

Diretrizes técnicas para certificação Soja Baixo Carbono - primeira aproximação



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária

DOCUMENTOS 457

Diretrizes técnicas para certificação Soja Baixo Carbono - primeira aproximação

Henrique Debiasi
Marco Antonio Nogueira
Roberta Aparecida Carnevalli
Marcelo Hiroshi Hirakuri
Carina Ferreira Gomes Rufino
Alexandre Lima Nepomuceno
Autores

Embrapa Soja
Londrina, PR
2023

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981
Caixa Postal 4006
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.Embrapa.br/soja
www.Embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Adeney de Freitas Bueno

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
*Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose,
Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros
França Neto, Leandro Eugênio Cardamone
Diniz, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinatto Dall’Agnol

Bibliotecária
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2023).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

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

1. Soja. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Debiasi, Henrique. II. Nogueira, Marco
Antonio. III. Carnevalli, Roberta Aparecida. VI. Hirakuri, Marcelo Hiroshi. V. Rufino, Carina
Ferreira Gomes. VI. Nepomuceno, Alexandre Lima. VII. Série.

CDD 633.34 (21. ed.)

Autores

Henrique Debiasi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Marco Antonio Nogueira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Roberta Aparecida Carnevalli

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência Animal e Pastagem, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR

Marcelo Hiroshi Hirakuri

Cientista da computação e administrador, mestre em Ciência da Computação, Analista da Embrapa Soja, Londrina, PR

Carina Ferreira Gomes Rufino

Jornalista, mestre em Comunicação Social, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR

Alexandre Lima Nepomuceno

Engenheiro-agrônomo, PhD em Biologia Molecular e Fisiologia de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Apresentação

O Programa Soja Baixo Carbono (PSBC) é uma iniciativa que objetiva agregar valor à soja produzida em sistemas que contribuam para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, causadores do aquecimento global. O objetivo é que o Programa SBC ateste a sustentabilidade da produção de soja Brasileira, tornando tangíveis aspectos qualitativos e quantitativos do grão, produzido com tecnologias e práticas agrícolas que reduzam a intensidade de emissão de gases de efeito estufa (GEEs). O conceito está pautado na mensuração dos benefícios e na certificação das práticas de produção que comprovadamente tenham baixa emissão de GEEs. A construção metodológica é coordenada pela Embrapa Soja com participação de especialistas de várias unidades da Embrapa e de representantes do setor produtivo. O Programa Soja Baixo Carbono adota um modelo de inovação setorial e conta com a parceria de sete empresas apoiadoras: Bayer, Bunge, Cargill, Coamo, Cocamar, GDM e UPL. O escopo do PSBC prevê a comparação dos sistemas de produção típicos (culturas agrícolas utilizadas e as práticas de produção adotadas) com as áreas candidatas a receber o selo SBC, ou seja, que adotam práticas mitigadoras. O Programa SBC estima que o potencial de redução das emissões de GEEs pode ser de aproximadamente 30%, ao se adotar as tecnologias sustentáveis preconizadas pela pesquisa. Isso porque as práticas agrícolas que reduzem as emissões de GEEs são as mesmas que aumentam a produtividade e reduzem os custos, portanto, trazem ganhos ao sistema produtivo. As Diretrizes técnicas estruturam todo o processo de certificação e são base para o protocolo de certificação e lista de verificação utilizados na prática para avaliação e concessão do Selo Soja Baixo Carbono pelas certificadoras credenciadas. Trata-se de um processo construtivo e portanto em crescente evolução, assim, após a validação em campo as diretrizes técnicas serão atualizadas e a segunda aproximação publicada.

Adeney de Freitas Bueno

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Introdução.....	9
Diretriz Técnica: Adequação do Imóvel Rural	17
Critério de Elegibilidade: Legalização e Questões Trabalhistas	17
Critério de Elegibilidade: Eliminação de Queimadas Deliberadas	29
Critério de Elegibilidade: Normatizações e Risco	31
Diretriz Técnica: Adequação do Sistema de Produção	33
Critério de Elegibilidade: Práticas Agrícolas Obrigatórias	34
Critério de Elegibilidade: Práticas Agrícolas Complementares	37
Integração dos critérios de elegibilidade e indicadores de alcance na DTC Sistema de produção	49
Considerações Finais	51
Referências	51

Introdução

A soja (*Glycine max* L. Merr.) é um grão proteico e oleaginoso, cuja versatilidade de uso dos seus produtos derivados, farelo e óleo, permite transformá-la em mais de 200 produtos (Hasse, 1996; Mandarino et al., 1996). Entre seus diversos fins, destacam-se: (a) alimentação humana, atendida tanto de forma direta (produtos à base de soja na dieta alimentar) quanto indireta (por exemplo, soja como matéria prima para fabricação de ração animal); e (b) geração de energia renovável, contemplada pelos biocombustíveis (biodiesel à base de óleo de soja) (Gazzoni et al., 2021).

O farelo de soja é o mais consumido mundialmente, superando os de canola, girassol e algodão (Estados Unidos, 2023). O principal destino é a nutrição animal, por ser constituir uma fonte fundamental de proteína vegetal com alto valor biológico. Desse modo, tem sido essencial para sustentar o mercado global de carnes, que por sua vez, mantém uma demanda crescente por grãos para a fabricação de rações.

O óleo de soja é o segundo mais consumido mundialmente, à frente dos óleos de canola e girassol, sendo superado apenas pelo óleo de palma. A alimentação humana consome 78,6% desse produto (Estados Unidos, 2023), enquanto o seu uso em outros mercados destaca-se a produção de biodiesel, em países como o Brasil, onde representou 65,8% da matéria-prima usada na geração do biocombustível em 2022 (Agência..., 2023). Nesse contexto, os mercados robustos dos produtos derivados têm garantido uma demanda aquecida pela soja, mesmo diante de eventos que afetam o agronegócio mundial, como foi o caso da pandemia de COVID-19 (Figura 1).

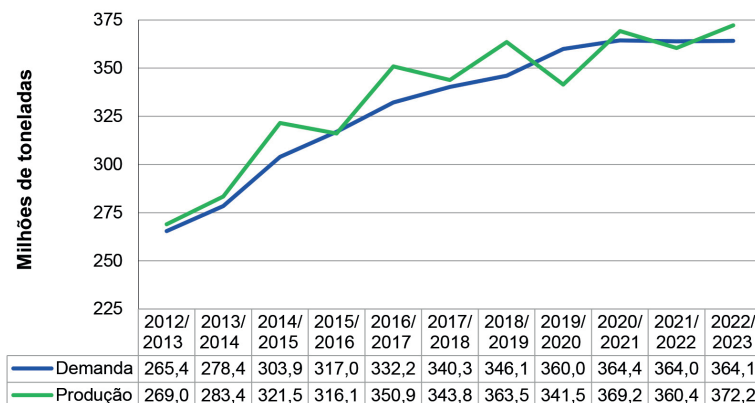


Figura 1. Evolução da demanda e produção mundial de soja (Estados Unidos, 2023).

Em meio a este cenário global, a área e a produtividade da soja no Brasil apresentaram uma taxa geométrica de crescimento (TGC) de, respectivamente, 4 e 2% ao ano, entre as safras 1976/1977 e 2022/2023, proporcionando à produção uma TGC anual de 6,1% (Conab, 2023). Estudos realizados pela Embrapa (Hirakuri et al., 2018, 2019a, 2019b, 2020) verificaram que a expansão territorial aconteceu sobretudo pela introdução da soja em áreas de pastagens degradadas ou subutilizadas e em áreas ocupadas por outras culturas, enquanto o aumento de produtividade das lavouras foi decorrente da evolução das tecnologias de produção adotadas pelos sojicultores (Seixas et al., 2020; Gazzoni et al., 2021).

Com esta evolução de área e produtividade, o Brasil superou os Estados Unidos no final da década de 2010 e se tornou o maior produtor mundial de soja (Estados Unidos, 2023), respondendo por 42% da produção na safra 2022/2023. Neste contexto, a oleaginosa se consolidou como a principal cultura do agronegócio Brasileiro, com uma cadeia produtiva sólida, que gera significativos benefícios socioeconômicos para diversas regiões do País, abrangendo desde a criação de empregos e movimentação de capital até um sólido desenvolvimento socioeconômico (Gazzoni et al., 2021).

Nas safras 2021/2022 e 2022/2023, o Brasil produziu, respectivamente, 125,5 e 154,6 milhões de toneladas de soja (Conab, 2023). Segundo o trabalho realizado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo

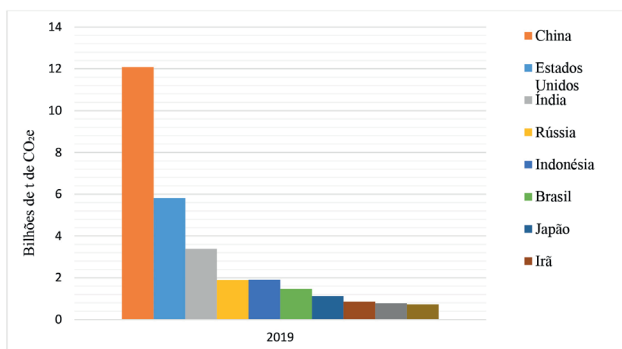
(USP, 2023), esta ampla escala produtiva propiciou à cadeia da soja e do biodiesel alcançar um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 673,7 bilhões e ser responsável por 2,05 milhões de empregos em 2022. Adicionalmente, o País se manteve como o maior exportador de soja em grãos e o segundo maior exportador dos seus produtos derivados, farelo e óleo. Em 2022, as exportações nacionais de grãos, farelo e óleo de soja alcançaram, respectivamente, USD 46,6 bilhões, USD 10,3 bilhões e USD 3,9 bilhões (Brasil, 2023a).

A evolução tecnológica na produção de grãos no Brasil tem permitido a intensificação do uso do solo, com duas ou mais safras anuais, e avanços na produtividade, que proporcionam produções em larga escala e geram um efeito poupa-terra, com destaque para culturas como soja, milho, arroz, feijão e sorgo (Telhado; Capdeville, 2021). Contudo, embora a soja seja a principal cultura agrícola do país e tenha papel vital no desenvolvimento socioeconômico de diferentes regiões, um difícil desafio deve ser vencido para a cadeia produtiva da oleaginosa se manter como vetor de desenvolvimento humano: a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) gerados nos sistemas de produção do qual faz parte (Gazzoni; Dall’Agnol, 2018).

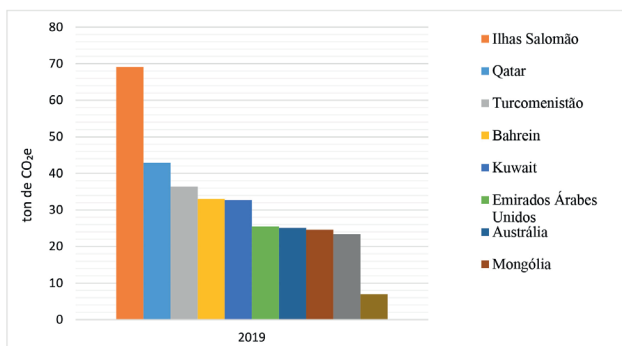
Em junho de 1988, foi proposta a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, do inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), que foi referendada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em dezembro de 1988 (Leite, 2015). O painel realiza estudos para determinar o estado do conhecimento sobre mudanças do clima, identifica onde há consenso da comunidade científica e em que áreas mais pesquisas são necessárias e estabelece normas para procedimentos de cálculos de emissões.

Nesse contexto, após décadas de pesquisas, o 6º relatório síntese sobre as mudanças climáticas 2023 (Lee et al., 2023) identificou que o aumento da temperatura global decorre sobretudo da ampliação da concentração de CO₂ na atmosfera, proveniente da queima de combustíveis fósseis, mudanças no uso da terra e atividades industriais. Os estudos estimaram que a temperatura média global no período de 2011-2020 foi 1,09°C (0,95-1,20°C) superior à observada no período de 1850-1900. Deste incremento, 1,07°C é atribuído às atividades humanas. Essa elevação de temperatura é apontada por cientistas como o principal responsável pelo derretimento das geleiras e elevação do nível do mar em algumas regiões costeiras, bem como, secas e enchentes em determinadas regiões.

Além de uma forte pressão sobre as atividades industriais, esta constatação gerou uma intensa discussão sobre a mudança do uso da terra (MUT). Embora a MUT possa estar associada a diferentes finalidades, a agricultura tem tido uma atenção especial nas discussões, como descrito em Gazzoni e Dall'Agnol (2018). A plataforma Climate Watch (2023), que abrange mais de 190 países, indica que o Brasil emitiu 1,47 bilhão de t de CO₂e em 2019 (Figura 2A), sendo responsável por 3,05% das emissões totais de GEE. Referente à emissão per capita, o País emitiu 6,95 t de CO₂e/pessoa, de tal forma que o Brasil é apenas o sexagésimo nono maior emissor (Figura 2B).



(A) Emissões absolutas de GEE pelos dez principais emissores (em bilhões de t de CO₂e)



(B) Emissões per capita de GEE pelos nove principais emissores e o Brasil (em t de CO₂e)

Figura 2. Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelos principais países emissores e pelo Brasil, medidas em gás carbônico equivalente (CO₂e).

Fonte: a partir de dados da Climate Watch (2023)

Nesse contexto, não obstante o Brasil ter uma baixa participação per capita nas emissões mundiais de GEE e uma agricultura eficiente, os autores enfatizam que o País tem sido pressionado para desenvolver sistemas produtivos mais sustentáveis do ponto de vista agroambiental e socioeconômico, que garantam a mitigação dos GEE e o desenvolvimento humano no meio rural.

