

SOJA DE BAIXO CARBONO NA CHAPADA DAS MESAS (MA): uma análise baseada no Modelo de Sistema Viável (VSM)

Fernando Silva Lima

Doutor em Desenvolvimento Regional – UFT
Professor – IFMA Campus Carolina
fernando.silva@ifma.edu.br

Nicolly Tavares de Sousa

Estudante Curso Técnico em Agronegócio - IFMA
nicolly.tavares@acad.ifma.edu.br

Thamires Barroso Lima

Professor – IFMA Campus Carolina
thamires.lima@ifma.edu.br

RESUMO: Este artigo analisa a viabilidade da produção de soja com baixa emissão de carbono na região da Chapada das Mesas (MA), utilizando o Modelo de Sistema Viável (VSM) como ferramenta metodológica. A pesquisa identificou os principais entraves operacionais, legais, técnicos e institucionais que dificultam a implementação do protocolo Soja Baixo Carbono (SBC), atualmente em fase de validação pela Embrapa. Foram analisados dados produtivos, políticas públicas, práticas agrícolas e a articulação entre instituições locais e produtores. Os resultados demonstram a ausência de unidades certificadas na região, mas revelam potencial para estruturação de estratégias sustentáveis, desde que haja integração efetiva entre agricultores, centros de pesquisa e agentes públicos. O estudo conclui que a soja de baixo carbono é uma alternativa viável para o equilíbrio entre produção, preservação ambiental e geração de valor, desde que sustentada por ações coordenadas, apoio técnico contínuo e fortalecimento institucional.

Palavras-chave: Soja de Baixo Carbono; Chapada das Mesas; Sustentabilidade Agrícola; Modelo de Sistema Viável (VSM); Certificação Ambiental

LOW-CARBON SOYBEAN IN CHAPADA DAS MESAS (MA): an analysis based on VSM

ABSTRACT: This article analyzes the feasibility of low-carbon soybean production in the Chapada das Mesas region (MA), using the Viable System Model (VSM) as a methodological tool. The research identified the main operational, legal, technical and institutional obstacles that hinder the implementation of the Low-Carbon Soybean (SBC) protocol, currently in the validation phase by Embrapa. Production data, public policies, agricultural practices and the articulation between local institutions and producers were analyzed. The results demonstrate the absence of certified units in the region, but reveal potential for structuring sustainable strategies, as long as there is effective integration between farmers, research centers and public agents. The study concludes that low-carbon soybean is a viable alternative for balancing production, environmental preservation and value generation, as long as it is supported by coordinated actions, continuous technical support and institutional strengthening.

Keywords: Low Carbon Soybean; Chapada das Mesas; Agricultural Sustainability;

Viable System Model (VSM); Environmental Certification

SOJA BAJA EN CARBONO EN CHAPADA DAS MESAS (MA): un análisis basado en VSM

RESUMEN: Este artículo analiza la viabilidad de la producción de soja baja en carbono en la región de Chapada das Mesas (MA), utilizando el Modelo de Sistemas Viables (MSV) como herramienta metodológica. La investigación identificó los principales obstáculos operativos, legales, técnicos e institucionales que dificultan la implementación del protocolo de Soja Baja en Carbono (SBC), actualmente en fase de validación por Embrapa. Se analizaron datos de producción, políticas públicas, prácticas agrícolas y la articulación entre instituciones locales y productores. Los resultados demuestran la ausencia de unidades certificadas en la región, pero revelan potencial para la estructuración de estrategias sostenibles, siempre que exista una integración efectiva entre agricultores, centros de investigación y agentes públicos. El estudio concluye que la soja baja en carbono es una alternativa viable para equilibrar la producción, la preservación del medio ambiente y la generación de valor, siempre que se apoye en acciones coordinadas, apoyo técnico continuo y fortalecimiento institucional.

Palabras clave: Soja baja en carbono; Chapada das Mesas; Sostenibilidad agrícola; Modelo de Sistema Viable (MSV); Certificación ambiental

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos pilares da economia brasileira, e a soja se destaca como uma das principais commodities do país, impulsionando exportações e contribuindo diretamente para o PIB. Esse crescimento acentuado impõe desafios ambientais expressivos, sobretudo diante das projeções da FAO (2014), do IFPRI (Beintema *et al.*, 2012) e do McKinsey Global Institute (Dobbs *et al.*, 2011), tem demonstrado a necessidade de expansão de até 220 milhões de hectares até 2030 para suprir a demanda global por alimentos.

Tal expansão pode representar uma ameaça a unidades de conservação, como o Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM), cuja criação visa proteger ecossistemas naturais de elevada importância ecológica (Brasil, 2005). A presença de vegetação nativa associada a recursos hídricos torna o PNCM estratégico para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade local (MMA, 2022).

Entretanto, a intensificação da agricultura nas áreas do entorno de unidades de conservação, especialmente com o avanço da soja, pode elevar a pressão sobre os recursos naturais e contribuir para o desmatamento (Oliveira *et al.*, 2023), aumentando as emissões de gases com efeito estufa (GEE), sobretudo devido à conversão de ecossistemas nativos em monoculturas de grãos.

Nesse sentido, Viola e Mendes (2022) evidenciam uma dinâmica semelhante ao descreverem que o agronegócio brasileiro, embora tenha começado a adotar

práticas associadas à chamada agricultura 4.0, ainda encontra limitações estruturais, institucionais e políticas que dificultam uma transição efetiva para um modelo produtivo alinhado aos objetivos e diretrizes da sustentabilidade.

Diante dessas limitações, torna-se ainda mais urgente a busca por alternativas de produção agrícola que conciliem eficiência produtiva e responsabilidade ambiental, como é o caso da soja de baixo carbono. Para viabilizar essa transição, a aplicação do Modelo de Sistema Viável (VSM), conforme proposto por Beer (1985), revela-se uma abordagem promissora, ao oferecer estrutura organizacional recursiva, adaptável e autônoma, capaz de promover governança sistêmica voltada à sustentabilidade na produção agrícola.

Estudos como os de Bugwandin e Bayat (2023) reforçam que abordagens de pensamento sistêmico podem melhorar a produtividade e a sustentabilidade nas organizações. Assim, o VSM surge como uma abordagem metodológica inovadora capaz de compatibilizar os objetivos de conservação do PNCM com a necessidade de desenvolvimento socioeconômico regional.

