

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

Projeto: Objetivo 4 da PNDR e a diversificação, agregação de valor e sustentabilidade em cadeias produtivas agrícolas no Cerrado

Meta 3 – Parte 2: Identificar ações que possam promover a sustentabilidade nas principais cadeias produtivas agrícolas no Cerrado

Relatório Técnico

Coordenação Geral
Prof. Pedro Amaral (Cedeplar/UFMG)

Coordenação do Relatório
Júlio César dos Reis (Embrapa)

Equipe Técnica
Maria Alice Souza (Cedeplar/UFMG)

Belo Horizonte/MG

Junho/2025

Sumário Executivo

Após examinar os fatores “fora da porteira” – estrutura produtiva, encadeamentos econômicos, diversificação e crédito –, esta etapa final volta-se aos aspectos “dentro da porteira” para fortalecer a sustentabilidade da agricultura no Cerrado.

Dessa forma, o objetivo da Meta 3 foi, inicialmente, mapear as práticas atuais de manejo e conservação do solo e os métodos de irrigação adotados pelos produtores do bioma e traçar um perfil do agricultor do Cerrado com ênfase em desafios e oportunidades de melhoria. Com essas informações, a segunda parte do relatório se propôs a formular diretrizes viáveis que produtores de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar possam adotar imediatamente, no sentido de promover uso racional da água, a conservação do solo e redução de impactos ambientais da produção de commodities no bioma Cerrado. Dessa forma, essa etapa final do projeto indica como tecnologias e boas práticas já disponíveis podem elevar o padrão de sustentabilidade e responsabilidade social da produção agrícola no Cerrado, consolidando o bioma como referência em agricultura de baixo impacto.

Para tanto, foi estabelecido um recorte analítico dividindo a análise em dois grandes eixos: i) adequação do imóvel rural e; ii) adequação do sistema de produção. Além desses eixos, um destaque especial foi dado ao aprofundamento do uso do Sistema Plantio Direto (SPD). O Sistema Plantio Direto é apontado como estratégia fundamental de conservação de solo e água na produção agrícola por proporcionar múltiplos benefícios, como: redução de custos, incremento de matéria orgânica e fertilidade, melhoria da estrutura e umidade do solo – fatores que aumentam sua resiliência –, diversificação de cultivos com inclusão de leguminosas fixadoras de nitrogênio (economizando fertilizantes), intensificação da ciclagem de nutrientes e menor infestação de plantas daninhas, reduzindo o uso de herbicidas.

Retomando a estruturação dos dois grandes eixos, o que é dedicado à adequação do imóvel rural apresenta elementos para legitimar a produção de commodities alinhando-a às exigências de mercado e da sociedade. Nesse sentido, o imóvel rural deve comprovar adequação socioambiental em três frentes:

1. **Legalização e responsabilidade social:** com destaque para a observação de questões como o registro no Sistema nacional de Cadastro Rural (SNCR) e ter o Cadastro Ambiental Rural (CAR) ativos; inexistência de crimes ambientais, trabalho infantil ou análogo à escravidão; e cumprimento integral das normas trabalhistas e ambientais, conferindo segurança jurídica e acesso a crédito.
2. **Sustentabilidade sem queimadas deliberadas:** redução ao mínimo possível do uso de fogo para manejo ou preparo do solo, reduzindo emissões de gases de efeito estufa, preservando biodiversidade e prevenindo impactos à saúde, à semelhança dos avanços obtidos pela cana-de-açúcar.
3. **Gestão de riscos produtivos:** Adoção de práticas fitossanitárias e climáticas: respeito ao vazio sanitário, semeadura dentro das janelas do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para acesso a seguros (Proagro, PSR) e crédito rural, além de irrigação licenciada e eficiente, em consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Já para tornar os sistemas de produção de commodities no Cerrado mais sustentáveis, são propostos três grandes critérios de adequação:

1. **Balanco de carbono aprimorado:** com a constante redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) por unidade de produto, usando, por exemplo, ferramentas de cálculo como a metodologia do Programa SBC e a RenovaCalc (RenovaBio); e a adoção da política de desmatamento zero no Cerrado, eliminando emissões associadas a mudanças de uso da terra e atendendo à meta nacional de zerar o desmatamento até 2030.
2. **Práticas agrícolas obrigatórias:** uso de técnicas de agricultura sustentável como adubação e correção do solo seguindo as recomendações técnicas, a coinoculação e bioinsumos – uso comprovado de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* (e análogos) para reduzir fertilizantes nitrogenados e emissões de GEE, com produção fiscalizada para evitar contaminação. Além disso, é fundamental o aprofundamento do uso racional de agrotóxicos, com a aplicação apenas sob receituário de profissional habilitado e nas quantidades recomendadas.
3. **Práticas agrícolas complementares e melhoria contínua:** como implementar manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas; práticas conservacionistas do solo, complementares ao uso do Sistema Plantio Direto;

integração lavoura-pecuária-floresta; sementes de alta qualidade; e agricultura digital georreferenciada.

O atendimento integrado dos elementos destacados em ambos os eixos analíticos utilizados reduz as emissões gases de efeito estufa, limita a expansão da atividade agropecuária sobre vegetação nativa, aumenta a eficiência no uso de insumos e serviços e reforça a competitividade do agronegócio brasileiro em mercados que exigem cadeias de valor que promovam e valorizam a sustentabilidade da produção.

Sumário

1. Introdução	5
2. Dados de ‘dentro da porteira’: as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo e a utilização da água no Cerrado	5
3. Recomendações de Boas Práticas: A produção de Soja, Milho, Algodão e Cana-de-Açúcar sustentável e responsável	18
4. Considerações Finais.....	36
5. Anexos	39
6. Referências	43

1. Introdução

As partes anteriores deste projeto concentraram-se em uma caracterização do Cerrado Brasileiro, em termos produtivos e de desenvolvimento econômico. Assuntos relacionados à interligação da agricultura com o restante da economia, à aspectos fundamentais do desenvolvimento econômico, aos processos de diversificação produtiva e à dinâmica do crédito foram pautados neste projeto. Em outras palavras, pontos de ‘fora da porteira’, diretamente relacionados com a estrutura do Cerrado foram postos para consideração.

Esta parte final consiste em avançar em tópicos de ‘dentro da porteira’. Ou seja, o objetivo concentra-se em torno de caracterizar pontos importantes do ponto de vista do produtor, como as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo e sua relação direta com o uso da água. O foco não gira em torno da caracterização, somente. A ideia é apresentar um panorama do produtor rural do Cerrado e propor um conjunto de diretrizes factíveis e passíveis de implementação aos produtores tendo como objetivo final a promoção da sustentabilidade da produção agrícola no bioma.

A primeira parte dessa sessão final consiste em apresentar as principais práticas agrícolas de manejo e conservação do solo utilizadas pelos produtores rurais no Cerrado, além de apresentar as técnicas mais utilizadas no tange à irrigação. A segunda parte apresenta um conjunto de direcionamentos que almejam maior sustentabilidade nos sistemas produtivos da soja, milho, algodão e cana-de-açúcar. O objetivo, ao final da leitura, é apresentar como a agricultura moderna no Cerrado pode alcançar voos ainda maiores no que tange à sustentabilidade e responsabilidade social do produtor rural.

2. Dados de ‘dentro da porteira’: as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo e a utilização da água no Cerrado

2.1 Práticas Produtivas de Manejo e Conservação do Solo utilizadas no Cerrado Brasileiro

O avanço técnico das práticas agrícolas nos últimos anos permitiu o aumento da produtividade no campo e abriu espaço para discussões acerca da sustentabilidade ambiental (IBGE, 2020). O Censo Agropecuário de 2017 apresenta as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo realizadas pelos produtores nos diferentes biomas brasileiros. A **Tabela 1** apresenta o total da área dos estabelecimentos rurais, voltados à produção de lavouras temporárias, que realizaram práticas produtivas no Cerrado e no Resto do Brasil e a participação de cada bioma no total do Brasil. Utilizou-se dados agrupados na categoria “lavouras temporárias”, pois o Censo Agropecuário não fornece informações sobre manejo e conservação do solo considerando o tipo de cultura plantada; e, dentro da categoria “lavouras temporárias”, tem-se as culturas de interesse: soja, milho, algodão e cana-de-açúcar.

Observa-se que o Cerrado representa mais de 50% da área em cinco práticas de manejo e conservação do solo diferentes: rotação de culturas, recuperação da mata ciliar, pousio ou descanso de solos, proteção e/ou conservação de encostas e estabilização de voçorocas. Nos outros tipos de práticas produtivas, o restante do Brasil possui maior participação, por exemplo, plantio em nível.

Tabela 1. Total da Área (Milhões de Hectares) dos Estabelecimentos que Realizam Práticas Produtivas de manejo e conservação do solo no Cerrado e Resto do Brasil, voltados à Produção de Lavouras Temporárias (2017)

Práticas Agrícolas	Cerrado		Resto do Brasil	
	Total*	%	Total*	%
Rotação de culturas	20.3	51%	19.8	49%
Plantio em nível	10.5	48%	11.4	52%
Pousio ou descanso de solos	8.2	53%	7.2	47%
Outra	5.7	45%	6.9	55%
Proteção e/ou conservação de encostas	5.5	54%	4.7	46%
Nenhuma	3.5	41%	5.	59%
Recuperação de mata ciliar	3	51%	2.9	49%
Estabilização de voçorocas	1.4	60%	0,92	40%

Reflorestamento para proteção de nascentes	1.3	40%	1.9	60%
Manejo Florestal	0,34	37%	0,5	63%

Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

A prática de manejo e conservação do solo mais utilizada no Cerrado brasileiro é a “Rotação de Culturas”, com 20.3 milhares de hectares voltados para essa prática. Essa técnica consiste na alternância ordenada de diferentes culturas, em um período, na mesma área. O exemplo mais representativo dessa prática é o sistema de produção baseado no binômio soja-milho. A alternância entre culturas permite a intensificação do uso do solo, a diversificação de renda, o melhor aproveitamento das máquinas e mão de obra, e a diminuição da ocorrência de pragas e doenças, além de proporcionar a manutenção da fertilidade do solo (EMBRAPA, 2021). Ainda, observa-se que o Cerrado possui 60% das terras que realizam “Estabilização de Voçorocas” no Brasil. As voçorocas constituem a maior evidência de degradação do solo, que pode ser entendida como a deterioração das propriedades físicas, químicas e de volume do solo (ANDRADE et al, 2005; CORRÊA et al, 2023). A ocorrência da degradação do solo ajuda a explicar os prejuízos ambientais e sociais decorrentes da agricultura realizada de maneira incorreta como a redução da capacidade produtiva do solo, a diminuição da área destinada à exploração agrícola, e, como consequência, a redução da capacidade de geração de renda nas propriedades (FERREIRA, 2015), além da redução da segurança alimentar (FAO, 2019).

Assim como em outras variáveis do Censo Agropecuário tangentes ao Cerrado, a tipologia patronal representa quase a totalidade da adoção, em termos de área, das práticas agrícolas de manejo e conservação do solo em relação ao modo familiar, conforme demonstra a **Tabela 2**. Observa-se que, com exceção da realização de outras práticas agrícolas e nenhuma prática agrícola, a tipologia patronal participa em quase 100% do total realizado no Cerrado. Esse resultado é fruto da conexão direta entre as culturas analisadas e as grandes propriedades no Bioma. Em outras palavras, a produção de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar é feita, primordialmente, pelos grandes produtores rurais do Cerrado, que são incorporados na tipologia Patronal.

Tabela 2. Participação das Tipologias Patronal e Familiar no Total da Área dos Estabelecimentos (Milhões de Hectares), dedicados à Produção de Lavouras

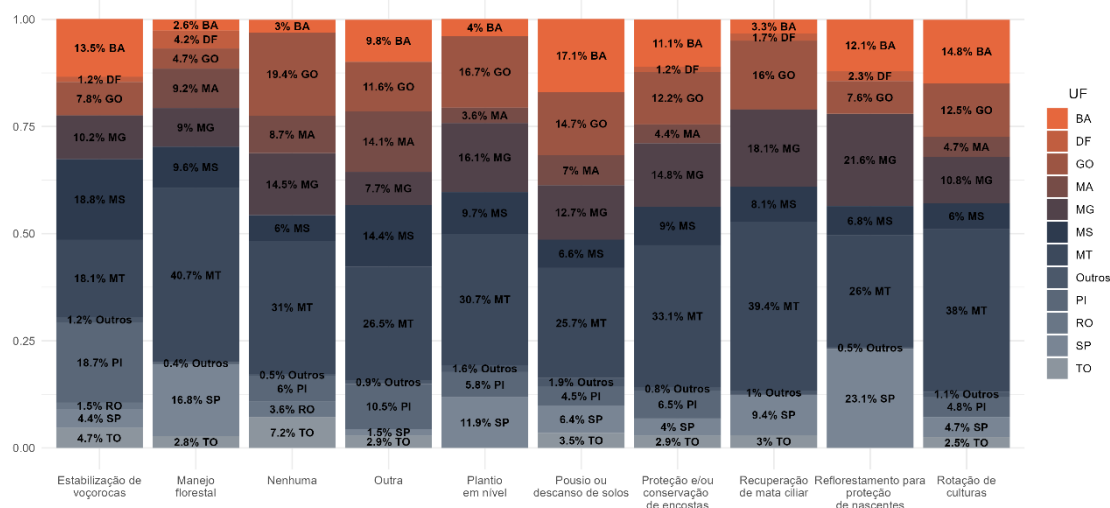
Temporárias, que Realizam Práticas de manejo e conservação do solo (2017). Valores em milhões de hectares.

