

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

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

Meta 1 – Parte 1: Caracterizar os sistemas de produção mais representativos para as principais commodities do bioma Cerrado

Relatório Técnico

Coordenação Geral

Prof. Pedro Amaral (Cedeplar/UFMG)

Coordenação do Relatório

Prof. Bernardo Palhares Campolina Diniz (Cedeplar/UFMG)

Equipe Técnica

Maria Alice Souza (Cedeplar/UFMG)

Vitor Marinho (Cedeplar/UFMG)

Belo Horizonte/MG
Junho/2025

SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente relatório tem como objetivo apresentar a dinâmica agrícola de quatro culturas mais relevantes para o Cerrado brasileiro, a saber a soja, o milho, algodão e a cana-de-açúcar, de modo que está organizado em cinco seções. A seção introdutória apresenta o contexto geral para compreensão da dinâmica agrícola contemporânea do cerrado brasileiro.

O relatório tem início com a apresentação de características estruturais do sistema produtivo agrícola da região, onde são apresentados dados do Censo Agropecuário procurando caracterizar as especificidades da região vis-à-vis outras regiões brasileiras, onde fica evidenciada a predominância da agricultura patronal intensiva em capital e tecnologia. São apresentadas informações que permitem diferenciar alguns destes elementos. A concentração fundiária na região se destaca em relação ao restante do país, o que dá região uma condição única.

Do ponto de vista do paradigma produtivo da agricultura ao longo das últimas décadas o relatório aponta uma importância crescente da inovação e da pesquisa, com uma participação crescente do setor privado no modelo agrícola da região.

O modelo agrícola desenvolvido e estabelecido no cerrado brasileiro se caracteriza por uma dualidade. De um lado, o modelo de larga escala, enorme intensidade tecnológica e de capital, resultante da opção da chamada revolução verde (Hayami e Ruttan, 1988), convivendo com atividades agrícolas de baixa capitalização, pequena escala e menor incorporação tecnológica.

O resultado foi uma expansão da atividade agrícola das principais culturas presentes na região (algodão, cana-de-açúcar, milho e soja) de forma concentrada com algumas regiões apresentando elevadas produtividades, ao passo que outras parcelas do bioma convivem com produtividades, tecnologia e intensidade de capital muito menores.

Do ponto de vista da política regional, é necessário aperfeiçoar a sustentabilidade do bioma, na medida em que ele está situado em uma região de extrema importância para diversas bacias hidrográficas brasileiras, logo o uso de defensivos agrícolas, fertilizantes e fungicidas tem impacto relevante.

São analisadas as quatro culturas em termos da sua dispersão espacial dentro do cerrado, evidenciando-se características e particularidades de cada uma destas culturas e sua predominância em algumas áreas ou outras do cerrado.

As culturas possuem particularidades importantes e características específicas, sendo que a soja e o milho se sobressaem em relação ao algodão e a cana-de-açúcar no que diz respeito ao volume e a importância, bem como a maior dispersão geográfica das duas culturas que estão mais dispersas na região.

Os últimos anos foram marcados por um aumento da importância da região na produção de soja e milho, tanto em termos absolutos como em termos relativos. No caso do algodão, praticamente, toda sua produção está concentrada na região do cerrado. No caso da cana-de-açúcar, apesar da expansão observada ao longo dos anos, a participação absoluta e relativa ainda é menor do que aquela observada no caso dos outros três produtos.

Por último apresentamos uma análise de componentes principais onde são apontadas as principais variáveis explicativas para cada uma das culturas aqui analisadas. Observa-se de uma forma geral que a maior ou menor intensidade de capital, as características fundiárias, aptidão agrícola são elementos importantes para explicar a maior parte da variância observada na produção das culturas analisadas.

Sumário

1 - Introdução	5
2 - Caracterização do Cerrado e sua Estrutura Fundiária	7
2.1. - A estrutura fundiária agrícola do Cerrado	8
2.2. - O Modelo Produtivo Patronal do Cerrado	15
3 - Mudanças na base tecnológica e novos paradigmas	19
3.1. - Capital na agricultura: máquinas e equipamentos	22
3.2. - Novas tecnologias: a presença de aviões e drones no Cerrado e no Resto do Brasil	27
4 - Caracterização das Culturas	31
4.1. - Potencial agrícola das terras	31
4.2. - Sustentabilidade do cerrado	33
4.3. - Produção para culturas selecionadas no Cerrado	37
4.4. - As Esmagadoras de Soja no Cerrado	48
4.5. - A indústria sucroalcooleira	54
5 - Análise de componentes principais e a dinâmica da agricultura no cerrado	60
5.1. - Soja	63
5.2. - Milho	64
5.3. - Cana-de-Açúcar	65
5.4. - Algodão	67
6 - Considerações Finais	68
7 - Referências bibliográficas	69