Entre os principais benefícios destacam-se a visão integrada do processo produtivo, a identificação de ineficiências operacionais, a otimização do fluxo de trabalho, a redução de custos e do tempo de ciclo, além do suporte à tomada de decisões estratégicas. O VSM também permite o monitoramento contínuo dos impactos ambientais e sociais, favorecendo uma gestão mais sustentável e adaptativa da atividade agrícola (Panagiotakopoulos *et al.*, 2015).

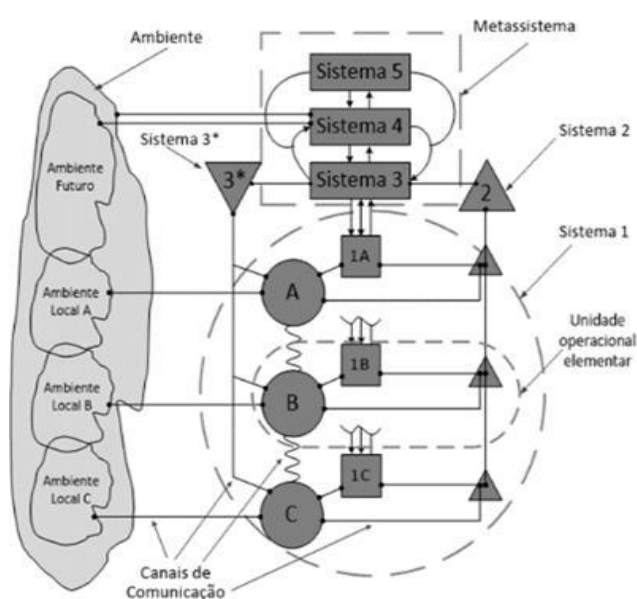
Essa capacidade de integrar variáveis operacionais e socioambientais torna o modelo relevante em um cenário em que se busca alinhar práticas produtivas às metas ambientais globais. Nesse sentido, destaca-se a contribuição potencial dessa abordagem para o cumprimento das metas assumidas pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris, dentre as quais, destaca-se a redução das emissões de gases com efeito estufa associadas ao uso da terra, florestas e agricultura, principalmente por meio do combate ao desmatamento e da promoção de uma agricultura de baixo carbono. (Brasil, 2023).

Em face ao exposto, esse artigo objetiva responder, por meio do VSM, como a soja com baixo teor de carbono pode ser uma alternativa sustentável para preservar os ecossistemas naturais do Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM), no Maranhão?.

2. METODOLOGIA APLICADA

Ao aplicar o VSM, é importante definir a organização a ser analisada e delimitar seus contornos. Em ato contínuo, identifica-se, também, as partes funcionais e o sistema viável mais amplo ao qual pertence. Nesse contexto, são descritos os componentes definidos por Beer (1985) como Sistema 1 (S1), Sistema 2 (S2), Sistema 3 (S3), Sistema 3* (S3*), Sistema 4 (S4) e Sistema 5 (S5), os quais se inter-relacionam com os sistemas ambientais (Figura 2).

Figura 2 - Viable System Model (VSM).



Fonte: Rizzoli e Schlindwein (2013)

O S1 desempenha um papel operacional, envolvendo um conjunto de atividades que colaboram de maneira integrada e coesa para melhorar o rendimento total de uma entidade (Peppard, 2005). Este sistema abrange a administração das operações cotidianas. Ao atingir seu objetivo principal, o S1 é focado na execução, diferentemente dos outros sistemas, que se dedicam às funções de supervisão e administração (Lechler *et al.*, 2022).

O S2, denominado “antioscilante”, estabelece diretrizes para coordenar os subsistemas do Sistema 1, promovendo ações integradas e evitando oscilações entre os setores funcionais. Ele permite que cada subsistema resolva seus próprios desafios de forma autônoma e descentralizada (Machado Neto; Monteiro; Giraldi, 2010).

O S3 é responsável pela gestão cotidiana de recursos, equipe e finanças (Peppard, 2005; Brocklesby, 2012). Sua atuação inclui a alocação eficiente de recursos com base em dados obtidos por meio de interações sociais e diálogos informais (Schwaninger e Scheef, 2016), além da função de auditoria, ao coletar

informações operacionais pontuais para garantir o cumprimento dos objetivos organizacionais (Chaudhry, 2022).

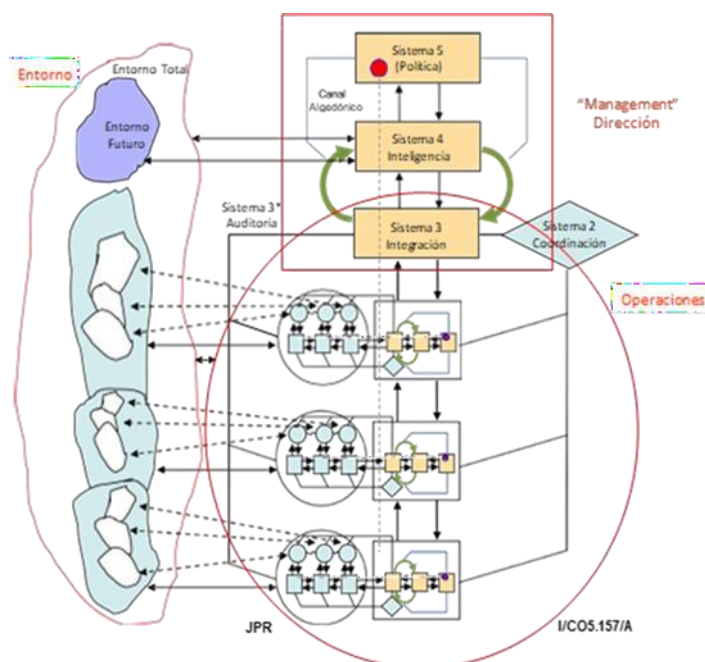
O S4, também conhecido como “Inteligência”, é responsável por planejar o futuro da organização com base na análise do contexto atual. Define tarefas, unidades responsáveis, prazos e prioridades, além de identificar oportunidades estratégicas, ameaças e possíveis cenários, garantindo a adaptação da organização a um ambiente dinâmico e em constante transformação (Dias, 1998; Bititci *et al.*, 1999; Peppard, 2005; Brocklesby, 2012).

