas a solos muito pobres, das classes dos Argissolos (e diferente dos solos da Bacia Sedimentar do Acre, apresentam predomínio de argila de baixa atividade), Latossolos e Plintossolos.

Porém, é peculiar a presença de minerais pouco alterados na fração argila, reflexo da drenagem deficiente dos solos. Esse ambiente é composto por relevo plano ou suave ondulado, com hidromorfismo ainda atuante, onde se faz necessário a drenagem para que possam se tornar agricultáveis.

Por outro lado, o controle da altura do lençol freático pelos canais de drenagem possibilita a retenção da umidade e uma irrigação subsuperficial, tornando as culturas menos sensíveis a períodos de veranico.

Nesse ambiente, a baixa fertilidade natural é compensada pelo relevo plano e o controle da disponibilidade de água pelos canais de drenagem, criando condições favoráveis para a produção de grãos, além da vantagem logística da proximidade dos portos graneleiros da hidrovia do Madeira.

Terras de Rondônia (Planícies, Planaltos e Serras de Rondônia)

Representam a grande variação de solos da Amazônia Sul-Ocidental, em parte, devido à complexa história geológica de Rondônia. Este território apresenta mais de 40 grupos geológicos, com contrastante diferença temporal, variando de depósitos sedimentares com dezenas de milênios a rochas com mais de centenas de milhões de anos, estas no *hall* das rochas mais antigas do mundo.

Os depósitos sedimentares formam as planícies e planaltos rebaixados das calhas dos rios Guaporé a oeste, e Madeira a norte. Nesses locais os solos são mais jovens, como Neossolos e Cambissolos, ou de ambiente hidromórfico, como Gleissolos e Plintossolos e Argissolos plínticos, todos com fertilidade variável dependente dos nutrientes presentes nos sedimentos depositados.

As rochas mais antigas do estado, estão agrupadas no grande Domínio Jamari, e distribuem-se na região central do estado. Devido aos milhões de anos em exposição aos agentes que contribuem para sua alteração

pelo intemperismo, originaram solos profundos e homogêneos (Latosolos e Argissolos). Embora de menor fertilidade natural, apresentam excelentes propriedades físicas. Os Argissolos, devido ao relevo da paisagem em que ocorrem, são mais, susceptíveis à erosão.

Na região centro-sul, representada principalmente pelos municípios de Cacoal e Pimenta Bueno, ocorre uma depressão coberta por sedimentos finos, com singular presença de carbonato de cálcio e magnésio, originando os Cambissolos de boa fertilidade, popularmente conhecidos como “solos chocolate” (**Figura 6**). Apesar de serem eutróficos, as limitações impostas pela argila de alta atividade, e a falta de tecnologia apropriada, restringem o uso desses solos a pastagens extensivas. Neste geoambiente, destaca-se o uso não-agrícola dos solos, como a extração comercial dos afloramentos de calcário dolomítico, e as indústrias de cerâmicas, que utilizam os solos devido à alta plasticidade da argila (capacidade de sofrer deformação), característica essencial para a produção de telhas e tijolos.

Há outros casos de solos férteis, decorrentes da variação geológica, a exemplo da região centro-oeste (Alta Floresta do Oeste e Nova Brasilândia). Dada a presença de rochas escuras (máficas), ricas em cálcio, magnésio, potássio e ferro, e sem a presença de alumínio trocável, notadamente ocorrem solos eutróficos e com boas propriedades físicas, denominados popularmente de “Terras Roxas”, e tecnicamente classificados como Nitossolos. Devido à limitação ao uso de mecanização, imposta pelo relevo, são comu-



Figura 6. Cambissolo eutrófico “solo chocolate” e aspecto (direita) do seu material de origem sedimentar de coloração amarronzada.

mente utilizados para pastagens e referência na atividade de cafeicultura no estado.

Por outro lado, é importante destacar que os solos formados de sedimentos depositados em tempos mais recentes, mas pobres em elementos essenciais, representados pelos Latossolos. Estes têm baixa fertilidade, mas são grandes exemplos de alta produção de grãos em Rondônia, a exemplo da região de Vilhena no extremo sul e Machadinho do Oeste à leste, demonstrando que o emprego de tecnologias é eficaz na superação das limitações produtivas.

Considerações Finais

Em termos globais, a Amazônia apresenta um clima relativamente estável, caracteristicamente quente e úmido. Porém, o material (rochas e sedimentos) sobre os quais os solos foram formados são muito variáveis.

A variabilidade do material de origem, e do tempo de ação dos processos de intemperismo e pedogênese, levou a formação de uma grande diversidade de solos, desde aqueles muito férteis aos de extrema pobreza de nutrientes, além de outras diferenças como em suas propriedades físicas e nas funções hidrológicas do solo.

A pouca compreensão desses processos, e de como manejar esses solos, podem explicar o motivo de algumas tecnologias aplicadas em uma região não apresentarem ou proporcionarem o mesmo desempenho em outra.

A tarefa de conhecer os solos da Amazônia para que o manejo seja realizado de forma adequada, frente às tecnologias disponíveis, é um desafio inalienável daqueles que habitam estas regiões.

Referência Bibliográfica

MATOSO, S. C. G.; WADT, P. G. S. Crenças e credos em em Ciência dos Solos na Amazônia. IN: Alcantara, M. H. M. de; Holanda, R. C. F. G. de; Souza, W. K. do A. **Entre Belerofonte e a Quimera: reflexões sobre a ciência na contemporaneidade**. Colorado do Oeste: MC&G Editorial, 2016. p. 21-47.

SCHAEFER, C. E. R. G.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, K. W.; CORREA, G. R.; MENDONÇA, B.A.F.; AMARAL, E. F.; CAM-POS, M. C. C.; RUIVO, M. L. P. **Solos da Região Amazônica**. In: CURI, N.; KER, J.C.; NOVAIS, R.F.; TORRADO, P.V.; SCHAEFER, C. E. R. G (Org.). **PEDOLOGIA: Solos dos Biomas Brasileiros**. 1ed.Viçosa - Minas Gerais: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2017, v. 1, p. 111-175.

