

CAPÍTULO 2

Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural

Roney José Monteiro, Kimberly Pinheiro de Oliveira, Geisa Corrêa Louback, Aline Marchiori Crespo, Igor Borges Peron, João Sávio Monção Figueiredo, Otávio Pereira Araujo, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c2>

Resumo

É imperioso se refletir sobre a atual conjuntura de produção adotada pelos países em desenvolvimento no que tange aos meios de produção da agropecuária. Isso porque o avanço tecnológico, o crescimento desordenado da população e a grande demanda por alimentos intensificaram o consumo dos recursos naturais nas últimas décadas, em especial da água e do solo por meio da agricultura convencional. Conhecer e utilizar ferramentas que possam melhorar os processos produtivos e reduzir os efeitos das atividades agropecuárias é fundamental para o sucesso e longevidade de qualquer atividade, independentemente dos inúmeros desafios que devem ser superados no mercado competitivo atual. Tecnologias como a Integração de Lavoura Pecuária e Florestas-ILPF, a construção de bacias de captação de enxurradas e caixas secas, manejo adequado de pastagens são ferramentas estratégicas, fundamentais a preservação dos recursos naturais, solo e água. Regiões como o semiárido brasileiro já utilizam parte dessas tecnologias para enfrentamento da escassez hídrica; com êxito, tem multiplicado e ampliado suas experiências às regiões circunvizinhas, diante de sua múltipla eficiência às famílias envolvidas, garantido a sobrevivência e sustentabilidade, mesmo em situações adversas.

Palavras-chave: *Hotspots*. Ecoeficiência. Sistemas Agrossilvipastoris. Mitigação. Ecossistemas depauperados.

1. Introdução

Diante da atual escassez dos recursos hídricos, há que se pensar e repensar os atuais modelos de produção e uso das fontes naturais. Desde o início da “Revolução Verde” iniciada no Brasil nos anos da década de 1970, os ecossistemas diversos, vêm sofrendo com as constantes intervenções, sem uma adequada avaliação das sequelas decorrentes das ações antrópicas, impulsionado por um padrão de produção industrial que se utiliza principalmente do modelo convencional e de uma sociedade de consumo esbanjador.

O sistema de manejo convencional ou agroquímico é definido como aquele que se utiliza em suas práticas agropecuárias intensa e excessivamente o solo, feita em larga escala e com motomecanização, que prioriza a produção de monoculturas e o constante uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (ROSSET et al., 2014; SOUZA, 2021).

Quando mal manejadas, as práticas convencionais trazem riscos ao meio ambiente, como o aumento do desmatamento, mudanças nos ciclos do carbono e da água, erosão, perda da biodiversidade terrestre, degradação do solo: por consequência, declínio na produtividade agropecuária que põe em risco a segurança alimentar da população mundial (GARDI et al., 2015; PRIMAVESI; 2025; 2016; BENAZZI; LEITE, 2021; SOUZA, 2022).

A disponibilidade hídrica é um fator primordial para o desenvolvimento da humanidade. Presente de diversas formas na vida cotidiana, a água é o recurso natural mais abundante e necessário disponibilizado pela natureza. Na agropecuária, em especial, a água é indispensável para manutenção e produção de toda a cadeia produtiva.

Outro recurso natural que merece destaque e é responsável por alimentar a maioria das espécies existentes em nosso planeta é o solo: abriga uma gama de biodiversidade e regula o ciclo hidrológico, entre outras funções essenciais. Sua estrutura de compostos básicos e fertilidade permite a produção agrícola, atividade esta que é exercida por Agricultores Familiares, que tem em sua força de trabalho a mão de obra mantida por membros da família.

Entretanto, em um estudo inédito realizado pelas Organizações das Nações Unidas para Alimentação (FAO), juntamente com EMBRAPA SOLOS, elaboraram um grupo de 600 pesquisadores de 60 países, para avaliarem as condições ambientais dos solos, onde demonstrou que mais de 33% dos solos

do planeta estão degradados. Classificando ainda o setor agropecuário, o grande responsável pela depreciação dos solos e o vilão do consumo de água. Portanto, as ações de proteção do solo são fundamentais para mitigar os impactos ambientais no meio rural (EMBRAPA, 2015).

Mediante tal situação, a presente pesquisa examina quais técnicas podem ser utilizadas para atenuar os impactos antrópicos sobre a biodiversidade nas atividades agropecuárias. Tem por objetivo geral evidenciar o estado de degradação dos solos nos ecossistemas agropecuários e apresentar tecnologias capazes de minimizar os impactos negativos da atividade.

Como objetivos específicos:

- ✓ Realizar a Identificação do histórico sobre as atividades agropecuárias no Brasil;
- ✓ Elencar o índice de degradação ambiental dos solos brasileiros a fim de apontar as causas que levaram a atual conjuntura; e
- ✓ Evidenciar ações alternativas capazes de fazer uma nova reflexão sobre o prisma das atividades agropecuárias, maximizando o uso dos recursos naturais.

A presente revisão busca oferecer uma visão holística sobre as ferramentas capazes de auxiliar produtores rurais, pecuaristas, comunidades tradicionais e moradores de áreas rurais a se tornarem mais perceptíveis, trazendo consigo uma caracterização mais harmoniosa nas relações entre si, com o meio orgânico ou inorgânico no qual vivem.

Como metodologia, a pesquisa possui caráter exploratório, possuindo a revisão bibliográfica deste assunto, dando-se, por meio do levantamento de inúmeras informações encontradas em artigos científicos, simpósios e periódicos publicados pelos mais respeitados conhecedores das áreas de pesquisas de solos do Brasil: “EMBRAPA”, Universidades e Institutos Federais.

2. Atividades agropecuárias no Brasil

Nos últimos anos, atravessa-se uma crise hídrica sem precedentes no Sudeste brasileiro. A população urbana dos grandes centros sofre com a redução drástica da oferta de água, colocando em risco este componente chave para a qualidade de vida. Por sua vez, a população rural também sofre o impacto gradativo desse quadro de estresse hídrico, podendo impulsionar ainda mais o

êxodo rural. A história do Brasil e do mundo mostra que severas secas provocaram o abandono do campo. Como ocorreu no Nordeste, conforme explica Alcântara Silva (2012), as secas, desde 1903, levaram milhões de nordestinos a deixarem a zona rural.

A modalidade de exploração exercida na criação de bovinos no país é o regime de pastagens: “alimentação base da pecuária nacional”. Faz-se observar uma elevada perda de fertilidade dessas áreas, em virtude da ausência de um manejo adequado dos pastos que levam a compactação da camada superficial do solo e exposição do mesmo a gotas das chuvas levando a processos erosivos. Contudo, com o advento do desenvolvimento de práticas como os Sistemas Silvopastoris e técnicas conservacionistas tais como os terraços, curvas de nível, bacias de captação de enxurradas e cochinhos, estabelece-se uma nova concepção da agropecuária no combate a degradação de solos.

O fato é que o *Homo Sapiens* possui como gênese de sua sobrevivência a exploração dos recursos naturais para produção de minerais e proteínas. Ao longo da história, com o crescimento populacional, houve a necessidade de busca por novas áreas de cultivo, necessárias à ampliação do espaço agrário. Desde a colonização do Brasil, as atividades rurais são detentoras da produção de grãos, vegetais, proteína animal e também, gerador de inúmeros impactos ambientais: tudo para alimentar o crescimento populacional.

Os recursos naturais, como água e solo, são para o homem matérias-primas, dentre outros aspectos, indispensáveis de proporcionarem o seu desenvolvimento. Com a modernização do setor agropecuário brasileiro, nos anos da década de 1970, foram postas em prática ferramentas externas, de modo a expandir e potencializar novas áreas para o atendimento das demandas do mercado internacional. Portanto, tornava-se imperioso produzir, mesmo porque se tratava de uma forte política de governo, por meio de subsídios àqueles interessados (SILVA et al., 2013):

Dentre outros aspectos, o século 20 foi caracterizado pela busca de alternativas na atividade primária, que proporcionassem a máxima eficiência dos meios de produção, de tal forma que a Lei de Malthus pudesse ser subvertida e a quantidade de alimentos disponíveis crescesse numa proporção maior do que o aumento da população. Certamente, tais esforços deram resultado: dentre outras iniciativas, a Revolução Verde permitiu um substancial aumento na oferta

de alimentos e outros produtos derivados da agropecuária (GEBER; PALHARES, 2007).