O S5, Política, representa a totalidade do sistema e exerce um papel essencial na manutenção da homeostase entre os Sistemas 3 e 4, atuando como instância final de decisão em caso de conflitos (Dias, 1998). Ele também se conecta aos demais sistemas na definição do propósito organizacional (Brocklesby, 2012) e assegura o equilíbrio entre as estratégias de longo prazo (S4) e as ações de curto prazo (S3), promovendo a coerência entre iniciativas imediatas e futuras (Peppard, 2005; Schwaninger e Scheef, 2016).

2.3 O Software VSMod® e sua Representação Gráfica

A aplicação do VSM foi realizada por meio do software VSMod®, desenvolvido para diagnosticar, estruturar e apoiar a tomada de decisão em sistemas organizacionais (Beer, 1985). O processo teve início com a descrição detalhada do objeto de estudo, seguida da construção de uma estrutura analítica. Nessa fase, o item analisado foi representado visualmente em seus contextos atual e futuro, de acordo com os parâmetros definidos pelo próprio VSMod® (Figura 2).

Figura 3. Modelo de Representação gráfica do VSM, adaptado a partir de Beer, 1985.



Fonte: Pérez Ríos (2008)

O objeto de estudo foi representado graficamente em cada ambiente do sistema, conforme os parâmetros do software VSMoD®. Os parâmetros utilizados no modelo incluíram variáveis relacionadas ao contexto territorial, atores institucionais, fluxos de informação, mecanismos de coordenação, controle e planejamento estratégico, integrando a produção de soja nos municípios de Estreito, Carolina e Riachão ao sistema analisado. Os dados inseridos incluíram a soja no PARNA Chapada das Mesas, desde o contexto local até os níveis mais complexos dos Sistemas Operacionais e Metassistêmicos do Modelo de Sistema Viável (VSM). As interações e fluxos de informação entre os sistemas 1, 2, 3, 3*, 4 e 5 foram analisados com base nos contextos apresentados pelo VSMoD®.

Para responder a pergunta da pesquisa, considerando os desafios e oportunidades do setor, o VSM foi utilizado em três fases. A primeira fase consistiu na avaliação do ambiente local, especificamente em relação à Produção de Soja nos municípios de Estreito (MA), Carolina (MA) e Riachão (MA), localizados no entrono do PNCM. Depois, foi realizada uma análise do metassistema, e por último, uma investigação sobre a unidade operacional elementar.

Os dados utilizados no programa foram selecionados a partir do IBGE/SIDRA (2024) entre 2020 a 2023, considerando área cultivada, colhida e volume produzido. As informações foram organizadas e inseridas no software VSMoD®, que permitiu representar graficamente as unidades operacionais e seus fluxos, apoiando a

modelagem recursiva do sistema e a definição de estratégias sustentáveis compatíveis com o protocolo da soja de baixo carbono.

Na segunda etapa da investigação, foram levantadas informações sobre políticas públicas voltadas à agricultura de baixa emissão de carbono, com destaque para a PNMC, o Fundo Clima e o Plano ABC+, utilizadas na construção do Sistema 5, referente à segunda fase metodológica. Para além, analisou-se, também, regulamentos complementares sobre o controle institucional da produção, com ênfase nas atribuições do MAPA, da SEAGRO/MA, do Selo ABC+ e da Plataforma ABC, incluindo suas ferramentas de monitoramento de emissões.

Ainda na segunda etapa, foi mensurado a capacidade operacional e estratégica a partir das instituições como IFMA, UEMA, Embrapa, SENAR e APROSOJA-MA que podem dar suporte estratégico e tecnologias sustentáveis. A partir dos dados coletados, foram identificados os principais desafios na validação de dados nas propriedades rurais, como a desorganização das informações, a resistência por parte dos agricultores e a falta de assistência técnica adequada.

Na terceira etapa, o foco voltou-se à identificação de agentes locais de coordenação como secretarias municipais, EMATER, sindicatos e cooperativas, e à avaliação de sua capacidade de articular produtores, instituições e políticas públicas.

No escopo do Sistema 1, foram observadas práticas sustentáveis já adotadas por agricultores da Chapada das Mesas, bem como analisados os principais obstáculos à certificação da soja de baixo carbono.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ambiente Local (Contexto Operacional Externo) aplicada a Produção de Soja na Chapada das Mesas

O ambiente imediato corresponde ao contexto das unidades operacionais (S1) e influencia diretamente a execução das atividades essenciais. Compreendê-lo é fundamental para orientar estratégias e garantir a viabilidade do sistema, em regiões com dinâmicas complexas, como a Chapada das Mesas. Nesse sentido, foi realizado um diagnóstico da soja em grãos nos municípios de Carolina, Estreito e Riachão, no sul do Maranhão, entre 2020 e 2023 conforme Quadro 1.

Quadro 1. Comparação de dados Agrícolas (Soja em grão)

Localidade	Ano	Área Plantada	Área Colhida	Produção (t)
Brasil	2020	37.205.462	37.191.638	121.820.949

Localidade	Ano	Área Plantada	Área Colhida	Produção (t)
	2021	39.143.946	39.126.269	134.799.179
	2022	41.297.663	41.050.906	121.290.103
	2023	44.453.983	44.447.552	152.144.238
Maranhão	2020	960.900	960.900	3.056.550
	2021	1.023.541	1.023.541	3.240.985
	2022	1.099.871	1.099.871	3.537.377
	2023	1.190.047	1.190.047	3.821.792
Carolina	2020	26.500	26.500	85.860
	2021	27.040	27.040	76.241
	2022	26.840	26.840	77.542
	2023	26.570	26.570	77.740
Estreito	2020	700	700	2.422
	2021	1.680	1.680	5.645
	2022	4.484	4.484	13.900
	2023	5.300	5.300	18.444
Riachão	2020	52.500	52.500	158.813
	2021	52.580	52.580	167.204
	2022	53.100	53.100	168.987
	2023	52.620	52.620	158.680

Fonte: IBGE/SIDRA 2024

O quadro 1 demonstra um crescimento da produção de soja em grãos em todo o Brasil, incluindo o estado do Maranhão, entre os anos de 2020 e 2023. Entretanto, as cidades analisadas apresentam diferentes contextos em relação à produção de soja, o que torna necessário um enfoque particular no planejamento de ações tanto públicas quanto privadas. Município de Carolina: os resultados indicam estabilidade na área cultivada (variação de apenas 1%) e uma queda de aproximadamente 10% na produção, o que sugere perda de eficiência produtiva.