Autores:

Elaine Almeida Delarmelinda é professora da Universidade Federal de Rondônia, *Campus Presidente Médici*, RO.
E-mail: elainealmeida@unir.br

Paulo Guilherme Salvador Wadt é pesquisador da Embrapa Rondônia. Porto Velho, RO.

Teses e Dissertações do Noroeste da Amazônia: duas décadas de avanço no conhecimento dos solos do Acre e Rondônia

Elaine Almeida Delarmelinda

Ao longo de duas décadas (2000-2021) mais de 45 teses e dissertações (**Figura 1**) foram desenvolvidas na área de Ciência do Solo na Região Noroeste, englobada pelos estados do Acre e Rondônia, ocasionando relevante contribuição acadêmica em um cenário anterior de escassez de dados científicos. Associado a isso, resultou na produtiva formação de recursos humanos (mestres e doutores), que refletiu no aumento qualitativo e quantitativo de professores e pesquisadores que atuam na região.

Estes trabalhos foram fundamentais e contribuíram para gerar conhecimento sobre os contrastantes pedoambientes, que incluem solos de baixo a alto grau de desenvolvimento pedogenético, localizados nos estados do

Acre e Rondônia. Destacam-se pesquisas sobre a variação dos solos na paisagem; seus atributos físicos, químicos, biológicos e mineralógicos; os impactos nos solos frente ao uso antrópico, e o desenvolvimento de tecnologias para o uso eficiente e conservacionista (**Figura 2**).

A Ciência do Solo é feita majoritariamente por instituições federais de ensino e pesquisa, com notória participação daquelas situadas na região Noroeste. Destaca-se, neste contexto, a expressiva cooperação interinstitucional que tem possibilitado a contribuição de universidades de excelência de outras regiões brasileiras, e eventualmente de instituições internacionais.

Essa cooperação vem promovendo o intercâmbio entre recursos huma-

humanos, elevando a qualidade científica, e gerando dados e conhecimento relevantes a nível regional e global.

A Universidade Federal do Acre (UFAC) e a Universidade Federal de Rondônia (UNIR) são as protagonistas locais no desenvolvimento dos trabalhos, mas em nível quantitativo, destacam-se: UFFRJ, UFV, USP, UFRPE, INPA, UFAM, UnB, UNESP, entre outras.

Muitas dessas pesquisas tem sido também realizadas em cooperação com a iniciativa privada, tanto com produtores familiares como grandes produtores, contando, em muitos casos, com a participação de outras instituições de pesquisa agropecuária, com destaque, neste caso para a participação da Embrapa, que compõe, com seus pesquisadores ou linhas de pesquisa, vários programas de pós-graduação da UFAC e da UNIR.

O conhecimento gerado até aqui, e o seu avanço, é primordial para a geração de informações que reflitam em técnicas de uso do solo eficientes e conservacionistas, e sobretudo efetivamente adaptadas às condições edafoclimáticas regionais.

Veja abaixo a relação dos trabalhos (Quadro 1), e conheça as obras em detalhe, acessando gratuitamente a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações:

<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

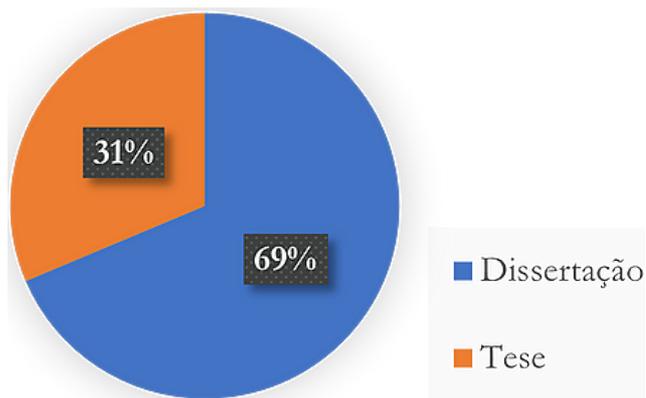


Figura 1. Distribuição dos trabalhos acadêmicos a nível de doutorado (tese) e mestrado (dissertação).

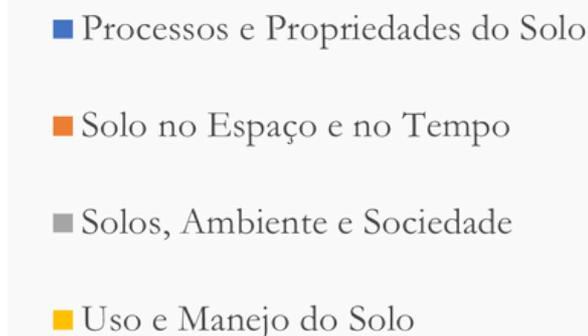
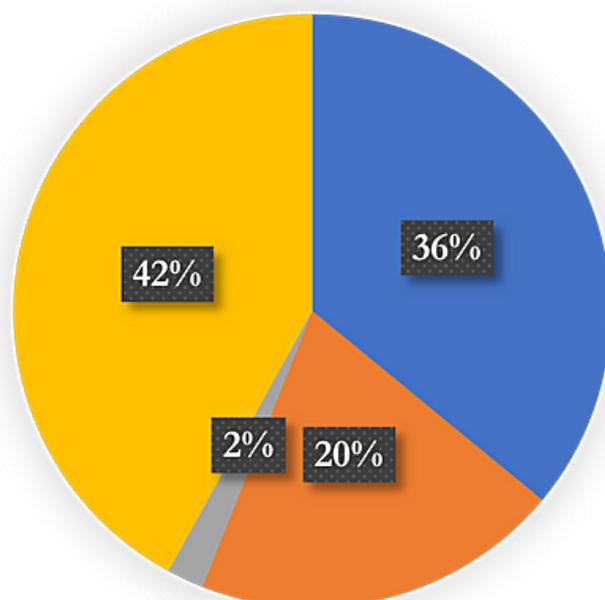


Figura 2. Distribuição das teses e dissertações nas divisões da estrutura científica da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Quadro 1. Trabalhos Acadêmicos em nível strictu sensu desenvolvidos na Região Noroeste nas últimas duas décadas.

