


SEGURANÇA DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NA AMAZÔNIA ORIENTAL: PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-116>

Data de submissão: 11/01/2025

Data de publicação: 11/02/2025

Edfranklin Moreira da Silva

Doutor em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária - UFRRJ

Professor na Universidade Federal do Pará

E-mail: edfranklin@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3832-1921>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/5259957857523185>

Renato Linhares de Assis

Doutor em Economia Aplicada - UNICAMP

Pesquisador na Embrapa Agrobiologia

E-mail: renato.assis@embrapa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4228-5166>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0166932409679530>

Adriana Maria de Aquino

Doutora em Agronomia (Ciência do Solo) - UFRRJ

Pesquisadora na Embrapa Agrobiologia

E-mail: adriana.aquino@embrapa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3718-4512>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7609522175287146>

RESUMO

Na região amazônica, os agricultores familiares enfrentam uma crise nos sistemas tradicionais de gestão e manejo da fertilidade do meio natural, baseado no sistema técnico de corte e queima, questionando a sustentabilidade dos agroecossistemas. Para fazer frente a esses desafios, observam-se mudanças nas práticas agrícolas nos sistemas de produção locais, em especial com a adoção de sistemas agroflorestais. O objetivo foi analisar a adoção de uma metodologia integral e sistêmica para avaliação da segurança do solo na Amazônia Oriental. A metodologia adotada envolveu entrevistas com agricultores familiares, diagnóstico dos sistemas de produção e avaliação visual do solo com os agricultores quilombolas. Conclui-se que a ferramenta construída é uma tecnologia social que pode contribuir para monitorar os agroecossistemas e auxiliar na tomada de decisão dos agricultores sobre a continuidade ou mudanças nas práticas de manejo adotadas.

Palavras-chave: Manejo do Solo. Sistemas Agroflorestais. Agricultura Familiar. Desenvolvimento Sustentável. Estado do Pará.

1 INTRODUÇÃO

Diante das problemáticas das mudanças climáticas, a sustentabilidade das formas de fazer agricultura têm sido questionadas por cientistas, políticos, movimentos ecológicos entre outros atores sociais. Isso porque o modelo hegemônico de produção agrícola tem como premissa a produção de *commodities* baseada no uso de adubos sintéticos, agrotóxicos, mecanização agrícola e monocultivos. Esse modelo rompe com os ciclos naturais e os processos ecológicos, gerando desconexão da agricultura com a natureza (ALTIERI, 2012; BARRIOS et al., 2020; GLIESSMAN; FRIEDMANN; HOWARD, 2019; TITTONELL et al., 2020). E, tem contribuído para problemas como a degradação ambiental, conflitos socioterritoriais e insegurança alimentar e nutricional (CORTES et al., 2020).

Das terras utilizadas para a atividade agropecuária na América do Sul, 14% encontram-se degradadas segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUD), por meio do Global Assessment of Soil Degradation (GLSOD Projeto de Avaliação Mundial da Degradação do Solo). A degradação ameaça a fertilidade das terras, a qualidade das águas, a funcionalidade do solo e o equilíbrio ecológico, em geral (BRIDGES; OLDEMAN, 1999). Os principais fatores que contribuem para degradação dos solos são: desmatamento ou remoção da vegetação natural; superpastejo; uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes; uso de água de irrigação de baixa qualidade e/ou excesso; uso inapropriado de máquinas agrícolas; atividades industriais, entre outros. O problema é potencializado quando se considera que o processo de regeneração do solo é lento, estima-se ser necessários cerca de 500 anos para que se formem uma camada de solo de 2,5 cm de espessura (BRADY; WEIL, 2013).

No Brasil, dados do Ministério do Meio Ambiente estimam 140 milhões de hectares de terras degradadas. A Amazônia é um dos principais biomas brasileiros impactados pelo avanço do desmatamento para atividades agrícolas e minerais (SAUER, 2024). Em 2021, o Sistema de Alerta de Desmatamento do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia registrou que foram destruídos 10.362 km² de floresta nativa. Comparado ao ano 2020, que já registrava alta, a devastação foi de 29% maior (MESSIAS et al., 2021).

Diante desse cenário, é preciso refletir as formas de agricultura praticadas e buscar o desenvolvimento de agroecossistemas sustentáveis. Os solos desempenham papel central nesse processo, visto que um solo de boa qualidade tem relação direta com plantas saudáveis e, consequentemente, com pessoas saudáveis (PRIMAVESI, 2008). Assim, compreende-se que a qualidade do solo pode ser a capacidade de um dado solo em ecossistemas naturais ou agrícolas desempenhar funções relativas à produtividade das plantas, manutenção da biodiversidade, conservação da

qualidade do ambiente, promoção da saúde das plantas e dos animais e a sustentação de habitação humana (DORAN; PARKIN, 1994; KARLEN et al., 1997).