A mudança do uso da terra e florestas, as atividades e os processos de obtenção de energia representam a origem da maior parte das emissões de GEE do Brasil (Figura 3). Desta forma, a agricultura tem sido a maior fonte de emissões de GEE no País, de forma direta, pela produção agropecuária, e indireta, pela mudança do uso da terra. Tal quadro indica o desafio e a oportunidade de se criar alternativas para um melhor balanço de GEE na agricultura Brasileira, que sejam adequados ao perfil dos agricultores atuais e potenciais e agreguem valor à produção agropecuária.

Diante do desafio, para dar suporte e fomentar uma agricultura mais sustentável, a Embrapa Soja criou a marca-conceito Soja Baixo Carbono (SBC), com o seguinte escopo: soja provinda de produção em sistema plantio direto (SPD) com redução da intensidade de emissão de GEE e, assim, mais eficiente e sustentável tanto no aspecto ambiental quanto econômico e social (Nepomuceno et al., 2023). A atribuição da marca conceito SBC será operacionalizada por meio de certificação voluntária, privada e independente (3ª parte), com base em protocolo composto por indicadores mensuráveis, reportáveis e verificáveis (MRV) definidos com base no melhor conhecimento científico disponível. Um aspecto importante que emerge do escopo é que a marca-conceito é atribuível a sistemas de produção de soja que atendam aos requisitos do protocolo que, por sua vez, estão atrelados fisicamente a um ou mais talhões de uma propriedade ou imóvel rural. Assim, não se trata de um processo de certificação aplicável à propriedade ou imóvel rural, mas sim ao(s) talhão (es) explorado(s) com sistemas de produção de soja certificados como “baixo carbono” conforme os critérios e premissas do protocolo estabelecido. Essa premissa indica que não é necessário que toda área do imóvel rural adote sistema de produção certificado com a marca-conceito SBC. A marca-conceito foi concebida em 2021, obtendo registro no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) em 22/02/2022, sob número 922638306 (Figura 4).

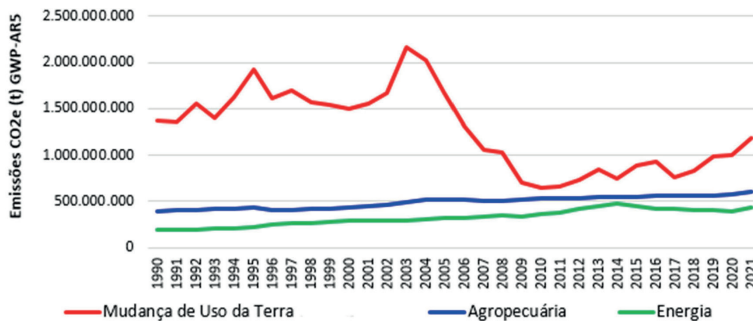


Figura 3. Emissões dos três principais setores emissores de GEE (medidas em toneladas de CO₂ equivalente).

Fonte: SEEG (2023).



Figura 4. Marca-conceito Soja Baixo Carbono em suas versões em português e inglês.

Fonte: Nepomuceno et al. (2023).

Todas as ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que visam estabelecer, validar e operacionalizar o protocolo de certificação SBC são agrupadas e coordenadas dentro do Programa Soja Baixo Carbono – PSBC. Em sua 1ª fase, o PSBC conta com o apoio financeiro de sete empresas ligadas ao agronegócio da soja e com a participação de especialistas de diferentes unidades da Embrapa. Como parte do PSBC, este documento abrange as Diretrizes Técnicas de Certificação (DTC) para obtenção do Selo da marca-conceito, onde constam as premissas para atestar a mitigação das emissões de GEE associadas ao processo de produção agrícola das áreas candidatas. Conforme preconizado pelo Código de Boas Práticas da ISEAL Alliance (*ISEAL Code of Good Practice for Setting Social and Environmental*

Standards - Standard Setting Code) (ISEAL, 2014), a estruturação das DTC foi realizada a partir de discussões com especialistas, o que contemplou três tipos de eventos:

- Oficinas técnicas com pesquisadores da Embrapa, atuantes em áreas do conhecimento, como solos, meio ambiente, fitotecnia, entomologia e fitossanidade. O propósito foi discutir possibilidades de estruturação da certificação, a partir de fatores que influenciam no balanço de GEE em sistemas de produção com soja e questões relevantes, como técnicas de cálculo de emissões de GEE e desmatamento legal (com seu impacto na MUT);
- Reuniões com *stakeholders* (partes interessadas), como Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), confederações do setor, associações de produtores, cooperativas agropecuárias, certificadoras, instituições financeiras e empresas comerciais, entre outros. O objetivo foi ter uma visão destes atores sobre oportunidades de negócios e aspectos que podem impulsionar ou restringir a adoção da certificação;
- Workshops com representantes das empresas apoiadoras do PSBC, para apresentação de resultados e captura de *feedbacks* relevantes para a construção da certificação.

Os participantes das reuniões supracitadas destacaram que a complexidade tem sido um dos principais limitadores da adoção de certificações pelos agricultores e da sua aceitação no mercado. Assim, a partir de uma análise criteriosa das informações compiladas, foi construída uma estrutura bastante direta, minimamente complexa e focada na mitigação das emissões de GEE, a qual conta com duas DTCs: (1) Adequação do Imóvel Rural; (2) Adequação do Sistema de Produção.

Cada DTC possui Critérios de Elegibilidade, que devem ser atendidos para a área candidata receber o Selo SBC. Este atendimento será mensurado por Indicadores de Alcance, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. 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 (quantidade, posicionamento, frequência)
		Agrotóxicos tecnicamente prescritos
	Práticas Agrícolas Complementares	Valor mínimo do índice de Adoção de Práticas Agrícolas Sustentáveis (IAPAS) atingido.
	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

Os Indicadores de Alcance pertencentes aos diferentes Critérios de Elegibilidade são de cumprimento obrigatório, ou seja, uma vez não atendidos, o candidato será automaticamente impedido de prosseguir no processo de obtenção do Selo SBC, até que regularize sua situação e o processo seja retomado. Ressalta-se que a Certificação SBC é dinâmica, atendendo ao processo de melhoria contínua preconizado no Código de Boas Práticas da ISEAL Alliance (ISEAL, 2014). Dessa forma, sua estrutura será periodicamente revisada e refinada, a intervalos de no máximo três anos, o que será de responsabilidade do Comitê Gestor do PSBC, ou por uma comissão por ele definida.

Diretriz Técnica: Adequação do Imóvel Rural

Embora a marca-conceito SBC seja aplicável ao sistema de produção (conduzido em uma ou mais áreas/talhões, devidamente identificadas) e não ao imóvel rural, é importante que este atenda a requisitos mínimos para viabilizar a concessão do selo, legitimando-o perante a sociedade e os mercados. Assim, a primeira DTC abrange três Critérios de Elegibilidade que devem ser integralmente atendidos pelo imóvel rural: Legalização e Questões Trabalhistas; Eliminação de Queimadas Deliberadas; Normatizações e Risco.

Critério de Elegibilidade: Legalização e Questões Trabalhistas

A conceituação de um imóvel rural não é uma questão bem definida no Brasil. De acordo com Pereira (2023), a Lei 9.393 de 19/12/1996 define imóvel rural como a área contínua, formada por uma ou mais parcelas de terra, localizada na zona rural do município. Por outro lado, a Lei 4.504, de 30/11/1964 (Estatuto da Terra), e a Lei nº 8.629, de 25/02/1993, definem imóvel rural como o prédio rústico, de área contínua qualquer que seja a sua localização, que se destine ou possa se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial, a partir de planos públicos de valorização ou de iniciativas privadas (Arruda, 2011). A Instrução Normativa 82 do INCRA tem um conceito similar, definindo imóvel rural como extensão contínua de terras com destinação (efetiva ou potencial) agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial, localizada em zona rural ou em perímetro urbano (Carmo Júnior, 2019).

As três definições têm uma visão de imóvel rural baseada em áreas contínuas. Porém, enquanto a primeira restringe o imóvel rural à zona rural do município, as outras duas eliminam tal restrição, além de enfatizarem um ponto comum: o uso do imóvel para algum tipo de exploração (agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial), efetiva ou potencial. Independentemente da sua conceituação, os imóveis rurais necessitam cadastros e registros para estarem legalizados, assim como ocorre com imóveis urbanos.

O imóvel rural legalizado é requisito crucial para dar garantia jurídica ao agricultor e torná-lo apto à aprovação de financiamentos públicos, enquan-

to o atendimento adequado a questões ambientais e trabalhistas é essencial para assegurar uma produção agrícola ambientalmente e socialmente responsável.

A legalização do imóvel rural no Brasil necessita de: (a) regularização no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), para fins de ordenamento fundiário; (b) regularização na Receita Federal do Brasil (RFB), para fins de tributação (Brasil, 2023a); (c) escritura pública lavrada; e (e) matrícula registrada/atualizada no Cartório de Registro de Imóveis.

O atendimento a questões ambientais é regido pelo Código Florestal Brasileiro (CFB), que dispõe sobre as leis ambientais do País. O instrumento pode ser complementado por regulamentos e/ou normas legais estaduais. As legislações, nacional e estaduais, focam uso, preservação e restauração de áreas de valor ambiental como, por exemplo, Área de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL), Unidade de Conservação (UC) e Área de Uso Restrito (AUR) (Vieira, 2019).

As relações trabalhistas, por sua vez, são regulamentadas por um conjunto de leis que está disposto na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). O instrumento legal abrange temas como salário mínimo, jornada de trabalho, férias, 13º salário, FGTS, entre outros (Brasil, 1943).

Nesse contexto, para combater a ilegalidade e motivar ações de legalização dos imóveis rurais, assim como incentivar a responsabilidade social do agricultor, o Critério de Legalização e Questões Trabalhistas adota quatro Indicadores de Alcance: imóvel rural legalizado; imóvel rural sem autuações e embargos ambientais; proprietário sem condenação por trabalho infantil ou análogo à escravidão; imóvel rural com CAR ativo.

Indicador de Alcance: imóvel rural legalizado

O imóvel rural também deverá estar cadastrado no Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR), administrado pelo INCRA. O cadastro é comprovado pela emissão do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR), documento que permite realizar operações de transferência, arrendamento, hipoteca, desmembramento e partilha (divórcio ou herança) e transações com instituições financeiras (Brasil, 2022a; Fritzen, 2020). Ressalta-se que, diferente-

mente do Cafir, o SNCR não restringe imóveis rurais à zona rural. Dessa forma, o imóvel rural poderá estar localizado na zona urbana, desde que tenha destinação agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial, como descrito anteriormente (Carmo Júnior, 2019). Para informações sobre quais detentores da terra devem se cadastrar e quais os procedimentos a serem realizados na declaração eletrônica, consultar INCRA (2020).

O Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) é uma base de dados estruturais, que integra informações sobre imóveis rurais, compartilhadas por diversos órgãos federais (CNA, 2021; Brasil, 2022a), cuja gestão é realizada pelo INCRA e Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil, nos termos da Lei 5.868, de 12/12/1972, e da Lei 4.504, de 30/11/1964. O CNIR faz a integração de dados dos dois cadastros obrigatórios de imóveis rurais do País: Cadastro de Imóveis Rurais (Cafir) e Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR).

O Cafir consiste no cadastro de imóveis rurais administrado pela RFB para fins da tributação do Imposto Sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), nos termos da Lei 9.393, de 19/12/1996. Este cadastro considera imóvel rural a área contínua, formada por uma ou mais parcelas de terras localizadas na zona rural do município. Caso a área do imóvel esteja localizada concomitantemente em zona urbana e zona rural, será cadastrada apenas a parcela localizada em zona rural. Cada imóvel rural cadastrado no Cafir possui uma identificação, representada atualmente pelo Cadastro Imobiliário Brasileiro (CIB)¹ (Brasil, 2022a).

Segundo a Lei 6.015 de 31/12/1973, a partir da regularização no Cafir e SNCR, deverá ser solicitada a Escritura Pública do imóvel, referente: (a) à matrícula/registro em nome do declarante, no caso de proprietário; (b) ao documento comprobatório da posse, no caso de posseiro; (c) à planta e memorial descritivo do imóvel, se este tiver sido objeto de Reforma Agrária. Após a lavratura da Escritura Pública, é necessário registrar e/ou atualizar a matrícula no Cartório de Registro de Imóveis (Fritzen, 2020; Conexão Safra, 2021). Dessa forma, para que este Indicador de Alcance seja atendido, o imóvel rural onde está situada a área candidata deverá ter Escritura Pública

¹ Anteriormente, a identificação era representada pelo Número do Imóvel na Receita Federal (NIRF).

lavrada e matrícula registrada/atualizada no Cartório de Registro de Imóveis, comprovando sua regularização junto à RFB e ao INCRA.

Indicador de Alcance: imóvel rural sem autuações e/ou embargos ambientais

A Lei 9.605 de 12/02/1998 classifica os crimes ambientais no Brasil em cinco tipos principais (Brasil, 1998): (1) crimes contra a fauna; (2) crimes contra a flora; (3) poluição e outros crimes ambientais; (4) crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural; (5) crimes contra a administração ambiental. Nesse sentido, aqueles que cometerem alguns destes tipos de crimes podem sofrer:

- Autuação com aplicação de multa;
- Embargo ambiental, cautelar ou aplicado como sanção.