Nº	AUTOR	TÍTULO	Estrutura Científica da SBCS	ESTADO	ANO	IFES	CATEGORIA
1	Adalberto Alves da Silva	Teor de nutrientes e crescimento de mudas de ipês em Latossolo Amarelo distrófico com adição e omissão de calcário e nutrientes	Uso e Manejo do Solo	RO	2015	UNIR	Dissertação
2	Afrânio F. Neves Junior	Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia	Processos e Propriedades do Solo	RO	2006	USP	Dissertação
3	Alessandro Góis Orrutéa	Qualidade de solos sob diferentes manejos na Amazônia Meridional, município de Cacoal (RO)	Uso e Manejo do Solo	RO	2012	UFPR	Dissertação
4	Andressa Gregolin Moreira	Efeito residual da calagem e adubação na produção de Brachiaria e atributos químicos de um Latossolo em Rondônia	Uso e Manejo do Solo	RO	2018	UNIR	Dissertação
5	Antonio Willian F. de Melo	Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre	Processos e Propriedades do Solo	AC	2004	USP	Dissertação
6	Ayumi Osakada	Desenvolvimento inicial de sangue-de-dragão (Croton lechleri müll. arg.) sob diferentes classes de solos, corretivos e níveis de luminosidade na Amazônia Central	Uso e Manejo do Solo	AC	2009	INPA	Dissertação
7	Bruno A. F. de Mendonça	Geoambientes, pedogênese e uso da terra no setor norte do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2007	UFV	Dissertação
8	Cleber Ibraim Salimon	Respiração do solo sob florestas e pastagens na Amazônia Sul-Occidental, Acre	Processos e Propriedades do Solo	AC	2003	USP	Tese
9	Édson Alves de Araújo	Caracterização de solos e modificações provocadas pelo uso agrícola no assentamento Favo de Mel, na região do Purus Acre	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2000	UFV	Dissertação
10	Édson Alves de Araújo	Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Occidental	Uso e Manejo do Solo	AC	2008	UFV	Tese
11	Elaine Almeida Delarmelinda	Aplicação de sistemas de avaliação da aptidão agrícola em solos do estado do Acre	Uso e Manejo do Solo	AC	2011	UFAC	Dissertação
12	Elaine Almeida Delarmelinda	Solos desenvolvidos nas bacias sedimentares do Acre e do Solimões, Amazônia Sul-Occidental	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2015	UFRPE	Tese
13	Elaine C. Fiorelli-Pereira	Indicadores de qualidade em um Latossolo sob diferentes usos e manejos em Rondônia	Processos e Propriedades do Solo	RO	2017	UNIR	Tese
14	Elaine Lima da Fonseca	Processos erosivos em superfícies tabulares com evolução de voçorocamento em áreas de pastagens cultivadas (Braquiaria brizantha cv. Marandu) no município de Colorado do Oeste – Rondônia	Uso e Manejo do Solo	RO	2017	UNIR	Dissertação
15	Eliomar P. Silva Filho	Estudo da degradação dos solos em áreas de pastagens no município de Porto Velho (RO)	Uso e Manejo do Solo	RO	2009	UNESP	Tese
16	Elizio F. Frade Junior	Atributos químicos, microbiológicos e emissões de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O do solo em experimento de corte e queima controlada na Amazônia Occidental	Processos e Propriedades do Solo	RO	2017	USP	Tese
17	Éllen Albuquerque Abud	Pedoambientes e aspectos hidrológicos como base para gestão territorial do município de Xapuri, Acre	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2011	UFV	Dissertação
18	Eufan F. do Amaral	Estratificação de ambientes para gestão ambiental e transferência de conhecimento, no Estado do Acre, Amazônia Occidental	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2007	UFV	Tese

Continuação.

19	Eufnan F. do Amara	Ambientes, com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Acre e Iaco, Acre, Brasil	Uso e Manejo do Solo	AC	2003	UFV	Dissertação
20	Faelen Taís Kolln	Crescimento de braquiária em resposta à inoculação de Azospirillum brasilense	Processos e Propriedades do Solo	AC	2013	UFAC	Dissertação
21	Francisco F. de C. Mello	Estimativas dos estoques de carbono dos solos nos estados de Rondônia e Mato Grosso anteriores à intervenção antrópica	Processos e Propriedades do Solo	RO	2007	USP	Dissertação
22	Francisco F. de C. Mello	Estimativas dos estoques de carbono dos solos nos estados de Rondônia e Mato Grosso anteriores à intervenção antrópica	Processos e Propriedades do Solo	RO	2007	USP	Dissertação
23	Gabriel Araújo Paes Freire	Adsorção de fosfato em solos de mineralogia 2:1 da Amazônia Sul-Occidental	Processos e Propriedades do Solo	RO	2020	UNIR/EM BRAPA	Dissertação
24	Gabriel Ediu dos As. Pereira	Implicações da retirada da vegetação original e sua substituição por diferentes tipos de cobertura vegetal sobre aspectos físicos e de fertilidade do solo na região de Ariquemes, RO	Uso e Manejo do Solo	RO	2017	UNIR	Dissertação
25	Gerson Flôres Nascimento	Agricultura de precisão por metodologia geoestatística: aplicação em solo do Estado de Rondônia	Uso e Manejo do Solo	RO	2008	UNESP	Tese
26	José Marlo Araújo de Azevedo	Variabilidade genética entre acessos de amendoim quanto à associação micorrízica e resposta ao fósforo	Processos e Propriedades do Solo	AC	2010	UFAC	Dissertação
27	Júlio de Souza Marques	Adsorção de fósforo em Latossolo e Argissolo misturado com carbono pirolisado	Processos e Propriedades do Solo	AC	2016	UFAC	Tese
28	Kellyson Silva Souza	O ensino do meio ambiente em uma região da Amazônia Sul Occidental	Solos, Ambiente e Sociedade	RO	2021	UNIR	Dissertação
29	Lenita Aparecida Conus	Atributos físicos do solo em função do manejo e sucessão de culturas em ambiente amazônico	Processos e Propriedades do Solo	RO	2014	UFGD	Tese
30	Lucielio Manoel da Silva	Características de solos agrícolas e extrativistas no Acre	Uso e Manejo do Solo	AC	2018	UFAM	Tese
31	Lúcio Flávio Z. do Carmo	Relações Geoambientais nos Geoglifos do sudeste do estado do Acre	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2012	UFV	Tese
32	Lúcio Flávio Z. do Carmo	Agricultura urbana na cidade de Rio Branco, Acre: caracterização, espacialização e subsídios ao planejamento urbano	Uso e Manejo do Solo	AC	2006	UFV	Dissertação
33	Luísa Melville Paiva	Adubação nitrogenada e alagamento em cultivares de Brachiaria brizantha em solos com ocorrência da síndrome de morte do capim-marandu	Uso e Manejo do Solo	AC	2010	UFV	Tese
34	Luiz Claudio Fernandes	Estudo multi-temporal do uso, ocupação e perda de solos em projetos de assentamentos em Rondônia	Uso e Manejo do Solo	RO	2008	UNESP	Tese
35	Maísa Honório Belizário	Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia	Processos e Propriedades do Solo	RO	2008	USP	Dissertação
36	Manuel A. Ribeiro Neto	Caracterização e gênese de uma topossequência de solos do município de Sena Madureira - Acre	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2001	UFRPE	Dissertação
37	Marcelo Elias Cassiolato	Carbono orgânico dissolvido na solução do solo sob floresta e pastagem em Rondônia	Processos e Propriedades do Solo	RO	2003	USP	Dissertação
38	Natalia Pereira Zatorre	Influência da mudança no uso do solo em ecossistemas na Amazônia Sul Occidental	Uso e Manejo do Solo	AC	2009	UFRRJ	Dissertação
39	Nilson Gomes Bardales	Estratificação ambiental, classificação, mineralogia e uso do solo da microbacia do Igarapé Xiburema, Sena Madureira, Acre	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2009	UFV	Tese