Para Silva (2013), a multiplicação das atividades no meio rural, resulta de um processo de atendimento das distintas demandas, nichos de mercado ou de uma diferenciação dos mercados tradicionais. Agregam serviços às cadeias produtivas agroindustriais, para a emergência de pequenos e grandes empreendimentos entre o produtor rural e o consumidor.

No entanto, com a antropização dos meios naturais, sob nenhum tipo de controle dos consequentes impactos, a temática ambiental passou a ganhar importância nas discussões mundiais (PINTO, 2014).

O relatório GLASOD apresentou uma visão pessimista do futuro, concluindo que os solos do planeta estão sendo erodidos, tornando-se estéreis, ou contaminados com tóxicos químicos, a uma taxa que não pode ser sustentada [...] face a exteriorização das propriedades físicas e químicas, de maneira que o solo deixa de ser produtivo (GUERRA, 2014).

Portanto, organismos internacionais se viram em alerta, diante do perplexo estado de deterioração sofrido por essa fonte de produção de alimentos e o desequilíbrio do planeta.

2.1. Chegada e expansão da soja no cerrado

O histórico de uso e ocupação humana do bioma Cerrado se desenha desde o século XVI, com as capturas de índios para utilização nas fábricas de açúcar no Nordeste e pela procura de pedras e metais preciosos. Inúmeros foram os períodos áureos e cíclicos das atividades econômicas no cerrado brasileiro, perpassando pela pecuária extensiva, a mineração até seu declínio nos anos da década de 1950 (SANTOS et al., 2009).

Em 1965, viveu-se um período de euforia no setor agrícola, subsidiado pelas aberturas de crédito, acessibilidade de mercados e aquisição de insumos agrícolas, máquinas, implementos e defensivos agrícolas. Embora não houvesse restrições de acesso ao crédito rural, na prática, o sistema favorecia quem oferecesse garantias de atendimento ao pacote tecnológico disponível. Esse pacote incluía, entre outros aspectos, a mecanização e adoção de culturas de exportação, no lugar das culturas tradicionais (WEHRMANN, 1999).

Em 1970 ocorreu a implantação de políticas agrícolas oficiais. Essa modernização foi consequência da “Revolução Verde”, tendo promovido uma explosão no crescimento dos plantios de soja e, conseqüentemente, a expansão dos desmatamentos para novos cultivos (Figura 1).



Figura 1. Cerrado convertido em áreas de cultivo de milho e soja em Caldas Novas, GO. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Para Braga (1998), os programas foram criados pelos Governos cujos objetivos centrais eram elevar a produção agropecuária com o aumento da área plantada em 3,7 milhões de hectares. Portanto, houve maciços investimentos em pavimentações de estradas, rodovias e pesquisas tecnológicas. Sobretudo, a criação da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária-EMBRAPA, que possibilitou a maximização dos solos do cerrado, por meio da correção da baixa fertilidade e alta acidez, proporcionando um novo marco na produtividade nacional.

Porém, os programas possuíam caráter de produção de *commodities* para exportação: portanto, condição que atendia aos grandes produtores. Conseqüentemente, ocorre o esgarçamento da agricultura de pequena escala. Não obstante, o objetivo principal não era a produção de alimentos para a população: era a implantação de negócios rentáveis. Entretanto, a agricultura moderna não eliminou outras formas de produção, de tal maneira que

conviveram na região os agricultores capitalizados e aqueles descapitalizados: estes, cada vez mais debilitados (FARIA, 1998).

O bioma Cerrado, com suas características exóticas, possui em sua extensão onze Estados e o Distrito Federal. É o segundo maior bioma do Brasil, depois da Amazônia (IBGE, 2019). Entretanto, o Cerrado é um dos 34 *hotspots* mundiais e a savana mais ameaçada do Planeta. Estima-se a perda de pelo menos 55% da cobertura vegetal nativa.

De acordo com Ganem (2008), sobre a ótica de uma perspectiva agrícola, o Cerrado se descortina numa dilapidação acelerada, seguindo os mesmos princípios e objetivos que nortearam os ciclos da história econômica do Brasil.

2.2. Contextualização da bovinocultura no Brasil

A criação do bovino no Brasil é a atividade econômica que ocupa a maior extensão de terras no país. Segundo o censo agropecuário de 2006, do IBGE (2007), as áreas de pastagens ocupam aproximadamente 172 milhões de hectares, enquanto as destinadas à lavoura se encontram em torno de 77 milhões de hectares. Nos anos da década de 1990 ao ano de 2007, a produção de carne bovina saltou de 4,1 milhões de toneladas para 9 milhões. De acordo com dados de o portal Agro Saber, a produção de carne no Brasil em 2021 correspondeu a 17% do volume total produzido no mundo: cerca de 10,4 milhões de toneladas. Esta exponencialidade⁴ permitiu que o país se tornasse o maior exportador de carne bovina do mundo (SCHLESINGER, 2009; AGRO SABER, 2022).

Depois da segunda guerra mundial, vieram para o país frigoríficos estrangeiros, exercendo o domínio dessa *commodity* nas exportações. Passaram a atuar não somente na industrialização, mas também na criação de animais. Contudo, milhares de hectares de terras foram adquiridos por essas multinacionais. Para Schlesinger (2009), a pecuária bovina se tornou uma ótima alternativa com o declínio da fertilidade dos solos.

Segundo esse mesmo autor, contudo, a extensão das pastagens representa uma substituição da agricultura pela pecuária e revela a decadência das atividades agrícolas nas zonas de exploração mais antigas (Figura 2). Esgotada

⁴ Termo utilizado para definir a velocidade ultra acelerada com que as tecnologias têm evoluído nas últimas décadas e o efeito que causam na sociedade.

a fertilidade natural do solo, estas conseguem com a pecuária manter um resto de vitalidade econômica. Para Souza (2021), por não exigir mão de obra numerosa, como a agricultura, satisfazendo-se com um custeio reduzido e com solos de baixa fertilidade e exauridos, de fácil instalação, a pecuária representa uma atividade de substituição “ideal” das terras degradadas e erodidas, onde os rendimentos agrícolas se tornaram excessivamente baixos.



Figura 2. Antiga área de cultivo substituída por pastagens, Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2009).

No mesmo período, a Amazônia passou a também ser vista como uma solução para o alívio de tensões internas, no que se refere aos emigrantes expulsos do Sudeste e do Nordeste, pela modernização da agricultura daquelas regiões. Para tanto, agentes financeiros forneciam pesados subsídios a grupos econômicos nacionais e internacionais. Com isso, os índices de desmatamentos e queimadas avançavam sobre o bioma amazônico.

Com efetividade dos Programas dos governos militares, os estados do Mato Grosso, Pará, Rondônia e Tocantins, passaram a responder por 71% do rebanho nacional, segundo dados do IBGE (2007). A Figura 3 representa o nítido crescimento do uso das pastagens em 14 milhões de ha em quinze anos (de 1970, com o início da Revolução Verde, a 1985). Contudo, viu-se um permanente crescimento nas áreas de cultivo agrícola e atividades pecuárias, a partir dos incentivos governamentais ao longo dos trinta e seis anos de estudos analisados.

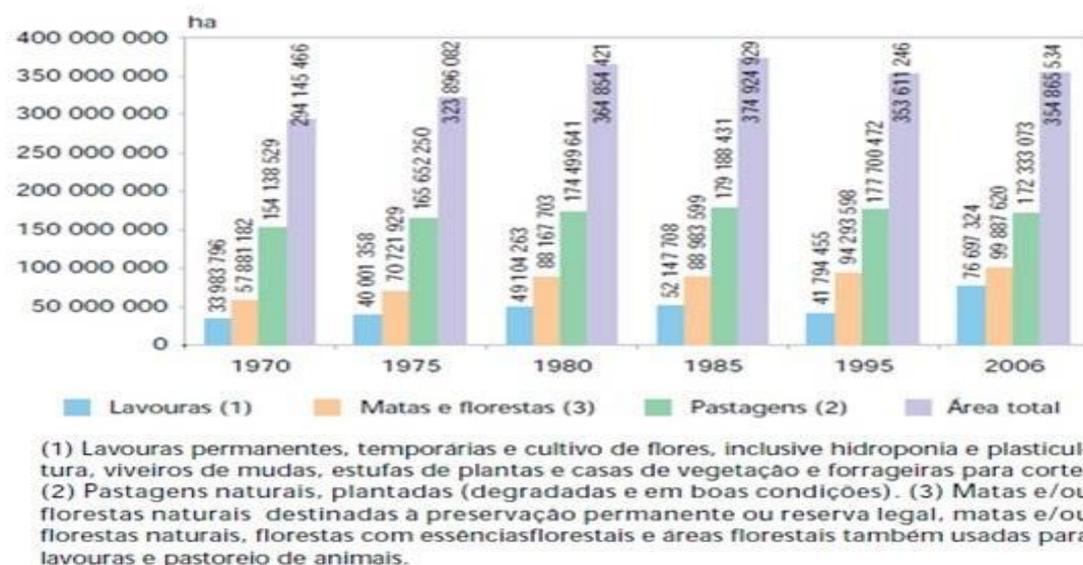


Figura 3. Utilização das terras. Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (1970/2006).