O embargo ambiental é um impedimento, temporário ou definitivo, na utilização de determinada área² dentro do imóvel rural, a fim de evitar a continuidade do dano ambiental ocorrido, propiciar a regeneração do meio ambiente e dar viabilidade à recuperação da área degradada. Existem duas modalidades de embargos ambientais: (1) embargo cautelar, imposto imediatamente, visando impedir a continuidade da ação danosa ao meio ambiente; (2) embargo aplicado como sanção, que deverá ser imposto apenas após a conclusão do processo legal (Testa, 2022).

O processo administrativo que abrange o embargo ambiental é composto das seguintes fases (Cruz, 2022): (a) lavratura do auto de infração ambiental; (b) notificação do autuado; (c) audiência de conciliação (se for do interesse do notificado); (d) defesa prévia; (e) instrução; (f) julgamento de primeira instância; (g) recurso à autoridade superior; (h) julgamento.

O início do processo administrativo se dá quando agentes de fiscalização ambiental apontam irregularidades em imóveis rurais, procedendo com a lavratura de auto de infração ambiental, acompanhado de termo de embargo da área (Testa, 2022). Lavrado o referido auto, o autuado é notificado, para participar de audiência de conciliação ambiental, realizada com a finalidade

² Como relatado por Horn (2023), nem sempre a determinação da área embargada tem sido correta, o que indica a necessidade de debates futuros sobre o tema.

de esclarecer ao autuado as razões de fato e de direito que ocasionaram a lavratura do auto de infração e apresentar as soluções legais possíveis para encerrar o processo, tais como o desconto para pagamento, o parcelamento e a conversão da multa em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente (Cruz, 2022).

Caso o autuado não compareça à audiência de conciliação ou esta tenha resultado infrutífera, inicia-se a contagem do prazo de 20 dias para apresentação da defesa prévia, nos termos do Decreto nº 6.514/08 (Cruz, 2022; Farenzena, 2023). Após a apresentação da defesa prévia do autuado, ou findo o prazo de 20 dias, sem apresentação de defesa ou alegações finais, o processo administrativo será dirigido para julgamento da autoridade ambiental fiscalizadora, que irá exarar decisão julgando a infração ambiental. O *decisium* poderá anular o auto de infração ambiental, minorar, manter ou majorar o valor da multa, ou indicar e determinar as medidas a serem adotadas, respeitados os limites estabelecidos na legislação ambiental vigente, notificando o autuado da decisão (Cruz, 2022).

Conforme Decreto nº 6.514/08 e Lei 9.605/1998, a parte irresignada terá o prazo de 20 dias para interpor recurso administrativo em face da decisão proferida pela autoridade julgadora de primeira instância, o qual será encaminhado à autoridade julgadora, que poderá reconsiderar sua decisão no prazo de cinco dias, ou encaminhar à autoridade superior, que poderá confirmar, modificar, anular ou revogar, total ou parcialmente, a decisão recorrida.

Caso seja imposta multa e esgote-se a possibilidade de interposição de recursos, o infrator terá cinco dias para pagá-la, contados da data do recebimento da notificação (Cruz, 2022; Faranzena, 2022). Se houver a necessidade de reparação de dano ambiental pelo autuado, esta obrigação deve ser tutelada pela administração, que poderá ajuizar ação civil pública para sua reparação, independente da ocorrência da prescrição, tendo em vista ser a reparação do dano ambiental obrigação imprescritível (Cruz, 2022).

Considerando o contexto, para que este Indicador de Alcance seja atendido, o imóvel rural não poderá ter autuações lavradas, com débitos não quitados, e áreas embargadas, seja por um processo administrativo devidamente concluído ou de forma cautelar. Ressalta-se que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis possui uma plataforma para con-

sulta a autuações e embargos ambientais (Ibama, 2023a) e outra para consulta a Certidão Negativa de Débito (Ibama, 2023b), as quais podem ser utilizadas na auditoria de certificação. Caso houver, certidões estaduais também podem ser utilizadas nesta auditoria, assim como documentos de Secretarias Estaduais de Meio Ambiente (Sema) e institutos afins.

Indicador de Alcance: proprietário sem condenação por trabalho infantil ou análogo à escravidão

Existe um desalinhamento entre negócio rural e legislação trabalhista, pois o instrumento legal não está adequado às características da produção agropecuária, tais como: (a) sazonalidade e ciclos de produção; (b) especificidades locais e operacionais; (c) atuação e remuneração do trabalho familiar, entre outras. Dessa forma, deve-se ter o cuidado de adotar indicadores que incentivem a responsabilidade social na produção agropecuária, estejam alinhados ao perfil da agricultura Brasileira e sejam auditáveis.

Outro ponto abordado nos eventos de discussão e formulação das DTCs foi a necessidade de considerar a ampla defesa do candidato, em caso de processos. Assim, decidiu-se contemplar questões, marcadas por um processo jurídico, em que seja possível auditar a existência de condenação por crime de cunho social. Nesse contexto, a erradicação da exploração do trabalho infantil e da exposição de trabalhadores a condições análogas à escravidão foram as duas questões sociais inclusas neste Indicador de Alcance.

Conforme a Constituição Brasileira, de 1988, o trabalho infantil se refere às atividades econômicas e/ou atividades de sobrevivência, com ou sem finalidade de lucro, remuneradas ou não, realizadas por crianças ou adolescentes em idade inferior a 16 anos, ressalvada a condição de aprendiz a partir dos 14 anos, independentemente da sua condição ocupacional. Por sua vez, o trabalho realizado em condição análoga à escravidão resulta das seguintes ações, adotadas isoladamente ou em conjunto (Brasil, 2020): (a) submissão de trabalhador a trabalhos forçados; (b) submissão de trabalhador a jornada exaustiva; (c) sujeição de trabalhador a condições degradantes de trabalho; (d) restrição da locomoção do trabalhador, seja em razão de dívida contraída, seja por meio do cerceamento do uso de qualquer meio de transporte por parte do trabalhador, ou por qualquer outro meio com o fim de retê-lo no local

de trabalho; (e) vigilância ostensiva no local de trabalho por parte do empregador ou seu preposto, com o fim de retê-lo no local de trabalho; (f) posse de documentos ou objetos pessoais do trabalhador, por parte do empregador ou seu preposto, com o fim de retê-lo no local de trabalho.

Dado o cenário descrito, para que este Indicador de Alcance seja atendido, o candidato não deve estar condenado por exploração do trabalho infantil e/ou exposição do trabalhador a condições análogas à escravidão. Nesse sentido, deve atender aos artigos 403 e 636 da CLT. Enfatiza-se que o Ministério do Trabalho e Emprego mantém um cadastro de Empregadores que tenham submetido trabalhadores a condições análogas à de escravo (Brasil, 2020) e um portal para consulta de débitos trabalhistas, conforme artigos da CLT citados (Brasil, 2023b), os quais podem ser utilizados para auxiliar a auditoria de certificação.

Ressalta-se que outras questões sociais foram apontadas como relevantes nas oficinas, reuniões e workshops realizados. Contudo, sua complexidade e/ou impossibilidade de auditoria fazem com que sua adoção não seja factível ou prejudique sua aceitabilidade pelo mercado, como é o caso de assédio moral com colaboradores e membros da comunidade local. Caso novas plataformas ou sistemas tornem sua auditoria factível, estas questões sociais podem ser inclusas em versões futuras da Certificação SBC, como preconizado pelo princípio de melhoria contínua adotado no PSBC.

Indicador de Alcance: imóvel rural com CAR ativo

O código florestal Brasileira (CFB) foca as seguintes áreas de valor ambiental: Área de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL), Unidade de Conservação (UC) e Área de Uso Restrito (AUR).

A APP consiste na área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Vieira, 2019). O CFB contempla os seguintes tipos de APPs em áreas urbanas ou rurais: (a) faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, com larguras mínimas definidas

conforme o comprimento do curso d'água³; (b) áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa marginal com largura de 100 metros em zonas rurais⁴ e 30 metros em zona urbana; (c) áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (d) áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 metros; (e) encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive; (f) restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; (g) manguezais, em toda a sua extensão; (h) bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais; (i) no topo de morros, montes e montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela costa do ponto de sela mais próximo da elevação; (j) áreas com altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação; (k) em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

A RL consiste na área localizada no interior de uma imóvel rural, com função de assegurar o uso econômico sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção da fauna silvestre e da flora nativa (Vieira, 2019). Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de RL, sem prejuízo às aplicações das normas sobre as APPs, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel:

³ Para detalhe das larguras mínimas, consultar Vieira (2019).

⁴ Exceto para corpo d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal deverá ter 50 metros.

I. Localizado na Amazônia Legal (Figura 5):

a) 80%, no imóvel situado em áreas florestais. Excetuam-se dessa condição os imóveis que realizaram desmatamentos na Amazônia entre 1989 e 1996 obedecendo percentual mínimo de 50% de Reserva Legal em vigor na época, estão desobrigados de recompor suas áreas ao percentual de 80%. No caso da Amazônia Legal, em áreas de florestas, o poder público estadual, ouvido o Conselho Estadual do Meio Ambiente, poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% para fins de regularização quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado e mais de 65% do seu território ser ocupado por unidades de conservação da natureza de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas; ou quando o município tiver mais de 50% da área ocupada por unidades de conservação da natureza de domínio público e por terras indígenas homologadas.

b) 35%, no imóvel situado em áreas de cerrado;

c) 20%, no imóvel situado em áreas de campos gerais.

II. Localizado nas demais regiões do País: 20%.

Sob determinadas condições, o CFB as áreas de APP poderão compor o percentual de RL. Além disso, a exploração comercial da RL pode ser realizada mediante o cumprimento de determinados requisitos e sob um plano de manejo sustentável da área a ser aprovado por órgãos competentes. Outro aspecto importante relacionado à RL é que todas as atividades de desmatamento realizadas até a data de 22/07/2008 não são consideradas ilegais, estando, entretanto, o imóvel rural obrigado a recompor a RL caso apresente área superior a quatro módulos fiscais (MF), cujo valor é variável de acordo com a UF e o município. Quando a área do imóvel rural for inferior a quatro MF, a RL é a área constituída com vegetação nativa até a data de 22/07/2008.

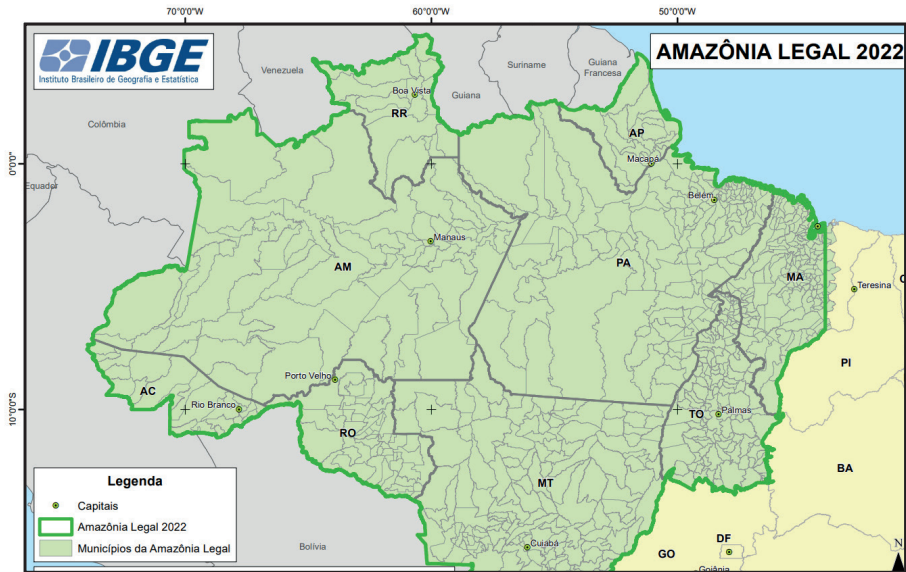


Figura 5. Localização e abrangência geográfica da Amazônia Legal, atualizadas em 2022.

Fonte: IBGE (2023).

A UC contempla o espaço territorial e seus recursos ambientais (incluindo as águas jurisdicionais), com características naturais relevantes, sendo legalmente instituída pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, ao qual se aplicam garantias de proteção, sob regime especial de administração (Vieira, 2019). Uma UC é regida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), sendo categorizada⁵ em:

1. Unidades de Proteção Integral: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre;
2. Unidades de Uso Sustentável: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

⁵ Para detalhe das categorias de UCs, consultar Vieira (2019).

A AUR abrange pantanais, planícies pantaneiras e áreas com inclinação entre 25° e 45°.

Nos pantanais e planícies pantaneiras, é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas no CFB. Por sua vez, em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social (Vieira, 2019).