Continuação.

40	Nilson Gomes Bardales	Gênese, morfologia e classificação de solos do Baixo Vale do rio Iaco, Acre, Brasil	Solo no Espaço e no Tempo	AC	2005	UFV	Dissertação
41	Rafael de Souza Cavassani	Caracterização e classificação de solos com horizonte antrópico no sul do estado de Rondônia	Solo no Espaço e no Tempo	RO	2018	UFRRJ	Dissertação
42	Renato Epifânio de Souza	Mineralogia e teores naturais de metais pesados em solos da Bacia do Rio Juruá, na Amazônia Brasileira	Uso e Manejo do Solo	AC	2019	UFAM	Tese
43	Sabrina Novaes dos Santos	Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia	Uso e Manejo do Solo	RO	2011	USP	Dissertação
44	Sergio da Silva Fiuza	Ecologia de Chibui bari (annelida: oligochaeta) e atributos físicos, químicos e biológicos de seus coprólitos	Processos e Propriedades do Solo	AC	2009	UFAC	Dissertação
45	Stella Cristiani G. Matoso	Biocarvões enriquecidos com solos naturais e fertilizante fosfatado: caracterização e aplicação em solos tropicais	Processos e Propriedades do Solo	RO	2018	UFAM	Tese
46	Stella Cristiani G. Matoso	Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano	Uso e Manejo do Solo	AC	2012	UFAC	Dissertação
47	Tamires Cunha De Aguiar	Análise do potencial de erodibilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico da sub bacia do rio Mutum-Paraná: ensaios inderbitzen	Uso e Manejo do Solo	RO	2017	UNIR	Dissertação
48	Thiago Andrade Bernini	Caracterização mineralógica, identificação das substâncias húmicas e quantificação do alumínio em solos da Formação Solimões - AC	Processos e Propriedades do Solo	AC	2010	UFRRJ	Dissertação
49	Valderli Jorge Piontekowski	Modelagem da dinâmica do uso e cobertura da terra do estado de Rondônia até 2050	Uso e Manejo do Solo	RO	2014	UnB	Dissertação
50	Vaneide A. de S. Rudnick	Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes usos e manejos em Rondônia	Processos e Propriedades do Solo	RO	2015	UNIR	Dissertação
51	Wanderson Henrique do Couto	Indicadores Edáficos e Potencial Agrícola em Áreas do Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) na Amazônia Ocidental	Processos e Propriedades do Solo	RO	2010	UFRRJ	Dissertação

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; **INPA:** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; **UFAC:** Universidade Federal do Acre; **UFAM:** Universidade Federal do Amazonas; **UFGD:** Universidade Federal da Grande Dourados; **UFPR:** Universidade Federal do Paraná; **UFRRPE:** Universidade Federal Rural de Pernambuco; **UFRRJ:** Universidade Federal Rural de Pernambuco; **UFV:** Universidade Federal de Viçosa; **UnB:** Universidade de Brasília; **UNIR:** Universidade Federal de Rondônia; **UNESP:** Universidade Estadual de São Paulo; **USP:** Universidade do Estado de São Paulo.

Tecnologia do Biochar: implicações ambientais e agronômicas

Stella Cristiani Gonçalves Matoso
Xosé Lois Otero Pérez

A tecnologia do biochar surgiu com o avanço do conhecimento sobre as Terras Pretas da Amazônia. Essas terras são chamadas de diferentes formas, como Terras Pretas de Índio, Terras Pretas Arqueológicas, Terras Pretas Antropogênicas ou apenas Terras Pretas, e são reconhecidas pela comunidade rural e científica como solos escuros e de alta fertilidade (**Fig. 1**). Características essas, atribuídas ao elevado conteúdo de carbono pirogênico (carvão) desses solos.

A teoria mais aceita é de que o carvão das Terras Pretas foi produzido de forma não intencional pelas populações indígenas pré-colombianas, por meio da queima de resíduos domésticos, de vegetação nativa e de restos culturais. O acúmulo e o envelhecimento desse carvão no solo resultaram na

reação entre compostos orgânicos e minerais, formando estruturas resistentes à degradação, sequestrando o carbono (C) no solo de forma duradoura.