A avaliação da qualidade dos solos pode ser entendida como um importante indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas (CASALINHO et al., 2007). Entretanto, McCartney et al. (2014) argumentam que pensar o desenvolvimento sustentável requer ampliar o conceito de qualidade do solo. Por isso, ele propõe a noção de segurança do solo que permite uma visão integral e sistêmica do solo como um recurso global essencial ao desenvolvimento sustentável.

Diante de tais reflexões, este artigo tem como premissa que as práticas de manejo dos solos são centrais na construção de agroecossistemas sustentáveis, porque essas têm impacto direto na segurança dos solos. Por isso, é imprescindível conhecer tais práticas, bem como os fatores que as condicionam para incentivar a continuidade ou mudança dos sistemas de manejo adotados pelos agricultores. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é analisar a adoção de uma metodologia integral e sistêmica para avaliação da segurança do solo na Amazônia Oriental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os estudos sobre a qualidade dos solos se intensificaram a partir dos anos de 1990, com destaque para as publicações dos trabalhos de Doran e Parkin (1994) e Karlen et al. (1997), na busca de uma visão mais ampla dos ecossistemas. De acordo com Araújo et al. (2012), a qualidade do solo depende da extensão na qual o solo funcionará para o benefício da sociedade, a partir da sua composição natural, considerando a forte relação com as práticas de intervenção humana. O solo com boa qualidade consegue reciclar nutrientes, reter água e manter um ambiente favorável ao desenvolvimento da vida (KUNDE et al., 2020).

A qualidade do solo é estudada em três linhas de análise: 1) atributos do solo como indicadores da qualidade do solo; 2) centralidade na matéria orgânica do solo como o principal indicador de qualidade do solo e; 3) abordagem sistêmica da qualidade do solo que busca abarcar a complexidade dos solos e suas funções, onde considera ser mais importante entender como obtém e mantém a qualidade do solo do que medi-la (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A partir dos anos 2000, pesquisadores da qualidade do solo começaram a utilizar, com mais regularidade, o termo saúde do solo para fazer referência ao solo como um sistema vivo (LEHMANN et al., 2020; TORRES et al., 2022). O Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, sigla em inglês) define a saúde do solo como “capacidade contínua do solo funcionar como um ecossistema vivo vital

que sustenta plantas, animais e humanos”¹. Nessa abordagem, considera-se o recurso solo como um patrimônio natural, biológico, histórico e cultural (TORRES et al., 2022).

Apesar de se observar na literatura o uso do conceito de saúde do solo como sinônimo de qualidade do solo, há diferenças, porque o primeiro inclui como função do solo “objetivos mais amplos de sustentabilidade que incluem a saúde humana e planetária”, enquanto o segundo “geralmente se concentra nos serviços ecossistêmicos com referência aos interesses humanos, em especial a produção agrícola” (LEHMANN et al., 2020).

A abordagem da segurança do solo foi desenvolvida para relacionar o desenvolvimento sustentável com a manutenção e melhoria dos recursos globais do solo, a fim de produzir alimentos, fibras e água doce, contribuir para a sustentabilidade energética, regulação climática, manter a biodiversidade e a proteção geral do ecossistema (MCBRATNEY et al., 2012). O termo segurança denota ausência de riscos, danos, perigos e incertezas. Assim, a segurança do solo pode ser definida como ausência de riscos de perda de uma função ou um grupo de funções do solo (CEDDIA et al., 2017).

A segurança do solo está fundamentada na avaliação de cinco dimensões: 1) capacidade (potencial natural do solo em favorecer o crescimento das plantas, aptidão do solo, estocar carbono, água e manter a biodiversidade); 2) condição (estado atual do solo, gestão e uso irá refletir na qualidade e saúde do solo); 3) capital (valorização dos serviços ecossistêmicos do solo); 4) conectividade (reconectar as pessoas com a terra) e; 5) codificação (elaboração de políticas de proteção e conservação do solo) (MCBRATNEY et al., 2014).

Enquanto, qualidade e saúde do solo medem a condição do solo (LEHMANN et al., 2020), a segurança do solo se propõe mais ampla para ocupar a mesma posição de outras seguranças (alimentar, hídrica e energética) (MCBRATNEY et al., 2014), como um direito humano em um contexto político, abrangendo aspectos socioeconômicos, culturais e legais do manejo do solo. Nesse sentido, a discussão sobre segurança do solo permite a compreensão do solo como um bem comum, semelhante ao que acontece nos debates sobre a água e o ar (LEHMANN et al., 2020).