Município de Estreito: destaca-se como nova fronteira agrícola, com expressivo aumento da área cultivada (+657% entre 2020 e 2023). A produção cresceu continuamente, passando de 2.422 para 18.444 toneladas, evidenciando forte expansão e potencial para se tornar referência regional, inclusive na adoção futura de práticas sustentáveis e de baixo carbono (Quadro 01). Município de

Riachão: mantém-se como um dos principais produtores da região, com estabilidade na área plantada e leve redução na produção (-1%).

3.2 Metassistema

3.2.1 Sistema 5 – Marco Normativo e Políticas Públicas Nacionais Voltadas à Produção de Soja de Baixo Carbono

O Sistema 5 (S5) engloba legislações, políticas públicas e regulamentos em níveis local e nacional que orientam as práticas ecológicas no contexto da produção sustentável de soja de baixo carbono na Chapada das Mesas.

Para Rodrigues *et al.*, (2019), a agricultura de baixo carbono consolidou-se no Brasil como a principal estratégia para promover o desenvolvimento rural sustentável. Entre os marcos normativos analisados no S5, destaca-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187/2009, que visa conciliar desenvolvimento econômico com tecnologias limpas.

Outro instrumento relevante é o Fundo Clima, criado pelo Decreto nº 7.343/2010, que financia projetos voltados à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Os municípios analisados podem acessar esses recursos por meio de parcerias com entidades públicas ou privadas, desde que suas propostas estejam alinhadas às diretrizes da PNMC e priorizem a eficiência no uso dos recursos naturais e a redução das emissões de gases de efeito estufa (BNDES, 2024).

Nesse sentido, o Plano ABC+ (2020–2030) apresenta-se como uma estratégia essencial para a agricultura, visando aumentar a adoção de tecnologias ecológicas. No que diz respeito à produção de soja, o plano define alguns objetivos:

- Diminuição da emissão em até 1,1 GtCO₂e até o ano 2030;
- Expansão da utilização do Sistema de Plantio Direto (SPD);
- Restauração áreas de pastagem degradadas;

As iniciativas voltadas à sustentabilidade englobam:

- Cultivo Direto;
- Fixação de Nitrogênio por Processos Biológicos.
- Integração entre Agricultura, Pecuária e Silvicultura (ILPF);
- Administração eficaz de recursos (Mapa, 2021).

Essas iniciativas são impulsionadas por políticas de financiamento, assistência técnica e capacitação, compondo uma estratégia integrada para

fomentar a sustentabilidade na produção de soja. O Plano ABC+ reforça esse movimento ao incentivar a definição de metas regionais por meio dos Planos Estaduais de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas na Agricultura (PEMAs). A inclusão da Chapada das Mesas nesse contexto exige articulação entre os municípios e o Governo do Estado do Maranhão, especialmente por meio da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, considerando os critérios:

- Capacidade de produção local;
- Vulnerabilidade às mudanças climáticas;
- Registro de desmatamento e ocupação do solo;
- Capacidade institucional de execução e monitoramento (MAPA, 2021).

A colaboração entre instituições pode fortalecer as condições para a adoção da soja de baixo carbono, promovendo inclusão produtiva, eficiência e sustentabilidade econômica e ambiental nos municípios estudados.

3.2.2 Sistema 4 – Inteligência

ao estabelecer diretrizes fundamentadas em dados externos e previsões futuras. Dentro do escopo das Políticas Públicas Nacionais focadas na produção de soja com baixas emissões de carbono, as instituições de ensino, pesquisa e apoio ao agronegócio são fundamentais para o reforço e a eficácia dessas diretrizes, oferecendo suporte técnico e científico. Nesse cenário, destacam-se:

- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA);
- Universidade Federal do Maranhão (UFMA);
- Universidade Estadual do Maranhão – Campus Sul (UEMA-Sul);
- Embrapa;
- SENAR e AGERP;
- Aprosoja-MA.

Essas organizações têm o potencial de gerar e disseminar conhecimentos sobre:

- Práticas agrícolas ecologicamente sustentáveis;
- Tendências de mercado, tanto local quanto internacional;
- Previsões climáticas e riscos ambientais;
- Desenvolvimento e uso de produtos biológicos e tecnologias verdes;
- Oportunidades relacionadas ao mercado de créditos de carbono.

Entretanto, a colaboração entre os agricultores e os polos de pesquisa ainda é limitada, o que compromete a capacidade da região de antecipar riscos e oportunidades, dificultando a transição para modelos produtivos mais sustentáveis, como a soja de baixo carbono. Embora nem todas as pesquisas estejam diretamente vinculadas à cadeia da soja, diversos estudos acadêmicos e científicos oferecem contribuições indiretas para a inovação sustentável no território. Um exemplo é o trabalho de Sousa (2019), que investiga cianobactérias na Chapada das Mesas, com foco na identificação genética e análise de metabólitos bioativos, com potencial aplicação em bioinsumos e soluções de biotecnologia agrícola.

Feitosa *et al.*, (2019) investigaram a produção sustentável de soja na região do Matopiba, com ênfase no Maranhão e na Chapada das Mesas, considerando suas oportunidades e desafios locais. Por sua vez, Castillo *et al.*, (2021) analisaram os investimentos em infraestrutura, biotecnologia e crédito rural, bem como seus impactos no agronegócio da Chapada das Mesas, contribuindo para a compreensão das condições estruturais que influenciam a transição agroambiental.

Entre as iniciativas institucionais de destaque, o projeto ABC Monitor (2016–2020), coordenado pela Embrapa Cacaos, representou um avanço significativo na articulação entre centros de pesquisa e agricultores no Maranhão, incluindo a região da Chapada das Mesas. A pesquisa envolveu 153 propriedades e contou com o apoio da Embrapa Cerrados, Agrobiologia, Amazônia Oriental, Informática Agropecuária, além da UEMA, AGERP e SENAR.

Essa colaboração permitiu o acompanhamento de práticas agrícolas sustentáveis, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), sistema de plantio direto (SPD), sistemas agroflorestais (SAFs), fixação biológica de nitrogênio (FBN), recuperação de pastagens degradadas, manejo de dejetos e florestas cultivadas. Como resultado, as propriedades avaliadas conseguiram armazenar 458.906 tCO₂e em 112.699 hectares, principalmente por meio da recuperação de pastagens. No contexto do Cerrado maranhense, estima-se que essa recuperação pode atingir até 5,5 MtCO₂e, com custo médio de R\$ 1.333,00 por hectare (Bessa, 2020).