A reatividade do carvão confere ao solo maior carga negativa de superfície, o que contribui efetivamente para o incremento da capacidade de troca de cátions (CTC), enriquecimento do solo em cátions básicos e redução da acidez. Associado a isso, esses solos apresentam elevado teor de fósforo (P) disponível às plantas, boas condições físico-hídricas e alta atividade biológica. Como o carvão e os compostos organominerais formados nesses solos consistem em estruturas resistentes, a fertilidade dessas terras é conservada ao longo dos anos, mesmo sob o uso agrícola.



Figura 1. Amostras de Terra Preta Arqueológica, à esquerda, e de biochar, à direita.

O biochar é obtido através do processo de pirólise, assim a biomassa passa por um processo de decomposição térmica sob baixa ou nula pressão de oxigênio, o que evita a combustão do material. Logo, a perda de C sob formas gasosas e a conversão da biomassa em cinzas são menores, quando comparadas ao processo de queima. Desse modo, o biochar resulta em um produto sólido, rico em C sob formas aromáticas e recalcitrantes e resistente à degradação no solo.

O aumento do teor de C estável no solo e das cargas elétricas de superfície, por meio da incorporação do biochar, é responsável por inúmeros benefícios ambientais e agrônômicos e, conseqüentemente, econômicos dessa tecnologia. Diante do exposto, objetivamos discutir os benefícios da tecnologia do biochar, tratar dos avanços científicos do tema e apontar a possibilidade de produção e uso dessa tecnologia na nossa região.

Propriedades do biochar: uma relação entre matéria-prima e condições de pirólise

Para compreender os benefícios da tecnologia do biochar, temos que ter em mente que este produto é variável

na sua composição e nas suas propriedades, pois é afetado pelo tipo de biomassa utilizada como matéria-prima, temperatura e atmosfera de pirólise. Assim, não podemos acreditar que todo e qualquer biochar possuirá todos os benefícios a serem discutidos adiante. Temos que conhecer, portanto, as melhores combinações entre matéria-prima e condições de pirólise, a fim de obter um produto com as características e efeitos desejados no solo e no ambiente.

A matéria-prima influencia propriedades como densidade, porosidade, pH, CTC e conteúdo de nutrientes do biochar (Domene et al., 2015; Gai et al., 2014). Biomassas “ricas” em nutrientes e “pobres” em C (cama de frango, casca de café, sabugo de milho etc.) têm sido indicadas para obter biochar adequado para disponibilizar nutrientes e elevar a CTC dos solos. Por outro lado, biomassas “pobres” em nutrientes e ricas em C (resíduos madeireiros e bagaço de cana-de-açúcar) são mais adequadas para obter biochar com uma maior estabilidade e grande potencial de sequestrar C e reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) (Domingues et al., 2017).

Com relação às condições de piró-

lize sabemos que biochars produzidos sob atmosfera de dióxido de carbono (CO_2) têm melhor estrutura de poros, contêm mais nutrientes e com melhor especificação do que os biochars produzidos sob atmosfera de nitrogênio (N_2) (Tian et al., 2017). Esses e outros estudos demonstraram que a faixa de temperatura de 350°C a 400°C reduz a perda de macronutrientes durante a pirólise, aumenta a biodisponibilidade desses nutrientes e a CTC dos biochars, quando comparada a temperaturas superiores. Portanto, essas condições são mais indicadas para obter benefícios agronômicos com o biochar (Fig. 2).

Temperaturas de pirólises altas geram biochars básicos, com elevada superfície específica, porosidade e grau de aromaticidade, sendo indicadas para obter biochar com elevado potencial para o sequestro de C e para o tratamento de águas residuais e de solos contaminados com substâncias orgânicas e inorgânicas.

Benefícios ambientais e agronômicos

A conversão de biomassa em biochar é alternativa para o descarte inadequado de resíduos orgânicos, que além da emissão de GEEs, pode causar a contaminação de águas subterrâneas e o aumento desnecessário do volume de material em aterros sanitários (Cowie et al., 2012). Além disso, como o processo de pirólise é realizado sob temperaturas elevadas (300 a 900°C) não há restrição quanto ao risco biológico do produto, podendo-se utilizar qualquer fonte orgânica para a sua produção, com posterior aplicação segura na agricultura. Logo, essa tecnologia pode ser alternativa para o aproveitamento agrícola de resíduos como lodo de esgoto, dejetos suínos e de outros animais. Na região amazônica temos muito potencial nesse sentido. Em pesquisa recente (dados não publicados), usamos vinte resíduos distintos para a produção de biochar no Cone Sul de Rondônia.

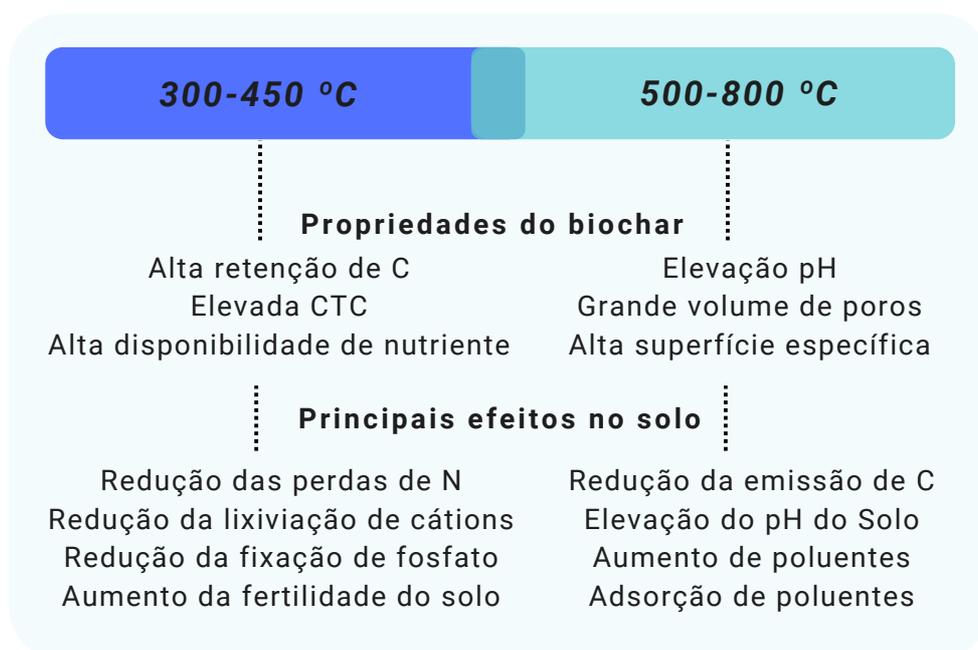


Figura 2. Esquema simplificado do efeito da temperatura de pirólise sobre as propriedades do biochar e sua reação no solo.