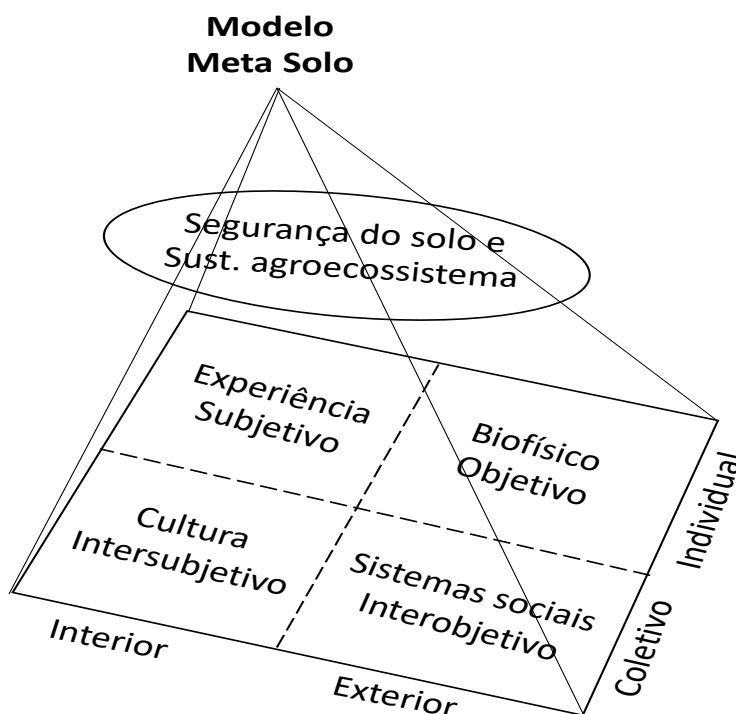
Questões centrais aqui para avançar na aplicabilidade do conceito de segurança do solo são: como integrar as cinco dimensões? Como integrar conceitos e métodos das ciências humanas com as ciências agrárias e naturais? Para isso, Ceddia et al. (2017) e Grunwald et al. (2017) propõem, como integrador chave, uma sexta dimensão *cognizance* — descreve conhecimento, consciência e percepção individual e coletiva, interagindo com o sistema, solo, ecossistema e demais elementos que compõe a segurança do solo. Para efeitos práticos, sugere-se um *Meta Soil Model* (Modelo de Meta Solo)

¹ Mais informações em <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>

baseado na teoria integral (aplicada na ecologia), que se baseia na junção de percepção de vários campos do conhecimento, como ciências humanas, naturais e outras.

A teoria integral pressupõe que haja no mínimo quatro perspectivas ou quadrantes irredutíveis, a saber: subjetivo, intersubjetivo, objetivo e interobjetivo (ESBJÖRN-HARGENS; ZIMMERMAN, 2009). Esses devem ser avaliados quando se quer entender complexamente a realidade. Os quadrantes permitem observar uma dada questão da realidade de forma holística, a partir de duas distinções: 1) perspectiva interior e exterior e; 2) perspectiva individual e coletivo.

Figura 1 - Mapa integral, derivado da teoria integral, representa os quatro quadrantes, que fornecem todas as perspectivas para visualizar a segurança do solo e sustentabilidade do agroecossistema.



Fonte: adaptado (CEDDIA et al., 2017).

No quadrante superior esquerdo compreende a experiência individual do agricultor sobre o seu agroecossistema e as práticas de manejo, ou seja, a percepção; o quadrante inferior esquerdo compreende a experiência coletiva, os valores e as crenças da comunidade; o quadrante superior direito compreende as funções, atributos, manejos do solo; o quadrante inferior direito compreende os sistemas econômico, social, político e legal.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa tem como aporte teórico-analítico o enfoque sistêmico aplicado ao estudo dos agroecossistemas familiares (PINHEIRO, 2000). Parte de uma abordagem ascendente, a partir da

observação das práticas dos agricultores, relativas ao manejo do solo, à compreensão das lógicas de reprodução social e os desdobramentos sobre a sustentabilidade dos agroecossistemas. Busca-se contemplar as experiências dos agricultores em uma perspectiva interdisciplinar e de complexidade (MORIN, 2005). A premissa teórica-analítica aqui foi de valorizar as experiências dos agricultores, por meio da integração dos conhecimentos científicos e dos conhecimentos e práticas tradicionais, bem como avaliar os limites e potencialidades dessas experiências (ZANELLI et al., 2021).