O crescimento da população mundial vem impactando os sistemas de produção de alimentos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a perspectiva é que a população do planeta chegue a 9,6 bilhões de pessoas em 2050. Como consequência, a demanda por alimentos deve aumentar em pelo menos 70%. Especificamente, com relação à pecuária, será necessária a produção de 200 milhões de toneladas de carne por ano, com expectativa de crescimento da demanda de carne bovina na ordem de 47%.

A Figura 4 representa uma vertiginosa evolução do número de ruminantes, em três estados do bioma Amazônico: Rondônia, Mato Grosso e Pará.

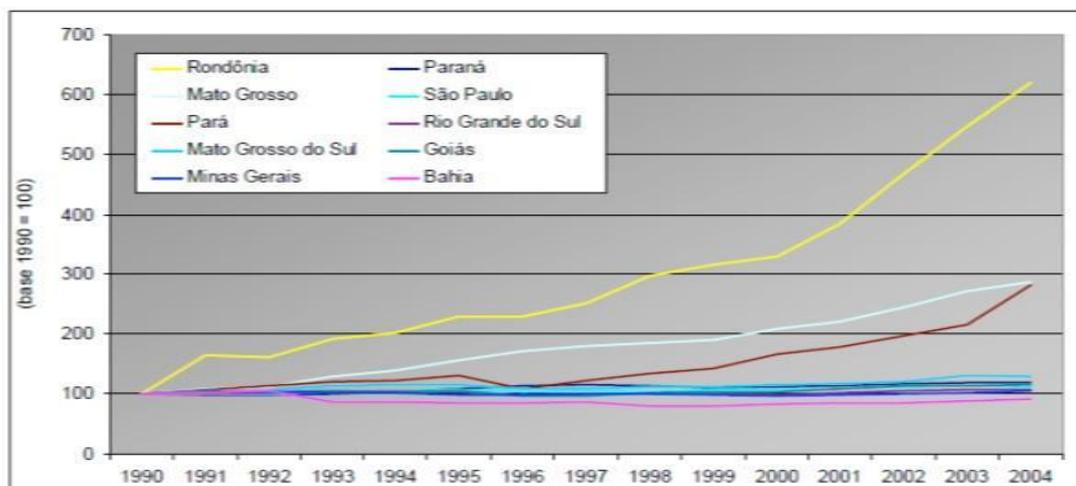


Figura 4. Evolução do rebanho de bovino no período de 1990 a 2004 nos 10 maiores Estados. Fonte: IBGE, PPM (Censo Agropecuário 1970/2006).

3. Índices de degradabilidade dos solos brasileiros

A extinção de vastas áreas de vegetação nativa se deve aos modos de uso e ocupação do solo. O processo de desmatamento foi intensificado para dar espaço a monocultura de café a pleno sol, por exemplo, sendo esse sistema de manejo o mais empregado até os dias atuais. Contudo, a monocultura pode acelerar o processo erosivo, provocar a exaustão do solo e ocasionar o esgotamento de seus nutrientes, reduzindo a produtividade agrícola (GONÇALVES et al., 2019; SOUZA et al., 2020).

De acordo com Guimarães et al. (2014), em lavouras cafeeiras, esse tipo de manejo é caracterizado pelo baixo aporte de resíduos orgânicos no solo, ausência de sombreamento e dependência de insumos externos, que causam impactos adversos na qualidade do solo.

Neste cenário, a agricultura de base agroecológica tem ganhado espaço nas pequenas propriedades do Espírito Santo, principalmente por aumentar a fertilidade do solo e manter a sustentabilidade das lavouras de café ao longo dos anos (LARIOS-GONZÁLESM, 2014).

No Brasil, segundo Young (2002), são três os principais biomas que sofrem pressões de desmatamento: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. Podem se destacar alguns fatores comuns que induziram o desflorestamento, tais como “a existência de um excedente estrutural de mão de obra rural, a luta por estender direitos de propriedade da terra, e pressões governamentais para converter florestas em áreas de cultivo ou pastagens”.

De acordo com esse mesmo autor, o bioma da Mata Atlântica atualmente é uma área onde se encontram poucas áreas preservadas: um dos mais ameaçados de todo o planeta. Sua trajetória de desflorestamento tem início no século XVI, com a chegada dos portugueses no país. Nesta data, sua área original cobria cerca de 1,36 milhões de Km².

A área original desse ecossistema correspondia a cerca de 16% do território brasileiro, espalhada por 17 estados das Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Cinco séculos após a chegada dos europeus no território brasileiro, a exuberante floresta foi praticamente devastada: restam aproximadamente 6% da mata original, quase toda já demonstrando um elevado grau de interferência antrópica (Figura 5) (DEAN, 1996).



Figura 5. Trecho de Mata Atlântica na serra da Cantareira pressionada pela cidade. Fonte: Exame.com, 2023.

No espaço ocupado pela floresta nativa estão as grandes cidades, os centros urbanos, além de pastos e áreas agricultáveis: em grandes parcelas, sem uso de práticas conservacionistas ou com manejo inadequado, apresentam baixa produtividade e reduzido valor da produção. A história desse bioma não é uma história natural, que explica a integração entre os seres que habitam a floresta, mas sim uma história que mostra a relação entre sociedade e o meio ambiente.

No que se refere à capacidade de exploração de determinada atividade, caso venha ocorrer de maneira exacerbada, ou seja, superior à capacidade de reposição do ecossistema, implica na necessidade deste modelo de intervenção ser reorganizado para conciliar a preservação ambiental com a capacidade produtiva das regiões (ROSSATO, 2006),
Fica evidenciado, que a degradação ambiental está diretamente relacionada à interação humana com a natureza: a agropecuária tornou-se protagonista, por esse processo de antropização no meio rural (Figura 6).



Figura 6. Fatores determinantes da degradação. Fonte: Pinto, 2014.

Portanto, a degradação ambiental substancialmente emerge como um relevante tema dentro dos estudos de impactos ambientais. Sobretudo, esse fenômeno pode ser definido como a deterioração ao meio natural a partir de atividades humanas geralmente de cunho econômico, intrinsecamente condicionando a modificação dos aspectos e parâmetros anteriormente estabelecidos (LEMOS, 2001; SOUZA, 2022b).

A sistemática que se deu o *modus operandi*, para exploração dos solos no país em busca da elevação da produtividade, concebeu-se com formas de uso do solo completamente arcaicas, sobretudo, ainda utilizadas por um significativo número de agricultores distribuídos por todo o Brasil: embora existam, atualmente, alternativas capazes de manter uma boa produção com a mitigação dos impactos.

Com a necessidade de elevar a produção de proteína animal e vegetal, nas últimas décadas, fizeram-se necessários o uso de novas tecnologias, capazes de alcançar o apogeu produtivo do setor agropecuário: entretanto, estes não possuíam uma perspectiva preservacionista. Portanto, foram essenciais para o declínio biológico, físico e químico dos solos explorados.

Ao se optar pelo uso de determinadas áreas para exploração, a derrubada da vegetação original, o insistente uso do fogo para queima do material lenhoso e, ou, para renovação das pastagens, compõem o enredo básico da agropecuária exercida no Brasil. O impacto da agropecuária tem relação direta com a intensidade com que ela é praticada.

O uso de fertilizantes é outro aspecto abordado que impacta o meio ambiente e, apesar de proporcionar fertilização em curto prazo para as lavouras, o seu uso intensivo e inadequado provoca o comprometimento da fertilização em longo prazo assim como os agrotóxicos, impactando na saúde humana. Ademais, a irrigação também agrava a degradação, pois pode promover sérios danos à hidrografia, além de promover a lixiviação de fertilizantes, poluindo lagos e rios e ocasionando a erosão de solos (GLIESSMAN, 2005).