A decomposição do material orgânico no ambiente é feita por uma gama de organismos que usam o C como fonte de energia, liberando-o principalmente na forma de CO_2 , durante a respiração. Além disso, outros GEEs podem ser gerados durante o processo, como óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) (Nguyen et al., 2015). Estima-se que, durante a decomposição natural, 80% do material orgânico é perdido sob a forma de água e gases. Enquanto o rendimento do biochar gira em torno de 45%, com fixação de 50 a 75% do C contido na biomassa, a depender das condições de pirólise (Liu et al., 2020; Matoso et al., 2020).

Além da menor emissão de GEEs durante a decomposição, a pirólise resulta em formas recalcitrantes de C no biochar, devido a formação de estruturas aromáticas, que ocorre em consequência da desidratação dos grupos hidroxila e da degradação de estruturas lignocelulósicas (Walkiewicz et al., 2020). Assim, o biochar é muito mais resistente à degradação do que a matéria orgânica (MO) humificada no solo. Contribuindo de forma mais efetiva para o sequestro de C. Essa contribuição vai além do processo de obtenção biochar, tendo efeitos após a sua incorporação no solo, que dependem da interação biochar, solo e biosfera (Majumder et al., 2019).

Em solos agricultáveis bem drenados as emissões de CO_2 são provenientes, principalmente, da respiração do solo, da dissolução de calcários e do uso de fertilizantes nitrogenados. Já em solos saturados com água pode ocorrer a emissão de CH_4 não consumido pela microbiota. Biochars produzidos dos sob temperaturas elevadas

(>500°C) são eficazes em reduzir as emissões de CO_2 e de CH_4 do solo. Isso acontece devido à elevada superfície específica e microporosidade desses biochars, que afetam os processos de adsorção de gases, de retenção de água e de aeração do solo.

Similar ao que ocorre com o C, as emissões de nitrogênio (N) sob formas gasosas podem ser reduzidas durante a pirólise e após adição de biochar ao solo e o processo também é complexo e dinâmico (Ding et al., 2017, Tian et al., 2017). A perda de N durante a pirólise é atribuída a sua remoção via volatilização na forma de amônia (NH_3), óxido nítrico (NO) e cianeto de hidrogênio (HCN) (Tian et al., 2017). Assim, foi observado que uso de biomassas ricas em N e temperaturas de pirólise de até 400 °C tem o potencial de reduzir as emissões de formas gasosas de N, quando comparado ao processo de decomposição natural da matéria orgânica, pois o N pode formar uma ligação C-N heterocíclica estável, que resulta na concentração de N no biochar (He et al., 2018).

A relação entre a aplicação de biochar no solo e a emissão de N sob formas gasosas é mais complexa e depende de fatores como pH, teor de MO e de CTC do solo; da quantidade de biochar aplicada e das propriedades do biochar. Biochars com CTC elevada diminuem a volatilização da amônia (NH_3), devido à maior adsorção do íon amônio (NH_4^+), e biochars com elevado potencial de elevar o pH do solo próximo a neutralidade contribuem para a aumentar a perda do N por volatilização (Liu et al., 2019). Assim, observamos que a temperatura de pirólise está diretamente relacionada com

esses resultados, pois biochars obtidos até 500 °C possuem elevada CTC e aqueles obtidos sob temperaturas superiores possuem maior pH e poder de neutralização.

A temperatura de pirólise também afeta as emissões de N nas formas de NO e N₂O. Ao aplicar simultaneamente biochar e fertilizante nitrogenado foi observado que biochars produzidos sob baixas temperaturas (350 a 550°C) reduziram as emissões de NO e N₂O, em 59% e 46%, respectivamente, em relação a aplicação do fertilizante isoladamente. E que o uso de biochars obtidos sob temperatura maior que 550 °C também reduzem as emissões gasosas de N do fertilizante nitrogenado, porém com menor efetividade (Nelissen et al., 2014).

Como já pudemos observar a aplicação de biochar no solo melhora as condições de fertilidade e consequentemente a produtividade das culturas. Apesar do biochar ter poder de elevar o pH do solo, esse efeito tem duração de até 1,5 anos e é alcançado com produto obtido sob altas temperaturas de pirólise (Carvalho et al., 2016). Desse modo, é mais adequado usar o biochar com outras finalidades, usando produto obtido sob baixa temperatura de pirólise, de até 450 °C, e derivado de biomassas “ricas” em nutrientes. Na nossa região são fontes potenciais a cama de frango, casa de café, cascas de frutas, sabugo de milho, palhada de milho, palhada de soja, dentre outras. Com essa combinação de bioamassa e temperatura de pirólise são obtidos biochars com elevada CTC e nutrientes em formas potencialmente disponíveis as plantas.

O aumento da produtividade das

culturas agrícolas com a aplicação de biochar no solo está relacionado com a maior taxa de germinação de sementes, maior retenção de água no solo, elevação da CTC, aumento da concentração de nutrientes em formas disponíveis na solução, aumento na taxa de retenção (redução na lixiviação) dos nutrientes, redução da fixação de fosfato, redução de perdas de N por volatilização (Bierdman; Harpole, 2013).