Práticas Agrícolas	Cerrado				Resto do Brasil			
	Familiar		Patronal		Familiar		Patronal	
Estabilização de Voçorocas	0,011	1%	1.3	99%	0,066	7%	0,85	93%
Manejo Florestal	0,005	2%	0,34	98%	0,15	27%	0,42	73%
Nenhuma	0,86	24%	2.6	76%	2.9	58%	2.1	42%
Outra	0,67	12%	5.0	88%	3.2	46%	3.7	54%
Plantio em Nível	0,23	2%	10.3	98%	1.6	14%	9.8	86%
Pousio ou descanso dos solos	0,36	4%	7.9	96%	2.0	28%	5.2	72%
Proteção e/ou conservação de encostas	0,07	1%	5.4	99%	0,77	16%	4.0	84%
Recuperação de mata ciliar	0,029	1%	3.0	99%	0,28	10%	2.6	90%
Reflorestamento para proteção de nascentes	0,010	1%	1.3	99%	0,21	11%	1.7	89%
Rotação de Culturas	0,64	3%	19.6	97%	4.6	23%	15.2	77%

Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

No que tange às Unidades Federativas que compõem o Cerrado, há uma heterogeneidade na participação de cada estado no total realizado das práticas agrícolas de manejo e conservação do solo. A partir da **Figura 1** é possível observar que o Mato Grosso representa a maior participação da área em todas as categorias de práticas agrícolas, incluindo a “Nenhuma”. Além disso, observa-se que a distribuição entre os Estados varia de acordo com cada prática agrícola, indicando que cada localidade possui especificidades relacionadas ao manejo e conservação do solo para potencializar a produção das lavouras temporárias.

Figura 1. Participação das Unidades Federativas do Cerrado no Total da Área dos Estabelecimentos, dedicados à Produção de Lavouras Temporárias, por Prática Produtiva (2017)



Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

No que tange às principais práticas agrícolas de manejo e conservação do solo realizadas no bioma, a **Tabela 3** sintetiza a área alocada em cada estado para as principais práticas realizadas no Cerrado e a área na qual que não se realiza práticas. Como salientado acima, o estado do Mato Grosso é o principal destaque nas principais práticas realizadas no bioma. No tocante à “Rotação de Culturas”, somente o Mato Grosso possui 7.716.018 hectares voltados para essa prática, uma área quase 2,5 vezes maior que a Bahia, o segundo maior estado que prática a rotação, com 3.007.339 hectares. Em sequência, tem-se Goiás e Minas Gerais com a terceira e quarta maior área realizando a “Rotação de Culturas”.

Em relação à prática “Plantio em Nível”, a segunda prática mais realizada no Cerrado, tem-se, novamente, o Mato Grosso com a maior área, seguido por Goiás, Minas Gerais e São Paulo. O estado da Bahia, que doravante possui a segunda maior área dedicada à “Rotação de Culturas”, possui uma das menores áreas dedicadas ao “Plantio em Nível”. A prática de “Pousio ou Descanso dos Solos” possui um ranking similar à “Rotação de Culturas”, com Mato Grosso em primeiro lugar, seguido por Bahia, Goiás e Minas Gerais.

Por último, há terras dedicadas à produção de lavouras temporárias que não recebem práticas agrícolas de manejo e conservação de solo. O Mato Grosso é o estado

que possui a maior área nesse caso, seguido por Goiás e Minas Gerais. Sem a realização de práticas de conservação do solo, é esperado que, com o passar do tempo, o solo perca capacidade produtiva. A realização de práticas agrícolas sustentáveis é capaz de proporcionar a manutenção da atividade agrícola, visto que o manejo ambiental racional aumenta as taxas produtivas da atividade (SANTOS, 2019).

Tabela 3. Área (Milhões de Hectares) de Cada Unidade Federativa do Cerrado que Realiza Rotação de Cultura, Plantio em Nível e Pousio ou Descanso dos Solos, na Produção de Lavouras Temporárias (2017)

Estado	Rotação de Culturas	Plantio em Nível	Pousio ou Descanso dos Solos	Nenhuma
MT	7.7	3.2	2.1	1.0
BA	3.0	0,42	1.4	0,106
GO	2.5	1.7	1.2	0,68
MG	2.2	1.6	1.0	0,51
MS	1.2	1.0	0,544	0,21
PI	0,98	0,60	0,370	0,21
SP	0,95	1.2	0,527	0,012
MA	0,95	0,37	0,583	0,30
TO	0,51	0,073	0,293	0,25
Outros	0,21	0,089	0,156	0,13

Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

Também, é possível discriminar as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo nos estados do Cerrado pelas tipologias patronal e familiar, conforme demonstra a **Tabela 4**. A partir de todas as práticas, observa-se que Minas Gerais detém da maior área familiar dedicada à realização de práticas agrícolas de manejo e conservação do solo ou de nenhuma prática. Por exemplo, nas práticas de “Pousio do Solo” e “Plantio em Nível”, o estado mineiro possui 83.091 e 101.012 hectares, em respectiva ordem, sob gerência familiar. Essas áreas são, aproximadamente, 3,5 vezes maiores que as áreas familiar do Mato Grosso, o principal expoente do Cerrado. Esse fato reforça o destaque de Minas Gerais dentro do segmento agricultura familiar.

Tabela 4. Área (Milhões de hectares) de Cada Unidade Federativa do Cerrado, por Tipologia, que Realiza Rotação de Culturas, Plantio em Nível, Pousio ou Descanso

dos Solos ou Nenhuma Prática Agrícola, na Produção de Lavouras Temporárias (2017).

Estado	Rotação de Culturas		Plantio em Nível		Pousio ou Descanso dos Solos		Nenhuma	
	Familiar	Patronal	Familiar	Patronal	Familiar	Patronal	Familiar	Patronal
MT	0,12	7.5	0,022	3.2	0,028	2.1	0,096	0,99
BA	0,030	2.9	0,0068	0,41	0,030	1.3	0,052	0,054
GO	0,069	2.4	0,041	1.7	0,025	1.1	0,073	0,61
MG	0,18	2	0,083	1.6	0,10	0,94	0,21	0,29
MS	0,022	1.2	0,015	1.0	0,0061	0,53	0,030	0,18
PI	0,055	0,92	0,00085	0,60	0,098	0,27	0,12	0,089
SP	0,039	0,91	0,050	1.2	0,014	0,51	0,0028	0,010
MA	0,058	0,89	0,0071	0,37	0,045	0,53	0,16	0,14
TO	0,047	0,479	0,0010	0,072	0,015	0,27	0,067	0,18
Outros	0,010	0,20	0,0015	0,088	0,0042	0,15	0,038	0,092

Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

Irrigação: o uso da água na produção de commodities

A irrigação reflete um tipo de prática agrícola que visa suprir a deficiência de água para as plantas, a partir de um conjunto de equipamentos e técnicas específicas. Dessa forma, ela tem se colocado como uma estratégia chave para a adaptação da agricultura aos impactos das mudanças climáticas. A agricultura irrigada representa o maior uso da água no Brasil e no mundo (ANA, 2021) e proporciona aumento de produtividade aos agricultores (SILVA, NEVES, 2020). A produtividade obtida com a agricultura irrigada pode alcançar níveis 2,7 vezes maiores do que a prática obtida pela agricultura tradicional, dependente das chuvas (CHRISTOFIDS, 2013). A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021) aponta que a irrigação pode elevar a renda do produtor rural e reduzir riscos da produção, além de proporcionar modernização dos sistemas de produção e aumentar a oferta e regularidade de alimentos, proporcionando maior segurança alimentar. No tocante às culturas de interesse, a irrigação tende a apresentar ganhos de produtividade e minimização de riscos climáticos para soja e milho (ANA, 2017).

Contudo, é fundamental destacar que a técnica de irrigação deve visar a aplicação de uma quantidade certa de água ao solo para proporcionar a umidade adequada ao desenvolvimento da cultura. Projetos de irrigação mal desenhados podem diminuir a

eficiência da técnica. Ainda, diante da atual crise hídrica, escolher um projeto de irrigação adequado é crucial para os empreendimentos agrícolas (NASCIMENTO, et al 2017) e configura-se como ponto importante no que tange à sustentabilidade.

Apesar dos ganhos de produtividade auferidos pelo produtor, a utilização intensa da água na produção de commodities para exportação gera conflito distributivo em torno do uso desse recurso (PEIXOTO et al, 2021), na medida em que a comercialização da produção não leva em consideração os custos da água como um recurso natural de uso coletivo. Ou seja, a utilização da água para fins agrícolas não acarreta custos financeiros para os produtores, que lucram a partir do uso de um bem que é de domínio público e possui valor econômico (MAURO, 2014).

a) As técnicas de Irrigação no Brasil e no Cerrado

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico apresenta dados sobre a área irrigada e fertirrigada nos municípios brasileiros, sendo a fertirrigação a associação entre irrigação e aplicação de fertilizantes dissolvidos na água. O Brasil apresenta cerca de 5.291.476 hectares irrigados e 8.195.391 hectares fertirrigados, sendo o Cerrado responsável por 41% e 37% do total dessas práticas, respectivamente, conforme demonstra a **Tabela 5**.

O Cerrado apresenta a maior participação nas práticas de irrigação caracterizadas como ‘Outras Culturas em Pivôs Centrais (exceto arroz, café e cana)’ e ‘Pivôs Centrais - Total (considerando sobreposição com arroz, café e cana)’, representando 74% do total realizado no Brasil em ambas. Dentre as principais culturas cultivadas em pivôs centrais, destaca-se a cana-de-açúcar, soja, milho, café e algodão (ANA e EMBRAPA, 2016). Ou seja, observa-se que o Cerrado é um expoente na técnica de irrigação utilizada nas culturas de interesse deste projeto. Em contraposição, o supracitado bioma apresenta a menor participação nas técnicas tituladas como ‘Outros Culturas e Sistemas’ e ‘Cana-de-Açúcar Fertirrigada’, representando 30% e 32% do total, respectivamente.

A ANA apresenta, também, o potencial de expansão e intensificação da agricultura irrigada, identificado a partir de aspectos físicos-ambientais, modelagem econômica e pesquisas de campo (ANA, 2021). Nesse sentido, tem-se, na **Tabela 5**, o potencial total de expansão da agricultura irrigada, em que o Brasil possui um potencial de área adicional

irrigável de 55.8 Mha sendo 26,9 Mha sobre áreas agrícolas de sequeiro, 26,73 Mha sobre áreas de pastagens, e 2,43Mha sobre áreas agropecuárias sem disponibilidade hídrica superficial, mas com disponibilidade subterrânea. O Cerrado possui 52% do potencial de área adicional irrigável no país, totalizando cerca de 29,1 Mha.

Além disso, tem-se o potencial efetivo da área adicional irrigável, que expressa as condições mais favoráveis ao desenvolvimento da agricultura irrigada. Nesse sentido, são consideradas as áreas de intensificação sobre a agricultura de sequeiro que apresentam média ou alta aptidão do solo, além de um indicador de infraestrutura alta (ANA, 2021). O Brasil possui 13,6Mha com tais características, sendo que o Cerrado possui a maior participação, representando 55% do total, com 7.46 Mha com potencial efetivo de irrigação.