Portanto a degradação dos solos é hoje um dos maiores desafios dos países que possuem sua base econômica ancorada na agropecuária: a) inicialmente, a degradação dos solos afeta diretamente a capacidade produtiva dos ecossistemas; b) em seguida, provoca alterações no equilíbrio dos recursos hídricos, além de ocasionarem modificações no ciclo do carbono, nitrogênio, enxofre e outros nutrientes.

Com as alterações adversas nos parâmetros dos nutrientes do solo, como consequência, tem-se o aumento nas taxas de desmatamento e maior pressão sobre as áreas marginais, por sua vez agravando os impactos decorrentes das enxurradas que aceleram a erosão do solo, aumentando a poluição dos cursos d'água.

A Figura 7 apresenta a degradação do solo provocada pelo superpastoreio, desmatamento, práticas agropecuárias incorretas, entre outras atividades antrópicas.

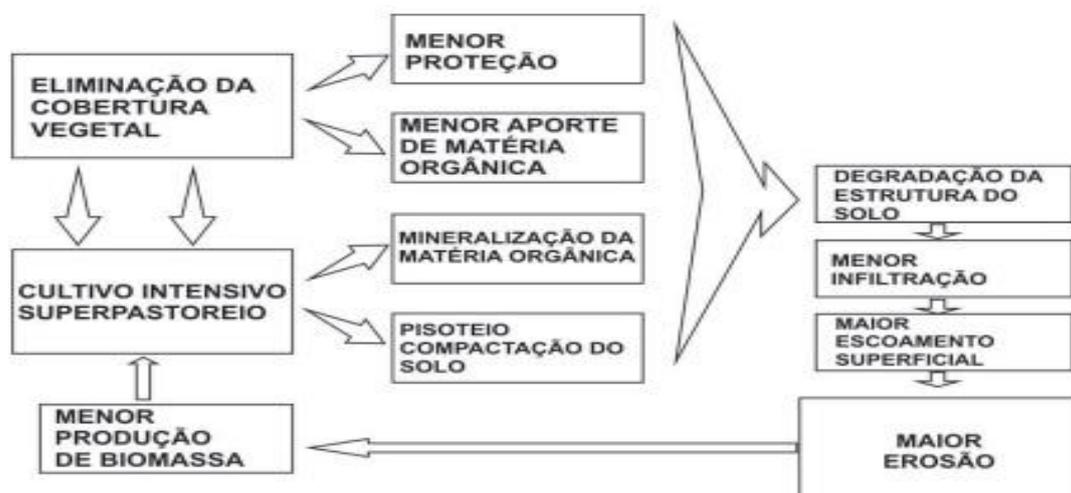


Figura 7. Atividades humanas e implicações no processo de degradação das terras. Fonte: Guerra et al., 1999.

A relevância que tem sido dada aos processos e impactos ambientais fez com que o campo de pesquisa científica levasse muitos pesquisadores a quantificar, por meio dos Índices de Degradação-ID, os impactos das transformações promovidas ao meio ambiente, procurando identificar as determinantes da degradação ambiental em diversas localidades.

O estudo de Lemos (2001) mostra toda a construção do ID. Objetivou mapear a degradação ambiental dos municípios dos nove estados nordestinos. O autor verificou que mais da metade dos municípios da região convive com uma realidade de taxas superiores a 80% de níveis de degradação, sendo o estado da Bahia o mais degradado. Além disso, estimou que aproximadamente 8 milhões de habitantes da região vivem em áreas afetadas por níveis de degradação superiores a 60%.

O trabalho de Silva e Ribeiro (2004) estimou um ID como uma medida do grau de intensidade da área degradada dos municípios do estado do Acre. Os autores encontraram como resultados índices de degradação de valores baixos, em média de 30,74% para os municípios acreanos, com apenas algumas regiões que foram exceções a esse valor encontrado. Portanto, ficou evidente, na visão dos autores, que o estado do Acre possui um bom estado de conservação ambiental: porém, também há alguns indicadores, em certas regiões, de elevada degradação.

A Figura 8 apresenta o processo de erodibilidade do solo causado pela água.

Ademais, a fim de quantificar o nível de degradação dos municípios mineiros, o estudo de Fernandes, Cunha e Silva (2005) construiu seu índice com foco na área degradada dos municípios. Os principais resultados apontam para um alto índice de degradação médio dos municípios, cerca de 86%, sendo que 40% dos municípios estudados apresentaram ID igual a 1, obtendo, dessa forma, o valor máximo do índice. Para esses mesmos autores, esses resultados possuem associação com a maneira intensiva e alavancada por fatores econômicos em que o processo de desenvolvimento de Minas Gerais ocorreu.

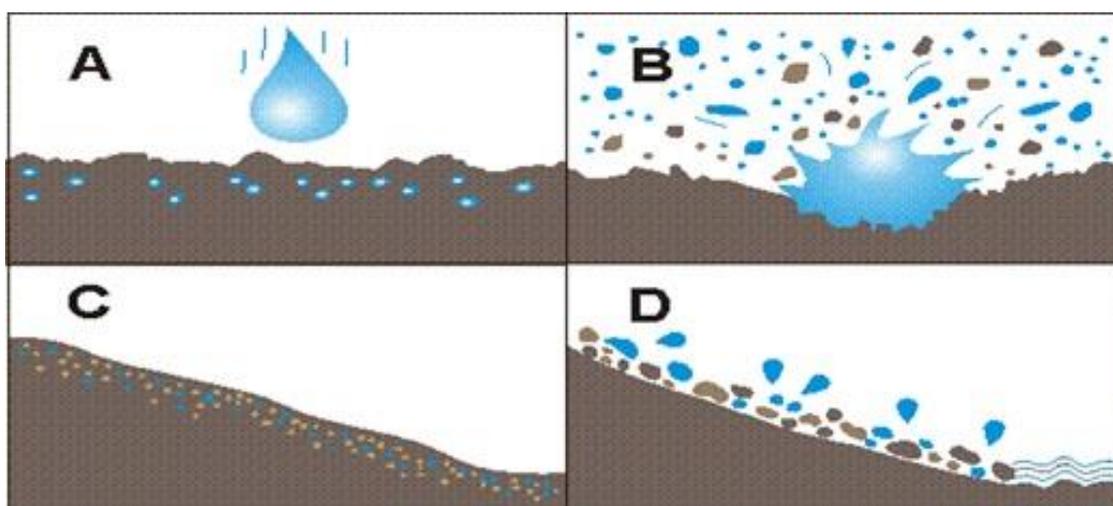


Figura 8. Processo de erosão causado pela água: a) gota de água acelerando e direção solo; b) Impacto da gota sobre o solo descoberto; c) Síntese do desprendimento do solo carregado pela enxurrada e; d) depositado à jusante. Fonte: Revista Plantio Direto, 2009.

4. Práticas alternativas de controle e uso sustentável do solo

As causas e os efeitos biológicos e físicos da erosão são cada vez mais bem conhecidos, assim como os métodos de proteção dos recursos dos solos. No entanto, casos de erosão continuam a ocorrer por todo o mundo e a adoção de práticas conservacionistas ainda continua limitada, bem como a adoção de práticas conservacionistas, tais como: terraceamento, barraginhas e cochinchos, cultivo em curva de nível, adubação verde e aplicação de matéria orgânica, técnicas e práticas possíveis, de baixo custo, possíveis de tornarem as propriedades rurais mais produtivas e sustentáveis (SOUZA, 2022b).

A literatura nacional e internacional tem mostrado, por intermédio de vários exemplos, que muitos países têm conseguido resolver os problemas relacionados a degradação das terras com práticas de conservação dos solos e recuperação de áreas degradadas. (GILL, 1991; CLEAVER; SCHREIBER, 1994; REIJ *et al.*, 1996; KERR, 1998; FULLEN; CATT, 2004; MORGAN, 2005; GUERRA *et al.*, 2009; SOUZA, 2022).

4.1. Bacias de captação de enxurradas

Uma das técnicas usuais que tem recebido destaque nas regiões semiáridas do país, dizem respeito às bacias de captação de enxurradas ou barraginhas: popularmente conhecidas dentre os difusores e beneficiários dessa tecnologia, que possui um caráter social. Vem garantindo a sustentabilidade hídrica das comunidades rurais, além de viabilizarem a perenidade de hortas familiares e até criação de peixes numa região com precipitações médias anuais de 845 mm.