O instrumento adotado para a preservação e restauração destas áreas de valor ambiental no Brasil é o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que constitui o registro público eletrônico que integra informações ambientais das propriedades e posses rurais, sendo a principal base de dados para controle, monitoramento e combate ao desmatamento no País (Brasil, 2023c). Desse modo, pode auxiliar no planejamento ambiental e econômico tanto dos produtores quanto de formuladores de políticas públicas. Conforme a legislação vigente, a regularização ambiental no Brasil possui quatro etapas:

1. Inscrição no CAR: obrigatória para todos os imóveis rurais do País, dando acesso a benefícios previstos no CFB (Lei nº 12.651/2012);
2. Acompanhamento: após a inscrição no CAR, o proprietário ou possuidor acompanhará a situação do imóvel, realizando os ajustes exigidos para ativação do CAR e conclusão de análise de passivo ambiental;
3. Regularização: após a ativação do CAR e conclusão da análise ambiental, o imóvel sem passivo estará em situação regular, enquanto o imóvel com passivo deverá aderir a um Programa de Regularização Ambiental (PRA) e formalizar um Termo de Compromisso, que oferece as seguintes alternativas: recomposição de remanescentes de vegetação em APP, AUR e/ou RL, e compensação de RL. Com a conclusão do PRA, o imóvel estará regularizado, sem passivo ambiental;

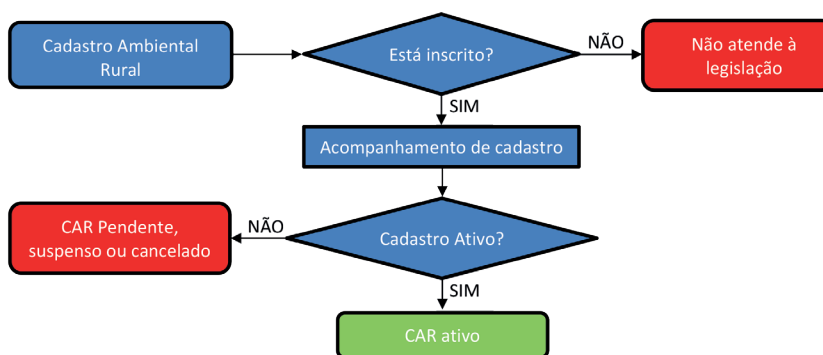
4. **Negociação:** imóveis rurais que possuam excedentes de vegetação nativa caracterizados como RL, Servidão Ambiental ou Cotas de Reserva Ambiental, estão regularizados e podem negociar seus ativos com imóveis pendentes de regularização.

Para passar da segunda para a terceira etapa de regularização ambiental, o cadastro do imóvel rural inscrito no CAR deverá estar ativo, com análise de passivo (áreas de APP, de uso restrito, de RL e de remanescentes de vegetação nativa) concluída. Abaixo, estão listadas esta e outras possíveis condições, em que pode se encontrar o cadastro do imóvel (Brasil, 2023c):

- **Ativo:** quando a inscrição foi concluída e a análise de dados está em execução, com as obrigações de atualização das informações cadastradas sendo cumpridas, ou quando a análise de dados foi concluída, atestando a regularidade das informações relacionadas às áreas de APP, de uso restrito, de RL e de remanescentes de vegetação nativa;
- **Pendente:** quando for constatada declaração incorreta ou sobreposições do imóvel rural com Terras Indígenas, Unidades de Conservação, Terras da União, áreas consideradas impeditivas, áreas embargadas, ou com outros imóveis rurais. O cadastro também será considerado pendente quando houver notificação de irregularidades relativas às APP, AUR, RL, consolidadas e de remanescentes de vegetação nativa, enquanto não forem cumpridas as diligências notificadas aos inscritos, nos prazos determinados, ou enquanto não forem cumpridas as obrigações de atualização das informações decorrentes de notificação;
- **Suspenso:** quando houver decisão judicial ou administrativa devidamente justificada do órgão competente;
- **Cancelado:** quando for constatado que as informações declaradas são totalmente ou parcialmente falsas, enganosas ou omissas; após o não cumprimento dos prazos estabelecidos nas notificações ou por decisão judicial ou decisão administrativa do órgão competente, devidamente justificada.

Considerando o contexto descrito, este Indicador de Alcance determina que o imóvel no qual está localizada a área manejada sob sistema de produção candidato ao Selo SBC deve estar com o CAR ativo, como descrito no fluxo-

grama da Figura 6. Dessa forma, o imóvel rural onde a área candidata está inclusa deve estar inscrito no CAR e o referido cadastro não poderá estar pendente, suspenso ou cancelado. Basicamente, um imóvel estará apto ao Selo SBC diante das seguintes condições: (a) CAR ativo, com imóvel sem passivo ambiental; (b) CAR ativo, com o imóvel aderindo a um PRA para



eliminar seu passivo ambiental; (c) CAR ativo, com análise de passivo ambiental em curso.

Figura 6. Fluxograma de regularização ambiental para imóvel rural em que esteja(m) inserida(s) áreas cujos sistemas de produção adotados são candidato(s) ao selo SBC.

Critério de Elegibilidade: Eliminação de Queimadas Deliberadas

As queimadas constituem fonte importante de emissões de GEE. Além disso, conforme descrito por Kumar et al. (2015), as queimadas geram impactos negativos no campo, como a redução do teor de nutrientes do solo, matéria orgânica, biodiversidade, eficiência de água e energia, produtividade dos cultivos e qualidade do ar. Os autores também destacaram que as queimadas podem agravar doenças respiratórias e cardiovasculares e a saúde de crianças e grávidas, assim como aumentar as despesas médicas dos indivíduos e afetar a sua produtividade no trabalho.

Conforme estudo conduzido por uma equipe internacional de cientistas no âmbito da Rede Amazônia Sustentável (RAS), consórcio de pesquisa coor-

denado pela Embrapa e outras instituições nacionais e internacionais (Lima, 2021), a seca extrema provocada pelo El Niño de 2015 e 2016, associada às queimadas florestais na Amazônia, causaram a morte de cerca de 2,5 bilhões de árvores e emitiram 495 milhões de toneladas de gás carbônico para a atmosfera, em uma área que representa “apenas” 1% de toda a floresta amazônica Brasileira. Isso significa que a floresta, cuja uma de suas funções vitais é fixar o carbono na biomassa das plantas, quando perturbada pelas queimadas, pode ser uma das maiores fontes de emissão de GEE do planeta.

As pesquisas supracitadas (Kumar et al., 2015; Lima, 2021) evidenciam os efeitos adversos das queimadas para o ambiente e seres vivos. Em meio a este contexto, o Critério de Eliminação de Queimadas Deliberadas objetiva mitigar emissões de GEE e garantir maior qualidade de vida aos seres vivos, a partir do seguinte Indicador de Alcance: imóvel rural livre de queimadas de vegetação e palhada.

Indicador de Alcance: imóvel rural livre de queimadas de vegetação e palhada, de qualquer natureza

A área queimada entre 1985 e 2022, no Brasil, foi de 185,7 milhões de hectares (21,8% do território nacional), o que corresponde a 16 milhões de hectares/ano (Mapbiomas, 2023). Os biomas Cerrado e Amazônia concentraram cerca de 86% da área queimada no período. No Bioma Cerrado, houve a queima de 7,9 milhões de hectares/ano, enquanto no Bioma Amazônia, a média foi de 6,8 milhões de hectares/ano. Mas quando se analisam as áreas dos biomas, a liderança é do Pantanal, que teve 51% de seu território consumido pelo fogo no período.

Estes dados indicam que as queimadas têm ampla ocorrência anual no território Brasileiro, de tal forma que ações devem ser realizadas para reduzi-las. Nesse sentido, para estarem aptos a receber o Selo SBC, os imóveis rurais devem estar livres da ocorrência de queimadas deliberadas, tanto de vegetação quanto de palhada, de qualquer natureza. Plataformas como o Programa

Queimadas (Inpe, 2023) e ferramentas geotecnológicas podem ser utilizadas para a auditoria de certificação deste quesito.

Critério de Elegibilidade: Normatizações e Risco

Os estresses bióticos e abióticos geraram uma perda de 14,8 milhões de toneladas de soja ao Brasil, entre as safras 2015/2016 e 2019/2020, o que correspondeu a R\$ 19,3 bilhões (Hirakuri, 2021), representando um grave risco à sojicultura Brasileira. Nesse sentido, o Critério de Normatizações e Risco busca maior resiliência da área certificada, a partir dos seguintes Indicadores de Alcance: Vazio Sanitário cumprido; calendário de semeadura respeitado; outorga do direito de uso da água e licenciamento ambiental obtidos.

Indicador de Alcance: Vazio Sanitário cumprido

A ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das doenças mais severas da cultura, com danos variando de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde foi relatada (Godoy et al., 2022). Devido a este potencial de prejuízos, em maio de 2021, o MAPA publicou a Portaria nº 306 instituindo o Programa Nacional de Controle da Ferrugem-asiática da Soja – *Phakopsora pachyrhizi* (PNCFS) (Brasil, 2023d). Entre as medidas para controlar o fungo causador da doença está o Vazio Sanitário, normativa atualizada por portarias anuais, que consiste no período contínuo em que não se pode manter plantas de soja vivas em uma determinada área. Esse período deve ser de, pelo menos, 90 dias sem a cultura e sem plantas voluntárias no campo.

O objetivo é reduzir a população do fungo no ambiente na entressafra e assim atrasar a ocorrência da doença na safra. Em 2023, o Vazio Sanitário abrangeu 20 estados e o Distrito Federal (Brasil, 2023d). Nesse sentido, para estar apto a receber o Selo SBC, o imóvel rural deverá atender ao período do Vazio Sanitário estabelecido para sua unidade federativa. Caso a Unidade Federativa onde está situado o imóvel rural não adote uma normatização anual para o Vazio Sanitário, o Indicador de Alcance não será aplicável, estando a área apta a receber o Selo SBC quanto a esse critério (Embrapa Soja, 2023a).

Indicador de Alcance: calendário de semeadura respeitado

Conforme foi identificado, semeaduras tardias de soja podem receber inóculo (esporos do fungo causador da ferrugem asiática da soja) já nos estádios vegetativos, exigindo a antecipação da aplicação de fungicidas e demandando maior número de aplicações (Brasil, 2022b). Quanto maior o número de aplicações, maior a exposição aos fungicidas e maior a chance de acelerar o processo de seleção de populações do fungo resistentes a esses fungicidas. Este quadro contribuiu para que populações menos sensíveis a fungicidas inibidores da desmetilação (IDM ou triazóis), inibidores de quinona externa (IQe ou “estrobilurinas”) e inibidores da succinato desidrogenase (ISDH ou “carboxamidas”) já fossem observadas no campo.

Nesse contexto, a calendarização da semeadura de soja tem sido uma medida do PNCFS, que objetiva reduzir o número de aplicações de fungicidas ao longo da safra e, com isso, reduzir a pressão de seleção de resistência do fungo aos fungicidas (Brasil, 2022b). Assim, para estar apto a receber o Selo SBC, o imóvel rural deverá atender ao calendário de semeadura da soja para sua unidade federativa, que também é definido por uma portaria anual específica. Caso a Unidade Federativa onde está situado o imóvel rural não adotar uma normatização compulsória regendo o calendário de semeadura, o Indicador de Alcance não será aplicável, estando a área apta a receber o Selo SBC quanto a esse critério.

Indicador de Alcance: outorga do direito de uso da água e licenciamento ambiental obtidos

Nas regiões afetadas pela escassez contínua de água, como o Semiárido do Brasil, grande parte dos cultivos é viabilizada apenas mediante a aplicação artificial de água. Por outro lado, em regiões afetadas por escassez em períodos específicos do ano, como a região central Brasileira, diversas culturas produzidas na entressafra da cultura principal sofrem com períodos de seca e viabilizam-se com a aplicação suplementar de água nos meses secos (ANA, 2021). Em outras regiões de importância agropecuária, como alguns locais do Rio Grande do Sul (Hirakuri et al., 2019b) e o SEALBA (Hirakuri et al., 2016; Hirakuri et al., 2018), a irrigação também é importante para mitigar riscos de estresses abióticos nos sistemas de produção adotados.

Nesse contexto, a irrigação se torna uma importante estratégia para aumentar a estabilidade produtiva dos cultivos comerciais e otimizar a cobertura do solo durante o ano agrícola (Dalmagro et al., 2022). Além disso, a irrigação viabiliza a intensificação dos sistemas de produção, proporcionando a realização de três safras em um ano agrícola, o que dilui emissões associadas à MUT e leva ao efeito poupa-terra (Gazzoni et al., 2021). Desse modo, pode gerar impactos positivos, tanto do ponto de vista financeiro quanto em relação à dinâmica do carbono no solo.

Contudo, a adoção da irrigação deve ser feita com responsabilidade, para não trazer impactos negativos ao ambiente. Nesse sentido, estarão aptos ao Selo SBC, apenas os imóveis rurais com outorga do direito de uso da água e licenciamento ambiental regularizados. A outorga autoriza e controla o uso dos recursos hídricos, determinando um prazo para este uso, enquanto o licenciamento ambiental autoriza a locação, instalação e operação das estruturas de irrigação em um empreendimento (por exemplo, imóvel rural). Para imóveis que produzam apenas em sequeiro e não possuam sistema de irrigação, este Indicador de Alcance não é aplicável, estando a área apta a receber o Selo SBC.

Diretriz Técnica: Adequação do Sistema de Produção

A demanda global por produtos agropecuários como carnes, grãos e oleaginosas, cresceu fortemente nos anos 2000, com destaque para a China e países asiáticos em desenvolvimento (Estados Unidos, 2023). A tendência de manutenção deste crescimento representa um desafio para países supridores, pois estes deverão atender a esta demanda crescente, diante dos compromissos de mitigação de GEE firmados (Agência Brasil, 2021; Brasil, 2021). Este é o caso de países como o Brasil, um dos principais supridores mundiais de produtos agropecuários (Estados Unidos, 2023).

Para que o Brasil amplie sua produção e atenda ao compromisso de mitigação de GEE, torna-se imprescindível que culturas agrícolas com significativas áreas de produção, como a soja, adotem práticas sustentáveis, que melhorem o balanço entre emissão e remoção de GEE da atmosfera. Neste

cenário, esta DTC abrange Critérios de Elegibilidade a serem atendidos pelos sistemas de produção com soja candidatos ao Selo SBC, objetivando contemplar aqueles que mitiguem as emissões de GEE, a partir dos seguintes Critérios de Elegibilidade: (2.1) Práticas Agrícolas Obrigatórias; (2.2) Práticas Agrícolas Recomendáveis; (2.3.) Melhoria do Balanço de Carbono.