Diante desse cenário, os municípios estudado dispõe de base institucional sólida para impulsionar a transição rumo à produção de soja com menor emissão de carbono. No entanto, o principal desafio permanece na efetiva integração entre os centros de pesquisa e os produtores. Reforçar essa conexão é essencial para alinhar o conhecimento técnico-científico às demandas do setor rural, promovendo decisões

informadas sobre práticas sustentáveis, mercado de carbono e adoção de novas tecnologias.

3.2.3 Sistema 3* – Auditoria

No contexto do VSM, o S3* refere-se à função de auditoria, responsável por avaliar de forma independente as atividades do S3 (Controle), assegurando a conformidade das práticas adotadas e fornecendo feedback confiável sobre o desempenho organizacional.

Na produção de soja com baixa emissão de carbono nos municípios amostrados, identificou-se que essa função é exercida por auditorias externas realizadas por órgãos reguladores e certificadores, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), além de instituições de ensino e centros de pesquisa envolvidos em ações de monitoramento ambiental e verificação de dados em campo.

De acordo com o Sistema 3*, a avaliação dos dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em conjunto com informações de instituições acadêmicas e centros de pesquisa que atuam no acompanhamento ambiental e na verificação em campo, revelou uma série de desafios relativos à confiabilidade das certificações e à clareza dos processos de produção ligados à soja de baixo carbono. Nesse sentido, os principais problemas identificados, destacam-se:

- A ausência de dados organizados e estruturados, dificultando a coleta e a validação de informações durante as auditorias;
- A falta de registros sobre aspectos críticos, como custos de produção, técnicas de manejo e utilização de insumos, além das iniciativas de capacitação para os agricultores;
- A carência de informações sobre o suporte técnico contínuo, fundamental para manter e atualizar os registros exigidos nos processos de certificação, especialmente no que tange ao monitoramento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e às metodologias utilizadas para sua redução.

3.2.4 Sistema 3 – Controle

O S3 tem a função de monitorar, organizar e aprimorar a operação dos

sistemas de software, assegurando que as atividades na fase de execução estejam alinhadas com as normas definidas e funcionem de maneira eficaz. No âmbito da produção de soja com redução de emissões de carbono, o S3 é composto por instituições governamentais e órgãos de regulamentação, quais sejam:

- Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SAPA);
- Secretaria Estadual de Agricultura e Pecuária do Maranhão (SEAGRO/MA);
- Organizações de certificação e o Selo ABC+ do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Essas organizações exercem o acompanhamento de critérios socioambientais, a supervisão da rastreabilidade da produção e a adoção de sistemas de certificação que possam garantir a conformidade com os padrões de soja de baixo carbono. Embora a Embrapa seja a principal responsável pelo avanço técnico e científico em práticas sustentáveis, a supervisão e a regulação dos sistemas operacionais relacionados à produção agropecuária com baixo teor de carbono estão intimamente ligadas ao MAPA, principalmente através do Decreto nº 10.606, datado de 22 de janeiro de 2021. Este decreto estabelece dois instrumentos essenciais: 1) o Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixas Emissões de Carbono na Agricultura e 2) o Comitê Técnico para Acompanhamento do Plano Setorial.

Esses instrumentos visam garantir que as ações do setor agropecuário sejam monitoradas e gerenciadas de forma integrada, com base em dados confiáveis e em conformidade com os compromissos nacionais de redução de emissões. Como apoio técnico a esse processo, foi desenvolvida a Plataforma ABC, um sistema de monitoramento colaborativo voltado ao acompanhamento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na agricultura. A criação da plataforma ocorreu por meio de um Acordo de Cooperação Técnica entre a Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável, Irrigação e Cooperativismo (SDI/MAPA) e o Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO).

De acordo com o Mapa (2024), a ferramenta permite acompanhar o uso de tecnologias agrícolas de baixa emissão de carbono com base em indicadores técnicos e dados geoespaciais, contribuindo para a tomada de decisões públicas, além de aprimorar os processos de certificação e rastreabilidade no setor.

3.3 Unidade Operacional Elementar

3.3.1 Sistema 2 – Coordenação

O Sistema 2 desempenha um papel fundamental ao facilitar a harmonia e a conectividade entre os distintos sistemas operacionais, assegurando que as unidades operem de forma consistente, prevenindo conflitos e a duplicação de funções. Ele funciona como um “moderador interno” que garante um fluxo organizado de informações e ações entre os diversos componentes do sistema. Em âmbito local, a tarefa de coordenação é realizada por entidades como:

- Departamento Municipal de Agricultura;
- EMATER (ou organização similar de assistência rural);
- Sindicato da Agricultura;
- Cooperativas e associações.

Essas organizações têm a função de conectar produtores, prestadores de serviços, clientes, instituições bancárias e entidades governamentais, promovendo iniciativas colaborativas voltadas para a formação técnica, obtenção de financiamento e conformidade com os padrões da soja sustentável.

Diante disso, percebe-se que ainda existem fragilidades na articulação entre os atores envolvidos, o que compromete a continuidade de programas de apoio, dificulta a comunicação e reduz a eficácia na implementação de políticas públicas e certificações ambientais. Essa limitação decorre, em grande parte, da ausência de uma estrutura de coordenação horizontal e integrada ao longo da cadeia produtiva.

Nesse contexto, a coordenação do Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura — que abrange as ações relacionadas à soja de baixo carbono — é exercida por uma estrutura centralizada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), conforme o Decreto nº 10.606, de 22 de janeiro de 2021 (Brasil, 2021). A liderança do processo está a cargo da Coordenação-Geral de Mudanças Climáticas, Florestas Plantadas e Agropecuária Conservacionista, vinculada ao Departamento de Produção Sustentável e Irrigação, no âmbito da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação do MAPA conforme o Decreto nº 10.606, de 22 de janeiro de 2021 (Brasil, 2021).

Segundo o Decreto nº 10.606, de 22 de janeiro de 2021 essa coordenação desempenha um papel fundamental ao estimular a comunicação e a colaboração técnica entre diversas instituições e organizações, criando uma rede institucional que

abrange:

- A Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação lidera o comitê responsável pela coordenação.
- A Divisão de Produção Ecológica e Sistemas de Irrigação.
- A área técnica relacionada às alterações climáticas e à agricultura sustentável.
- O Departamento de Política Agrícola;
- O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações;
- Ministério do Meio Ambiente;
- Banco Central do Brasil.
- A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
- O Observatório ABC;
- E representantes da iniciativa privada no setor agrícola e pecuário.