As Figuras 9 e 10 ilustram claramente, a retenção das enxurradas oriundas das chuvas ocorridas (A), e a permeabilização gradual da mesma (B), agora totalmente armazenada nas barraginhas.



A



B

Figuras 9 e 10. Fazendinha Pai José, Araçuaí, MG. Fonte: EMBRAPA, 2013.

Com devido apoio técnico, essas obras são construídas em locais estrategicamente estabelecidos, em formato de uma meia lua. De imediato, as bacias de captação contêm as enxurradas e, sobretudo:

- Os escoamentos superficiais das chuvas são reduzidos;
- Os lençóis subterrâneos são reabastecidos;
- O reabastecimento das cisternas é favorecido; e
- O solo no entorno das barraginhas retém maior umidade.

Outra importante observação com essa prática se refere ao afloramento dos olhos d'águas antes exauridas e, conseqüentemente, gradual revitalização das nascentes e perenização dos cursos d'água.

Nas Figuras 11 e 12 mostram o cultivo de hortaliças em uma comunidade rural do Vale do Jequitinhonha, em agosto de 2013: mês mais seco da região.



C



D

Figuras 11 e 12. Córrego Não-me-deixa, Itaobim, MG. Fonte: EMATER-MG, 2020.

Como benefício direto das bacias de contenção, foi possível cultivar verduras e legumes numa região completamente árida, sem chuva a 8 meses; portanto, nos remete a novas perspectivas socioeconômicas no Semiárido Mineiro.

4.2. Sistemas de Integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF)

O sistema desenvolvido é capaz de integrar a criação de bovinos, cultivo de floresta e produção de grãos. Foi criado há cerca de 15 anos no Estado do Paraná. Capitaneado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, se expandiu pelo Brasil dando novos contornos para a agropecuária nacional.

De acordo com Fonseca et al. (2022), os objetivos dos sistemas ILPF são:

- Diversificação das atividades agropecuárias;
- Maior eficiência na utilização dos recursos naturais;
- Uso intensivo das áreas agrícolas, evitando a necessidade de desmatamentos de novas áreas; e
- Recuperação de áreas degradadas.

A ILPF, um Sistema Agrossilvipastoril, agrega os componentes da lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área.

O componente lavoura pode se restringir (ou não) a fase inicial da implantação do componente florestal.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são sistemas de uso da terra onde atividades agrícolas, pecuárias e silviculturais são combinadas no mesmo espaço e no tempo. O objetivo é aproveitar as interações ecológicas entre as árvores, animais e cultivos agrícolas no sentido de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, proteger o solo, conservar a água, aumentar a ciclagem de nutrientes e proporcionar conforto térmico para os animais. Esta integração proporciona, além da diversificação das atividades, redução de custos e aumento na produtividade e, conseqüentemente, aumento da renda na propriedade. Neste caso, o componente florestal funciona como uma espécie de “poupança verde”, fornecendo produtos tais como: madeira (mourões, lenha, estacas, postes, toras, etc.) e frutos (MÜLLER et al., 2010).

De acordo com esses mesmos autores, as vantagens dos sistemas ILPF são múltiplas, pelo fato dos componentes bióticos e abióticos atuarem em completa sinergia. Torna o uso da terra ambientalmente adequado a partir dos componentes tecnológicos inseridos; ou seja, um meio de produção de proteína e biomassa ecoeficiente. Sobretudo, podem-se destacar os seguintes benefícios:

- Redução na pressão para abertura de novas áreas;
- Diminuição do uso de agroquímicos no controle de pragas e doenças;
- Redução dos riscos de erosão;
- Melhoria da recarga e qualidade da água;
- Aumento da capacidade de biorremediação do solo;
- Reconstrução do paisagismo, possibilitando atividades de agroturismo;
- Maiores vantagens comparativas na inserção das questões ambientais nas discussões e negociações da Organização Mundial do Comércio (OMC).

Para Fonseca et al. (2022), os benefícios dos sistemas ILPF são:

- “Maior eficiência na reciclagem de nutrientes;
- Melhoria na estrutura do solo;
- Aumento na atividade microbiana do solo;
- Sequestro de carbono;

- Mitigação da emissão de gases causadores do efeito estufa;
- Melhoria do bem-estar animal em decorrência do maior conforto térmico;
- Aumento na produtividade animal;
- Diversificação de renda da propriedade rural;
- Estabilidade econômica com redução de riscos e incertezas devido à diversificação da produção;
- Aumento da produção por área;
- Redução da pressão pela abertura de novas áreas com vegetação nativa;
- Otimização do uso de recursos naturais e financeiros;
- Produção de palhada para o Sistema de Plantio Direto SDP;
- Redução do processo de erosão do solo e da evapotranspiração;
- Aumento da infiltração de água no solo; e
- Uso intensivo e sustentável do solo ao longo do ano”.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 ilustram objetivamente a inserção dos diversos componentes capazes de contribuir para criação de somatório de dispositivos econômicos, produtivos, bióticos ambientais e, sobretudo, ecológico.



Figuras 13, 14, 15 e 16. Sistemas de ILPF estabelecidos. Fonte: EMBRAPA, 2019.

Em síntese, os sistemas de ILPF representados compõem o uso do eucalipto para produção de madeira, sombreamento para os animais contribuindo diretamente com o conforto térmico dos ruminantes. Retrata, também, a produção de grãos atuando em sinergia com a ciclagem de nutrientes.

4.3. Alternativas acessíveis para o reabastecimento de lençóis subterrâneos

Além das tecnologias apresentadas, outras ferramentas de reconhecida eficiência, podem ser empregadas no meio rural para a redução dos sedimentos provenientes das enxurradas, reabastecimento das nascentes no período de estiagem e auxílio na regularização dos níveis dos mananciais.

Exemplos práticos e eficazes são as construções de terraços, de base estreita ou larga, em nível, nos principais pontos de recargas e nos locais de maior declividade para conter o escoamento superficial.

As caixas secas estabelecidas às margens das estradas vicinais ou em locais onde são possíveis as locações das bacias de captação, também são excelentes opções. São obras fundamentais para a conservação e manutenção de estradas e conservação dos recursos naturais. São ações que visam o controle de enxurradas e favorecem a conservação do solo (Figuras 17 a 21).



Figuras 17 e 18. Curvas de níveis. Fonte: EMATER-MG, 2016.



Figuras 19 e 20. Caixas secas. Fonte: Folha de Vitória, ES, 2017.



Figuras 21 e 22. Caixas secas. Fonte: Portal Mantena, MG, 2019.

4.4. Sistema plantio direto (SPD)

A erosão do solo sempre foi uma grande preocupação na comunidade agrônômica: está frequentemente ligada ao êxito ou fracasso das atividades agropecuárias.

Nos anos da década de 1970 o Brasil era um país importador de alimentos. Nos dias atuais, produzem-se alimentos o suficiente para alimentar parte significativa da população mundial, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). O Brasil saiu de uma produção de aproximadamente 40 milhões de toneladas, em 1970, em uma área de 30 milhões de ha, para cerca de 300 milhões de toneladas, em aproximadamente 75 milhões de ha (EMBRAPA, 2015).

De acordo com esse mesmo autor, esse grande avanço se deve, substancialmente, ao empenho dos produtores e a aplicação de novas tecnologias. Nesse sentido, o SPD que completou 5 décadas de implementação no país em 2022, teve papel decisivo nesse contexto. O idealizador foi o agricultor Herbert Bartz, do Paraná, que implantou em 1972, um sistema de plantio que subvertia completamente a lógica com a qual os produtores estavam habituados: fazer a aração e gradagem do solo antes de cada plantio. Contrariamente, apostou no plantio de forma direta, mantendo a cobertura morta e sem o revolvimento do solo.

No decorrer da história da agricultura, a consciência da preservação do solo se desenvolveu e foram criadas práticas conservacionistas, atingindo sua plenitude com o SPD na palha, o que tem garantido um excelente controle da erosão no solo. Sua utilização é de vital importância para a agricultura moderna. Dessa forma, foi possível mitigar perdas causadas pela degradação do solo, que carrega para os cursos d'água agroquímicos e fertilizantes, constituindo-se uma das principais fontes de poluição de rios e mananciais.

Desde o seu surgimento, a prática do SPD evoluiu substancialmente, por meio da melhoria da eficiência da produção, da baixa dos custos, da restituição da matéria orgânica por meio do carbono (resíduo de palha), da proteção da camada fértil do solo e do auxílio direto na infiltração das águas no solo. Portanto, o SPD é descrito como um modelo de agricultura conservacionista, posto que a palhada protege a superfície do solo contra a radiação solar, a desidratação do solo, contra o impacto das gotas das chuvas, além de favorecer um microclima propício ao desenvolvimento das atividades biológicas. Ou seja, significa no estabelecimento de um sistema resiliente. Assim, o SPD, é uma prática com enorme capilaridade para fixação dos gases do efeito estufa.