Nesse sentido, articulou-se a combinação de métodos e técnicas de caráter quantitativo e qualitativo, para avaliar as práticas de manejo e apreender os processos de mudanças inerentes aos sistemas de produção, as percepções dos camponeses envolvidos na pesquisa, bem como os impactos dos manejos realizados na segurança do solo (CASALINHO; LIMA, 2018), tendo como indicadores chaves, a macrofauna invertebrada do solo, a estrutura do solo e indicadores locais (etnoindicadores) da saúde do solo.

O quadro analítico da pesquisa que orientou o levantamento dos dados foi norteado pela teoria integral conforme Figura 2. No quadrante interior-individual corresponde ao levantamento de dados a partir da percepção dos agricultores do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. No quadrante interior-coletivo corresponde ao levantamento de dados da percepção coletiva da comunidade envolvida (levantamento de etnoindicadores). No quadrante exterior-individual corresponde ao levantamento de dados analíticos (caracterização química da textura do solo, avaliação da fauna edáfica, diagnóstico da estrutura do solo). No quadrante exterior-coletivo corresponde aos dados relacionados aos sistemas sociais e agrários no território estudado.

Figura 2 - Síntese do quadro analítico da pesquisa sobre saúde do solo na Amazônia Oriental.

	Interior	Exterior
Individual	<p>Experiência</p> <p>Percepção sobre o solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas</p> <p>Realização de entrevistas com agricultores</p> <p>Objetivos i e ii</p>	<p>Biofísico/Agroecossistema</p> <p>Caracterização química do solo</p> <p>Macrofauna invertebrada do solo como indicador da saúde do solo</p> <p>Índice da Qualidade Estrutural do Solo</p> <p>Objetivos i, ii</p>
Coletivo	<p>Cultural</p> <p>Reflexões coletivas sobre as práticas agrícolas e seus possíveis impactos sobre a saúde do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas</p> <p>Oficinas participativas para caracterização agroambiental das comunidades (BARRIOS et. al. 2011; CARMO et. al. 2018)</p> <p>Objetivos i, e iii</p>	<p>Sistemas sociais/Sistema agrário</p> <p>Análise de sistema de produção</p> <p>Aplicação de questionários com informantes-chave e agricultores da comunidade</p> <p>Objetivos i e iii</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2024). Fonte: Adaptado de Ceddia et al., (2017) e Grunwald et al., (2017).

Não há dúvida sobre a importância dos solos para o cultivo sadio das plantas, segurança/soberania alimentar e hídrica, sustentabilidade energética, estabilidade climática, proteção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. No entanto, ainda predomina uma concepção do solo como substrato ao qual fertilizantes sintéticos devem ser adicionados para nutrir as plantas (CARDOSO et al., 2018). Por isso, é necessário ressignificar essa percepção sobre o solo, reconhecendo-o nas agendas de pesquisa, ensino e políticas públicas, como parte integral dos desafios atuais da humanidade para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, ao buscar aqui compreender a evolução das práticas de manejo do solo e seus impactos na sustentabilidade dos agroecossistemas, pretendeu-se gerar conhecimento e provocar reflexões que apontem caminhos para assegurar a saúde do solo na comunidade estudada.

Essa pesquisa adota, também, o enfoque agroecológico por privilegiar o diálogo de saberes para análise dos agroecossistemas. Uma ciência complexa com dimensões políticas e socioculturais, que reconhece e respeita os diferentes conhecimentos. Desse modo, permite conectar a teoria integral e a etnopedologia, por colocar na chave de análise a percepção daqueles que manejam os solos, além de promover a integração com conhecimentos obtidos por análises quantitativas.

Os estudos da etnopedologia abordam geralmente o solo a partir de quatro perspectiva: 1) a classificação do solo a partir dos conhecimentos locais; 2) comparação das classificações locais com as classificações acadêmicas; 3) análise da avaliação dos solos locais descritivamente; e 4) avaliação das práticas de manejo do solo buscando explicar os sentidos do saber-fazer a partir da integração do sistema de conhecimento local (Corpus), sistema de gestão local (Práxis) e sistema de crenças e símbolos locais (Kosmos) (BARRERA-BASSOLS; ZINCK, 2003). Essa última foi empregada neste estudo porque permite associar as percepções, os conhecimentos e as práticas de manejo para apreender, em perspectiva complexa, os fenômenos observados (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2015; CARMO et al., 2018). Além de permitir a integração aos demais aportes teóricos-metodológicos da teoria integral.