Ao analisar os resultados da meta-análise de 371 experimentos independentes realizada por Bierdman e Harpole (2013) observamos que: **1)** maior efeito do biochar na melhoria das propriedades do solo e produtividade das culturas ocorre em solos baixa fertilidade do que em solos de fertilidade mais elevada; **2)** a correlação entre a taxa de aplicação de biochar e efeitos positivos para as culturas agrícolas é variável entre as diferentes condições experimentais; **3)** apesar da variabilidade introduzida pelo tipo de solo, clima e métodos de produção, o efeito médio do biochar sobre várias propriedades do agroecossistema é de neutro a positivo; **4)** o efeito positivo médio do biochar é observado pelo aumento da produtividade da parte aérea, do rendimento da cultura, do teor de biomassa microbiana do solo, da nodulação rizobiana, da concentração potássio (K) no tecido das plantas, do P e K disponível no solo, do C e N total do solo.

Não existe fórmula mágica quando se trata da tecnologia do biochar. São necessários estudos locais sobre a interação do biochar, solo, clima e cultura agrícola. Esses estudos devem se concentrar em propriedades específicas do biochar e não buscar alcançar

todos os efeitos positivos apontados na literatura (Fig. 3). Na nossa região o aumento da CTC do solo e da disponibilidade de nutrientes é um grande logro dessa tecnologia. Outro aspecto relevante é o aumento da retenção de água no solo. Grande parte da região amazônica passa por longos períodos de estiagem na época seca, com precipitações menores que 60 mm/mês. Assim, diferentes combinações entre biomassa e condições de pirólise para a obtenção de biochar e técnicas de aplicação no solo devem ser mais bem estudados, a fim de reduzir o estresse hídrico de culturas perenes em períodos de seca.

Biochar: um promissor aliado do produtor rural

A queima da vegetação é feita pelo processo de combustão, no qual a maior parte do material é perdida na forma de gases ou converte-se em cinzas. Assim, pouco carvão é incorporado ao solo nesse processo. Com isso as

queimadas levam ao rápido empobrecimento dos solos. Podemos observar esse efeito nos resultados de Silva Neto et al. (2019), que mostram que de cinco a sete meses após a queima de 1 ha de floresta nativa amazônica houve redução nos teores de C; N; pH; cálcio e magnésio trocáveis (Ca^{2+} e Mg^{2+}), potássio e fósforo disponíveis (K^+ e PO_4^{3-}) e aumento na concentração da acidez potencial ($\text{H}^+\text{Al}^{\text{p}}$) em relação aos teores presentes no solo inicialmente. Esses resultados podem ser extrapolados para a queima de pastagens e de vegetação espontânea realizadas frequentemente na região.

Para a população rural a tecnologia do biochar é uma estratégia muito mais interessante do que a queima de biomassa. Obtendo biochar a partir de combinações adequadas de matéria-prima e condições de pirólise e realizando estudos locais sobre o efeito de sua aplicação no solo, o produtor pode se beneficiar dessa tecnologia para a emissão zero de C nos empreendimentos rurais. Pois, os

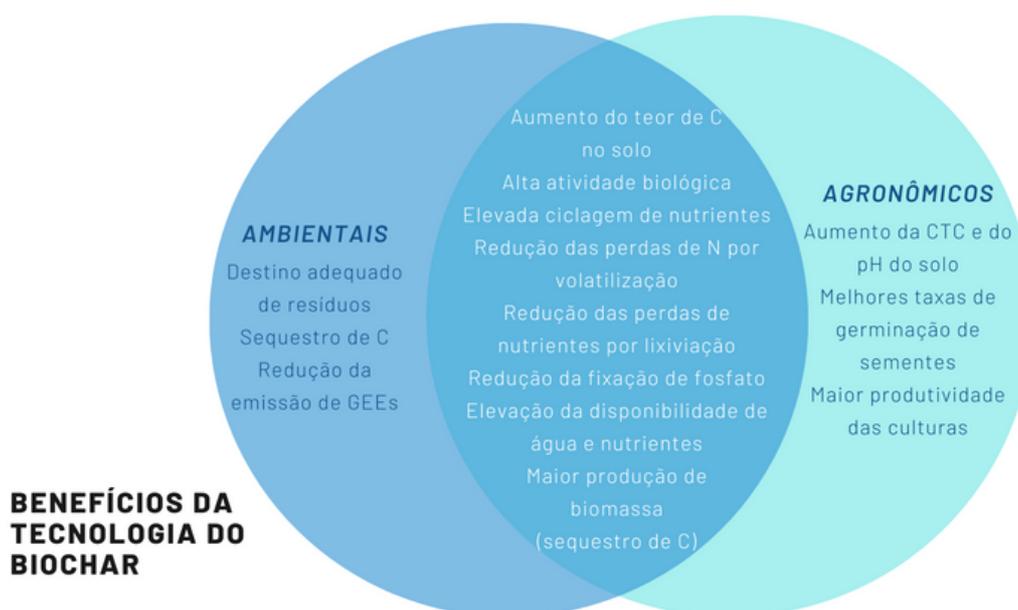


Figura 3. Esquema representativo dos benefícios da produção de biochar e aplicação no solo.

produzidos na propriedade podem ser convertidos em biochar e a sua aplicação no solo pode reduzir a emissão de CO₂ e outros GEEs nas áreas agrícolas, o que pode resultar em balanço negativo de C na propriedade. Além de todos os benefícios discutidos.

Apesar de promissora, a tecnologia do biochar não está facilmente acessível. Adquirir produto comercial em larga escala ainda não é viável, pois no Brasil existe apenas uma empresa no ramo, que produz biochar de eucalipto e o custo é de 35,00 R\$ o quilo, além do transporte. Diferentemente, de países como a China que comercializa esse produto em larga escala. Para a elaboração de biochar dentro da propriedade não existe legislação específica, assim o produtor poderia buscar atender a legislação vigente para a produção de carvão vegetal.

É urgente, portanto, desenvolver metodologia simples e economicamente acessível, que possa ser transferida tanto a grandes como a pequenos produtores agrícolas e que lhes permita elaborar o seu próprio biochar e, desse modo, contribuir para a redução na emissão de GEEs nas atividades agrícolas e para a menor utilização de recursos, como corretivos, condicionadores, fertilizantes, água de irrigação, etc. A tecnologia do biochar é, ao mesmo tempo, promessa de sustentabilidade para a região amazônica e desafio para pesquisadores, legisladores e empreendedores rurais e agroindustriais.