Tabela 5. Área Irrigada (Milhões de Hectares) do Cerrado e do Resto do Brasil (2021)

	Cerrado		Resto do Brasil	
	Total (Mha)	%	Total (Mha)	%
Área Total Irrigada	2.1	41	3.1	59
Área Total (Irrigada e Fertirrigada)	3.0	37	5.1	63
Outras Culturas em Pivôs Centrais (exceto arroz, café e cana)	1.0	74	0,38	26
Cana-de-Açúcar Fertirrigada	0,92	32	0,1.9	68
Cana-de-Açúcar Irrigada	0,35	47	0,39	53
Pivôs Centrais - Total (considerando sobreposição com arroz, café e cana)	1.1	74	0,40	26
Arroz Inundado	0,14	11	1.1	89
Café	0,18	42	0,26	58
Outros Culturas e Sistemas	0,39	30	0,94	70
AAI - Potencial Efetivo	7.4	55	6.2	45
AAI - Potencial Total	29.1	52	26.6	48
AAI com água subterrânea	1.3	54	1.1	46
AAI com água superficial em agricultura de sequeiro	11.5	43	15.1	57

AAI com água superficial em pastagem	16.3	61	10.3	39
--------------------------------------	------	----	------	----

Elaboração própria a partir dos dados da ANA (2021)

Em uma análise intra-bioma, é possível destacar quais métodos são mais predominantes em cada estado, além de indicar as áreas potenciais totais e efetivas. A **Tabela 6** apresenta a Área Adicional Irrigável (AAI) dos estados que compõem o Cerrado. Observa-se que Mato Grosso possui a maior área no que tange ao Potencial Efetivo e Potencial Total, seguido por Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Isso indica que os estados que possuem as maiores áreas passíveis de irrigação são aqueles com apresentam estabelecimentos agropecuários já consolidados.

O Potencial Total reflete a soma da AAI com água subterrânea, com água superficial em agricultura de sequeiro e com água superficial em pastagem, e observa-se diferenças entre os componentes para cada estado. O Mato Grosso e São Paulo possuem uma AAI maior na agricultura de sequeiro em comparação com a atividade de pastagem. Por outro lado, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Bahia e Tocantins possuem AAI maior com a atividade de pastagem do que na agricultura de sequeiro. Ou seja, o Cerrado apresenta heterogeneidade no que tange à área adicional irrigável e suas atividades.

Tabela 6. Área Adicional Irrigável (AAI) (Milhões de Hectares) das Unidades Federativas do Cerrado (2021)

UF	AAI - Potencial Efetivo	AAI - Potencial Total	AAI com água subterrânea	AAI com água superficial em agricultura de sequeiro	AAI com água superficial em pastagem
BA	0,10	0,72	0,033	0,22	0,46
DF	0,029	0,052	0,003	0,030	0,019
GO	1.3	4.5	0,18	1.9	2.3
MA	0,068	0,87	0,016	0,18	0,66
MG	0,79	3.57	0,11	1.2	2.2
MS	0,60	3.74	0,14	1.1	2.4
MT	3.9	10.3	0,57	5.2	4.5
PI	0,018	0,15	0,024	0,0092	0,039
PR	0,009	0,0027	0,0017	0,020	0,0054
RO	0,0002	2.4	0,098	0,15	2.2
SP	0,29	0,97	0,053	0,86	0,058

TO 0,20 1.6 0,054 0,36 1.2

Elaboração própria a partir dos dados da ANA (2021)

A **Tabela 7** apresenta a Área Irrigada de cada estado do Cerrado brasileiro e suas técnicas utilizadas. Observa-se que Minas Gerais possui a maior área irrigada dentro do bioma, seguido por Goiás e Mato Grosso. É interessante notar que a área irrigada mineira é quase 3 vezes maior que a área irrigada verificada em Mato Grosso, o grande expoente produtivo do Cerrado, e que a principal técnica utilizada é a de Pivôs Centrais. No tocante à área total irrigada e fertirrigada, Minas Gerais continua com a maior área, seguido por Goiás e São Paulo.

A ANA não divulga os dados de irrigação para cada cultura foco deste projeto, com exceção da cana-de-açúcar, mas sabe-se que a soja, milho e algodão são os principais produtos nas técnicas de pivô central (ANA e EMBRAPA, 2016). Os estados com maior área irrigada na técnica de pivô central, considerando sobreposição com arroz, café e cana, são Minas Gerais, Goiás e Bahia. Esse padrão é o mesmo ao analisar a área destinada às outras culturas em pivô central.

Ao analisar a área irrigada destinada à cana-de-açúcar, Goiás é o estado que possui a maior área, com 130.473 hectares, seguido por Minas Gerias e Maranhão. Mas, a área de irrigação do Cerrado é maior neste produto quando misturada aos fertilizantes. Não obstante, pode-se observar que São Paulo é o estado que possui a maior área fertirrigada, com 351.261 hectares, fazendo jus à sua posição de maior produtor de cana-de-açúcar do país, seguido por Goiás e Minas Gerais. Além disso, é possível observar que quase toda a área irrigada de São Paulo é feita em conjunto com a aplicação de fertilizantes dissolvidos na água

Tabela 7. Área Irrigada Total e por Cultura das Unidades Federativas do Cerrado (2021)

UF	Área Total (Irrigada e Fertirrigada)	Área Total Irrigada	Arroz Inundado	Café	Cana-de-Açúcar Fertirrigada	Cana-de-Açúcar Irrigada	Outras culturas e sistemas	Outras Culturas em Pivôs Centrais ¹	Pivôs Centrais - Total ²
BA	218.571	218.571	0	11.603,4	0	0	30.828	176.139,5	187.244,4
DF	33.358,4	33.358,4	0	293,5	0	0	18.221,8	14.843,1	1.4981,1

¹ Exceto arroz, café e cana.

² Considerando sobreposição com arroz, café e cana

GO	660.021,9	440.122,1	16.582,2	7.860,1	219.899,8	130.473,2	35.888,4	249.318,1	27.0689,4
MA	64.352,5	64.352,5	779,5	0	0	46.096,4	11.710,1	5.766,5	5.766,5
MG	862.382,1	722.320,3	195,3	122.666,8	140.061,8	124.538,8	96.946	377.973,4	429.586,3
MS	190.810,7	53.638,6	8.745,5	0	137.172,2	10.505,3	7.296,7	2.7091	2.7483,5
MT	292.947,1	220.408,2	6.400	1.025	72.539	4.363,1	83.291,7	125.328,4	125.448,7
PI	39.682,1	39.682,1	4.157,6	0	0	20.443,9	13.157,8	1.922,7	1.922,7
PR	63	63	0	0	0	0	63	0	0
RO	70.838	70.838	0	43.238	0	0	27.066,7	533,2	533,2
SP	480.592,2	12.9331,1	0	466	351.261,1	79,1	56.319,7	72.466,3	73.689,6
TO	155.404,1	155.404,1	10.9162,6	0	0	17.775,1	17.604,7	10.861,5	14.106,8

Elaboração própria a partir dos dados da ANA (2021)

b) O conflito distributivo da água

Os conflitos pela água no território brasileiro têm se configurado como disputas territoriais pelo seu controle, causando impactos ambientais e sociais em espaços marcados pelo uso intensivo da água (PEIXOTO et al, 2021). Como mencionado anteriormente, há um uso intensivo de áreas irrigadas em prol da produtividade agrícola de commodities que, no geral, são exportadas. Montoya e Finamore (2020), por meio da matriz de insumo-produto, revelaram que atividades do agronegócio respondem por 18,9% do uso da água e por 90% do consumo do país. Levando em consideração o modelo agroexportador brasileiro, pode-se argumentar que o Brasil exporta, junto com suas commodities, recursos hídricos para a economia mundial. Em outras palavras, o Brasil exporta água para o resto do mundo (PEIXOTO et al, 2021).

A agricultura irrigada confere aumentos de produtividade nas cadeias agrícolas, aumentando a produção de alimentos, e, como consequência, aumentando a segurança alimentar. Por outro lado, há um conflito com o abastecimento humano. De acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a agricultura irrigada é responsável por 69% da água consumida no país. O conflito é visto quando se leva em consideração que a “água anualmente consumida por um hectare seria suficiente para abastecer mais de 100 pessoas consumindo 250 l/dia, dependendo da região e das culturas irrigadas” (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2008).

A distribuição desigual da água no território brasileiro acentua o debate sobre o uso da água no país. Enquanto a região Norte possui a maior concentração de água do Brasil, grande parte da população brasileira, concentrada nas regiões Sudeste e Nordeste,

sofre crescente escassez de água (MONTROYA e FINAMORE, 2020).

Apesar da oferta de água no Brasil ser de 40.000 m³/hab/ano, em parte do Nordeste a razão é de 500 m³/hab/ano, configurando-se como uma situação de muita escassez (ALMEIDA e PEREIRA, 2009 apud PEIXOTO et al, 2021).

Um estudo recente, feito por Uchôa et al (2024), demonstrou que mais da metade dos rios brasileiros apresenta risco de redução de fluxo devido à percolação de água em direção aos aquíferos subterrâneos, utilizados, em grande escala, para irrigação. Em virtude das condições climáticas e intensa atividade agrícola, o MATOPIBA³ configura-se como uma região crítica, pois dependente fortemente de águas subterrâneas para irrigação e abastecimento humano.

Concomitantemente ao dualismo entre consumo humano e irrigação, tem-se a perfuração deliberada de poços destinados à atividade agrícola ou consumo privado. Conicelli (2021) constatou que existem cerca de 2,5 milhões de poços tubulares no Brasil, dos quais 88% são ilegais, extraíndo mais de 17.580 m³/ano. A ação do Estado, com planejamento e supervisionamento, torna-se indispensável nesse contexto. Apesar do país deter 15% da água doce renovável do mundo, problemas hídricos já estão assolando a vida da população brasileira. O Cerrado, a principal área de expansão agrícola, está entre as regiões mais vulneráveis. Mudanças no uso da terra e cobertura do solo, e a crescente demanda pela irrigação agrícola, impulsionadas pela expansão da atividade, compromete o equilíbrio entre rios e aquíferos na região (FAPESP, 2024).

Em suma, a água é vital para a vida humana e para a produção agrícola. O conflito distributivo da água deve ser pensado nas duas óticas, visto a necessidade da manutenção da vida humana e da importância da produção agrícola. Novas formas de gerenciamento do recurso hídrico, associadas à utilização de novas tecnológicas podem evitar desperdícios e adequar o uso da água no país para a promoção do desenvolvimento econômico em bases sustentáveis (OLIVEIRA et al, 2016). Além disso, o Estado deve atuar na fiscalização de poços irregulares destinados à irrigação ou consumo próprio, garantindo controle e planejamento do recurso hídrico.

³ Junção das Unidades Federativas do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

3. Recomendações de Boas Práticas: A produção de Soja, Milho, Algodão e Cana-de-Açúcar sustentável e responsável

Cientes das particularidades do Cerrado, esse tópico busca recomendar boas práticas produtivas, diretamente relacionadas à sustentabilidade e à aspectos indispensáveis ao desenvolvimento econômico no bioma Cerrado. Para tanto, utilizou-se como baseline o Programa Soja Baixo Carbono (SBC), desenvolvido pela Embrapa, dado que esse é um programa já estruturado, com as linhas de ação já definidas e que apresenta potencial para ser adaptado às demais culturas de interesse, como discutido abaixo.

O Programa Soja Baixo Carbono apresenta como objetivo agregar valor à soja produzida em sistemas que promovam a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), causadores do aquecimento global, atestando a sustentabilidade da produção de soja. Para tanto, o Programa almeja operacionalizar a marca conceito SBC por meio de certificação voluntária, privada e independente, a partir de um protocolo composto por indicadores passíveis de verificação e mensuração. Assim, sistemas de produção de soja que atendam aos requisitos estipulados podem receber a marca-conceito, abrindo possibilidades para compensações financeiras, como agregação de valor ao produto comercializado, obtenção de juros mais baixos ou prêmios em seguros agrícolas (DEBIASI et al., 2023).

O Programa SBC estabeleceu duas diretrizes principais para que o Selo SBC seja alcançado: i) adequação do imóvel rural; ii) adequação do sistema de produção. Dentro de cada diretriz, o Programa aponta critérios de elegibilidade, que devem ser cumpridos. Diferentes indicadores de alcance permitem verificar se os critérios de elegibilidade foram atendidos. A **Tabela 8** sintetiza a estrutura pensada pela Embrapa para o SBC.