A incorporação da segurança do solo ao enfoque agroecológico pode significar avanços na produção do conhecimento no campo da agroecologia. Isso porque a agroecologia e a saúde do solo apresentam diversas abordagens que podem ser consideradas próximas, como adoção de princípios ecológicos, agricultura sustentável, sistemas tradicionais, mudanças climáticas, economia ecológica e transformação social e política. Agroecossistemas sustentáveis pressupõem o manejo ecológico do solo com práticas como manutenção de cobertura vegetal sobre o solo, rotação e diversificação de culturas. Tais práticas podem prevenir os principais riscos de degradação do solo, sendo a compactação e a erosão.

4 AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Na Amazônia Oriental, há dois grandes ambientes que se destacam e marcam as formas de viver dos camponeses: as terras firmes e as várzeas. Nesses ambientes os camponeses têm desenvolvido, ao longo do tempo, agroecossistemas diversificados com a combinação de cultivos (anuais e perenes), criações (pequenos e grandes animais), extrativismo (produtos da sociobiodiversidade), pesca artesanal (para os que têm acesso ao rio) e criação de peixes em tanques. Os sistemas de produção desenvolvidos por esses agricultores e agricultoras em seus territórios são, também, marcados por processos políticos, sociais e culturais que condicionam uma ampla diversidade de formas de produção e de relação de homens e mulheres com a natureza.

Nas áreas de terra firme, o sistema técnico de corte e queima (baseado no uso do fogo), ainda, é a principal prática de preparo de área e da gestão da fertilidade do meio natural, o que tem provado crise nos sistemas produtivos locais. A crise no sistema técnico de corte e queima se agrava na medida que há uma pressão acerca da preservação de biomas importantes para o equilíbrio climático, como o caso da Amazônia.

Estudiosos das unidades produtivas camponesas no estado do Pará, como Conceição (2002) e Hurtienne (2005) relatam em seus trabalhos, que a crise no sistema de corte queima se dá pela redução do tempo de pousio, diminuição das áreas de cultivo, intensificada pelo aumento demográfico, ocasionando maior pressão sobre área de florestas. Além disso, a expansão de setores agroindustriais na região, como a dendeicultura no Nordeste Paraense, promove a diminuição de áreas para o cultivo de espécies alimentares, como observaram Silva e Navegantes-Alves (2017).

As consequências dessa crise têm sido a perda de fertilidade dos solos, aumento de processos de erosão dos solos, perda da biodiversidade, abandono das áreas pelos agricultores e migração para os centros urbanos em busca de oportunidades ou tornam-se empregados rurais nas áreas de monocultivos, ou fazendas (SÁ; KANASHIRO; LEMOS, 2014).

O uso do fogo como técnica de preparo de área impacta nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O fogo elimina o material orgânico da camada superficial do solo, aumentando o escoamento da água e, conseqüentemente, causa erosão (OLIVEIRA et al., 2022). Como consequência destas alterações, há redução da atividade biológica (REGO; KATO, 2018).

Em estudo realizado por Alves e Modesto-Jr. (2014), em sistemas de produção familiares em Cametá (Nordeste Paraense), foi identificado que a média de produção de mandioca foi de 12 t. ha⁻¹, resultado baixo, tendo em vista haver comunidades que conseguem um rendimento de 26 t. ha⁻¹ no estado do Pará. Ainda, esses autores argumentam que os principais fatores que influenciam no baixo

rendimento da produção da mandioca são a degradação do solo, levando, obviamente, à perda da fertilidade do solo.

Diante disso, é evidente que a segurança do solo nessa região torna-se uma questão urgente para as agendas de pesquisa e de ações de desenvolvimento local, a fim de se construir caminhos para melhorar e manter as funções do solo, bem como a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Nesse sentido, é possível observar iniciativas próprias da organização dos agricultores por meio da implantação de sistemas agroflorestais (REGO; KATO, 2018); assim como intervenções técnico-produtivas por meio de programas governamentais como o Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) para a recuperação de áreas degradadas a na Amazônia Legal pela implantação de dendezeiros e; ações de ONGs como o programa rede de agricultores multiplicadores da Associação Paraense de Apoio a Comunidades Carentes (APACC) baseado na adoção de sistemas agroflorestais, cultivo orgânico de hortaliças, psicultura e apicultura (RITTER; RUIVO; ALMEIDA, 2017).