Com o estabelecimento da cobertura vegetal, o Carbono (C), que faz parte de todas as cadeias de elementos nas plantas, ocupa entre 35 e 57% na composição da matéria seca; ou seja, na palhada, o C é o elemento de maior volume nos processos físicos, químicos e biológicos da fertilidade do solo. Ademais, ao se realizar um bom manejo do solo, significa realizar a boa gestão do C. Pesquisas evidenciam a necessidade de se adicionar cerca de 7 t ha⁻¹ ano⁻¹ de palha, para se manterem adequadamente as demandas das atividades

biológicas, físicas e químicas do solo em ambientes de clima tropical, onde se aplicam o SPD (EMBRAPA, 2015; EMATER, 2015; REVISTA CULTIVAR).

Contudo, de acordo com esses mesmos autores, um bom SPD está calcado em quatro práticas fundamentais, sendo elas: O mínimo revolvimento do solo; o estabelecimento da cobertura viva ou morta (palhada para o cultivo); rotação e, ou, sucessão de culturas; e o uso da adubação verde.

Nos sistemas agrícolas de base agroecológica de produção, de acordo com Crespo et al. (2022), é imprescindível a utilização adequada do solo, da água e do ar, reduzindo ao máximo todas as formas de contaminação desses elementos, resultando em incremento da atividade biológica do solo. O SPD se apresenta como uma ferramenta eficiente na conservação do solo e da água (Figura 23).



Figura 23. Plantio direto de milho-verde orgânico sobre diferentes plantas de cobertura de verão. Fonte: Crespo et al. (2022).

Entretanto, de acordo com esses mesmos autores, a impossibilidade de utilização de herbicidas na implantação deste sistema em agricultura orgânica é um dos grandes desafios da atualidade para a pesquisa. Diante deste contexto, apresenta-se como opção para sanar este problema a implantação de rotação de culturas com plantas que apresentem alta produção de matéria vegetal para cobrir o solo, na forma de adubação verde com gramíneas e leguminosas.

Em sua pesquisa, Crespo et al. (2022) verificaram que o sistema orgânico sem palhada e com revolvimento do solo, bem como os sistemas orgânicos com palhada e sem revolvimento do solo utilizando crotalária solteira, milheto solteiro

e consórcio crotalária/milheto, são possíveis de serem utilizados nas condições testadas neste trabalho, mantendo uma boa produtividade do milho em espiga (Figura 24).

Ademais, segundo esses mesmos autores, a utilização da palhada de milho solteiro ou em consórcio com crotalária, no sistema orgânico sem revolvimento do solo, ocasionou redução do percentual de infestação e da densidade absoluta de plantas espontâneas.



Figura 24. Tratamentos para cultivo do milho sob o SPD. Fonte: Crespo et al., 2022.

4.4.1. Ciclagem de nutrientes

Uma característica importantíssima do SPD, da adubação verde e da ILPF, entre outros, diz respeito à ciclagem de nutrientes proporcionada pelo processo de adição de palhada como cobertura do solo, que posteriormente será degradada pela ação dos microrganismos (Figuras 25 e 26).

Cerca de 90% da palha residual da cultura principal (milho ou soja) são compostos por carbono, hidrogênio e oxigênio: elementos que retornam ao sistema via os ciclos biogeoquímicos. Portanto, são extraídos da atmosfera e a ela retornarão por intermédio da decomposição da MO.



Figura 25. Cultivo do feijão sob a palha. Fonte: Revista Cultivar, 2021.



Figura 26. Semeio em SPD. Fonte: Portal Agriconline, 2021.

É fundamental o uso de plantas leguminosas, por serem indispensáveis no aprofundamento no perfil do solo por meio de um sistema radicular permeante, sendo capazes de promover a estabilidade física, química e biológica.

Importante destacar que o uso de plantas de cobertura beneficia numerosos processos físicos, químicos e biológicos no solo, favorecendo a multifuncionalidade do solo no suporte ao crescimento e desenvolvimento das plantas, regulação dos fluxos hídricos e purificação da água, regulação climática

por intermédio da capacidade de sequestro de carbono, ciclagem de nutrientes, aumento da biodiversidade e regulação de pragas e doenças (CHERUBIN, 2022).

Todavia, segundo esse mesmo autor, a magnitude dos benefícios das plantas de cobertura está condicionada por: condições climáticas, características de cada tipo de solo, indicação e limitação de uso em função das características fitotécnicas das diversas plantas e ambiente de produção. O fato é que não existe uma estratégia isolada para o uso de plantas de cobertura para as diferentes regiões do Brasil. Faz-se imprescindível conhecer as implicações para o manejo que visa a qualidade do solo, específicas para cada planta de cobertura, para maximizar seus benefícios nos sistemas de produção agropecuária.

4.4.2. Adubação verde

A evolução social da coletividade moderna é dependente de forma crescente dos recursos naturais. Contudo, as práticas agropecuárias, em grande parte, degradam o bem fundamental aos agroecossistemas: o solo. Os restos culturais deixados pelas culturas anuais nem sempre estão em quantidade e permanência suficiente para a proteção adequada do solo, que garanta a máxima eficiência do SPD (DIAS; BRIGIDO, 2013).

A prática de rotação de culturas pode beneficiar quem deseja alcançar a máxima capacidade no SPD na palha. Tem-se observado que as gramíneas (Poaceae) são as que produzem resíduos com maior constância; contudo, são das leguminosas (Fabaceae) os resíduos de melhor qualidade e que trazem resultados superiores. Com isso, a adubação verde ou as plantas de cobertura podem ser manejadas para proporcionar melhores resultados (Figura 27).

Naturalmente, os adubos verdes têm um papel de destaque como condicionadores do solo, fornecendo nutrientes, como o N. Por exemplo, o feijão guandu e a crotalária, também exerce o controle de nematoides. As leguminosas minimizam o aparecimento de pragas e doenças, contribuem para o aumento da biodiversidade e quebra do ciclo de proliferação de organismos, além de prevenir o surgimento de plantas espontâneas. Por conseguinte, propicia a maximização dos benefícios proporcionados pelos adubos minerais, promovendo a redução

dos processos e impactos ambientais, bem como dos custos de produção (SOUSA et al., 2008).

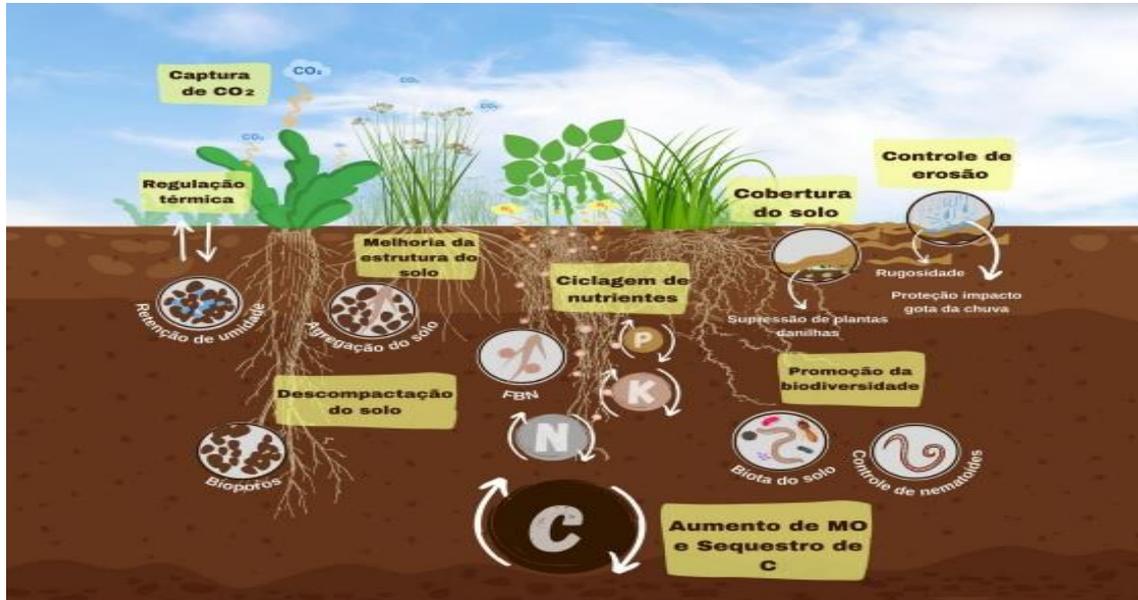


Figura 27. Benefícios ao funcionamento do solo fornecidos pela utilização de plantas de cobertura. Fonte: CHERUBIN, 2022. Diagrama: Bruna E. Schiebelbein.