Critério de Elegibilidade: Práticas Agrícolas Obrigatórias

A agropecuária é a segunda maior fonte de emissões de GEE do Brasil (Figura 3). Com o propósito de transformar este desafio em oportunidade, o Critério de Práticas Agrícolas Obrigatórias foca em tecnologias sustentáveis que tenham elevado impacto na redução das emissões líquidas de GEE nos sistemas de produção com soja. Esta constatação está calcada em pesquisas de longa duração, executadas pela Embrapa e demais organizações que realizam estudos focados na agricultura Brasileira.

Nesse contexto, este Critério de Elegibilidade torna obrigatórias as práticas sustentáveis descritas nos seguintes Indicadores de Alcance: (2.1.1) Sistema Plantio Direto (SPD) corretamente adotado; (2.1.2) Boas práticas de coinoculação adotadas; (2.1.3) Adubação e correção do solo de acordo com análises e recomendações técnicas (quantidade, posicionamento, frequência); (2.1.4) Agrotóxicos tecnicamente prescritos.

Indicador de Alcance: SPD corretamente adotado

Uma das principais práticas agrícolas relacionadas à dinâmica de GEE em sistemas de produção com soja é o SPD. Para se melhorar o balanço de GEE nos sistemas de produção com soja, o PSBC preconizada a adoção do SPD conforme suas três grandes premissas (Debiasi et al., 2020):

- Mobilização do solo restrita à linha de semeadura, permitindo apenas preparos visando a correção química e física do solo, construção, adequação ou manutenção de sistemas de conservação do solo e estradas, mediante comprovação técnica e atendimento ao disposto no documento anexo ao protocolo de certificação, que discorre sobre o tema;

- Uso de modelos de produção com maior diversidade biológica e aporte de palha e raízes em relação aos sistemas típicos regionais, com a diversificação de espécies vegetais via rotação, sucessão ou consorciação de culturas. As exigências mínimas em diversificação constam de documento anexo ao protocolo de certificação, variando conforme condições edafoclimáticas da região;
- Manutenção da cobertura permanente do solo, viva e/ou morta.

Além das três premissas supracitadas, para estar apta à concessão do Selo SBC, a área candidata deve utilizar estratégias de conservação do solo sempre que for necessário, incluindo práticas mecânicas de controle do escoamento superficial, como o terraceamento e o cultivo em nível. Os critérios agrônômicos e as exigências mínimas, em relação à necessidade de práticas mecânicas de controle do escoamento superficial serão detalhados em documento anexo ao protocolo de certificação.

Indicador de Alcance: Boas práticas de coinoculação adotadas

A coinoculação consiste no uso combinado das bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na soja. As plantas inoculadas com os dois microrganismos apresentam uma nodulação mais abundante e precoce, que resulta em aumento de produtividade da soja, entre outros benefícios (Hungria et al., 2015). Além disso, nas situações em que o balanço de nitrogênio é positivo, a formação e a manutenção da matéria orgânica são estimuladas, levando à incorporação de carbono ao solo e diminuindo seu retorno para a atmosfera. Dessa forma, a coinoculação é fundamental para a mitigação de GEE, pois gera entre os benefícios: (a) ganho de produtividade; (b) remoção de carbono da atmosfera e (c) eliminação do uso de fertilizantes nitrogenados para a produção da soja, reduzindo significativamente as emissões de óxido nitroso e demais perdas de nitrogênio. O detalhamento das boas práticas de coinoculação da soja podem ser acessados no em documento anexo ao protocolo de certificação.

Indicador de Alcance: Adubação e correção do solo de acordo com análises e recomendações técnicas (quantidade, posicionamento, frequência)

O manejo da adubação é muito importante para a redução das emissões líquidas de GEE, em virtude do seu impacto no teor de carbono orgânico total do solo (COT) (Ortas; Bykova, 2020; Dold et al., 2021, ao elevado custo energético associado à mineração, processamento e transporte dos fertilizantes e corretivos (emissões à montante) e às emissões diretas de GEE associadas aos adubos nitrogenados (N_2O) e aos corretivos de acidez – calcários (CO_2) (Matsuura et al., 2018). Dessa forma, a adoção de boas práticas de adubação se torna crucial para melhorar o balanço de GEE em sistemas de produção com soja.

Assim, para estar apto ao Selo SBC, o sistema de produção deve ser conduzido em área devidamente caracterizada por análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, com amostragem georreferenciada para o mapeamento desta área, com frequência mínima de uma vez a cada três anos. Os seguintes parâmetros mínimos devem ser determinados: COT (carbono orgânico total), pH, H+Al, CTC, teores de Al, P, K, Ca e Mg.

As exigências relativas à amostragem, o número de amostras, os métodos de determinação e os métodos de coleta são definidos em documento anexo ao protocolo. A coleta e análise devem ser realizadas de forma independente, por empresas credenciadas ao programa. Adicionalmente, é recomendável: (a) avaliação da fertilidade física do solo, utilizando métodos diretos de qualificação da estrutura do solo, como o diagnóstico rápido da estrutura do solo (Ralisch et al., 2017); (b) avaliação da fertilidade biológica do solo, utilizando a metodologia de bioanálise do solo (BioAS) (Mendes et al., 2021); (c) quantificação do balanço de nutrientes no sistema de produção, utilizando ferramentas como o AFERE (Embrapa Soja, 2023b).

Agrotóxicos tecnicamente prescritos

A adoção de um manejo cultural racional baseado em conhecimento técnico e no uso de insumos agrícolas químicos e biológicos eficientes são imprescindíveis para que cultivos comerciais obtenham elevadas produtividades, as quais são essenciais para um melhor balanço de GEE em sistemas de produ-

ção com soja. Adicionalmente, a orientação técnica adequada e produtos de qualidade podem levar ao uso racional destes insumos, o que também pode gerar uma mitigação nas emissões de GEE, sobretudo as emissões à montante. Nesse sentido, para estar apto ao Selo SBC, o sistema de produção de soja candidato deverá adotar apenas produtos prescritos por um profissional legalmente habilitado.

Critério de Elegibilidade: Práticas Agrícolas Complementares

Não obstante o uso de produtos eficientes e a adoção do SPD, da coinoculação e da adubação racional serem muito impactantes no balanço de GEE dos sistemas de produção com soja, outras práticas e tecnologias agrícolas também permitem mitigar as emissões líquidas de GEE: (a) Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC); (b) Manejo integrado de pragas (MIP), Manejo integrado de doenças (MID) e Manejo integrado de plantas daninhas (MIPD); (c) outras práticas conservacionistas de manejo do solo e do sistema, complementares ao SPD; (d) utilização de sementes de alta qualidade, (e) Integração lavoura-pecuária-floresta, (f) Adoção de ferramentas digitais e georreferenciadas para manejo sitio-específico, entre outras. São técnicas que os produtores podem usar conforme a possibilidade de suas condições locais, mas, apesar de não serem compulsórias, quanto maior e melhor for a adoção destas práticas, melhores resultados serão obtidos no cômputo das emissões evitadas e do carbono sequestrado por tonelada de grão produzida.

Para incentivar estas práticas recomendáveis e propiciar um sistema de produção com soja que mitigue as emissões de GEE, o Critério de Práticas Agrícolas Complementares adota como Indicador de Alcance Índice de Adoção de Práticas Agrícolas Sustentáveis (IAPAS) (item 2.2.1), em que o sistema de produção candidato deverá atingir valores mínimos crescentes (metas) ao longo do tempo de modo a incentivar o processo de melhoria contínua.

Valor estipulado para Índice de Adoção de Práticas Agrícolas Sustentáveis (IAPAS) atingido

O IAPAS é um indicador baseado em práticas que contribuam para a mitigação de GEE, complementares às Práticas Agrícolas Obrigatórias, descritas na seção 2.1. O IAPAS pode assumir valores entre 0 e 10 e reflete o grau de adoção de práticas recomendáveis.

Para ser elegível ao Selo SBC, o sistema de produção com soja deverá atingir valores mínimos e crescentes de IAPAS ao longo do tempo, com o objetivo de imposição de metas para garantir o processo de melhoria contínua. As práticas agrícolas complementares que fazem parte do IAPAS, assim como os valores mínimos a serem atingidos pelos sistemas de produção candidatos, constam no documento anexo ao protocolo de certificação, para atribuição do Selo SBC. Por sua vez, sua metodologia de cálculo está descrita em um documento específico, anexo às DTs.

Critério de Elegibilidade: Melhoria do Balanço de Carbono

Algumas ferramentas fornecem estimativas de emissões de GEE no Brasil, como a plataforma Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), que é segmentada por setores (Figura 3). Como observado nas estimativas da ferramenta (SEEG, 2023), a agricultura tem sido a principal responsável pelas emissões de GEE no Brasil, em decorrência: (1) da mudança de uso da terra (MUT), sobretudo a supressão de vegetação natural para implantação das atividades agropecuária; e (2) das emissões vinculadas à produção agropecuária em si.

O tratamento destas duas fontes de emissões, em conjunto com o estímulo ao uso de tecnologias que removam CO₂ atmosférico, são fundamentais para o sucesso de qualquer instrumento que objetive um melhor balanço de GEE na agricultura do Brasil. Nesse contexto, o Critério de Melhoria do Balanço de Carbono visa contribuir para a mitigação das emissões de GEE, a partir de dois Indicadores de Alcance: (2.3.1) Intensidade das Emissões de GEE (IEGEE) inferior à; (2.3.2) Emissões relativas à Mudança de Uso da Terra.

Indicador de Alcance: Intensidade das Emissões de Gases de Efeito Estufa (IEGEE) inferior à linha de base (referência)

Para implementar e validar ações mitigadoras de GEE em sistemas de produção com soja é preciso ter uma ferramenta de cálculo de emissões de GEE associadas à cultura, que permita identificar os principais fatores de emissão e remoção existentes.

Nesse contexto, o PSBC adotou e adaptou o IEGEE, Indicador de Alcance criado para relacionar as emissões líquidas de GEE (Potencial de Aquecimento Global - PAG) (Mosier et al., 2006) com a produtividade da cultura da soja (Bayer et al., 2014, 2016). O objetivo embutido na sua concepção é que o sistema de produção com soja melhore o balanço de GEE, a partir da adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

O cálculo do IEGEE leva em consideração as emissões dos três principais GEE no contexto da agropecuária: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Esses gases apresentam diferentes valores de GWP (*global warming potential*) considerando um horizonte de tempo de 100 anos (GWP100). Esses valores são constantemente atualizados pelo IPCC, sendo a versão mais recente disponibilizada junto ao 6º relatório de avaliação (Armour et al., 2021). O CO_2 é o gás com menor GWP100, considerado por padrão igual a 1. O CH_4 de origem fóssil e não fóssil apresenta, respectivamente, um GWP100 de 30 e 27, indicando que 1 kg de CH_4 emitido exerce efeito de aquecimento global de até 30 vezes maior que o CO_2 . Por sua vez, o N_2O é caracterizado por um GWP 100 de 273, o que significa que este gás implica em um potencial de aquecimento 273 vezes maior que o CO_2 . Para a expressão conjunta desses gases em massa por unidade de área (kg ha^{-1}), adota-se o cálculo do CO_2 equivalente (CO_2e) conforme a equação (1).

$$\text{CO}_2 \text{ eq.} = (\text{CO}_2 \times 1) + (\text{CH}_4 \times \text{GWP100}_{\text{CH}_4}) + (\text{N}_2\text{O} \times \text{GWP100}_{\text{N}_2\text{O}}) \quad (1)$$

Onde:

- CO_2e = emissões de GEE expressas em kg ha^{-1} de dióxido carbono equivalente;
- CO_2 = emissões de dióxido de carbono, em kg ha^{-1} ;
- CH_4 = emissões de metano fóssil ou não fóssil, em kg ha^{-1} ;

- $GWP100_{CH_4}$ = potencial de aquecimento global em um horizonte de 100 anos para o metano, conforme atualização mais recente do IPCC em vigor;
- N_2O = emissões de óxido nitroso, em $kg\ ha^{-1}$;
- $GWP100_{N_2O}$ = potencial de aquecimento global em um horizonte de 100 anos para o óxido nitroso, conforme atualização mais recente do IPCC em vigor.

Por sua vez, o cálculo do IEGEE é dado pela equação (1).

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

Onde:

- $IEGEE$ = intensidade de emissões de gases de efeito estufa do sistema de produção de soja, em $kg\ de\ CO_2\ e\ t^{-1}$ soja produzida na safra avaliada;
- PAG_{soja} = potencial de aquecimento global associado ao sistema de produção de soja, em $kg\ ha^{-1}$ de CO_2 e na safra avaliada;
- $Prod$ = produtividade de grãos de soja, em $t\ ha^{-1}$, na safra avaliada.

Os requisitos metodológicos mínimos a serem observados para estimativa da produtividade da soja constam de anexo ao protocolo de certificação. Por sua vez, o cálculo da PAG_{soja} leva em consideração as emissões de CO_2 e durante o processo de produção da cultura (insumos e restos culturais) (fonte), bem como as remoções de CO_2 em função da fixação de C (dreno) na MOS ou na biomassa vegetal, conforme a equação (3). No caso da biomassa vegetal, são consideradas apenas as remoções provenientes de espécies arbóreas lenhosas destinadas à produção de madeira para serraria, visando a elaboração de produtos duráveis, como móveis, edificações de madeira, cercas, entre outros. Biomassa vegetal proveniente de espécies herbáceas, ou mesmo de espécies lenhosas, mas utilizadas para uso como biocombustíveis, tratadas como resíduos vegetais deixados sobre o solo, ou destinada a outros produtos com meia vida curta, não são contabilizadas como remoções. Nesses casos, as emissões da decomposição ou queima da biomassa das culturas como biocombustíveis são balançadas pelas remoções provenientes do crescimento das novas culturas implantadas na mesma área, tornando o balanço dos estoques da biomassa aproximadamente estável no longo prazo.