5 GESTÃO DA FERTILIDADE NOS AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES

A noção da gestão da fertilidade do meio natural difere do conceito de fertilidade do solo estabelecido na ciência do solo. Isso porque essa noção extrapola a ideia da fertilidade associada principalmente aos elementos minerais do solo. A fertilidade do meio natural é produto da natureza transformada pela prática dos camponeses (VEIGA; ALBALADEJO, 2002). Um determinado tipo de solo ou vegetação que para alguns camponeses não teria qualidade suficiente para cultivos permanentes, para outros é possível cultivá-los por meio de suas práticas (CARMO; SILVA, 2020; ROCHA; ALMEIDA, 2013).

Desse modo, a gestão da fertilidade trata-se da capacidade produtiva do meio como processo construído, entre natureza e sociedade e não somente da natureza, como um objeto dado e imutável (TAVARES; VEIGA, 2006). Por isso, o sistema de corte e queima pode ser entendido como uma prática de gestão da fertilidade do meio natural.

Na Figura 3 representa-se uma área utilizada pelo sistema de corte e queima, na imagem (A) uma capoeira no “ponto de roça”, na imagem (B) área após derrubada e queimada da vegetação e na imagem (C) a parcela implantada com espécie de mandioca. A agricultura de corte e queima é um sistema técnico de manejo da fertilidade do meio natural praticada há milhares de anos nas áreas florestais do planeta, especialmente em regiões tropicais (PEDROSO JR. et al., 2008). Essa técnica de cultivo pode ser definida como uma estratégia de manejo de recursos, onde as parcelas cultivadas

são rotacionadas, no tempo e no espaço, visando explorar o capital energético e nutritivo do complexo natural solo-vegetação da floresta (VIEIRA et al., 2014).

Figura 3 - Área utilizada no sistema de corte e queima na Amazônia Oriental.



Fonte: Autores (2023). (A) Capoeira representando o estado ideal para roça — “ponto de roça”; (B) área após a queimada, pronta para o plantio das espécies vegetais; (C) área implantada com a cultura da mandioca.

Como já argumentado, o sistema de corte e queima está em crise nas áreas de colonização mais antiga da Amazônia devido ao aumento demográfico sem um correspondente aumento de área que permita manter o tempo de pousio (MARTINS et al., 2014). O encurtamento do pousio diminui o tempo para regeneração natural da biomassa, aumentando a incidência de ervas invasoras e, como consequência, a maior demanda de trabalho e menor produtividade por área.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa participativa com os agricultores mostrou que as práticas agrícolas passaram por diversas mudanças devido a fatores tanto internos aos agroecossistemas, quanto fatores externos como pressão por empresas agroindustriais, a abertura de estrada e a política de reconhecimento de territórios tradicionais.

O sistema de corte e queima está em declínio, as famílias ao longo do tempo se especializaram na produção mandioca para a feitura da farinha, enfrentam desafios para manter tal sistema de cultivo. Entretanto, foi possível observar que as práticas agrícolas mudam com a adoção de sistemas agroflorestais. Esses sistemas podem contribuir para a sustentabilidade dos agroecossistemas, como se observou neste estudo.

Os agricultores adotaram a roça sem fogo e os sistemas agroflorestais como a principal estratégia para fazer frente a crise no sistema de corte e queima. Desse modo, há uma tendência para uma dinâmica do uso da terra baseada nos SAF.

A avaliação da segurança do solo mostrou que as novas práticas de manejo adotadas pelos agricultores e agricultoras mantêm a saúde do solo. Os indicadores adotados mostraram-se eficientes para a avaliação da saúde do solo e podem ser replicados em realidades similares a esse estudo. Assim,

como a metodologia de co-construção do conhecimento sobre saúde do solo, essa ferramenta pode ser útil para a extensão rural e políticas públicas de promoção de recuperação de áreas degradadas.

Ficou evidente que alguns resultados só foram possíveis devido o longo processo de aproximação com a comunidade e a construção de relação de confiança. Assim, programas que pretendam fazer ações parecidas com esse estudo, precisam considerar a necessidade de ações mais duradouras. E essas aproximações precisam valorizar o conhecimento local, bem como construir as ações concretas a partir do diálogo de saberes e da efetiva participação da comunidade na idealização e materialização das propostas.

A avaliação da produtividade dos cultivos nos sistemas agroflorestais é um importante indicador que precisa ser considerado. Assim, para a continuidade do estudo iniciado é preciso pensar metodologias para avaliar a produtividade e, para fazer uma análise completa da sustentabilidade desses agroecossistemas, é necessário também avaliar os aspectos econômicos.