Com relação à atividade biológica do solo, de forma bastante expressiva, é favorecida pelo contínuo aporte de biomassa proveniente das plantas de cobertura. Os efeitos ocorrem no aumento da abundância e diversidade da macrofauna, bem como no aumento da biomassa microbiana. O aumento na população de minhocas melhora as propriedades biofísicas e a fertilidade do solo nos ambientes de produção (CHERUBIN, 2022).

De acordo com esse mesmo autor, também ocorre aumento de muitas reações bioquímicas por meio da liberação de enzimas por bactérias, fungos micorrízicos arbusculares e nematoides benéficos ao solo, que favorecem a decomposição de resíduos vegetais, fixação biológica de nutrientes, ciclagem de nutrientes e disponibilização de nutrientes na forma inorgânica para o crescimento das plantas, além da supressão de fitonematoides patogênicos.

Porém, como absolutamente em nenhum processo agrossistêmico idealizado o resultado é imediatamente explícito, o SPD traz consigo algumas etapas que precisam ser cumpridas para o alcance da consolidação do sistema conservacionista e possa proporcionar os benefícios que se esperam. Após décadas de pesquisas, já se sabe que é necessário um período em torno de dez anos, para que o sistema consiga expressar seu pleno potencial produtivo (Figura 28).

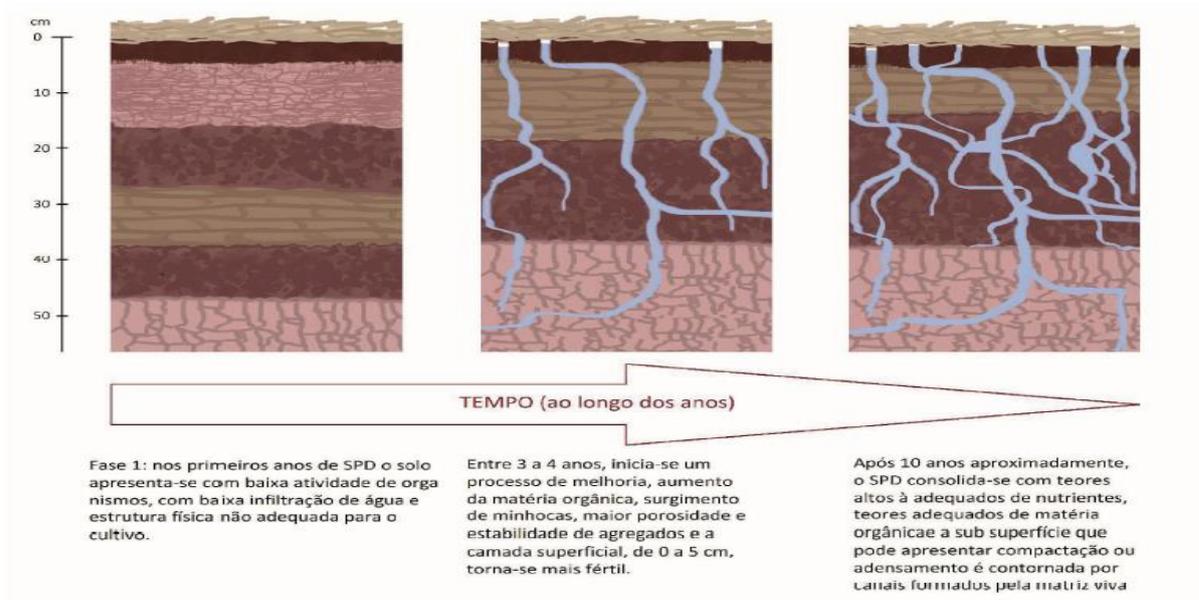


Figura 28. Fases do SPD: da implantação à consolidação do sistema. Fonte: EMBRAPA, 2021.

Conforme Passos, Alvarenga e Santos (2018):

[...] no Brasil tem sido nos últimos anos a soja, vindo posteriormente uma cultura geradora de palhada, geralmente semeada em sucessão. Essa cultura tem sido primordialmente o milho nas condições de cerrado, no centro sul do Brasil, mas não se restringe a ela. Como exemplo temos o cultivo da soja e do milheto (antes ou após a soja), soja precedida do milho safrinha, soja e trigo, soja e aveia e/ou azevém e/ou centeio no sul do Brasil, soja seguida ou precedida de pastagem e outras modalidades. É importante frisar, que a sucessão e rotação de uma leguminosa, como a soja, com gramíneas (poáceas, por exemplo, milho) são sempre desejadas, visando aumentar a sinergia entre

essas famílias de plantas e diminuir a pressão de doenças e pragas, além de aumentar a eficiência do uso da terra e dessa forma intensificar sua exploração aumentando a renda do produtor.

Algumas leguminosas merecem ênfase, como a crotalária (*Crotalaria spectabilis*). É uma leguminosa anual de primavera-verão com origem na América do Sul e do Norte, sendo conhecida popularmente como guizo-de-cascavel e chocalho-de-cascavel. Dentre as demais leguminosas, ela se destaca pela eficiência na redução da população de nematoides, principalmente os nematoides de galhas, cistos e o das lesões radiculares (CHERUBIN, 2022).

Além disso, segundo esse mesmo autor, possui alta produção de massa verde e excelente capacidade de fixação biológica de N. Pode ser utilizada nas entrelinhas de culturas perenes, por possuir porte médio e, conseqüentemente, não irá prejudicar o trânsito de máquinas ou pessoas. Para reduzir a população de nematoides em lavouras comerciais, essa espécie é a mais utilizada no consórcio, principalmente durante a segunda safra, com o milho (Figuras 29 e 30).



Figuras 29 e 30. Milho semeado em palhada de *Brachiaria brizantha* cultivar Piatã em SPD. Fonte: Alexandre Abdão, 2018.

5. Considerações finais

A ampliação de processos de degradação do solo e o declínio da produtividade agropecuária são alguns dos problemas ocasionados pelo uso intensivo do solo. Neste contexto, práticas conservacionistas, que buscam a

produção de alimentos de forma mais sustentável, vêm sendo pesquisadas a fim de melhorar a qualidade do solo e aumentar a produção de alimentos.

O presente trabalho teve como ponto crucial o agrupamento de tecnologias disponíveis nos campos científicos e fontes de pesquisas confiáveis aos defensores da causa ambiental, interessados nas temáticas relacionadas à conservação do solo e aos produtores rurais. Foram apresentadas ferramentas que auxiliam na mitigação dos processos e impactos negativos no meio rural e, sobretudo, de promoção de uma simbiose entre os campos de produção e a sustentabilidade.

Não obstante, a busca pela maximização dos recursos disponíveis se torna cada vez mais necessária, quando se deseja maior eficiência socioambiental e econômica. Os índices de degradabilidade dos solos no Brasil se somam às perdas nas mais diversas *performances*, tanto causando diminuição direta da fertilidade e de sua capacidade produtiva, quanto pela degradação provocada por práticas inadequadas de manejo, ou por sua ausência, que aceleram o escoamento superficial via enxurrada, reduzindo a infiltração de água e a recarga dos lençóis.

Práticas de manejo agroecológico do solo que favorecem a ciclagem de nutrientes, como a rotação de culturas, o SPD, a adubação verde, a ILPF e os sistemas agroflorestais, são algumas das alternativas empregadas quando o objetivo é recuperar a qualidade do solo por meio da sua correta utilização.

O solo deve ser entendido como um sistema aberto, vivo e dinâmico. Desta forma, é fundamental que se escolham um sistema de manejo que use corretamente os recursos naturais, garantindo a produtividade agropecuária ao longo dos anos. Portanto, a avaliação da sua qualidade é um aspecto de grande importância na compreensão dos limites e da capacidade de uso de cada tipo de solo. Além da produtividade, também se deve considerar a qualidade ambiental, a sustentabilidade agrônômica e a viabilidade socioeconômica do sistema de plantio.