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

Onde:

- E_{ins} = emissões de GEE (CO_2 , N_2O e CH_4) associadas aos insumos utilizados no processo de produção de soja na safra avaliada, em kg de CO_2e ha^{-1} ;
- E_{res} = emissões de N_2O associadas à decomposição dos restos culturais da soja na safra avaliada, em kg de CO_2e ha^{-1} ;
- TR = taxa de remoção de CO_2 por meio de sua fixação na MOS ou na biomassa vegetal, expressas em kg de CO_2e $ha^{-1} ano^{-1}$. As remoções, quando ocorrem, são precedidas do sinal negativo (“emissões negativas”), o que indica que esse termo é, na prática, descontado da soma dos dois anteriores.

As emissões de GEE associadas aos insumos são estimadas por meio da análise de ciclo de vida (ACV) (Matsuura et al., 2018), com a abordagem do “berço” à “porteira”. Ou seja, são consideradas as emissões que ocorrem em processos, operações e insumos utilizados nas etapas de produção da soja no campo e posterior limpeza e secagem dos grãos a 13% de umidade, excluindo-se aquelas associadas armazenamento e processamento dos grãos. As emissões associadas aos insumos são calculadas de acordo com a equação 4.

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

Onde:

- $E_{montante}$ = emissões à montante ou de “background”, referentes aos processos de mineração/extração, processamento, transporte, armazenamento, entre outros, envolvidos na produção dos insumos utilizados no sistema de produção de soja, em kg CO_2e ha^{-1} .
- $E_{processo}$ = emissões diretas provenientes do uso dos insumos no sistema de produção de soja, em kg CO_2e ha^{-1} ;
- E_{ee} = emissões indiretas provenientes da geração de energia elétrica que é comprada de terceiros.

As emissões à montante, de processo e indiretas têm correspondência com as do escopo 3, 1 e 2 dentro norma de contabilização e relato de emissões para produtos do GHG (GHG protocol, 2011).

Em termos gerais, o cálculo das emissões de acordo com equação 4 requer o inventário de todos os insumos e respectivas quantidades utilizadas por unidade de área no processo de produção da soja. As quantidades utilizadas são multiplicadas por fatores de emissão cientificamente aceitos e publicados, como os constantes de bases de dados reconhecidas internacionalmente (Ecoinvent, por exemplo) ou indicados em protocolos internacionais de inventário de emissões, como os elaborados pelo IPCC. A prioridade é dada sempre ao uso de fatores de emissão determinados para as condições Brasileiras considerando também as variações que ocorrem entre as diferentes regiões, desde que devidamente publicados e reconhecidos internacionalmente (*tiers* 2 e 3 do IPCC, por exemplo). Detalhes sobre os procedimentos de cálculo e realização dos inventários dos insumos utilizados constam de anexo ao protocolo de certificação.

Para insumos compartilhados com outras culturas componentes do mesmo sistema de produção (energia elétrica adquirida de terceiros e corretivos de acidez do solo, por exemplo), a metodologia aqui descrita prevê a utilização métodos de alocação, detalhados em material anexo ao protocolo de certificação. Procedimento semelhante deve ser adotado para as emissões associadas ao cultivo de plantas de cobertura do solo ou de “serviço”, que também deverão ser compartilhadas entre as culturas que geram renda no sistema de produção de soja.

As emissões de N_2O provenientes da decomposição dos restos culturais da soja são obtidas de maneira indireta, considerando três informações principais: (1) quantidade de resíduos da parte aérea e raízes, em $kg\ ha^{-1}$; (2) teor de N nos resíduos da parte aérea e raízes, em $g\ kg^{-1}$; e fator de emissão de N_2O (% do N liberado pelos resíduos da soja que se transforma em N_2O). As três informações são modeladas de acordo com a melhor e mais recente informação científica disponível, priorizando-se o uso dos *tiers* 2 e 3 do IPCC. Os detalhes metodológicos envolvidos na estimativa do parâmetro constam de anexo ao protocolo de certificação.

A taxa anual de remoção de CO₂ via fixação na MOS ou biomassa vegetal é calculada conforme a equação (5).

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

Onde:

- EC_{t2} = estoque de carbono fixado na MOS ou na biomassa vegetal proveniente de cultura arbórea destinada a produção de madeira para serraria, no tempo t2, em kg de CO₂e ha⁻¹;

- EC_{t1} = estoque de carbono fixado na MOS ou na biomassa vegetal na biomassa vegetal proveniente de cultura arbórea destinada a produção de madeira para serraria, no tempo t1, em kg de CO₂e ha⁻¹;

- t = período de tempo (anos) transcorrido entre as duas avaliações (t2 – t1).

Caso o sistema de produção apresente mais de uma forma de remoção, a final será a soma dos valores obtidos para cada uma delas (exemplo: MOS + biomassa). Adicionalmente, as remoções a serem creditadas à soja devem antes ser compartilhadas com as demais atividades agropecuárias comerciais desenvolvidas nas áreas SBC, por meio de métodos de alocação cientificamente válidos e aceitos internacionalmente. Os detalhes a respeito dos procedimentos de amostragem e das metodologias de cálculo e alocação da encontram-se descritos em material anexo ao protocolo de certificação. Salienta-se que as avaliações da TR devem ser repetidas em intervalos de tempo t de no máximo três anos.

As equações de (2) a (5) são aplicadas aos sistemas de produção candidatos ao selo SBC e, também, a um sistema de produção de referência que, no caso dessa certificação, refere-se ao sistema de produção de soja típico da região. No âmbito da DTC Adequação do sistema de produção (Tabela 1), o sistema de produção típico é aquele que representa o padrão de práticas agrícolas e tecnologias utilizadas no processo de produção da soja em uma determinada região, apresentando uma produtividade de grãos representativa média dessa mesma região, obtida junto a órgãos oficiais de levantamento

de safras ou por meio de modelos de predição. A subdivisão espacial mínima contempla as macrorregiões sojícolas (MRS) de acordo com a aproximação mais recente em vigor à época da certificação. Atualmente, a produção de soja no Brasil é regionalizada em 5 MRS, conforme a 3ª aproximação (Kaster; Farias, 2012). Os sistemas de produção típicos serão atualizados com frequência mínima de uma vez a cada 3 anos. A caracterização dos sistemas típicos de cada região, a ser utilizada de base na aplicação das equações (2) a (5), consta de anexo ao protocolo de certificação.

Uma vez estimados os valores de IEGEE para os sistemas de produção candidatos e típicos, calcula-se a variável $(\text{kg CO}_2\text{e t}^{-1})$ conforme a equação (6). Valores negativos de ΔIEGEE indicam que as emissões líquidas no sistema de produção candidato são menores que no sistema típico, demonstrando adicionalidade em termos de mitigação de GEE em relação ao padrão de produção em uma dada região (*business-as-usual*). A Figura 7 ilustra essa lógica, mostrando que a integração de boas práticas agrícolas vai diminuindo o IEGEE no sistema candidato em relação ao típico, gerando valores crescentes do módulo de ΔIEGEE expressando assim a adicionalidade de cada prática para a redução das emissões de GEE.

$$\Delta\text{IEGEE} = \text{IEGEE}_C - \text{IEGEE}_T \quad (6)$$

Onde:

- IEGEE_C = intensidade de emissões de gases de efeito estufa estimada para o sistema de produção candidato ao selo SBC, em $\text{kg CO}_2\text{e t}^{-1}\text{ano}^{-1}$;
- IEGEE_T = intensidade de emissões de gases de efeito estufa estimada para o sistema de produção típico regional, em $\text{kg CO}_2\text{e t}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

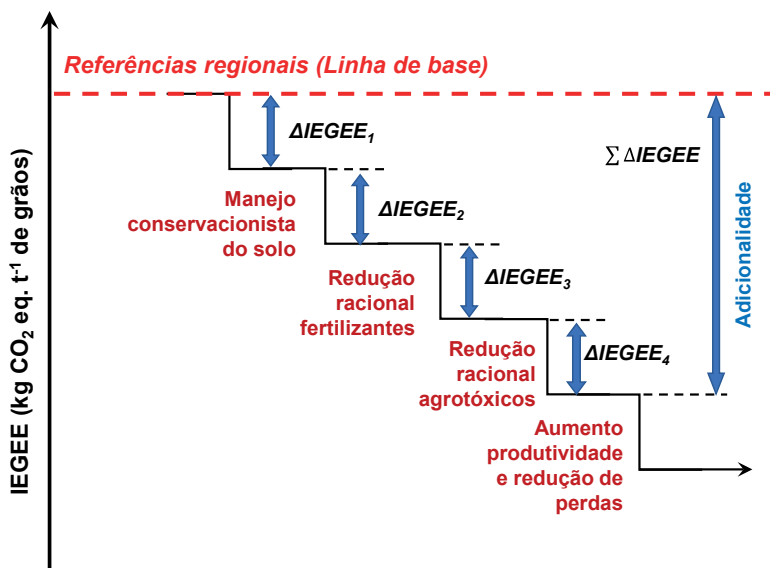


Figura 7. Esquema representado a redução da intensidade de emissão de gases de efeito estufa (IEGEE) no sistema de produção candidato em relação aos sistemas típicos regionais ($\Delta IEGEE$), em função da integração de diferentes boas práticas agrícolas.

Adaptado de Nepomuceno et al. (2023).

Os valores de $IEGEE_C$ e $IEGEE_T$ podem ser distorcidos em função de eventos climáticos extremos que impactem significativamente a produtividade de grãos, como secas, granizo, geadas, entre outros. Tal situação é contornada parcialmente pelo uso da produtividade modelizada ou média regional na estimativa do $IEGEE$ para o sistema típico mas, no caso de eventos climáticos localizados em microrregiões, o que é de ocorrência comum em todas as MRS, o $IEGEE$ e o $\Delta IEGEE$ poderão não refletir a situação real. Diante disso, embora os valores de $IEGEE$ e $\Delta IEGEE$ sejam calculados anualmente, o valor final para fins de atribuição ou não do selo (Figura 8) deve ser a média de três safras. Nesse sentido, para ser elegível ao selo, o $\Delta IEGEE$ médio deve ser negativo, mesmo que seja positivo em alguma safra em função de comprovada influência de fatores meteorológicos. Além disso, critérios para exclusão de safras específicas do cálculo dessa média são apresentados em material anexo ao protocolo de certificação.

A metodologia de cálculo acima descrita mostra que o selo SBC leva em consideração duas modalidades principais de mitigação das emissões de GEE. A

primeira, refere-se ao carbono EVITADO, associado à redução das emissões (kg CO₂e t⁻¹ de grãos) provenientes do uso racional dos insumos via boas práticas agrícolas. O segundo, refere-se ao carbono REMOVIDO, via fixação na MOS ou na biomassa vegetal arbórea destinada a madeira para serraria.

No caso específico do CO₂ removido por fixação na MOS, os estoques de COT no solo da área sob o sistema de produção candidato deverão ser maiores que os observados para o sistema típico regional, considerando as variações de fatores como o clima, altitude e textura do solo. Esse requisito visa valorizar os sistemas de produção candidatos que, por serem de longo prazo, já proporcionaram aumentos expressivos nos estoques de COT em relação aos sistemas típicos. Por estarem com estoques de COT já altos, torna-se mais difícil alcançar aumentos que reflitam em valores significativos de TR, uma vez que o acúmulo de COT no solo segue uma função exponencial, com incrementos decrescentes, conforme demonstrado no modelo unicompartmental proposto por Hénin e Dupuis (1945) e aplicado no Brasil por diversos trabalhos de pesquisa (por exemplo, Bayer et al., 2006). Os estoques de C na MOS de sistemas típicos, assim como a metodologia de cálculo e atualização, são apresentados em material anexo ao protocolo de certificação.

Indicador de Alcance: Compensação das emissões relativas à Mudança de Uso da Terra

O CFB prevê a possibilidade de desmatamento legal, desde que sejam preservadas as áreas obrigatórias de valor ambiental (APP, RL, UC e AUR) (vide seção 1.1.4). Por outro lado, como indicado na Figura 3 (seção de introdução), a Mudança do Uso da Terra e da Floresta tem sido a principal fonte de emissões de GEE no Brasil, constituindo um grande obstáculo para sua mitigação.