Referência Bibliográfica

Biederman, L. A.; Harpole, S. **Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis.** *Global Change Biology Bioenergy*, v. 5, p. 202-214, 2013.

Carvalho, M. T. M.; Madari, B. E.; Bastiaans, L.; bVan Oort, P. A. J.; Leal, W. G. O.; Heinemann, A. B.; Silva, M. A. S. da; Maia, A. H. N.; Parsons, D.; Meinke, H. **Properties of a clay soil from 1.5 to 3.5 years after biochar application and the impact on rice yield.** *Geoderma*, v. 276, p. 7-18, 2016.

Cowie, A. L.; Downie, A. E.; George, B. H.; Singh B. P.; Van Zwieten, L.; O'connell, D. **Is sustainability certification for biochar the answer to environmental risks?** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, p. 637-648, 2012.

Ding, Y.; Liu, Y. G.; Liu, S. B.; Huang, X. X.; Li, Z. W.; Tan, X. F.; Zeng, G. M.; Zhou, L. **Potential benefits of biochar in agricultural soils: a review.** *Pedosphere*, v. 27, n. 4, p. 645-661, 2017.

Ding, Y.; Liu, Y. G.; Liu, S. B.; Huang, X. X.; Li, Z. W.; Tan, X. F.; Zeng, G. M.; Zhou, L. **Potential benefits of biochar in agricultural soils: a review.** *Pedosphere*, v. 27, n. 4, p. 645-661, 2017.

Domene, X.; Enders, A.; Hanley, K.; Lehmann, J. **Ecotoxicological characterization of biochars: role of feedstock and pyrolysis temperature.** *Science of the Total Environment*, v. 512-513, p. 552-561, 2015.

Domingues, R. R.; Trugilho, P. F.; Silva, C. A.; Melo, I. C. N. A. de; Melo, L. C. A.; Magriotis, Z. M.; Sánchez-Monedero, M. A. **Properties of biochar derived from wood and high-nutrient biomasses with the aim of agronomic and environmental benefits.** *Plos One*, v. 12, e0176884, 2017.

Gai, X.; Wang, H.; Liu, J.; Zhai, L.; Liu, S.; Ren, T.; Liu, H. **Effects of feedstock and pyrolysis temperature on biochar adsorption of ammonium and nitrate.** *Plos One*, v. 9, n. 12, p.1-10, 2014.

- Liu, Q.; Liu, B.; Zhang, Y.; Hu, T.; Lin, Z.; Liu, G.; Wang, X.; Ma, J.; Wang, H.; Jin, H.; Ambus, P.; Amonette, J. E.; Xie, Z. **Biochar application as a tool to decrease soil nitrogen losses (NH₃ volatilization, N₂O emissions, and N leaching) from croplands: Options and mitigation strength in a global perspective.** *Global Change Biology*, v. 25, p. 2077-2093, 2019.
- Liu, Y.; Gao, C.; Wang, Y.; He, L.; Lu, H.; Yang, S. **Vermiculite modification increases carbon retention and stability of rice straw biochar at different carbonization temperatures.** *Journal of Cleaner Production*, v. 254, p.120111, 2020.
- Majumder, S.; Neogi, S.; Dutta, T.; Powel, M. A.; Banik, P. **The impact of biochar on soil carbon sequestration: Meta-analytical approach to evaluating environmental and economic advantages.** *Journal of Environmental Management*, v. 250, p. 109466, 2019.
- Matoso, S. C. G.; Wadt, P. G. S.; Souza Júnior, V. S. de; Pérez, X. L. O. **Synthesis of enriched biochar as a vehicle for phosphorus in tropical soils.** *Acta Amazonica*, v. 49, p. 268-276, 2019.
- Matoso, S. C. G.; Wadt, P. G. S.; Souza Júnior, V. S. de; Pérez, X. L. O.; Plotegher, F. **Variation in the properties of biochars produced by mixing agricultural residues and mineral soils for agricultural application.** *Waste Management & Research*, v. 38, p. 978-986, 2019.
- Nelissen, V.; Saha, B. K.; Ruyschaert, G.; Boeckx, P. **Effect of different biochar and fertilizer types on N₂O and NO emissions.** *Soil Biology & Biochemistry*, v. 70, p. 244-255, 2014.
- Silva Neto, E. C. da; Pereira, M. G.; Frade Junior, E. F.; Silva, S. B. da; Carvalho Junior, J. A.; Santos, José Carlos dos. **Temporal evaluation of soil chemical attributes after slash-and-burn agriculture in the Western Brazilian Amazon.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 41, e42609, 2019.
- Tian, S.; Tan, Z.; Kasiulienė, A.; Ai, P. **Transformation mechanism of nutrient elements in the process of biochar preparation for returning biochar to soil.** *Chinese Journal of Chemical Engineering*, v. 25, p. 477-486, 2017.
- Walkiewicz, A.; Kalinichenko, K.; Kubaczyński, A.; Brzezińska, M.; Bieganski, A. **Usage of biochar for mitigation of CO₂ emission and enhancement of CH₄ consumption in forest and orchard Haplic Luvisol (Siltic) soils.** *Applied Soil Ecology*, v. 156, p. 103711, 2020.

Autores:

Stella Cristiani Gonçalves Matoso é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, Rodovia BR 435, km 63, Colorado do Oeste, RO, 76993-000.
E-mail: stella.matoso@ifro.edu.br

Xosé Lois Otero Pérez é pesquisador da Cretus Institute, Departamento de Edafologia e Química Agrícola, Universidade de Santiago de Compostela, Campus Vida, Santiago de Compostela, Galícia, Espanha, 15782.
E-mail: xl.otero@usc.es

Núcleo Regional Noroeste

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Acesse nossas redes sociais e fique
por dentro de todas as novidades



@noroeste.sbcs



NúcleoRegionalNoroesteSBCS



noroeste.sbcs



sbcs-noroeste.agr.br/



Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Regional Noroeste