De modo similar ao que foi feito no programa SBC, o presente estudo busca estabelecer diretrizes mais sustentáveis para os sistemas produtivos da soja, milho, algodão e cana-de-açúcar. A ideia é propor a operacionalização de uma marca-conceito, abrindo possibilidades para compensações financeiras, com objetivo principal de fomentar uma cadeia produtiva mais responsável do ponto de vista socioambiental. Para isso, tem-se dois tópicos a seguir. O primeiro propõe a utilização do Sistema de Plantio Direto na produção das supracitadas commodities e justifica os motivos pelos quais essa proposição se relaciona com a sustentabilidade. O segundo tópico apresenta diretrizes

essenciais e comuns aos produtores das culturas de interesse, pensando em um compromisso do produtor com os eixos social e ambiental da produção. Para sintetizar o escopo das proposições, apresenta-se a **Figura 2**.

Tabela 8. Estruturação da certificação da marca-conceito SBC (Certificação SBC)

Diretriz	Critério de Elegibilidade	Indicador de Alcance
Adequação do Imóvel Rural	Legalização e Questões Trabalhistas	Imóvel rural legalizado
		Imóvel rural sem autuações e/ou embargos ambientais
		Proprietário sem condenação por trabalho infantil ou análogo à escravidão
		Imóvel rural com CAR ativo
	Eliminação de Queimadas Deliberadas	Imóvel rural livre de queimadas de vegetação e palhada
	Normatizações e Risco	Vazio Sanitário cumprido
		Calendário de semeadura respeitado
		Outorga do direito de uso da água e licenciamento ambiental obtidos
Adequação do Sistema de Produção	Práticas Agrícolas Obrigatórias	Sistema Plantio Direto corretamente adotado
		Boas práticas de coinoculação adotadas
		Adubação e correção do solo de acordo com análises e recomendações técnicas
		Agrotóxicos tecnicamente prescritos
	Práticas Agrícolas Complementares	Valor mínimo do índice de Adoção de Práticas Agrícolas Sustentáveis (IAPAS) atingindo
	Melhoria do Balanço de Carbono	Intensidade das Emissões de GEE (IEGEE) do sistema de produção candidato inferior à linha de base (referência)
		Compensação das emissões relativas à Mudança de Uso da Terra

Fonte: DEBIASI et al., 2023.

Figura 2. Sistemas Produtivos Sustentáveis e Responsáveis: uma proposta



Fonte: Elaboração Própria

O Sistema de Plantio Direto como Prática Sustentável para a Soja, Milho, Algodão e Cana-de-Açúcar

O objetivo central deste trabalho é fornecer proposições factíveis para um sistema produtivo mais sustentável. O foco dessa sessão é argumentar em prol da implementação do Sistema de Plantio Direto (SDP), considerada a principal estratégia de conservação e manejo do solo para o desenvolvimento da agricultura moderna (EMBRAPA, 2022)

A implementação do Sistema de Plantio Direto (SPD) é defendida por algumas instituições, como a Embrapa (EMBRAPA, 2022; DEBIASI et al., 2023; EMBRAPA Milho e Sorgo, 2015; SANTOS JR et al, 2015). Essa técnica constitui-se como fator fundamental para a adequação do sistema de produção para que o imóvel receba o selo SBC, no tocante à produção de soja (DEBIASI et al., 2023). A ideia aqui é reforçar o seu uso para todas as culturas, apresentando justificativas plausíveis.

O Sistema de Plantio Direto (SPD) consiste em uma técnica conservacionista que contribui, de forma mais eficiente, para alcançar os padrões de economicidade, equidade social e preservação ambiental, permitindo que a agricultura brasileira se aproxime mais da sustentabilidade. Além disso, é a melhor opção para o desenvolvimento da agricultura moderna, sendo capaz de potencializar a cadeia produtiva agrícola, entrelaçada com a preservação ambiental (FEBRAPDP, 2005; FEBRAPDP, 2024). O SPD é utilizado em solo brasileiro desde 1970 e conta com sistemas adaptados às diferentes regiões do país, sob níveis tecnológicos variados (EMBRAPA Milho e Sorgo, 2015).

A técnica é caracterizada, essencialmente, pelo não revolvimento do solo, pela cobertura permanente do solo e rotação de culturas (SILVA et al, 2005). Em outras palavras, o SPD é efetuado sem as etapas de preparo do solo convencional, concomitante à constante cobertura do solo por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. A cobertura permite a proteção do solo da precipitação, do escoamento superficial e das erosões possíveis (EMBRAPA Milho e Sorgo, 2015).

Em síntese, são múltiplos os benefícios de adotar o Sistema de Plantio Direto. Dentre eles, tem-se: redução no custo de produção; melhoria nas condições de fertilidade do solo, via aumento da matéria orgânica morta e viva; melhor condicionamento físico do solo, promovendo a melhoria da estruturação de agregados do solo; diversificação do sistema produtivo; aumento da ciclagem e reciclagem de nutrientes; melhora da umidade do solo, gerando maior resiliência e estabilidade do solo; possibilidade do uso de leguminosas em sistemas de sucessão e/ou rotação de culturas, gerando benefícios a partir da fixação de nitrogênio e economia do mineral; menor infestação de plantas daninhas e economia com herbicidas (PASSOS et al, 2018).

A adoção do Sistema Plantio Direto não gera somente benefícios ao sistema de produção em si. A utilização do SPD exige do agricultor e técnicos uma nova postura em relação à atividade agrícola e gestão de sua propriedade rural, visto que é necessário a atualização constante da técnica e deve-se planejar bem sua implementação. Visto que uma das premissas da técnica é o não revolvimento do solo, a utilização de técnicas e equipamentos, visando o aumento da eficiência, e o planejamento para implementação são essenciais (PASSOS et al, 2018).

Iniciando pela cana-de-açúcar, Santos Junior et al. (2015) aponta para o interesse do setor sucroalcooleiro na adoção do Sistema de Plantio Direto no Cerrado brasileiro. Os autores discorrem sobre experimentos realizados pela Embrapa Cerrados, em Goiatuba (GO) e em Goianésia (GO). Em ambos os contextos, foi verificado que a produtividade da cana-de-açúcar no SPD é ao menos igual quando comparadas com o preparo convencional. No entanto, a prática agrícola, pela ausência do preparo do solo, reduz o tempo na renovação do canavial e, por consequência, os custos de produção, permitindo maior rotação das culturas, impactando positivamente na cana cultivada em sucessão.

No tocante ao algodão, Lamas (2011) aponta que se deve dar prioridade ao SDP, visto que envolve todas as boas práticas conservacionistas, enquanto o sistema convencional de manejo de solo com revolvimento por grades, arados e escarificadores apresenta sinais claros de falta de sustentabilidade, visto que necessitam de uma quantidade maior de agrotóxicos e fertilizantes para sua manutenção. Dessa forma, o SPD permite melhorias dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, culminando na redução de custos de produção, dado uma redução na utilização de fertilizantes, fungicidas e inseticidas. Contudo, aponta que não existe uma receita pronta para ser utilizada em qualquer situação: há necessidade de estudos técnicos tangentes às condições locais, do clima e das espécies envolvidas.

Ainda no sistema do algodoeiro, Lamas (2011) constatou que a produtividade do algodão no SPD foi maior que a produtividade obtida no sistema convencional. Além disso, a boa prática agrícola contribui para a redução da emissão de CO₂, indicando, mais uma vez, um caminho para a sustentabilidade nas práticas agrícolas.

Por último, a cultura do milho também é capaz de se adaptar ao Sistema de Plantio Direto (SILVA et al, 2005). Cruz et al. (2011) aponta que a adoção do Sistema de Plantio Direto no milho promove maior controle da erosão, permite a manutenção da qualidade do solo, a promoção da economia de energia, a ampliação do período de variabilidade de plantio, e redução dos custos fixos.

Como destacado anteriormente, a tipologia patronal domina as variáveis produtivas do Cerrado. Entretanto, o Sistema de Plantio Direto pode ser utilizado, também, pela agricultura familiar. Oliveira et al. (2009) analisa o efeito da introdução do SPD no cultivo de milho sequeiro pelos agricultores familiares em Unaí (MG), no

Cerrado. O Sistema foi testado junto aos agricultores e mostrou-se promissor para viabilizar, de forma técnica e econômica, a produção de milho nos assentamentos. Dessa forma, a introdução do SPD permitiu a eliminação da dependência do maquinário para preparar o solo, reduziu as horas dedicadas ao controle de plantas daninhas e aumento da produtividade, que permitiu a valorização de fatores que até então eram escassos, como terra e mão de obra.

Portanto, recomenda-se fortemente o uso do Sistema de Plantio Direto na produção de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar. A possibilidade de adaptação à diferentes solos e contextos, aliado à economicidade, equidade social e preservação ambiental pode promover a sustentabilidade dos produtos supracitados, edificando o papel do produtor rural perante o meio ambiente.

Práticas Comuns para a Soja, Milho, Algodão e Cana-de-Açúcar

Este tópico apresenta um conjunto de diretrizes que buscam acentuar um papel responsável do produtor agrícola perante à sociedade e ao meio ambiente. Nessa lógica, os produtores de soja, milho, cana-de-açúcar e algodão devem seguir proposições que respeitem o meio ambiente e os trabalhadores rurais.

Adequação do imóvel rural: uma produção de commodities com direitos e deveres

A primeira proposição estabelece que o imóvel rural seja adequado ao sistema produtivo, legitimando-o perante a sociedade e os mercados. Nesse sentido, propõe-se que o imóvel rural seja legalizado e obedeça às questões trabalhistas; que o imóvel não faça queimadas de forma deliberada; que o imóvel faça uma gestão sustentável no controle de pragas e doenças nas lavouras, reduzindo, sistematicamente, o uso de defensivos agrícolas. Os subtópicos a seguir discutem sobre cada proposição.

Legalização e Questões trabalhistas: garantir a legalização e responsabilidade social do agricultor

A primeira diretriz visa motivar a legalização de imóveis rurais e a responsabilidade social do agricultor. A regularização do imóvel rural é primordial para garantir respaldos jurídicos ao agricultor, tornando-o apto à financiamentos públicos,

enquanto o cumprimento das leis ambientais e trabalhistas assegura uma produção agrícola sustentável e socialmente responsável.

Para que seja cumprido essa diretriz, o produtor rural deverá se ater à quatro pontos. O primeiro deles refere-se à exigência de o imóvel rural estar legalizado e registrado no Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR). O segundo tem forte conotação sustentável: exige-se que o imóvel rural não tenha cometido crimes ambientais⁴. Em sequência, o terceiro ponto está relacionado com a responsabilidade social do agricultor, a partir da exigência de que o proprietário não tenha condenação por trabalho infantil ou análogo à escravidão. O quarto e último ponto aponta para a necessidade do imóvel rural apresentar o registro no CAR (Cadastro Ambiental Rural) ativo. O CAR é um registro que reúne informações ambientais das propriedades rurais, constituindo-se como a principal base de dados para monitoramento do desmatamento no Brasil. Assim, o registro de imóveis pode ajudar na formulação de políticas públicas e políticas de combate ao desmatamento.

Exigir a legalização dos imóveis rurais e o cumprimento de leis trabalhistas e ambientais é factível para todos os sistemas produtivos analisados neste trabalho. Em primeiro lugar, sabe-se que um dos grandes impactos da produção de commodities é a degradação dos recursos naturais. A legislação brasileira, apesar de apresentar leis em prol da proteção do meio ambiente e sua sustentabilidade, apresenta limitações e fragilidades que acabam sendo aproveitadas por alguns produtores, causando danos nocivos ao meio ambiente (RODRIGUES e SILVA, 2021). Assim, exigir a adequação socioambiental do imóvel e que ele não cometa crimes ambientais é uma forma de assegurar o cumprimento da legislação, promovendo um modo produtivo mais sustentável.

Em segundo lugar, a legitimação da produção rural perante à sociedade é de suma importância. Apesar da ilegalidade do trabalho escravo, no Cerrado, com o avanço do agronegócio, a escravidão contemporânea ainda se mostra presente (COSANDEY, 2024; COSANDEY e SOARES, 2016). Desse modo, exigir que produtores assegurem

⁴ Sejam eles: crimes contra a fauna, flora, poluição e outros; crimes contra o ordenamento urbano e patrimônio cultural e crimes contra a administração ambiental.

adequadas condições de trabalho aos seus funcionários é uma forma de firmar um papel social da produção de commodities.

A inclusão de outras questões sociais está aberta, desde que sua auditoria seja factível, passível de monitoramento e fiscalização. Nesse sentido, pode-se incluir como critério, por exemplo, que o proprietário do imóvel não tenha denúncias de assédio moral ou sexual a colaboradores e/ou membros da comunidade.