A construção de indicadores locais de saúde do solo gerou um sistema de monitoramento da saúde do solo baseado nos conhecimentos dos agricultores e das agricultoras quilombolas. A ferramenta construída participativamente é uma tecnologia social que a comunidade pode mobilizar para monitorar os agroecossistemas e tomar decisão sobre a continuidade ou mudanças nas práticas de manejo adotadas.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO-JR., M. DE S. Agricultura de Base Ecológica de Roça sem Fogo em Vegetação de Capoeira para Produção de Mandioca em Cametá, Pará. **Documentos / Embrapa Amazônia Oriental**, n. 407, p. 1–22, 2014.
- ARAÚJO, E. A. DE et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, 2012.
- BARRERA-BASSOLS, N.; ZINCK, J. A. Ethnopedology: A worldwide view on the soil knowledge of local people. **Geoderma**, v. 111, n. 3–4, p. 171–195, 2003.
- BARRIOS, E. et al. The 10 Elements of Agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. **Ecosystems and People**, v. 16, n. 1, p. 230–247, 1 jan. 2020.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BRIDGES, E. M.; OLDEMAN, L. R. Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, v. 13, n. 4, p. 319–325, jan. 1999.
- CARDOSO, I. M. et al. Resignificar nossas percepções sobre o solo: atitude essencial para manejar agroecossistemas sustentáveis. Em: CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. (Eds.). **Solos e Agroecologia**. Brasília: Embrapa, 2018. p. 33–60.
- CARMO, P. S. R.; SILVA, E. M. Gestão da fertilidade do meio natural realizado por agricultores familiares em Cametá, Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1–6, 2020.
- CARMO, V. A. DO et al. Etnopedologia: buscando o olhar de quem amanha a terra. Em: CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. (Eds.). **Solos e Agroecologia**. Brasília: Embrapa, 2018. p. 159–200.
- CASALINHO, H. D. et al. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociencia**, v. 13, n. 2, p. 195–203, 2007.
- CASALINHO, H. D.; LIMA, A. C. R. Integração de conhecimentos na construção de uma metodologia para avaliação da qualidade do solo. Em: CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. (Eds.). **Solos e agroecologia**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2018. p. 201–236.
- CEDDIA, M. B. et al. Applying the Meta Soil Model: The Complexities of Soil and Water Security in a Permanent Protection Area in Brazil. Em: FIELD, D. J.; MORGAN, C. L. S.; MCBRATNEY, A. B. (Eds.). **Global Soil Security**. 1. ed. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 331–340.
- CONCEIÇÃO, M. F. C. Reprodução social da agricultura familiar: um novo desafio para sociedade agrária do Nordeste Paraense. Em: HÉBETTE, J.; MAGALHÃES, S. B.; MANESCHY, M. C. (Eds.). **No mar, nos rios e na fronteira: faces do campesinato no Pará**. Belém: ed.ufpa, 2002. p. 133–171.

CORTES, J. P. S. DE et al. Quais as perspectivas da agricultura familiar em um contexto de expansão do agronegócio? Zoneamento participativo com representantes comunitários do Planalto Santareno. **Confin**, v. 45, 2020.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. Em: DORAN, J. W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. 35. ed. Madison: Soil Science Society of America (SSSA), 1994. p. 3–21.

ESBJÖRN-HARGENS, S.; ZIMMERMAN, M. E. An overview of integral ecology: a comprehensive approach to today's complex planetary issues. **Integral Institute-Resource Paper**, n. 2, p. 1–14, 2009.

GLIESSMAN, S.; FRIEDMANN, H.; HOWARD, P. H. Agroecology and Food Sovereignty. **IDS Bulletin**, v. 50, n. 2, 31 jul. 2019.

GRUNWALD, S. et al. The Meta Soil Model: An Integrative Multi-model Framework for Soil Security. Em: FIELD, D. J.; MORGAN, C. L. S.; MCBRATNEY, A. B. (Eds.). **Global Soil Security**. Progress in Soil Science. 1. ed. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 305–317.

HURTIENNE, T. P. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 8, n. 1, p. 19–71, 30 jun. 2005.

KARLEN, D. L. et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 4–10, 1997.

KUNDE, R. J. et al. Qualidade física, química e biológica de um Neossolo Litólico sob integração lavoura-pecuária no Bioma Pampa. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. 1–20, 17 out. 2020.

LEHMANN, J. et al. The concept and future prospects of soil health. **Nature Reviews Earth and Environment**, v. 1, n. 10, p. 544–553, 2020.

MARTINS, P. F. DA S. et al. Limitações ao uso agropecuário das terras firmes na Amazônia e transformação dos sistemas de produção dos agricultores familiares no Território do Baixo Tocantins. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, n. 10, p. 67, 1 dez. 2014.

MCBRATNEY, A. et al. Frameworks for digital soil assessment. Em: MINASNY, B.; MALONE, B. P.; MCBRATNEY, A. (Eds.). **Digital soil Assessments and Beyond**. London: Taylor & Francis Group, 2012.

MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, p. 203–213, 2014a.

MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, p. 203–213, 2014b.

MESSIAS, C. G. et al. ANÁLISE DAS TAXAS DE DESMATAMENTO E SEUS FATORES ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA NAS ÚLTIMAS TRÊS DÉCADAS. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 52, p. 18, 2 set. 2021.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

OLIVEIRA, R. L. L. DE et al. Management Practices Affect Soil Carbon and Physical Quality in Oil Palm Agroforestry Systems in the Amazon. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, n. 4, p. 4653–4668, 29 dez. 2022.

PEDROSO JR., N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 3, n. 2, p. 153–174, 2008.

PINHEIRO, S. L. G. O enfoque sistêmico e o desenvolvimento rural sustentável: Uma oportunidade de mudança da abordagem hard-systems para experiências com soft-systems. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 27–37, 2000.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agriculturas**, v. 5, n. 3, p. 7–10, 2008.
REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 20, n. 3, p. 203–224, 15 maio 2018a.

REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 20, n. 3, p. 203–224, 15 maio 2018b.

RITTER, L. H.; RUIVO, M. DE L. P.; ALMEIDA, A. S. DE. Efeitos de intervenções técnico-produtivas para a sustentabilidade do uso da terra em agroecossistemas familiares no território do Baixo Tocantins, Pará. Em: VASCONCELOS, S. S.; RUIVO, M. DE L. P.; LIMA, A. M. M. DE (Eds.). **Amazônia em tempo: impactos do uso da terra em diferentes escalas**. Belém: UFPA e Museu Paraense Emílio Goeldi, 2017. p. 133–163.

ROCHA, C. G. S.; ALMEIDA, J. P. DE. Conhecimentos locais e práticas de gestão da fertilidade do meio natural entre agricultores familiares da Microrregião de Altamira, Pará, Brasil. **Amazônica: Revista de Antropologia**, v. 5, n. 3, p. 892–908, 2013.

SÁ, T. D. D. A.; KANASHIRO, M.; LEMOS, W. D. P. INTERDISCIPLINARIDADE E TRANSDISCIPLINARIDADE NA PESQUISA AGRÍCOLA AMAZÔNICA: UM DESAFIO PARA ATINGIR A SUSTENTABILIDADE. **Revista Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, p. 110, 14 out. 2014.

SAUER, S. Questão eco-agrária: extrativismo agrário, mudanças climáticas e desmatamento no Brasil / Eco-Agrarian Question: agrarian extractivism, climate change and deforestation in Brazil / Cuestión eco-agraria: extractivismo agrario, cambio climático y deforestación en Brasil. **REVISTA NERA**, v. 27, n. 2, 22 abr. 2024.

SILVA, E. M.; NAVEGANTES-ALVES, L. D. F. Transformações nos sistemas de produção familiares diante a implantação do cultivo de dendê na Amazônia Oriental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, p. 345–364, 30 abr. 2017.

TAVARES, F. B.; VEIGA, I. DIVERSIDADE DE SABERES E PRÁTICAS RELACIONADAS À GESTÃO DAS PASTAGENS EM UMA LOCALIDADE DA FRONTEIRA AGRÁRIA DA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, v. 2, n. 1, p. 111–126, 2006.

TITTONELL, P. et al. Agroecology in Large Scale Farming—A Research Agenda. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 18 dez. 2020.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **A memória biocultural: a importância ecológica das sabedorias tradicionais**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

TORRES, L. A. et al. A saúde do solo. Em: TORRES, L. A.; CAMPOS, S. K. (Eds.). **Megatendências da Ciência do Solo 2030**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2022. p. 183–241.

VEIGA, I.; ALBALADEJO, C. Gestão da fertilidade dos solos de uma localidade na Amazônia Oriental: a formalização dos pontos de vista dos agricultores visando um diálogo entre agricultores e agrônomos. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 109–137, 2002.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743–755, 2009.

VIEIRA, I. C. G.; SANTOS JR., R. A. O.; TOLEDO, P. M. Dinâmicas produtivas, transformações no uso da terra e sustentabilidade na Amazônia. Em: SILFERT, N. et al. (Eds.). **Um Olhar Territorial para o Desenvolvimento da Amazônia**. 1. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2014. p. 370–395.

ZANELLI, F. V.; BARBOSA, W. A.; CARDOSO, I. M. Metodologias emancipatórias. Em: DIAS, A. P. et al. (Eds.). **Dicionário de agroecologia e educação**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2021. p. 489–500.