No contexto regional, os efeitos dessa articulação institucional refletem diretamente nos municípios de Carolina, Estreito e Riachão, localizados na área da Chapada das Mesas. Nesses lugares, a intensificação da agropecuária, particularmente a produção de grãos, exige a adoção de métodos mais sustentáveis. A colaboração entre instituições governamentais, centros de pesquisa e o setor produtivo favorece a disseminação de tecnologias com baixa emissão de carbono, além de facilitar o acesso a informações técnicas e de promover a criação de instrumentos para financiamento e monitoramento ambiental, com foco na diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Assim, o decreto ajuda a fortalecer uma rede de instituições que apoiam a execução de políticas públicas, a inovação tecnológica e a implementação de práticas agrícolas que estejam em consonância com os princípios da agricultura de baixo carbono na região..

3.3.2 Sistema 1 – Operações

O S1 abrange as unidades funcionais responsáveis pela execução direta das atividades essenciais do sistema. No contexto da produção de soja sustentável, isso diz respeito aos agricultores e às propriedades agrícolas que implementam métodos ecológicos no cultivo da soja. Dentro da dinâmica da cadeia produtiva de soja com baixo carbono, o Sistema 1 inclui produtores rurais de diferentes tamanhos, sejam eles pequenos, médios ou grandes, que utilizam tecnologias sustentáveis, como:

- Método de Cultivo Direto (MCD);

- Alternância de culturas.
- Manejo biológico de insetos indesejáveis;
- Utilização eficaz de adubos e insumos biológicos.

As atividades agrícolas formam o alicerce da produção e desempenham um papel crucial na aplicação dos padrões técnicos e ambientais exigidos para a certificação de baixa emissão de carbono. No entanto, os agricultores lidam com grandes obstáculos, como o acesso restrito a assistência técnica especializada, os altos valores dos insumos certificados e as dificuldades em obter linhas de crédito rural diferenciadas, como o Programa ABC+ (Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Até a integralização da pesquisa, não foram identificados registros de unidades produtivas, oficialmente reconhecidas como produtoras de soja de baixo carbono, nas cidades de Carolina, Estreito e Riachão, localizadas no Sul do Maranhão.

Conforme informações da Embrapa, a produção de soja com baixo teor de carbono no Brasil está em fase experimental, sendo implementada através de Unidades-Piloto (UPs) escolhidas pela própria instituição, a partir de critérios previamente estabelecidos, por meio Chamamento Público. Essas UPs integram uma iniciativa nacional destinada a avaliar e confirmar os critérios e indicadores do Protocolo de Soja de Baixo Carbono, que ainda está passando por modificações.

Segundo solicitação de informação à Embrapa por meio de acesso a informação, existem 44 Unidades de Demonstração distribuídas pelas principais regiões produtoras de soja do país, com áreas variando entre 20 e 400 hectares. No Maranhão, duas dessas unidades estão localizadas na região de Chapadinha, abrangendo os municípios de Brejo, Parnarama e Magalhães de Almeida. Entre os parceiros do programa destaca-se a Bunge Alimentos, que mantém uma filial em Balsas/MA.

Com base na informação obtida junto à Embrapa, percebe-se que apesar dessa presença institucional no estado, os municípios localizados no entorno da Chapada das Mesas ainda carecem de projetos demonstrativos, estudos técnicos ou colaborações voltadas especificamente para a soja de baixo carbono nos municípios de Carolina, Riachão e Estreito. Conforme informou a Embrapa, embora não existam iniciativas em andamento nessas localidades, há interesse em considerar a expansão do modelo para atender à demanda regional.

No modelo adotado neste estudo, constatou-se a inexistência de iniciativas formais voltadas à produção de soja com baixo carbono nos municípios de Carolina, Estreito e Riachão, no Maranhão. A metodologia aplicada permitiu organizar a análise de forma vertical e recursiva, abordando quatro níveis interconectados para compreender desde o contexto do ambiente agrícola até os requisitos técnicos e institucionais necessários à implementação de um sistema de produção certificada.

A partir do diagnóstico realizado, foram identificadas mudanças fundamentais para viabilizar o cultivo de soja de baixo carbono na Chapada das Mesas, em consonância com as orientações técnicas estabelecidas pela Embrapa (2023) (Quadro 2).

Quadro 2. Metas e Indicadores de Resultado Para Produção de Soja de Baixo Carbono.

Diretriz	Meta	Indicador de Resultado
Adequação do Imóvel Rural	Legalização e Questões Trabalhistas	- Imóvel legalizado (documentação fundiária) - Sem autuações ou embargos ambientais - Sem condenações por trabalho infantil ou análogo à escravidão - CAR (Cadastro Ambiental Rural) ativo
	Eliminação de Queimadas Deliberadas	- Imóvel livre de queimadas de vegetação nativa e de palhada agrícola
	Normatizações e Risco	- Cumprimento do Vazio Sanitário- Respeito ao Calendário de Semeadura - Outorga para uso da água e licenciamento ambiental obtidos
Adequação do Sistema de Produção	Práticas Agrícolas Obrigatórias	- Sistema de Plantio Direto corretamente implementado - Coinoculação aplicada de forma adequada- Adubação e correção do solo com base em análise técnica- Uso de agrotóxicos conforme prescrição agronômica
	Práticas Agrícolas Complementares	- Índice de Adoção de Práticas Agrícolas Sustentáveis (IAPAS) atingindo o mínimo exigido
	Melhoria do Balanço de Carbono	- Intensidade de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) inferior à linha de base- Compensação de emissões associadas à mudança de uso da terra

Fonte: Embrapa (2023, p. 16)

Na pesquisa conduzida no sistema 1, é possível entender os efeitos da troca

da soja tradicional pela variante de baixo carbono por meio de interações com organizações como Embrapa e Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Verificou-se que o processo de certificação de Soja Baixo Carbono (SBC) depende do cumprimento total dos critérios de elegibilidade estabelecidos no protocolo. Dentre esses critérios, ressalta-se:

- Regularização de terras e adequação às normas trabalhistas.
- Extinção de incêndios provocados intencionalmente;
- Atendimento às regulamentações ambientais e de saúde.

Com base no Acesso à Informação junto à Embrapa (2023), percebeu que há condenações tanto administrativas quanto judiciais relacionadas ao trabalho infantil e ao trabalho análogo à escravidão, afetando produtores da área, especialmente no município de Estreito/MA. Essa situação pode dificultar a adesão desses produtores ao protocolo SBC, uma vez que a conformidade com as normas trabalhistas é um requisito fundamental para obter a certificação.