Uma produção sustentável livre de queimadas deliberadas

Na esteira da adequação do imóvel rural, apresenta-se um incentivo voltado para a sustentabilidade produtiva, a partir da eliminação de queimadas deliberadas, a principal fonte de emissões gases de efeito estufa na agricultura. Dessa forma, exige-se que o imóvel rural seja livre de queimadas de vegetação e palhada, de qualquer natureza. De acordo com dados do Mapbiomas (2024), a área queimada no Brasil de janeiro a novembro de 2024 foi quase duas vezes maior do que o mesmo período de 2023, totalizando 29,7 milhões de hectares queimados.

Nesse contexto, o Cerrado foi segundo bioma mais afetado pelas queimadas, registrando 9,6 milhões de hectares, sendo 85% em áreas de vegetação nativa (MAPBIOMAS, 2024). De acordo com os dados no INPE, houve um aumento de 50 mil casos de queimadas em 2024, quando comparado com 2023. Somente o Cerrado registou um aumento de 31% das queimadas. O Mato Grosso, o principal expoente do bioma em termos produtivos, lidera a lista com mais focos de incêndio do país. A prática de queimadas no bioma Cerrado é frequentemente vista, sendo amplamente utilizada para preparo do terreno (LEMOS, 2024). Portanto, entende-se que uma das contrapartidas dos produtores deve ser a busca pela eliminação de queimadas deliberadas, em prol de uma cadeia produtiva mais sustentável, que pode ser observada em todos os produtos objetos desse trabalho.

Ainda nessa perspectiva, tem-se como exemplo de mudança tecnológica no sentido de promover sustentabilidade, a redução do uso do fogo no sistema de produção da cana-de-açúcar. Apesar da indústria da cana brasileira ter um papel fundamental na sustentabilidade na produção de energia, na medida que fornece o etanol como substituto da gasolina, destaca-se problemas de ordem ambiental concomitantes à expansão do setor, como as queimadas. A utilização do fogo anterior à colheita consiste em uma

prática agrícola milenar, sendo bastante utilizada nos países produtores de cana-de-açúcar e são justificadas pelo aumento do rendimento do corte e eliminação de impurezas. No entanto, essa prática emite uma grande quantidade de gases na atmosfera, além de reduzir a biodiversidade animal e vegetal (RONQUIM, 2010).

Em 2002, foi aprovada a Lei Estadual nº11.241 que dispõe sobre a eliminação gradativa do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar em São Paulo, o maior produtor de cana-de-açúcar do país. A Lei estabelece um cronograma para eliminação da queima, com início em 2002 e prazo final em 2021 para áreas mecanizáveis e 2031 para áreas não mecanizáveis (ALESP, 2002). Para acelerar o processo, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo e a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA) assinaram um protocolo em 2007, cuja intenção era eliminar gradativamente a queima em áreas mecanizadas até 2014, e até 2017 em áreas mecanizáveis. O protocolo estabeleceu que até 2010, 70% da cana-de-açúcar deveria ser colhida sem a prática da queima e áreas de expansão agrícola, a partir da safra 2008/2009, poderiam ser colhidas apenas sem o uso do fogo (RONQUIM, 2010).

No contexto atual, a queima da palha da cana-de-açúcar deve ser realizada de acordo com a lei estabelecida e com a autorização e orientação do órgão ambiental responsável no estado de São Paulo. Além disso, a resolução SEMIL N° 055 apresenta procedimentos relativos à suspensão da queima da palha da cana, como a estipulação de horários específicos para queimada e obediência à umidade relativa do ar para realização da prática.

Os frutos da legislação e do compromisso dos produtores são vistos na atualidade. A mudança no processo de colheita da cana-de-açúcar, com a redução de queimadas e adoção de máquinas e equipamentos, foi a principal responsável pela redução de 72,8% nas emissões de gases de efeito estufa do setor de 2016, em relação à 2010 (GOVERNO DO BRASIL, 2022). Todo esse arcabouço contribuiu, de forma significativa, para a melhora do sistema produtivo da cana-de-açúcar. A suspensão deliberada da queima proporcionou reduções na emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para uma produção mais sustentável. A adoção de máquinas e equipamentos, para realizar o trabalho anteriormente feito pelo fogo, aumentou a produtividade do agricultor, inserindo-o em um sistema mais tecnológico e sustentável. Por último, mas não menos

importante, a redução do fogo teve um impacto na saúde dos trabalhadores rurais e da população em torno dos canaviais.

Normatizações e Riscos: uma gestão sustentável

O último critério para que o produtor tenha um imóvel rural adequado propõe medidas normativas e de gestão de risco para mitigar perdas causadas por estresses bióticos (como pragas e doenças) e abióticos (como seca, variações de temperatura e excesso de chuva). Para isso, são elencados três aspectos necessários. O primeiro deles refere-se ao vazio sanitário cumprido, que estipula o período em que não se deve manter plantas de determinada cultura vivas em uma área específica, com objetivo de reduzir a população de fungos e doenças.

No sistema produtivo da soja, a observação do vazio sanitário tem como principal objetivo a mitigação da praga de ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (DEBIASI et al, 2023), que é a principal doença que ocorre nessa cultura, causando grande impacto na produtividade. Para o milho, pode-se pensar na *Spodoptera frugiperda* (EMBRAPA, 2011); para cana-de-açúcar, a *Diatraea saccharalis* (EMBRAPA, 2024); e algodão, o *Anthonomus grandis*, (EMBRAPA, 2013).

O segundo critério propõe a observação do calendário de semeadura de cada cultura, proposto pelo programa de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). O ZARC é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura brasileira, com objetivo de diminuir riscos tangentes aos fenômenos climáticos adversos, permitindo que cada município identifique a melhor época de plantio das culturas, em diferentes tipos de solo e ciclos (MAPA, 2023).

Os primeiros estudos do ZARC foram feitos na década de 1990, contemplando as culturas do trigo e da soja. Desde então, foram incorporadas mais de 40 culturas com zoneamentos. O Zoneamento atua como ferramenta de gestão de riscos utilizada pelos bancos e agentes financeiros no que tange à concessão de crédito e seguridade rural. Assim, produtores que buscam financiamento ou seguridade, como Proagro e PSR⁵, devem seguir as orientações indicadas pelo ZARC. Em linhas gerais, as orientações

⁵ PSR é o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural e Proagro é o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária.

indicam a utilização de sementes específicas para cada região e semeadura dentro da janela de tempo indicada (EVANGELISTA et al, 2022).

A relação entre o ZARC e a seguridade agrícola é de extrema importância para os produtores rurais e vale o destaque. O seguro rural consiste em uma ferramenta que pode ser utilizada para proteção dos agricultores contra perdas decorrentes de eventos climáticos, como a seca e excesso de chuva. Por exemplo, nos últimos anos, com a intensificação dos fenômenos La Niña e El Niño, houve um aumento dos prejuízos dos agricultores rurais do Centro-Oeste em função de eventos climáticos adversos. Agricultores que tinham seguridade agrícola receberam indenizações, enquanto aqueles que não tinham, tiveram perdas significativas (PEREIRA e STUSSI, 2022; MERLADETE, 2024).

Uma das essências do ZARC é a minimização dos riscos climáticos associados aos fenômenos diversos. Ao indicar a melhor época para o plantio, o ZARC oferece uma abordagem factível para lidar com as incertezas climáticas (MERLADETE, 2024). Nesse sentido, obedecer a indicação do ZARC para plantio consiste em um dos critérios de elegibilidade para programas governamentais, seguros agrícolas – tanto público, quanto privado – e acesso ao crédito rural.

O Proagro e PSR se destacam no meio das políticas públicas voltadas para atenuar os riscos na agropecuária. O primeiro exonera os beneficiários do cumprimento de obrigações financeiras em operações de crédito rural e indeniza produtores pelos recursos próprios utilizados nas despesas em casos de perdas decorrentes de eventos climáticos. O PSR concede subvenção econômica ao prêmio do seguro rural, reduzindo o custo das apólices para os produtores (PEREIRA e STUSSI, 2022).

O acesso ao ZARC pode ser feito pelo site oficial do Ministério da Agricultura e Pecuária. No portal, é possível ver mapas interativos, tabelas e relatórios detalhados sobre o melhor tempo de semeadura e práticas de plantio (MIYAUCHI, 2024). Para facilitar o acesso às informações do ZARC, em 2019, a Embrapa lançou um aplicativo do ZARC, disponível de forma gratuita para os sistemas operacionais Android e iOS, que pretende auxiliar os produtores agrícolas com dados oficiais do Zoneamento, com uma interface de fácil compreensão. O aplicativo permite o usuário receber indicações das diferentes taxas de riscos (20%, 30%, e 40%) de perdas agrícolas por eventos climáticos adversos,

atrelados às respectivas épocas de plantio, para 43 culturas e todos os municípios do país (EMBRAPA, 2019).

Assim, os benefícios do ZARC são múltiplos: redução de perdas de safra, a partir da definição da melhor época de plantio; aumento da eficiência produtiva, a partir das orientações sobre manejo; sustentabilidade, a partir das orientações do melhor uso dos recursos naturais propostos pelo Zoneamento; e acesso ao crédito rural. Além disso, tem-se a economia gerada aos programas de segundo agrícola. Segundo Minitti e Oliveira (2021), o Zarc garantiu uma economia de R\$ 10 bilhões em 2020 e R\$ 8,6 bilhões em 2021 aos cofres públicos, ao diminuir o número dos seguros agrícolas. Assim, indica-se que o produtor rural siga o calendário definido pelo ZARC e suas orientações.

E, por último, tem-se a busca por uma irrigação feita com responsabilidade e eficiência. Como salientado acima, o conflito distributivo em torno da água é um fenômeno presente no Cerrado brasileiro. Por um lado, tem-se a necessidade de abastecimento humano e uma distribuição desigual do recurso hídrico no espaço geográfico. Por outro lado, tem o aumento da produtividade de commodities, que são geralmente exportadas, com a irrigação que, em muitos casos, é feita de forma ilegal.

Nesse sentido, é necessário um planejamento público eficiente que harmonize o uso entre os dois lados da moeda. A legislação brasileira instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), pautada nos seguintes fundamentos: a) a água é um bem de domínio público; b) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; c) em situações de escassez, o consumo humano e dessedentação de animais é prioritário; d) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; e) a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e para atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; f) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (RODRIGUES, 2024).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) possui alguns instrumentos, como a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo uso de recursos hídricos (RODRIGUES, 2024). A outorga consiste em um instrumento legal que garante ao usuário o efetivo direito de acesso à água, assegurando controles quantitativos e qualitativos dos usos de recursos hídricos (IGAM, 2024). A cobrança pelo uso dos recursos hídricos busca induzir o usuário a uma postura de racionalidade em relação ao

consumo do bem, incentivando o racionamento de água mediante indicação de seu valor econômico (BARBOSA, 2015).

Nesse sentido, recomenda-se fortemente que estabelecimentos agrícolas possuam outorga do direito de uso da água e licenciamento ambiental regularizado, assim como sistemas de irrigação adequados aos sistemas de produtivos, com o objetivo de reduzir desperdícios de água. A Política Nacional de Recursos Hídricos, a partir de seus instrumentos legais, deve combater fortemente poços aquíferos irregulares e garantir que água seja utilizada de forma racional, evitando a superexploração e assegurando o uso sustentável.

Adequação do sistema de produção: uma produção de commodities mais sustentável

O segundo conjunto de proposições refere-se à adequação do sistema de produção, que precisa atender à crescente demanda de alimentos e garantir a sustentabilidade da produção. Para que esse conjunto seja alcançado, tem-se três critérios, que serão listados a seguir.

Melhorias no balanço de carbono: produção aliada à redução da emissão de gases de efeito estufa

Dentre os critérios propostos para um sistema de produção mais sustentável, tem-se a melhoria do balanço de carbono de todos os produtos analisados, mensurada por dois pontos: redução das emissões na produção e redução das emissões relacionadas ao uso da terra. A ideia principal desse critério é reduzir as emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto produzida. Como mencionado anteriormente, o Cerrado brasileiro apresenta um crescimento no que tange aos focos de queimadas no Brasil, causando um aumento nas emissões de gases de efeito estufa.

O Programa SBC utilizou uma ferramenta para calcular as emissões de GEE associadas à soja e inferir sobre um limite tolerável de emissão. A proposição desenhada nesse trabalho parte de uma lógica similar, ao utilizar este mesmo cálculo, com a diferença de expandi-lo para todas as culturas já citadas. Este cálculo busca reduzir

queimadas e exigir que a intensidade de emissão seja inferior à linha de referência calculada. A metodologia proposta pelo Programa SBC é apresentada no Anexo.