Para integrar tais aspectos dicotômicos, a Certificação SBC obedece ao CFB, sem impor um marco referencial compulsório para o desmatamento legal. Todavia, caso tenha ocorrido mudança de uso da terra de um determinado tipo (vegetação natural, pastagem plantada, lavoura permanente, cana de açúcar e silvicultura) para lavoura temporária, em quaisquer pontos da área candidata, nos últimos 20 anos contados a partir das datas das auditorias de certificação, as emissões (ou remoções) decorrentes desta mudança (E_{MUT})

serão estimadas e consideradas no processo de certificação SBC. O cálculo da E_{MUT} utiliza o método da diferença dos estoques medidos em dois pontos ao longo do tempo (Ongle et al., 2006, 2019). No caso da SBC, esses pontos representam o uso anterior e o uso atual, após conversão. São considerados os estoques de C presentes na biomassa da parte aérea e das raízes, na MOS e no material vegetal morto presente na superfície do solo. Esses estoques são quantificados para os usos anterior e atual da terra, sendo a diferença diluída em um período de 20 anos. Na certificação SBC, a E_{MUT} contabiliza, além das emissões ou remoções de CO_2 , também as emissões N_2O em função da mineralização de N que ocorre em paralelo com a mineralização do COT (F_{SOM}) (Klein et al., 2006; Hergoualc'h et al., 2019). Para as emissões de N_2O , são utilizados os fatores de emissão de *tier* 1 indicados nas versões mais recentes do IPCC ou, quando disponíveis, valores obtidos para as condições Brasileiras (*tiers* 2 ou 3).

$$E_{MUT} = \frac{(EC_{ant} - EC_{atual}) + [(E_{N_2O}) \times (GWP100_{N_2O})]}{T} \quad (7)$$

Onde:

- E_{MUT} = emissões ou remoções provenientes da mudança de uso da terra (kg CO_2e ha⁻¹);
- EC_{ant} = estoque de carbono (biomassa da parte aérea e raízes, solo material vegetal morto presente na superfície do solo) relativo ao uso anterior, convertido em CO_2e e expresso em kg ha⁻¹;
- EC_{atual} = estoque de carbono (biomassa da parte aérea e raízes, solo material vegetal morto presente na superfície do solo) relativo ao uso atual, convertido em CO_2e e expresso em kg ha⁻¹;
- E_{N_2O} = emissões de N_2O relacionadas à mineralização de N (F_{SOM}). No caso de ($EC_{ant} - EC_{atual}$) assumir valores negativos, indicando remoção de CO_2e , o valor de E_{N_2O} é considerado nulo;
- $GWP100_{N_2O}$ = potencial de aquecimento global em um horizonte de 100 anos para o óxido nitroso, conforme atualização mais recente do IPCC em vigor.
- T = tempo (20 anos).

Os valores de EC_{ant} são obtidos a partir de bases de dados disponíveis para diferentes municípios Brasileiros, junto a plataforma BRLUC (brluc.cnpma.embrapa.br) (Garofalo et al., 2022), correspondendo ao *tier* 2 do IPCC. Já os valores de EC_{atual} são medidos nas áreas onde os sistemas de produção candidatos ao selo SBC são conduzidos. No caso do estoque de COT do solo, os valores correspondem à 1ª avaliação realizada na área. Eventuais aumentos nos estoques de COT nas avaliações seguintes serão consideradas no cálculo do $\Delta IE GEE$, conforme equações (2) a (6).

Para ser elegível ao selo SBC, o sistema de produção candidato conduzido em área desmatada a menos de 20 anos à época das auditorias de certificação deve compensar o E_{MUT} . Essa compensação deve ser comprovada em todas as auditorias até que o período transcorrido entre o desmatamento e a avaliação seja superior a 20 anos. Uma das opções para compensação é atingir o critério da equação (8), de forma que a razão entre o E_{MUT} e a produtividade média de grãos da soja (em kg de CO₂e t⁻¹ de grãos) seja inferior à mitigação proporcionada pelas boas práticas agrícolas no sistema de produção candidato, expresso pelo módulo do $\Delta IE GEE$. Ressalta-se que essa equação é somente válida, evidentemente, se o valor de $\Delta IE GEE$ for menor que zero, conforme previsto pelo indicador de alcance 2.3.1.

$$\frac{E_{MUT}}{Prod} < |\Delta IE GEE| \quad (8)$$

Onde:

- *Prod* = produtividade média da soja na área submetida ao sistema de produção candidato, nas três safras subsequentes ao início do processo de certificação.

É importante destacar que, à semelhança do preconizado para o cálculo do $\Delta IE GEE$ (item 2.3.1), o valor final de ambos os termos da equação (8) para fins de atribuição ou não do selo deve refletir a média de três safras, visando minimizar o impacto de eventos climáticos extremos sobre a produtividade.

Uma outra possibilidade de compensação prevista na certificação SBC é modificar o uso da terra, via reflorestamento, pastagem permanente ou combinação de ambas, em parte da área referente ao sistema de produção can-

didato. O acúmulo anual de carbono no solo e/ou biomassa vegetal nessa fração de área, subtraído das emissões provenientes dos insumos utilizados na implantação, condução e manejo das culturas ali implantadas [calculadas conforme equação (4)], é somado diretamente ao valor de TR do sistema de produção [equação (5)] na área como um todo. Com esse procedimento, automaticamente, a compensação via mudança de uso da terra em parte da área se soma ao valor de $|\Delta IEGEE|$ obtido no sistema de produção de soja propriamente dito, ampliando as chances de compensação.

Decorridos 20 anos a partir da data do desmatamento, esse indicador de alcance é eliminado do processo de auditoria, pois, a partir daí, $E_{MUT} = 0$.

Informações detalhadas a respeito de todo o processo de cálculo da E_{MUT} , as opções de compensação e sua aplicação como indicador de alcance constam de material anexo ao protocolo de certificação.

O cálculo do E_{MUT} será realizado pela mesma ferramenta de cálculo construída pela Embrapa para estimar o $IEGEE$. Embora a Certificação SBC não imponha restrição ao desmatamento legal, o dossiê com informações auditadas da área candidata informará as datas de realização das conversões de uso da terra. Isso permitirá que produtores que atendam a determinados mercados com marcos referenciais de desmatamento zero possam acessá-los.

Integração dos critérios de elegibilidade e indicadores de alcance na DTC Adequação do sistema de produção

O fluxograma da Figura 7 sumariza e integra os critérios de elegibilidade e indicadores de alcance relacionadas à DTC Adequação do sistema de produção (Tabela 2). Para estar apta ao Selo SBC, a área candidata deve, além de atender aos de critérios de elegibilidade qualitativos (práticas agrícolas obrigatórias e complementares), apresentar estoques de COT superiores ao sistema de produção típico e valores negativos de $\Delta IEGEE$, comprovando que o sistema de produção com soja adotado mitigou as emissões de GEE, em relação ao sistema típico da região. Além disso, quando a última mudança de uso da terra ocorreu há um período igual ou inferior a 20 anos, a E_{MUT} deve ser compensada para o sistema de produção candidato ser elegível. Se a conversão ocorreu há mais de 20 anos, então $E_{MUT} = 0$ e o sistema de produção candidato é elegível ao selo SBC.

Caso não apresente estoques de COT no solo superiores ao do sistema típico regional, o sistema de produção candidato é redirecionando para programas de adequação ou melhoria, conforme as emissões de CO₂e evitadas (carbono evitado) sejam inferiores ou superiores a 15%. O programa de adequação é focado em planejamento e compromisso de adoção de práticas focadas na redução das emissões, envolvendo principalmente o uso racional de insumos. Quando o carbono evitado for superior 25%, seja de forma direta ou após passagem pelo programa de adequação, o sistema de produção sobe um nível e se junta ao programa de melhoria, focado principalmente no planejamento e adoção de práticas que aumentam a taxa de remoção (TR) de CO₂ via fixação na MOS, até que os estoques de COT no solo superem os observados no perfil típico. Vencida essa etapa, o sistema de produção retorna ao ponto de avaliação do Δ IEGEE. Se em uma das n auditorias o não for negativo, indicando IEGEE igual ou superior ao sistema típico, o sistema de produção certificado passará a integrar um programa de readequação das práticas agrícolas para induzir à redução das emissões e aumento das remoções, até que volte a ser negativo novamente.

Os procedimentos de cálculo, assim como detalhes dos programas de readequação e melhoria previstos, são tratados no documento anexo ao protocolo de certificação, para atribuição do Selo SBC. Por sua vez, a ferramenta de cálculo está descrita em um documento específico (anexo às DTs).

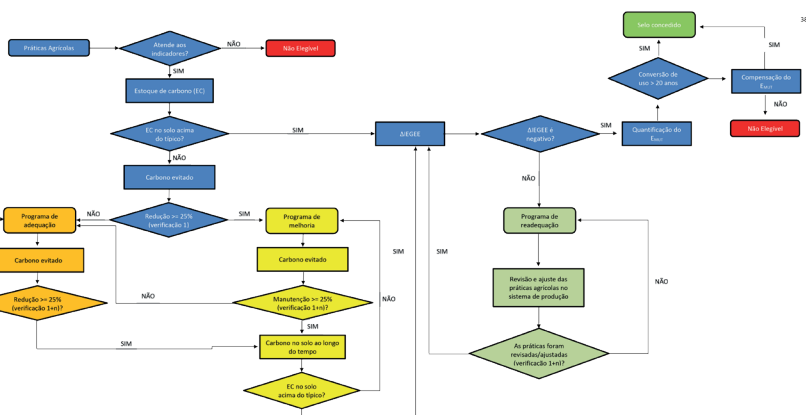


Figura 8. Fluxograma de regularização do IEGEE.

Considerações Finais

O Selo Soja Baixo Carbono é uma iniciativa da Embrapa, em parceria com a iniciativa privada, para parametrizar as emissões de GEE decorrentes do sistema de produção com soja, com base em metodologia MRV (mensurável, reportável e verificável), portanto, baseada em ciência. Sua adoção é totalmente voluntária e poderá ser utilizada por produtores, dispostos a colaborar em iniciativas verdes que podem ser qualitativa e quantitativamente comprovadas. Essa ação conquista reconhecimento de que seu produto foi oriundo de iniciativas ambientalmente sustentáveis e, conseqüentemente, abre possibilidades de compensações financeiras, sejam elas, agregando valor ao produto soja comercializado e até mesmo obtenção de juros mais baixos e prêmios mais interessantes em seguros agrícolas, iniciativas estas já operantes no mercado. Além disso, a marca Soja Baixo Carbono possui bases cientificamente sólidas e confiáveis sendo reconhecida pelos principais atores da cadeia da soja, frente às inúmeras barreiras estabelecidas pelo mercado e sociedade civil ao produtor de soja Brasileiro. Cabe novamente ressaltar que a certificação, além de voluntária, será privada e de terceira parte, ou seja, após a validação da metodologia pela Embrapa e parceiros, esta será licenciada a certificadoras operantes no mercado, as quais serão devidamente treinadas para a operacionalização do protocolo SBC.

Referências

AGÊNCIA BRASIL. Internacional. **Cúpula do Clima**: Guterres defende ação imediata dos líderes mundiais. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2021-04/cupula-do-clima-guterres-defende-acao-imediata-dos-lideres-mundiais>. Acesso em: 11 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-biodiesel>. Acesso em: 10 nov. 2023.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas da irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2021.

ARMOUR, K.; COLLINS, W.; DUFRESNE, J. L.; FRAME, D.; LUNT, D. L.; MAURITSEN, T.; PALMER, M. D.; WATANABE, M.; WILD, M.; ZHANG, H. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2021. p. 923-1054.

ARRUDA, R. M. de. Conceitos de imóvel rural: aplicação na certificação do INCRA expedida no memorial descritivo georreferenciado. **Boletim Eletrônico do IRIB**, n. 4108, 04 out. 2011.

BAYER, C.; LOVTO, T.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil & Tillage Research**, v. 91, p. 217-226, 2006.

BAYER, C.; ZSCHORNACK, T.; PEDROSO, G. M.; ROSA, C. M. da; CAMARGO, E. S.; MARCOLIN, E.; DOS REIS, C. E. S.; SANTOS, D. C. dos. A seven-year study on the effects of fall soil tillage on yield-scaled greenhouse gas emission from flood irrigated rice in a humid subtropical climate. **Soil & Tillage Research**, v. 145, p. 118-125, 2014.

BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; DIECKOW, J. Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. **Soil & Tillage Research**, v. 161, p. 86-94, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa divulga os períodos de vazio sanitário da soja para 2023**. 10 abr. 2023d. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-divulga-os-periodos-de-vazio-sanitario-da-soja-para-2023>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Portaria estabelece calendários de semeadura de soja para a safra 2022/2023**. 28 jun. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-2022/portaria-estabelece-calendarios-de-semeadura-de-soja-para-a-safra-2022-2023>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Exportação e Importação Geral**. 2023a. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Novo Módulo de Regularização Ambiental - MRA do SICAR**. 2023c. Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Combate ao Trabalho em Condições Análogas às de Escravo**. 14 out. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/areas-de-atuacao/combate-ao-trabalho-escravo-e-analogo-ao-de-escravo>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Consultar empregador**. 2023b. Disponível em: <https://eprocesso.sit.trabalho.gov.br/Certidao/Emitir>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 09 ago. 1943. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Em nova meta, Brasil irá reduzir emissões de carbono em 50% até 2030**. 01 nov. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2021/10/em-nova-meta-brasil-ira-reduzir-emissoes-de-carbono-em-50-ate-2030>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 13 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Receita Federal. **CNIR e Cafir**. 04 ago. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/cadastros/cafir/introducao>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CARMO JÚNIOR, M. A. do. **Da ressignificação do instituto do parcelamento do solo rural a partir da constitucionalização prospectiva do direito agrário: uma análise no município de Inhumas-GO de 2007 a 2017**. 2019. 156 f. Dissertação (Mestrado em Direito Agrário) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

CLIMATE WATCH. **Historical GHG Emissions**. [2023]. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=countries&calculation=ABSOLUTE_VALUE&end_year=2019®ions=TOP&start_year=1990. Acesso em: 13 nov. 2023.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Integração do SNCR e do Cafir para a formação do CNIR - Cadastro Nacional de Imóveis Rurais**. 2021. (CNA. Comunicado Técnico, 33). Disponível em: https://cnabrasil.org.br/storage/arquivos/Comunicado-Tecnico-CNA-ed-33_2021.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

CONAB. **Séries históricas de produção de grãos**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras#gr%C3%A3os-2>. Acesso em: 13 nov. 2023.