De acordo com a Embrapa (2023), foi verificado que todos os produtores têm a possibilidade de apresentar seus sistemas de produção ao protocolo, desde que cumpram os critérios de elegibilidade que devem ser comprovados através de uma auditoria realizada por organizações certificadoras reconhecidas.

Segundo a Embrapa (2023), o objetivo preliminar do protocolo, que ainda está passando por validação, visa diminuir em 20% a 30% a intensidade das emissões de gases de efeito estufa em relação aos sistemas convencionais utilizados nas principais regiões produtoras de soja do Brasil, incluindo o Maranhão. Entretanto, até agora, não foram estabelecidas metas regionais específicas.

No âmbito deste estudo, analisou-se a existência ou a possibilidade de implementação do Programa Soja Baixo Carbono (PSBC) nas localidades investigadas. A Embrapa esclareceu, por meio de ofício, que o PSBC consiste em uma iniciativa de pesquisa, desenvolvimento e inovação que ainda está na etapa de validação experimental, com previsão de início apenas para 2026. Os parâmetros desse protocolo estão sendo elaborados com critérios mensuráveis, verificáveis e reportáveis (MRV), e a participação será de caráter voluntário.

Ao considerar o S1, observa-se que a área ainda não faz parte do sistema formal de cultivo de soja com baixo carbono, apesar de apresentar um grande potencial agrícola, principalmente nas cidades de Estreito e Riachão. O modelo recursivo sugere que, para que o S1 (atividades produtivas) pode ser viável,

atendendo aos princípios do VSM. Para isso, considera-se que será essencial:

- Lidar com as obrigações trabalhistas e ambientais que já estão em vigor;
- Ajustar de maneira técnica as propriedades e as atividades agrícolas;
- Reforçar os mecanismos de coordenação e supervisão (Sistemas 2 e 3);
- Ativar as capacidades regionais (Sistema 4) com o objetivo de estimular a inovação, facilitar a adaptação e ampliar o acesso a mercados de carbono.

Por fim, apesar da análise enfatizar a falta de iniciativas formais para a produção de soja com baixo carbono nas cidades de Carolina, Riachão e Estreito, é importante analisar essa afirmação com cuidado. A ausência de certificados oficiais não implica, necessariamente, que não existam práticas agrícolas que respeitem os princípios da sustentabilidade. Alguns agricultores podem estar utilizando técnicas de manejo recomendadas pela agricultura conservacionista, mesmo sem que essas práticas estejam oficialmente registradas ou conectadas a protocolos de certificação. Portanto, a carência de documentos que comprovem essas ações pode estar mais relacionada às limitações nos sistemas de monitoramento, na assistência técnica ou nos mecanismos de registro e validação dessas abordagens na região.

Além disso, a avaliação que se concentra apenas na falta de unidades de teste ou projetos pilotos pode não conseguir abranger completamente o potencial de adaptação do sistema produtivo local. Isso é especialmente relevante ao considerar a dinâmica de crescimento agrícola no sul do Maranhão e sua proximidade com áreas que já se destacam na produção de soja. Nesse contexto, a atual carência de iniciativas formais focadas na soja de baixo carbono pode ser um indicador de um estágio inicial de introdução institucional e tecnológica na região. Assim, é necessário promover uma maior colaboração entre os produtores, as instituições de pesquisa — como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) — e as políticas públicas, para que os sistemas produtivos locais possam, aos poucos, se alinhar às iniciativas nacionais de validação e aplicação do protocolo de soja de baixo carbono, segundo a abordagem do Viable System Model (VSM).

Considerações Finais

Este estudo analisou a viabilidade da produção de soja com menor emissão de carbono na região do Parque Nacional da Chapada das Mesas (MA), identificando e mapeando os requisitos técnicos, legais e ambientais necessários para a implementação do sistema de soja de baixo carbono. A pesquisa também evidenciou desafios significativos no setor produtivo local, como questões trabalhistas e estruturais, que precisam ser superadas para viabilizar a adoção efetiva do Selo Soja Baixo Carbono (SBC), cuja validação, segundo a Embrapa, segue em curso até 2026.

A aplicação do Modelo de Sistema Viável (VSM) e a análise de seus sistemas recursivos (S1 a S5) permitiram organizar a cadeia produtiva de forma sistêmica, possibilitando a identificação de gargalos operacionais (S1), conflitos institucionais e de coordenação (S2 e S3), lacunas no controle e auditoria (S3*), e a avaliação do potencial científico e estratégico (S4), além da articulação com marcos legais e políticas públicas (S5). Essa abordagem proporcionou um diagnóstico abrangente e apontou direções possíveis mesmo diante de um cenário regional ainda não consolidado para a certificação.

O estudo também especificou práticas obrigatórias e complementares para adequação ao protocolo SBC, como a erradicação de queimadas, a adoção do Sistema de Plantio Direto (SPD), a análise do solo e o uso da coinoculação. Embora ainda não haja dados suficientes para comprovar a efetiva redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) na região, devido à inexistência de propriedades certificadas nos municípios avaliados, a pesquisa oferece caminhos para a futura implementação do Programa Soja Baixo Carbono (PSBC) e do Selo ABC, orientando práticas agrícolas sustentáveis e mitigando os impactos ambientais associados à cultura da soja.

Conclui-se que a produção de soja de baixo carbono é uma alternativa viável para a proteção dos ecossistemas naturais da Chapada das Mesas, desde que acompanhada por ações estruturadas. Essa viabilidade se apoia em três pilares: (1) ambiental, por reduzir a pressão sobre áreas nativas e priorizar o uso de áreas já antropizadas; (2) econômico, por agregar valor via mercado de carbono e certificações ecológicas; e (3) social e legal, por incentivar a regularização fundiária, o cumprimento das normas trabalhistas e da legislação ambiental. No entanto, a concretização desses benefícios dependerá do engajamento efetivo dos produtores, da criação de um sistema de articulação regional e do fortalecimento das parcerias institucionais — especialmente com a Embrapa, IFMA, UFMA e MAPA — para

consolidar a implantação da soja de baixo carbono na Chapada das Mesas.

Referências

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Fundo Clima: Programa de Financiamento. 2024. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 06 mar. 2024.

BEER, S. Diagnosing the System for Organizations. Chichester: **John Wiley & Sons**, 1985.