Outro exemplo interessante é a ferramenta de cálculo da intensidade de carbono dos biocombustíveis, chamada RenovaCalc, construída pela Embrapa em parceria com outras instituições e utilizada pela ANP. Em linhas gerais, a calculadora foi desenhada dentro da política pública RenovaBio, que tem como objetivo a promover a expansão dos biocombustíveis no Brasil a partir de modelos de produção mais sustentáveis, estimulando a redução de emissões de gases de efeito estufa. Para sustentar o Programa, uma metodologia baseada na Avaliação de Ciclo de Vida foi construída, para calcular a intensidade de carbono dos biocombustíveis (MATSUURA, et al 2018).

Dentro do escopo da RenovaCalc, tem-se a produção do etanol de cana-de-açúcar, etanol do milho, biodiesel, dentre outros. Para cada produto, dados do ciclo de vida de processos de background são incorporados aos parâmetros da produção agrícola e industrial. Com os dados em mãos, pode-se estimar as emissões de GEE de cada processo e calcular a intensidade do carbono do biocombustível (MATSUURA, et al 2018).

Como é um instrumento de política pública, o Governo pode distinguir produtores que invistam na melhoria do desempenho dos seus processos, por exemplo diferenciando produtores que mitiguem a redução das emissões de GEE (MATSUURA, et al 2018). Esse é um exemplo interessante que mostra que o Governo, junto de diversas instituições, como a Embrapa, possui metodologias eficientes que diferenciam produtores que buscam uma cadeia produtiva mais sustentável,

No que tange às mudanças no uso da terra, propõe-se o equilíbrio entre a possibilidade de desmatamento legal e redução de gases de efeito estufa. A ideia da diretriz é que emissões decorrentes da mudança do uso de terra⁶ para a produção de lavoura temporária precisam ser estimadas e consideradas. Porém, entende-se que as novas tecnologias existentes permitem maior produtividade e avanço agrícola sem a necessidade do desmatamento legal. Diferentemente do proposto pelo Programa SBC, recomenda-se a instituição do desmatamento zero nas propriedades agrícolas do Cerrado.

⁶ Mudança do uso da terra de vegetação natural, pastagem plantada, lavoura permanente, cana de açúcar e silvicultura para lavoura temporária.

A mudança do uso da terra é um ponto importante no Cerrado Brasileiro e está diretamente relacionado com a agricultura, visto que 96% do desmatamento registrado no Brasil em 2023 pode ser atribuído às atividades de agricultura e pecuária. Entre 1985 e 2023, foram desmatados 38 milhões de hectares no Cerrado, representando uma área maior do que o estado de Goiás (IPAM, 2024). O avanço no desmatamento é consoante com a redução da vegetação nativa. No mesmo período, foi observado uma diminuição de 27% na vegetação original do bioma, que na atualidade possui cerca de 50% da área alterada por atividade humana, sendo a pastagem e a agricultura as atividades com maior uso no bioma, com aumentos de 62% e 529%, respectivamente (IPAM, 2024).

De acordo com o Mapbiomas (2024), 26 milhões de hectares no Cerrado são ocupados pela agricultura, sendo 75% destinados ao cultivo da soja. Enquanto observa-se uma tendência de diminuição das áreas de pastagens, o avanço da agricultura foi significativo no bioma, não apenas pela intensificação em áreas já consolidadas, como pela expansão em novas áreas. A mudança no uso da terra, capturada pela expansão da agricultura em novas áreas, é vista, principalmente, no Matopiba, que representou 72% dos hectares perdidos de vegetação nativa nos últimos seis anos. Não obstante, essa região tem sido o principal foco de desmatamento, onde todos os estados têm pelo menos um município com mais de 30% de perda de vegetação nativa.

“O Matopiba tem se consolidado como uma das maiores e mais rápidas frentes de desmatamento do planeta. É uma região sensível e fundamental para a segurança hídrica e climática por abrigar os maiores remanescentes contínuos de vegetação savânica e campestre do país. Parte dessa vegetação está protegida em unidades de conservação e territórios comunitários, mas a maioria se concentra em áreas privadas, tornando-a vulnerável ao desmatamento.” (IPAM, 2024)

Portanto, tem-se que o Cerrado é marcado profundamente por mudanças no uso da terra e que agricultura é um dos motores desse fenômeno. O Relatório Anual de Desmatamento (RAD) do Mapbiomas revelou que 1,1% do total de imóveis registrados no CAR praticou desmatamento no Brasil. Contudo, essa pequena quantidade foi responsável por 83% da área desmatada. Ou seja, grandes proprietários rurais estão realizando mudanças no uso da terra e, muitas das vezes, de forma ilegal (LACLIMA, 2021).

Atualmente, a Legislação Brasileira permite o desmatamento legal, desde que o produtor rural tenha uma autorização para supressão da vegetação nativa da área que deseja realizar a mudança do solo. Dentre os aspectos principais da política, tem-se que as propriedades rurais devem manter uma porcentagem de sua área com cobertura de vegetação nativa, chamada Reserva Legal e as Áreas de Preservação Permanente (APP) devem ser conservadas.

O avanço tecnológico e a expansão da fronteira agrícola que o Cerrado já experimenta permite um alto nível de produtividade para os produtos supracitados. Nesse sentido, recomenda-se a mudança na Legislação ao implementar o marco de desmatamento zero. Algumas ideias estão sendo pensadas nesse sentido. Em 2024, o Governo oficializou um programa para fortalecer os municípios no combate ao desmatamento no bioma Amazônia. As diretrizes do Programa almejam chegar até 2030 com 0% de desmatamento na Amazônia (BRASIL, 2024). A *baseline* do Programa, com o mesmo objetivo de zerar o desmatamento, pode ser estendido ao Cerrado Brasileiro, que também é assolado por esse problema.

Práticas Agrícolas Obrigatórias: um foco na sustentabilidade

Ainda no escopo de adaptação do sistema produtivo, propõe-se que o produtor rural siga, de forma atenta, algumas práticas agrícolas sustentáveis, que reduzem a emissão de GEE e não causem contaminações do solo e água. Dentro desse arcabouço, tem-se dois pontos principais. O primeiro refere-se à adoção de boas práticas de coinoculação. Estudos demonstram que a combinação das bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* no sistema produtivo da soja aumenta a produtividade, diminui a emissão de carbono para a atmosfera e reduz o uso de fertilizantes nitrogenados (DEBIASI et al, 2023).

A coinoculação de sementes de soja com bactérias capazes de realizar fixação biológica de nitrogênio consiste em um processo importante na produção de soja no Brasil. Por meio deste, tem-se a disponibilização de nitrogênio atmosférico, absorvido pelas plantas, resultando em grandes benefícios para o produtor e para o meio ambiente, sendo um dos pilares da sustentabilidade. A prática reduz os custos de produção, visto

que reduz a utilização de fertilizantes e que estes são, em sua maioria, importados⁷, aumentando a competitividade no mercado externo com menor impacto ambiental (GALLO et al, 2023; PRANDO et al, 2022).

Apesar dos benefícios comprovados, alguns agricultores ainda não utilizam essa prática no sistema produtivo, (GALLO et al, 2023). A prática é fortemente recomendada para as leguminosas (GALLO et al, 2023), que inclui a soja. Mas, algumas pesquisas apontam para resultados interessantes em outras culturas. Silva (2022) realizou um experimento de inoculação e co inoculação para avaliar respostas na cultura do milho. Dentre os resultados encontrados, observou-se que a inoculação de algumas bactérias, incluindo a *Azospirillum brasilense*, promoveu o maior crescimento das plantas e proporcionou maior produtividade. No mesmo sentido, Marchioro (2023) aponta que a co inoculação de bactérias, como *Azospirillum brasilense*- AbV5/AbV6 e *Bacillus spp*- 31S3, 20S3, 4P3 e 1S3, podem promover a produtividade do milho.

De modo similar, Reis et al (2009) analisou a inoculação de bactérias diazotróficas no plantio de cana-de-açúcar. Dentre os resultados encontrados, observou-se a promoção do crescimento e da produtividade em comparação com o grupo de controle. Ainda para a cana-de-açúcar, Silva et al (2009) avaliou a inoculação de misturas de estirpes de bactérias diazotróficas e pelos polímeros carboximetilcelulose e amido sobre a fixação de nitrogênio. Os autores encontraram a promoção do aumento médio da produtividade com a prática. No que tange ao algodão, Araújo (2008) avaliou o efeito de *Bacillus subtilis* no crescimento de algumas plantas, incluindo o algodoeiro. Os resultados apontam que a inoculação promoveu aumento da disponibilização de nutrientes na planta.

As realizações da co inoculação e inoculação nos sistemas produtivos agrícolas fazem parte da estratégia dos bioinsumos no Brasil. É considerado um bioinsumo um produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, utilizado na produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de floretas plantas. O bioinsumo pode interferir positivamente no crescimento, desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, plantas, de microrganismos e outras substâncias (BRASIL, 2020).

⁷ De acordo com os dados da ANDA, cerca de 45.825.987 toneladas de fertilizantes (que inclui nitrogênio) foram entregues ao consumidor em 2023. Nesse mesmo ano, cerca de 39.439.343 toneladas de fertilizantes foram importadas. Ou seja, cerca de 86% dos fertilizantes consumidos foram importados em 2023.

Diante das variadas possibilidades do bioinsumo, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento lançou o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), com objetivo de ampliar e fortalecer o uso dos bioinsumos no Brasil, promovendo um desenvolvimento agrícola sustentável e reduzir a dependência externa. Dentre as competências do Programa, tem-se a estimulação de inovações, o fomento de projetos para promoção dos bioinsumos, firmar parecerias, público ou privadas, com vistas à implementação, à divulgação e desenvolvimento das ações de utilização dos bioinsumos, promoção de boas práticas de produção e de uso dos bioinsumos.

Mas, a utilização dos bioinsumos no processo produtivo exige cautela e maior fiscalização. Estudos recentes apresentam preocupações relacionadas à saúde pública em um contexto de fabricação de bioinsumos “on farm”, ou seja, multiplicação de microrganismos na fazenda. Bocatti et al (2022) avaliou a qualidade microbiológica na inoculação de *Bradyrhizobium* spp. para soja e *Azospirillum brasilense* para milho ou co-inoculação em soja. Amostras de bioinsumos foram coletadas em diferentes estados brasileiros e uma análise laboratorial encontrou microrganismos patogênicos contaminantes. Por exemplo, o gênero *Enterococcus*, causador de infecções, meningite e outros quadros clínicos sérios, foi identificado em 60% das amostras.

Ou seja, a produção deliberada dos bioinsumos não deve ser uma prática comum. Pelo contrário, deve ser amplamente fiscalizada. Parâmetros como infraestrutura de uma biofábrica, capacitação e competência técnica dos colaboradores envolvidos, aspectos de segurança biológica, procedimentos e controles que envolvam o manuseio correto devem ser observados (XAVIER, 2023).

O último ponto refere-se à adoção técnica e racional de agrotóxicos, os principais agentes poluentes dos solos e água (FILIZOLA et al, 2002). A expansão da atividade agrícola proporcionou mudanças na forma e nos meios de produção. Uma grande mudança foi a utilização de agrotóxicos, utilizados para controle de insetos, doenças e plantas invasoras. Porém, o uso intensivo desses insumos acarreta contaminação e poluição do solo, água e ar (STEFFEN et al, 2011). Dessa forma, indica-se fortemente que os sistemas de produção adotem produtos prescritos por um profissional legalmente habilitado, focando na redução de contaminações. Assim, indica-se um indicador em prol do manejo da adubação e correlação de solo feitos a partir de recomendações técnicas, no que tange à quantidade, posicionamento e frequência. O sistema de produção deve ser

conduzido em uma área devidamente caracterizada por análise química no solo nas camadas 0-20 e 20-40 cm, com amostragem georreferenciada para o mapeamento dessa área, com uma frequência mínima de uma vez a cada três anos.

Práticas Agrícolas Complementares: um indicador de melhoria contínua

Além das práticas agrícolas obrigatórias, tem-se práticas agrícolas complementares, que podem contribuir para a sustentabilidade da produção agrícola: manejo integrado de pragas, manejo integrado de doenças, manejo integrado de plantas daninhas, outras práticas conservacionistas de manejo do solo e do sistema (complementares ao Sistema de Plantio Direto), utilização de sementes de alta qualidade, integração lavoura-pecuária-floresta e adoção de ferramentas digitais e o georreferenciadas para manejo (DEBIASI et al, 2023).