CONEXÃO SAFRA. **Um imóvel rural legalizado vale muito mais. Compreenda o porquê**. 27 abr. 2021. Disponível em: <https://conexaosafra.com/comunicacao-dos-parceiros/um-imovel-rural-legalizado-vale-muito-mais-compreenda-porque/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

CRUZ, L. N. T. da. **Termo de embargo nas propriedades rurais e consequências jurídicas e administrativas no âmbito do Direito Ambiental**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia.

DALMAGRO, H. J.; LATHUILLIÈRE, M. J.; ARRUDA, P. H. Z. de; SILVA JÚNIOR, A. A. da; SALLO, F. da S.; COUTO, E. G.; JOHNSON, M. S. Carbon exchange in rainfed and irrigated cropland in the Brazilian Cerrado. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 316, 108881, 2022. DOI: 10.1016/j.agrformet.2022.108881.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 93-118. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

DOLD, C.; WACHA, K. M.; SAUER, T. J.; HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Measured and simulated carbon dynamics in midwestern U.S. corn-soybean rotations. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 35, e2020GB006685, 2021. DOI: 10.1029/2020GB006685.

EMBRAPA SOJA. **AFERE**: avaliação da fertilidade do solo e recomendação da adubação. 2023b. Disponível em: <https://afere.cnps.embrapa.br/balanco/site/index.php>. Acesso em: 17 out. 2023.

EMBRAPA SOJA. **Vazio sanitário e calendarização da semeadura da soja**. 2023a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pt/soja/ferrugem/vaziosanitariocalendarizacaosemeadura>. Acesso em: 08 maio 2023.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Market and trade data**. 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FARENZENA, C. **Como suspender termo de embargo ambiental**. 17 jun. 2023. Disponível em: <https://advambiental.com.br/artigo/suspender-termo-de-embargo-ambiental/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

FRITZEN, R. **Registros obrigatórios do imóvel rural**. 26 fev. 2020. Disponível em: <https://agrolei.com/2020/02/26/registros-obrigatorios-do-imovel-rural/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

GAROFALO, D. F. T.; NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; MACIEL, V. G.; BRANDÃO, M.; SHIMBO, J. Z.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. Land-use change CO₂ emissions associated with agricultural products at municipal level in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 364, 132549, 2022.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja**: de 1050 a.C. a 2050 d.C. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 199 p.

GAZZONI, D. L.; HIRAKURI, M. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; CONTE, O.; NOGUEIRA, M. A.; BUENO, A. de F.; SEIXAS, C. D. S.; SILVEIRA, J. M. Liderança e recordes de produtividade de soja com base em tecnologia e sistemas intensivos de uso da terra. In: TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 113-1140.

GHG PROTOCOL. **Product life cycle accounting and reporting standard**. 2011. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; TOMEN, A.; MOCHKO, A. C. R.; DIAS, A. R.; MUHL, A.; SCHIPANSKI, C. A.; SERCILOTO, C. M.; CHAGAS, D. F.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; ARAÚJO JUNIOR, I. P.; GALDINO, J. V.; ROY, J. M. T.; BONANI, J. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; KUDLAWIEC, K.; NAVARINI, L.; BELUFI, L. M. de R.; SILVA, L. H. C. P. da; FANTIN, L. H.; SATO, L. N.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; GARBIATE, M. V.; SENGGER, M.; MÜLLER, M. A.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2021/2022**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 28 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 187).

HASSE, G. O. **O Brasil da soja abrindo fronteiras gerando cidades**. Porto Alegre: LPM, 1996.

HÉNIN, S.; DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique du sol. **Annales Agronomiques**, v. 15, p. 17-29, 1945.

HERGOUALC'H, K.; AKIYAMA, H.; BERNOUX, M.; CHRIND, N.; DEL PRADO, A.; KASIMIR, A.; MACDONALD, J. D.; ONGLE, S. M.; REGINA, K.; WEERDEN, T. J. V. D. Chapter 11: N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Geneva, Switzerland: IPCC, 2019. 48 p.

HIRAKURI, M. H. **Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 7 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 169).

HIRAKURI, M. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. de O.; CASTRO, C. de. **Perspectiva geral para a introdução da soja nos sistemas de produção agrícola da Região do SEALBA**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 377).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja nas macrorregiões sojícolas 2 e 3**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 124 p. (Embrapa Soja. Documentos, 435).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 4**. Londrina: Embrapa Soja, 2019a. 119 p. (Embrapa Soja. Documentos, 412).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 1**. Londrina: Embrapa Soja, 2019b. 113 p. (Embrapa Soja. Documentos, 423).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 120 p. (Embrapa Soja. Documentos, 405).

HORN, G. K. **O embargo ambiental em propriedades rurais e as soluções para o seu cancelamento no Estado de Mato Grosso**. 29 mar. 2023. Disponível em: <https://direitoambiental.com.br/o-embargo-ambiental-em-propriedades-rurais-e-as-solucoes-para-o-seu-cancelamento-no-estado-de-mato-grosso/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, abr. 2015.

IBAMA. **Certidão negativa de débito**. [2023b]. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/sicafext/sistema.php>. Acesso em: 13 nov. 2023.

IBAMA. **Consulta de autuações ambientais e embargos**. [2023a]. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/areasembargadas/ConsultaPublicaAreasEmbargadas.php>. Acesso em: 23 jun. 2023.

IBGE. **Amazônia Legal**: 2022: mapa. 2023. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/amazonia_legal/2022/Mapa_da_Amazonia_Legal_2022_sem_sedes.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023.

INCRA. **Manual de orientação para preenchimento da declaração para cadastro de imóveis rurais eletrônica - DCR**. 2020. Disponível em: <https://snrc.serpro.gov.br/dcr/public/downloads/ajuda/manualDCR.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Programa Queimadas do INPE**. 2023. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

ISEAL. **Setting Social and Environmental Standards** - ISEAL Code of Good Practice - versão 6.0. Londres: ISEAL Alliance, 2014. 24 p.

KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja**: terceira aproximação. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 330).

KLEIN, C.; NOVOA, R. S. A.; ONGLE, S.; SMITH, K.; ROCHETTE, P. WIRTH, T. C.; MCCONKEY, B.; MOSIER, A.; RYPDAL, K. Chapter 11: N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Hayama, Japan: IGES, 2006. 54 p.

KUMAR, P.; KUMAR, S.; JOSHI, L. **socioeconomic and environmental implications of agricultural residue burning**: a Case Study of Punjab, India. Springer: New Delhi, 2015.

LEE, H.; CALVIN, K.; DASGUPTA, D.; KRINNER, G.; MUKHERJI, A.; THORNE, P.; TRISOS, C.; ROMERO, J.; ALDUNCE, P.; BARRETT, K.; BLANCO, G.; CHEUNG, W. W. L.; CONNORS, S. L.; DENTON, F.; DIONGUE-NIANG, A.; DODMAN, D.; GARSCHAGEN, M.; GEDEN, O.; HAYWARD, B.; JONES, C.; JOTZO, F.; KRUG, T.; LASCO, R.; LEE, J.; MASSON-DELMOTTE, V.; MEINSHAUSE, M.; MINTENBECK, K.; MOKSSIT, A.; OTTO, F.E.L.; PATHAK, M.; PIRANI, A.; POLOCZANSKA, E.; PORTNER, H.; REVI, A.; ROBERTS, D. C.; ROY, J.; RUANE, A. C.; SKEA, J.; SOKONA, Y.; SORENSON, A. A.; TIGNOR, M.; VUUREN, D.V.; WEI, Y.; WINKLER, H.; ZHAI, P.; ZOMMERS, K. I. Summary for policymakers. In: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. p. 1-34.

LEITE, J. C. Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico. **Scientiae Studia**, v. 13, n. 3, p. 643-677, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ss/v13n3/2316-8994-ss-13-03-00643.pdf>. Acesso em 15 de maio 2023.

LIMA, A. L. **Pesquisa comprova que secas e incêndios alteram a função vital da Floresta Amazônica**. Embrapa, 19 jul. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63622501/pesquisa-comprova-que-secas-e-incendios-alteram-a-funcao-vital-da-floresta-amazonica>. Acesso em: 13 nov. 2023.

MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; ALMEIDA, L. A. de; OLIVEIRA, M. C. N. de. Chemical composition and amino acid profile of high protein Brazilian soybean. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 2., 1996, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: Department of Agricultural Extension. Ministry of Agriculture and Cooperatives: Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, 1996. p. 96-101.

MAPBIOMAS. **Brasil queimou área equivalente a Chile e Colômbia juntos entre 1985 e 2022**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/04/26/brasil-queimou-area-equivalente-a-chile-e-colombia-juntos-entre-1985-e-2022/#:~:text=Brasil%20queimou%20%C3%A1rea%20equivalente%20a%20Chile%20e%20Col%C3%B4mbia%20>

juntos%20entre%201985%20e%202022&text=Um%20novo%20mapeamento%20da%20superf%C3%ADcie,1%20C9%25%20do%20Brasil. . Acesso em: 13 nov. 2023.

MATSUURA, M. I. da S. F.; SEABRA, J. E. A.; CHAGAS, M. F.; SCACHETTI, M. T.; MORANDI, M. A. B.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; RAMOS, N. P.; CAVALETTI, O.; BONOMI, A. Renovacal: a calculadora do programa renovabio. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Ibict, 2018. p. 162-167.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B. dos; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, O. D. D. da; OLIVEIRA, M. I.; MALAQUIAS, J. V. **Tecnologia BioAS**: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 50 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 369).

MOSIER, A. R.; HALVORSON, A. D.; REULE, C. A.; LIU, X. J. J. Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. **Journal of Environmental Quality**, v. 35, p. 1584-1598, 2006.

NEPOMUCENO, A. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; RUFINO, C. F. G.; DEBIASI, H.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, F. V.; MONTEIRO, R. A. C.; ALMEIDA, R. G. de; BUNGENSTAB, D. J.; AGNOL, V. F. D. **Programa SBC - Soja Baixo Carbono**: um novo conceito de soja sustentável. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 11 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 100).

ONGLE, S. M.; KURZ, W. A.; GREEN C.; BRANDON, A.; BALDOCK, J.; DOMKE, G.; HEROLD, M.; BERNOUX, M.; CHIRINDA, N.; LIGR, R.; FEDERICI, S.; GARCIA-APAZA, E.; GRASSI, G.; GSCHWANTNER, T.; HIRATA, Y.; HOUGHTON, R.; HOUSE, J. I.; ISHIZUKA, S.; JONCKHEERE, I.; KRISNAWATI, H.; LEHTONEN, A.; KINYANJUI, M. J.; MCCONKEY, B.; NAESSET, E.; NIINISTÖ, S. N.; OMETOO, J. P.; PANICHELLI, L.; PAUL, T.; PERTERSSON, H.; REDDY, S.; REGINA, K.; ROCHA, M. T.; ROCK, J.; SANCHEZ, M. J. S.; SANQUETA, C.; SATO, A.; SOMOGYI, Z.; TRUNOV, A.; VAZQUEZ-AMABILE, G.; VITULLO, M.; WANG, C.; WATERWORTH, R. M. Chapter 2: Generic methodologies applicable to multiple land use categories. In: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Hayama, Japan: IGES, 2006. 59 p.

ONGLE, S. M.; KURZ, W. A.; GREEN C.; BRANDON, A.; BALDOCK, J.; DOMKE, G.; HEROLD, M.; BERNOUX, M.; CHIRINDA, N. LIGR, R.; FEDERICI, S.; GARCIA-APAZA, E.; GRASSI, G.; GSCHWANTNER, T.; HIRATA, Y.; HOUGHTON, R.; HOUSE, J. I.; ISHIZUKA, S.; JONCKHEERE, I.; KRISNAWATI, H.; LEHTONEN, A.; KINYANJUI, M. J.; MCCONKEY, B.; NAESSET, E.; NIINISTÖ, S. N.; OMETOO, J. P.; PANICHELLI, L.; PAUL, T.; PERTERSSON, H.; REDDY, S.; REGINA, K.; ROCHA, M. T.; ROCK, J.; SANCHEZ, M. J. S.; SANQUETA, C.; SATO, A.; SOMOGYI, Z.; TRUNOV, A.; VAZQUEZ-AMABILE, G.; VITULLO, M.; WANG, C.; WATERWORTH, R. M. Chapter 2: Generic methodologies applicable to multiple land use categories. In: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Geneva, Switzerland: IPCC, 2019. 96 p.

ORTAS, I.; BYKOVA, A. Effects of long-term phosphorus fertilizer applications on soil carbon and CO₂ flux. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, n. 17, 2020. DOI: 10.1080/00103624.2020.1822381.

PEREIRA, H. C. A incidência do ITR em imóvel rural localizado em zona urbana de município. **Revista Jus Navigandi**, v. 28, n. 7234, 22 abr. 2023. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/103687>. Acesso em: 15 jun. 2023.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; BONA, F. D. de. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).

SEEG. **Emissões totais**. 2023. Disponível em: http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#. Acesso em: 11 jun. 2023.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

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

TESTA, K. Áreas Embargadas: o que fazer? 25 ago. 2022. Disponível em: <https://www.alvarosantosadvocacia.com/post/%C3%A1reas-embargadas-o-que-fazer>. Acesso em: 13 nov. 2023.

USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Centro de Estudos Avançados em Economia Agrícola. **PIB da Cadeia da Soja e Biodiesel**. 26 out. 2023. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-da-cadeia-de-soja-e-biodiesel-1.aspx>. Acesso em: 13 nov. 2023.

VIEIRA, J. L. **Código florestal e legislação complementar**. 2. ed. São Paulo: Edipro, 2019. 270 p.