Ao se conhecer o uso de mecanismos que sejam razoavelmente aplicados no controle dos processos, impactos e externalidades ambientais no meio rural, é decisivo que se busquem arranjos governamentais, privados e sociais que integrem uma corrente definitivamente sensibilizadora. Devem ser trabalhadas na convergência de se instruírem os proprietários rurais sobre a

importância socioambiental e econômica da preservação dos recursos naturais que compõem um dado agroecossistema.

6. Referências bibliográficas

ALFREDO CHAVES. PREFEITURA MUNICIPAL DE ALFREDO CHAVES. (Ed.). **Construção de caixas secas em Alfredo Chaves reduz impacto das chuvas**. 2017. Disponível em: <https://www.alfredochaves.es.gov.br/detalhe-da-materia/info/construcao-de-caixas-secas-em-alfredo-chaves-reduz-impacto-das-chuvas/79419>. Acesso em: 19 nov. 2022.

BALBINO, L. C.; BARCELOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 1. ed. Embrapa-DF: 2011. 127 p.

BARROS, L. C. de; TAVARES, V. de S; BARROS, I. R; RIBEIRO, P. E de A. **II Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável: Integração das Tecnologias Sociais Barraginhas e Lago de Múltiplo Uso**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 23 a 26 setembro de 2010.

BENAZZI, E.; LEITE, L. F. C. Retrospectiva, caracterização e conservação do solo na região Nordeste do Brasil. In: SOUZA, H. A.; LEITE, L. F.; MEDEIROS, J. C. (Eds.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília: EMBRAPA, p. 25-54, 2021.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G. de; DUARTE, G. de S.; CAREPA-SOUZA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n.3, p. 11-33, 2004.

CHAUL, N. F. Marchas para o oeste. In: SILVA, L. S. D. da. (Org). **Relações Cidade-Campo: Fronteiras**. Goiânia (GO): Ed. da UFG, 2000.

CHERUBIN, M. R. (Org.). **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. 126 p. ISBN: 978-65-89722-15-1. DOI: 10.11606/9786589722151.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de; GONÇALVES, D. da C. The green corn development and yield on different summer soil covering plants in the organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) Peer-Reviewed Journal**. ISSN: 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O). v. 9, n. 3, p. 217-225, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.93.27>.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras.1996

DIAS, N. A.; BRÍGIDO, A. C. M. **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 292 p. 2013.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - MG (Org.). **Sistema Plantio direto completa 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para o agro.** 2022. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/sistema-de-plantio-direto-completa-50-anos-no-brasil-garantindo-do-maior-produtividade-e-sustentabilidade-para-agro/?flagweb=novosite_pagina_interna_noticia&id=26936. Acesso em: 02 dez. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Relatório da FAO com participação da Embrapa revela que 33% dos solos do mundo estão degradados.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8104410/relatorio-da-fao-com-participacao-da-embrapa-revela-que-33-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>. 2015. Acesso em: 27 mar. 2023.

FARIA, M. E. de. **Agricultura moderna: cerrados e meio ambiente.** In: DUARTE, M. L. G.; BRAGA, M. L. de S. (Org.) *Tristes cerrados: sociedade e biodiversidade.* Brasília: Paralelo 5. 1998. p. 147-168.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. da S.; SILVA, R. G. da. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.

FOLADORI, G. **Capitalismo e a crise ambiental.** 31 Raízes, Ano XVIII, n. 19, 1999.

FOLHA VITÓRIA. **Produtores rurais de Cachoeiro recebem apoio para reter e armazenar água.** Vitória: Folha Vitória, 23 mar. 2017. Disponível em: <https://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/03/2017/produtores-rurais-de-cachoeiro-recebem-apoio-para-reter-e-armazenar-agua>. Acesso em: 19 nov. 2022.

GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. de A. **Ocupação humana e impactos ambientais no bioma cerrado: dos bandeirantes a política.** Brasília, 2008.

GARDI, C.; PANAGOS, P.; LIEDEKERKE, M. V.; BOSCO, C.; BROGNIEZ, D. de. Land take and food security: assessment of land take on the agricultural production in Europe. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 58, n. 5, p. 898-912, 2015.

GASSEN, D. Adubação verde e o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 116, p. 32-38, 2010. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.plantiodireto.com.br/storage/files/9.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. **Gestão territorial e desenvolvimento rural sustentável.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília- DF. 2007.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GONÇALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **Revista Univap**, v. 1, p. 342-357, 2019.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. de O. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL. 2014.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 307 p.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. D. S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 132-141, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2019. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45).

FONSECA, R. da S.; SANTOS, L. G. dos; BENTO DE MELLO, B. L.; MÜLLER, M. D.; CASTRO, T. F. de; MACHADO, L. V.; SOBREIRA, R. R.; MARION, W. H. S. **Sistema de integração lavourapecuáriafloresta (ILPF)**. INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Documentos nº 297 ISSN 1519-2059. Editor: Incaper. Formato: Digital e Impresso. Tiragem: 1000. Vitória-ES, 2022. 6 p.

LARIOS-GONZÁLEZ, R. C.; SALMERON-MIRAN, F.; GARCIA-CENTENO, L. Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. **Revista Científica**, v. 14, n. 23, p. 67-75, 2014.

LEMOS, J. J. S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

MONTEIRO, R. J. **Ações de proteção do solo**: mitigação de impactos ambientais no meio rural. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade Pitágoras, Governador Valadares, 2017. 29 p.

PASSOS, A. M. A. dos; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. dos. **Agricultura de baixo carbono**: tecnologia e estratégias de implantação. Brasília: Embrapa, 2018. p. 61-104. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101744>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A.; CONTE, B. P. **Mapeamento da degradação ambiental nos Estados e regiões brasileiras**. 2014.

PORTAL MANTENA. **Prefeitura da região se antecipa e constrói caixas secas**. Mantena: Portal Mantena, 30 ago. 2019. Disponível em: <http://www.portalmantena.com.br/novo/?p=52292>. Acesso em: 19 nov. 2022.

PRIMAVESI, A. M. Agricultura ecológica. **Revista Attalea Agronegócios**, n. 148, p. 60-61, 2019.

PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo**: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. São Paulo: Expressão Popular, 2016. 206 p.

REVISTA CULTIVAR (Brasil). **Sistema Plantio Direto tem desafios e metas a serem atingidas nos próximos 10 anos**. 2021. Disponível em: <https://revista.cultivar.com.br/noticias/sistema-plantio-direto-tem-desafios-e-metas-a-serem-atingi-das-nos-proximos-10-anos>. Acesso em: 02 dez. 2022.

REVISTA PLANTIO DIRETO. Edição 113, setembro/outubro de 2009. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=953. Acesso em: 10 nov. 2017.

ROSSATO, M. V. **Qualidade ambiental e qualidade de vida nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis - SAPMal. Cdo. Rondon**, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema Plantio Direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Dourados: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglcle/mkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntas_tema_plantio_direto.pdf. Acesso em: 26 nov. 2022.

SANTOS, E. V.; MARTINS R. A.; FERREIRA I. M. **O processo de ocupação do bioma Cerrado e a degradação do subsistema vereda no sudeste de Goiás**. 2009.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: An Analysis of Global Change** (Academic, San Diego). 2009. 112 p.

SILVA, J. M. C. da; SANTOS, M. P. D. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. In: SCARIOT, A.; SOUSASILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 219-233.

SOUSA, A. R. et al. Solos do Estado de Pernambuco. In: CAVALCANTI, F. J. A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R.; LEITE, J. P.; SILVA, M. C. L.; FREIRE, F. J.; SILVA, D. J.; SOUSA, A. R.; MESSIAS, A. S.; FARIA, C. M. B.; BURGOS, N.; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R. U.; CAVALCANTI, A. C.; LIMA, J. F. W. F. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife: IPA, v. 1. 212 p. 2008.

SOUZA, I. I. M de.; ARAÚJO, E. S.; JAEGGI, M. E. P. C.; SIMÃO, J. B. P.; ROUWS, J. R. C.; SOUZA, M. N. Effect of afforestation of arabica coffee on the physical and sensorial quality of the bean. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 7, p. 133-143, 2020.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. A complexidade dos meios de produção convencionais e a quebra de paradigmas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 23-36. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c1>.

SOUZA, M. N. Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 36-71. 2022b. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c1>.

WEHRMANN, M. E. S. de F. **A soja no Cerrado de Roraima**: um estudo da penetração da agricultura moderna em regiões de fronteira. Tese (Doutorado em Sociologia). Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília. 1999.