Para mensurar a atuação dos produtores rurais, pode-se pensar em um indicador de melhoria contínua. A Embrapa está trabalhando em uma proposta de indicador para avaliar o nível de adoção de práticas sustentáveis nas propriedades rurais, o Índice de Adoção de Práticas Agrícolas Sustentáveis (IAPAS), um indicador baseado em práticas sustentáveis, que varia de 0 a 1. A metodologia ainda está em construção, e a perspectiva é que ele seja testado e validado, inicialmente, no âmbito do Programa SBC. Uma vez validado para as propriedades produtoras de soja, é possível que ele seja aplicado para a avaliação dos demais estabelecimentos agrícolas do Cerrado, em especial para aqueles nos quais são produzidas as culturas consideradas nesse trabalho.

4. Considerações Finais

É unanimidade que o Cerrado é um expoente dentro da agricultura brasileira, principalmente na produção de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar. Diversos benefícios são gerados a partir da produção, dentre eles a geração de emprego, renda e inserção do país e da região no mercado internacional. É justo que uma atividade tão valorosa quanto a produção de commodities agrícolas seja acompanhada pela responsabilidade do agricultor, seja com o meio ambiente ou com o meio social.

Nessa perspectiva, este estudo preocupou-se em observar o comportamento rural de dentro da porteira. A primeira parte apresentou uma caracterização do produtor rural

do Cerrado no que tange as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo e uso da água. O supracitado bioma representa mais de 50% das áreas que realiza as práticas agrícolas analisadas, revelando, mais uma vez, a importância da região no contexto agrícola. Com os resultados, é possível identificar que grande parte das técnicas utilizadas são advindas da agricultura patronal e que são concentradas nas regiões do Centro-Oeste. Esse resultado abre espaço para discutir políticas agrícolas que incentivem a prática de técnicas de manejo e conservação do solo no meio familiar e sua disseminação para o restante do Cerrado.

Outro ponto importante é a utilização da água para irrigação. Sabe-se que técnicas de irrigação geram aumentos na produtividade agrícola e maior eficiência. Não obstante, o Cerrado representa um número significativo na irrigação total. Mas, direcionar água para a produção de commodities pode gerar conflitos distributivos da água. Nesse sentido, políticas públicas devem ser pensadas em como mitigar os conflitos pelo uso da água, atendendo as necessidades humanas e gerando eficiência agrícola.

Para direcionar políticas públicas pertinentes no contexto agrícola do Cerrado, a segunda parte apresentou um conjunto de proposições, que podem ser indicadas aos produtores rurais e visam a construção de um sistema produtivo responsável e sustentável. Proposições relacionadas às técnicas de manejo e conservação do solo, ao uso da água e o papel social do produtor rural foram elencadas neste trabalho. As proposições foram pensadas em cima de estudos agrícolas já feitos no contexto brasileiro e buscam direcionar os sistemas produtivos para um caminho mais sustentável.

O conjunto de proposições podem ser divididos em dois grandes grupos. O primeiro recomenda o uso do Sistema de Plantio Direto em prol de um sistema produtivo mais sustentável. A utilização do SPD pode refletir em diminuições nos custos de produção e melhorias nas condições de fertilidade no solo. Além disso, a técnica é defendida por instituições no meio rural, como a Embrapa, e pode ser aplicada em todos os produtos estudados.

O segundo conjunto de diretrizes aponta para proposições acerca da conduta responsável que o produtor deve ter. Com essas proposições, entende-se que o papel do produtor rural não diz respeito somente aos cuidados do sistema produtivo agrícola. Pelo contrário, entende-se que o produtor rural deve se ater ao papel responsável com a sociedade e o meio ambiente.

Nessa perspectiva, o segundo e último conjunto de diretrizes foi dividido em duas sessões. A primeira sessão foca na produção rural com direitos e deveres. Ao adequar o imóvel rural e obedecer às leis trabalhistas e ambientais, o produtor rural garante seus direitos agrícolas e produz de forma legalizada. Ao mitigar o uso do fogo nas plantações e buscar uma gestão mais sustentável, o produtor rural cumpre seu papel com o meio ambiente, produzindo de forma mais sustentável e eficiente, diminuindo os prejuízos ambientais no longo prazo.

A segunda sessão tem como foco a produção rural mais sustentável, com proposições acerca da adequação do sistema produtivo, complementando o uso do Sistema de Plantio Direto. A busca por um sistema mais sustentável, atendendo à crescente demanda e garantindo a sustentabilidade, passa pela diminuição da emissão dos gases de efeito estufa e pela utilização de práticas agrícolas sustentáveis. Além de propor um conjunto de práticas a serem adotadas pelo produtor rural, essa sessão apresenta formas de mensurar se o produtor rural está seguindo ou não o indicado.

As proposições fornecem um caminho factível para um sistema de produção agrícola mais sustentável, que combine as responsabilidades ambientais com o atendimento à crescente demanda agrícola. Esse relatório pode ser utilizado para construção de uma política pública de grande escopo, a partir da implementação do conjunto de proposições, associado a benefícios destinados aos produtores rurais, como fez o Programa Soja Baixo Carbono concedendo o selo SBC aos produtores rurais que seguissem o recomendado. Na esteira das políticas públicas, pode-se pensar em contrapartidas a partir da concessão de créditos e selos reconhecidos no mercado internacional e nacional.

Por último, entende-se que esse relatório abre mais portas para a questão agrícola no Cerrado. Foi feita uma caracterização das práticas produtivas, com informações disponibilizadas pelo IBGE e ANA. Uma pesquisa de campo, em busca dos dados de ‘dentro da porteira’, pode fornecer outros aspectos sobre os sistemas produtivos do Cerrado. O grau tecnológico da produção agrícola, com utilização de drones e aviões agrícolas, bem como a relação com as *tradings* não foram captadas pelas bases utilizadas e são importantes para propor políticas públicas para a sustentabilidade agrícola.

5. Anexos

a) Quais são as práticas agrícolas de manejo e conservação do solo?

O Censo Agropecuário (2017) apresenta 10 práticas agrícolas de manejo e conservação do solo, realizadas pelos produtores rurais do Brasil. O objetivo desse anexo consiste em apresentar o escopo destas práticas. A adoção de práticas conservacionistas no solo está amplamente relacionada com a eficiência produtiva (FORTINI et al, 2020) e sustentabilidade (IBGE, 2020). Desse modo, torna-se necessário entender quais são as práticas adotadas pelo Cerrado, para que servem e suas implicações.

A rotação de culturas consiste na alternância de diferentes culturas, de forma planejada, em um período de tempo, numa mesma área agrícola, preferencialmente com sistemas de raízes diferentes entre si, por exemplo, a plantação de gramíneas e leguminosas⁸. Em muitas regiões do Brasil, a soja é a cultura principal na rotação de culturas e recomenda-se fortemente a presença de outras espécies na rotação, na intenção de diminuir a vulnerabilidade do monocultivo e tornar o sistema mais produtivo e ambientalmente autossustentável (EMPRAPA, 2021). A rotação de culturas consiste em uma alternativa sustentável ao se opor ao uso da terra voltado para um único produto, que é acompanhada pela degradação do solo, desencadeando diversos problemas interligados com a natureza (IBGE, 2020).

O plantio em nível é uma prática de manejo e conservação do solo organizada a partir de linhas que possuem diferentes altitudes, de acordo com o terreno. É uma prática indispensável para o controle da erosão do solo e deve ser utilizada em terrenos com declive de até 3% e com pequeno comprimento de rampa. Ao realizar o plantio em nível, o aumento da rugosidade superficial decorrente dos sulcos deixados pela semeadora, em conjunto com as curvas de nível, forma barreiras para o escoamento superficial, reduzindo a erosão do solo (ZONTA et al, 2012).

O pousio ou descanso dos solos consiste na prática agrícola de prover um descanso ao solo das atividades agrícolas, cuja intenção é devolver a vitalidade do solo, a partir da reposição de nutrientes. Nessa prática, a área é mantida sem lavouras por um período de

⁸ As gramíneas referem-se ao grupo de plantas com uma única folha e muitas são essenciais para a alimentação humana e animal, por exemplo: arroz, milho, trigo. Já as leguminosas possuem duas folhas embrionárias e produzem frutos em forma de legume, por exemplo a soja, feijão e lentilha.

tempo e é capaz de fornecer a restauração física e química do solo, fortalecendo a área para a próxima produção (SANTOS, 2019).

A proteção e/ou conservação de encostas é uma prática referente à proteção florestal, cujo objetivo é conservar a estrutura natural em área de grande declividade. As encostas são superfícies inclinadas que existem em flancos de elevação, colinas ou serras, que sofrem alterações por diversos fatores. O avanço desordenado da ocupação humana sobre as encostas (FERNANDES e COELHO NETO, 1999 apud COELHO NETO, 2005) e as atividades agrícolas que ocorrem nesses espaços geram os maiores impactos negativos no ambiente (SANTOS, 2019).

A recuperação da mata ciliar é uma prática de manejo e conservação do solo voltada para recuperação da vegetação nativa ao longo dos cursos d'água e no entorno das nascentes (SANTOS, 2019). A mata ciliar, vegetação às margens dos cursos d'água, desempenha um papel fundamental na qualidade de água, estabilização dos solos, regularização dos ciclos hidrológicos e conservação da biodiversidade (NACHTIGAL et al, 2008).

A estabilização de voçorocas consiste na prática que estabiliza a erosão hídrica laminar e linear de grande porte (SANTOS, 2019). A prática desta técnica de manejo e conservação do solo torna-se imprescindível na medida que as voçorocas constituem a maior evidência de degradação do solo, que pode ser entendida como a deterioração das propriedades físicas, químicas e de volume do solo (ANDRADE et al, 2005; CORRÊA et al, 2023).

O reflorestamento para projeção é a recuperação da cobertura vegetal no entorno das nascentes. Nesse sentido, espécies são distribuídas, de acordo com sua adaptação ao solo, no entorno das nascentes, garantindo o reflorestamento (SANTOS, 2019). Esta prática consiste no primeiro passo para a conservação da água e manutenção dos lençóis subterrâneos (SENAR, 2006).

O manejo florestal consiste na administração da floresta, dentro dos limites de sustentação do ecossistema e considera a utilização de diversas espécies madeireiras. O objetivo central é a redução dos danos à floresta e dos desperdícios de maneira, bem como o aumento da eficiência das operações de extração florestal (SANTOS, 2019).

Por fim, tem-se a caracterização chamada de outras práticas de manejo e conservação do solo. Dentro desse escopo, tem-se o uso de terraços; uso de lavouras para reforma, renovação ou recuperação de pastagens; queimada; drenagem de solos; adubação verde; utilização de esterco; utilização de composto vegetal; aplicação de inoculantes; quebra-vento ou cordão; utilização de leguminosas em consórcio com as pastagens (IBGE, 2019).

- b) Intensidade das Emissões de Gases de Efeito Estufa (IEGEE) inferior à linha de base: o cálculo proposto pelo Programa Soja Baixo Carbono

Com objetivo de diminuir emissões de Gases de Efeito Estufa, o Programa SBC consolidou uma ferramenta para calcular as emissões de GEE associados à soja, permitindo identificar os principais fatores de emissão. Nesse sentido, houve a adoção e adaptação do IEGEE, que relaciona as emissões com a produtividade da cultura da soja.

O cálculo do IEGEE leva em consideração as três principais emissões: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Os gases apresentam diferentes valores de GPW (*global warming potential*) considerando um horizonte temporal de 100 anos, e são atualizados pelo IPCC. O CO_2 possui o menor valor de GPW, considerado por padrão igual a 1. O CH_4 possui GPW de 30, ou seja, 1kg de metano emitido exerce efeito de aquecimento global de até 30 vezes mais que o dióxido de carbono. Por último, o N_2O possui o maior valor, de 273.

Para uma expressão conjunta dos gases em massa, por unidade de área, o Programa a seguinte equação:

$$CO_2e = (CO_2 \cdot 1) + (CH_4 \cdot GPW_{100CH_4}) + (N_2O \cdot GPW_{100N_2O}) \quad (1)$$

Em que CO_2e são as emissões de GEE expressas em massa por unidade de área de dióxido de carbono equivalente.

O cálculo do IEGEE é dado pela equação:

$$IEGEE = \frac{PAG_{Soja}}{Prod} \quad (2)$$

Em que $IEGEE$ é a intensidade de emissões de gases de efeito estufa do sistema de produção de soja, em kg por hectare de CO_2 ; PAG_{Soja} é o potencial de aquecimento

global associado ao sistema de produção de soja, em kg por hectare de CO^2 ; e $Prod$ é a produtividade de grãos de soja.