BEINTEMA, N; *et al.* ASTI global assessment of agricultural R&D spending: developing countries accelerate investment. Washington, DC: **International Food Policy Research Institute**, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2499/9780896298026>.

BESSA, F. **Agricultura de baixo carbono tem viabilidade econômica e ambiental no Maranhão**, conclui estudo. Embrapa Cocais, 2020. Disponível em <https://redeilpf.org.br/agricultura-de-baixo-carbono-tem-viabilidade-economica-e-ambiental-no-maranhao-conclui-estudo/?utm_source=chatgpt.com>.

BITITCI, U.; Turner, T.; Ball, P. The viable business structure for managing agility. **International Journal of Agile Management Systems**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 190-199, 1999.

BRASIL. **A NDC do Brasil: determinação nacional em contribuir e transformar**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/ndc-do-brasil>. Acesso em: 03 de julho de 2025.

BRASIL. Decreto n. 10.606, de 22 de janeiro de 2021. Institui o Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura e o Comitê Técnico de Acompanhamento do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/d10606.htm. Acesso em 06 de mar. 2024.

BRASIL. Decreto nº 7.343, de 26 de outubro de 2010. Regulamenta o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata o art. 6º da Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 out. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7343.htm. Acesso em: 06 de ma. 2024.

BRASIL. Lei n. 12.114, de 9 de dezembro de 2009. Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6º e 50 da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm. Acesso em: 06 de ma. 2024.

BRASIL. Lei n. 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 06 de ma. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Decreto 10.606 de 22 de janeiro de 2021. Institui o Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura e o Comitê Técnico de Acompanhamento do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.

BRASIL. Decreto de 12 de dezembro de 2005. Cria o Parque Nacional da Chapada das Mesas, nos Municípios de Carolina, Riachão e Estreito, no Estado do Maranhão, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/dnn/dnn10718.htm.

BROCKLESBY, J. Using the viable systems model to examine multi-agency arrangements for combatting transnational organised crime. **Journal of Operational Research Society**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 418-430, 2012. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41353941>. Acesso em: 06 mar. 2024.

BUGWANDIN, V., & BAYAT, M. Organisational cybernetics: A systems thinking method used for small and medium enterprises. **Acta Commercii**, (2023). Disponível em: <https://doi.org/10.4102/ac.v23i1.1092>.

CASTILLO, R.; BOTELHO, A. C.; BUSCA, M. D. Agronegócio globalizado no MATOPIBA maranhense: análise da especialização regional produtiva da soja, **Espaço e Economia**, 21 | 2021, Online since 09 July 2021, connection on 01 July 2025. URL: <http://journals.openedition.org/espacoeconomia/19325>; DOI: <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.19325>.

CHAUDHRY, I. Viable system model: a tool for managing sustainable development holistically. **Management & Sustainability An Arab Review**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 50-65, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359799950_Viable_system_model_a_tool_for_managing_sustainable_development_holistically. Acesso em: 06 mar. 2024.

DIAS, T. **Modelo de sistemas viáveis em organizações públicas**: um estudo de caso. 1998. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola de Governo/Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1998.

DOBBS, R.; *et al.* **Resource Revolution**: Meeting the world's energy, materials, food and water needs. [Chicago]: McKinsey Global Institute, 2011. Disponível em: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/resource%20revolution/mgi_resource_revolution_full_report.pdf. Acesso em: 06 mar. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Diretrizes Técnicas para Certificação da Soja Baixo Carbono**. Brasília, 2023.

FEITOSA, M. M.; LEMOS, J. de J. S; CAMPOS, K. C. Simulações para produzir soja de forma sustentável na região do Matopiba. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, n. 1, p. 196–221, 2020. DOI: 10.24302/drd.v10i0.2629.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of food and agriculture: innovation in family farming**. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i4040e/i4040e.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Sidra Banco de Tabelas**. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Parna da Chapada das Mesas**. Brasília: ICMBio, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-chapada-das-mesas>. Acesso em: 12 mar. 2026.

LECHLER, R.; *et al.* The project-oriented organisation through the lens of viable systems. **Project Leadership and Society**, v. 3, n. 100072, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plas.2022.100072>.

MACHADO NETO, A.; MONTEIRO, F.; GIRALDI, J. **O Modelo de Sistemas Viáveis - VSM**: proposta para sua aplicação em uma instituição municipal de ensino superior. In: MARTINELLI, Dante Pinheiro; VENTURA, Carla Aparecida Arena (org.). *Visão sistêmica e administração: conceitos metodologias e aplicações*. São Paulo: Saraiva, v. 1, n. 1, p. 119-144, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Plataforma ABC**. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Unidades de Conservação Federais: Parque Nacional da Chapada das Mesas**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma>.

OLIVEIRA, C. E de; *et al.* Estão as transições florestais associadas ao comércio internacional de commodities agrícolas? **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 26, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc0094r1vu2023L3AO>. Acesso em: 03 de julho de 2025.

PANAGIOTAKOPOULOS, P. D.; ESPINOSA, A.; WALKER, J. Sustainability management: insights from the Viable System Model. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, p. 267–277, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.11.035

PEPPARD, J. **The application of the viable systems model to information technology governance**. ICIS 2005 Proceedings, 5 (2005).

PÉREZ RÍOS, J. **Diseño y Diagnóstico de Organizaciones Viáveis**: un enfoque sistémico. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2008.

RIZZOLI, A.; SCHLINDWEIN, S. O controle de agrotóxicos realizado pela CIDASC em Santa Catarina sob a perspectiva do Modelo do Sistema Viável (VSM). In: **Congresso Brasileiro De Sistemas**, v. 9., p. 125-145, Palmas. Anais [...]. Palmas: Unitins, 2013.

RODRIGUES, R., *et al.* The actions of the Brazilian agricultural sector in the context of climate change negotiations. **Sustentabilidade em Debate**. 2019. <https://doi.org/10.18472/sustdeb.v10n2.2019.26238>.

SCHWANINGER, M.; SCHEEF, C. A test of the viable system model: theoretical claim vs. empirical evidence. **Cybernetics and Systems**, [s. l.], v. 47, n. 7, p. 544-569, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/01969722.2016.1209375>.

SOUSA, R. da C. **Caracterização polifásica de microrganismos fotossintetizantes da Chapada das Mesas**. 2019. 66 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

VIOLA, E.; MENDES, V. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 02462, 2022. DOI: 10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu2022L3AO.