O potencial de aquecimento global do sistema de produção de soja (PAG_{Soja}) leva em consideração as emissões de CO^2 durante o processo (E_{ins}) associadas aos insumos utilizados, as emissões de N^2O (E_{res}) associadas à decomposição dos restos culturais e as remoções de CO^2 em função da fixação de C na MOS ou na biomassa vegetal (TR). Assim, tem-se:

$$PAG_{Soja} = (E_{ins} + E_{res}) + TR \quad (3)$$

As emissões de GEE associadas aos insumos (E_{ins}) são calculadas por meio da análise de ciclo de vida (ACV). São considerados emissões que ocorrem em processos, operações e insumos utilizados nas etapas de produção da soja, excluindo o processo de armazenamento e processamento de grãos:

$$E_{ins} = E_{montante} + E_{processo} + E_{ee} \quad (4)$$

Em que $E_{montante}$ são as emissões de background, referentes aos processos de extração, processamento, transporte, armazenamento, entre outros, envolvidos na produção dos insumos em kg de CO^2 ; $E_{processo}$ são as emissões relativas ao uso dos insumos nos sistemas de produção; E_{ee} refere-se as emissões indiretas advindas da geração de energia elétrica.

A taxa anual de remoção de CO^2 via fixação da MAO ou na biomassa vegetal é calculada como:

$$TR = \frac{EC_{t2} - EC_{t1}}{t} \quad (5)$$

Em que EC_{t2} é o estoque de carbono fixado na MOS ou biomassa vegetal advinda de cultura arbórea destinada a produção de madeira para serraria, no tempo 2, em kg de CO^2 ; EC_{t1} é o mesmo de EC_{t2} no tempo 1; e t é o período de tempo entre duas avaliações ($t_2 - t_1$).

No Programa Soja Baixo Carbono, as equações de (2) a (5) são aplicadas aos sistemas de produção candidatos a receberem o selo SBC. Uma vez estimados os valores de IEGEE, calcula-se a variação conforme a equação abaixo. Valores negativos indicam que as emissões líquidas no sistema de produção são menores que no sistema típico,

demonstrando adicionalidade em termos de mitigação de GEE quando comparado ao padrão de produção típico regional ($IEGEE_T$). Assim, para que receba o selo, o $\Delta IEGEE$ deve ser negativo.

$$\Delta IEGEE = IEGEE_C - IEGEE_T \quad (6)$$

6. Referências

ANA (Agência Nacional de Águas). Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada. Brasília, ANA, 2017. 86 p.

ANA e Embrapa. Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014: Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2016, 33 p.

BEIROZ, Helio. Zonas de amortecimento de Unidades de Conservação em ambientes urbanos sob a ótica territorial: reflexões, demandas e desafios. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 35, p. 275-286, 2015.

BOCATTI, C. R. et al. Microbiological quality analysis of inoculants based on *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* produced “on farm” reveals high contamination with non-target microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, p. 267-280, 2022.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos, Diário Oficial da União, 13 mai 2020.

BRASIL. Governo oficializa programa para fortalecer municípios no combate ao desmatamento. Disponível em: <<https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/04/governo-oficializa-programa-para-fortalecer-municipios-no-combate-ao-desmatamento>>. 2024. Acesso em: 16 jan. 2025.

CONICELLI, B. et al. Groundwater governance: The illegality of exploitation and ways to minimize the problem. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aabc/a/7c6553Hqb9FsK8nz4cMZJPh/?lang=en>>. Acesso em: 16 jan. 2025.

COSANDEY, J.V.J. TRABALHO ESCRAVO CONTEMPORÂNEO NO AGRONEGÓCIO EM ÁREAS DO CERRADO BRASILEIRO ENTRE 2003-2011. 2024. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2024.

COSANDEY, J.V.J.; SOARES, F.S. POR UMA CARTOGRAFIA DOS CASOS DE TRABALHO ESCRAVO CONTEMPORÂNEO: Trabalho análogo ao de escravo no cerrado Brasileiro. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 2016. Disponível em: < <http://www.eumed.net/rev/cccss/2016/02/cartografia.html>>. Acesso em: 16 jan. 2025.

CRUZ, J. C. et al. Boas práticas agrícolas: milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2011. 45 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, 119).

CORRÊA, G. R et al. Relação solo-ambiente em área degradada por voçoroca no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 24, n. 3, 2023.

COELHO NETTO, A. L. A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no Maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva socioambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47284>. Acesso em: 16 jan. 2025.

DEBIASI, Henrique et al. **Diretrizes técnicas para certificação Soja Baixo Carbono - primeira aproximação**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 58 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 457).

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Degradação de pastagens: o que é e como evitar. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1070416/1/TC1117CartilhaPastagemV04.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2025.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/sites/5/2024/07/RESOLUCAO-SEMIL-055-2024.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2025.

EMBRAPA. Conceitos e benefícios da rotação de cultura. 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/rotacao-de-culturas/conceitos-e-beneficios-da-rotacao-de-cultura>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

EMBRAPA. Sistema Plantio Direto. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 17 jan. 2025.

EMBRAPA. Zoneamento de risco climático fez Brasil economizar R\$16,8 bilhões em 2018. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43962037/zoneamento-de-risco-climatico-fez-brasil-economizar-r-168-bilhoes-em-2018>. Acesso em: 17 jan. 2025.

EMBRAPA Milho e Sorgo. Cultivo do milho. Sistema de Produção, 9ª edição, versão eletrônica. Sete Lagoas: Embrapa, 2015.

EVANGELISTA, B. A. et al. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) da cultura da batata no Brasil. **Revista Batata Show**, nº 63, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1150295/1/rbs-63-48.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2025.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Superexploração das águas subterrâneas está comprometendo a vazão dos rios no Brasil. Agência FAPESP, São Paulo, 30 jan. 2025. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/superexploracao-das-aguas-subterraneas-esta-comprometendo-a-vazao-dos-rios-no-brasil/53878>. Acesso em: 14 fev. 2025.

FORTINI, et al. Adoção de práticas conservacionistas e eficiência da agricultura no Brasil. ANPEC, 2020. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files_I/i11-cb3fed81ce894b66f33bf5093db43499.pdf. Acesso em: 17 jan. 2025.

GOVERNO DO BRASIL. Mecanização na colheita da cana-de-açúcar provoca redução das emissões de gases de efeito estufa. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/02/mecanizacao-na-colheita-da-cana-de-acucar-provoca-reducao-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 12 fev. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Resultados Definidos, Censo Agropecuário 2017. IBGE, 2019. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture

[/WCA_2020/WCA_2020_new_doc/BRA_REP1_POR_2017.pdf](#)>.

Acesso em: 17 jan. 2025.

IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Outorga. Disponível em: <https://igam.mg.gov.br/outorga>. Acesso em: 12 fev. 2025.

IPAM. Cerrado perde vegetação nativa maior que Goiás. 2021. Disponível em: https://ipam.org.br/cerrado-perde-vegetacao-nativa-maior-que-goias/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAqrG9BhAVEiwAaPu5zmXG2Pi3chhxrGglsU7scYLu63OSX7v0e0dQLSNlprwIe4r49_tZZxoCp44QAvD_BwE. Acesso em: 12 fev. 2025.

LACLIMA. Desmatamento, agronegócio e mudanças climáticas: a busca do equilíbrio entre produtividade e preservação ambiental. 2021. Disponível em: <https://laclima.org/paperseries/desmatamento-agronegocio-e-mudancas-climaticas-a-busca-do-equilibrio-entre-productividade-e-preservacao-ambiental/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

LEMOS, Simone. Queimadas no Cerrado representam uma elevação na emissão de gases do efeito estufa. Jornal USP, 2024. Disponível em: < [MARCHIORO, E. **Inoculação de microrganismos promotores do crescimento vegetal na cultura do milho**. 2023. Dissertação \(Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais\) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2023.](https://jornal.usp.br/radio-usp/queimadas-no-cerrado-representam-uma-elevacao-na-emissao-de-gases-do-efeito-estufa/#:~:text=Queimadas%20no%20Cerrado%20representam%20uma%20eleva%C3%A7%C3%A3o%20na%20emiss%C3%A3o%20de%20gases%20do%20efeito%20estufa,-Girley%20Cunha%20diz&text=Dados%20do%20Inpe%20(Instituto%20Nacional,janeiro%20a%20agosto%20de%202024.> Acesso em: 17 jan. 2025.</p></div><div data-bbox=)

MATSUURA, M.I.S.F et al. RENOVACALC: A CALCULADORA DO PROGRAMA RENOVABIO. VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018.

MAURO, C.A.D. CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA. **Caderno Prudentino de Geografia**, nº36, p. 81-105. 2014.

FEBRAPDP. **Sistema de plantio direto na palha: a prática que diferencia a agricultura brasileira.** 2005. Disponível em: <
https://plantiodireto.org.br/uploads/download/publicacoes/Plantio_direto_ABMRA_Documento_Base_Marketing_2005.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024.

FERREIRA, R. R. M. RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS DE GRANDE PORTE. Embrapa. 2015. Disponível em: <
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1025952/1/25736.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

FERREIRA et al. Gestão e uso dos recursos hídricos e expansão do agronegócio: água para que e para quem? *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 21, n° 3. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/WX9qtPggr66t3ZwtbZYSRvy/?lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2024.

LAMAS, F. M. **Produção sustentável de algodão.** Dourados, MS: Embrapa. Agropecuária Oeste, 2011. 27 p. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, 107).

NACHTIGAL, J da C et al. Restauração de Matas Ciliares: um tributo à vida. **Embrapa.** 2008.

OLIVEIRA, M. N de et al. **Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unaí, MG (Cerrado Brasileiro).** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 51-60, jan./mar. 2009.

PEIXOTO, F.S et al. Conflitos pela água no Brasil. *Sociedade & Natureza*, v.34. 2022.

PEREIRA, L; STUSSI, M. Revelando Incentivos: Implicações do Desenho das Políticas Públicas de Seguro Rural no Brasil. Climate Policy Initiative, 2022. Disponível em: <
<https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/revelando-incentivos-implicacoes-do-desenho-das-politicas-publicas-de-seguro-rural-no-brasil/>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

REIS, V. M et al. Eficiência agronômica do inoculante de cana-de-açúcar aplicado em três ensaios conduzidos no Estado do Rio de Janeiro durante o primeiro ano de cultivo. Embrapa *Agrobiologia*, 2009. Disponível em: <
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/663945>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

RIBEIRO, H; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. ESTUDOS AVANÇADOS, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/JmV7cPdWmfssJVwdhKC6w5L/>. Acesso em: 30. jan. 2025.

RODRIGUES, R.B.A; SILVA, W.G. EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO NO CERRADO E A LEGISLAÇÃO VIGENTE. Universidade de Rio Verde, 2021. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/EXPANS%C3%83O%20DO%20AGRONEG%C3%93CIO%20NO%20CERRADO%20E%20A%20LEGISLA%C3%87%C3%83O%20VIGENTE.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

RONQUIM, C.C. Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos. Embrapa, Campinas, 2010.

SANTOS, L. F. AS PRÁTICAS AGRÍCOLAS NOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS DO SEMIÁRIDO: MUDANÇAS E PERSPECTIVAS NA BUSCA POR UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SANTOS JUNIOR, J. de D. G. dos et al. **Sistema plantio direto de cana-de-açúcar no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. (Circular Técnica, 30).

SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural). Reflorestamento, proteção de nascentes. SENAR, 2006.

SILVA, J. R. da; SILVA, A. L. da; SILVA, M. A. da. **Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira**. *Revista Ceres*, v. 52, n. 3458, p. 1-10, 2005. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3458/1356>. Acesso em: 15 dez. 2024.

SILVA, M. F et al. Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.11, p.1437-1443, nov. 2009.

SISTEMA PLANTIO DIRETO (FEBRAPDP). Página inicial. Disponível em: <https://plantiodireto.org.br/>. Acesso em: 15 dez. 2024.

STEFFEN, G. P. K. et al. CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

PELO USO DE AGROTÓXICOS. Tecno-Lógica, v. 15, n. 1, p. 15-21, 21 jan. 2011.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Estudos sobre Voçorocas: uma avaliação da produção científica brasileira (2009/2019). Sociedade & Natureza, v. 34, n. 1, p. 1-14, 2022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-65923.

UCHÔA, J.G.S.M et al. Widespread potential for streamflow leakage across Brazil. Nature Communications, 15. 2024. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54370-3>

XAVIER, V.L PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS: PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE BIOFÁBRICAS. Dissertação (Mestrado Profissional em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas), Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2022.

ZONTA, et al. Práticas de Conservação de Solo e Água. **EMBRAPA**, 2012. Disponível em:

<
https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/928493/1/CIRTEC133ta_manhografica2.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2025.