1 - Introdução

Para compreender a dinâmica agrícola do cerrado brasileiro, é necessário resgatar ainda que brevemente, a evolução do setor e suas transformações tecnológicas, econômicas e de estrutura produtiva, o que foi caracterizado pela literatura especializada como processo de “modernização conservadora”, no bojo da influência internacional da “revolução verde” (Guimarães, 1979; Müller, 1982; Delgado, 1985; Silva, 1996). Esta modernização foi denominada conservadora pois não alterou a estrutura agrária e os interesses das oligarquias regionais, como já evidenciado nas seções anteriores.¹

O que ocorreu no Brasil, como em outras partes do mundo foi a adoção do modelo que ficou conhecido como revolução verde, sob forte influência ideológica e política americana. Este modelo foi proposto e implementado por instituições americanas e multilaterais (Fundação Ford, Fundação Rockefeller, Banco Mundial e USAID) como sendo a forma de se salvar a agricultura dos países em desenvolvimento de uma suposta incapacidade de superar os obstáculos tecnológicos (Aleves e Contini, 1992). Por outro lado, ela correspondia ao interesse das multinacionais produtoras de insumos e equipamentos agrícolas, as quais determinaram os novos padrões tecnológicos e subordinaram os produtores à sua lógica. Era um modelo que não tinha por objetivo atacar um grave problema dos países atrasados: a concentração fundiária e as relações de produção. Consistia basicamente em adotar um pacote tecnológico capaz de aumentar a produção agrícola destes países sem modificar a estrutura agrária. Foram criadas instituições em várias partes do mundo² para dar suporte ao desenvolvimento de novas variedades. Pereira e Castro (2017) apresentam um histórico, a estrutura e o financiamento do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, que tem na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) o seu principal elo aglutinador (Alves e Souza, 2007).

¹ Para análise do papel da agricultura no processo de desenvolvimento, veja-se especialmente Guimarães (1979) e Hobsbawm (1979). Para uma análise da perda de importância relativa da agricultura e de sua subordinação ao setor industrial, veja-se especialmente (texto com o declínio secular da agricultura).

² Guimarães (1979) cita algumas destas instituições: ADC (Agricultural Development Council) nos Estados Unidos, que se tornou o ponto de partida para a criação de várias outras instituições, como, por exemplo, o IRRI (International Rice Research Institute) em Los Baños, Filipinas, em 1960; o International Maize and Weath Improvement Center, em 1966; em 1968, o International Institute of Tropical Agriculture (IITA), na Nigéria; em 1969, o Centro Internacional de Agricultura Tropical, na Colômbia; em 1972, o Centro Internacional de Patatas, no Peru; também em 1972, o International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, na Índia.

O sucesso do modelo do ponto de vista da melhoria na produção e no incremento da produtividade, no entanto, o modelo foi incapaz de contemplar os pequenos produtores devido a elevada exigência de capital. O pacote tecnológico que demandava insumos de ponta, como sementes, herbicidas, fertilizantes e maquinário avançado, inviabilizou o acesso desses produtores à modernização agrícola (Alves, 2013; Santos e Vieira Filho, 2012).

O período de 1960 a 1985 marca a mudança na base técnica da agricultura brasileira, com a consolidação do Complexo Agroindustrial Brasileiro – CAI. A partir desse momento, a agricultura brasileira se tornou menos dependente de seu laboratório natural (a terra) e da força de trabalho, e cada vez mais dependente da indústria produtora de insumos (chamada Departamento de Meios de Produção da indústria para a agricultura) e da indústria processadora de produtos naturais. É o processo de subordinação da agricultura ao capital monopolista. Em que pese essa subordinação, o sucesso da expansão da agricultura no cerrado está ligado as condições naturais (clima, solo, relevo, altitude), associadas a uma mudança tecnológica do padrão produtivo.

Reflexo desse processo de modernização conservadora é o aumento da produção e do consumo de insumos agrícolas. Instala-se no país a indústria de tratores e colheitadeiras, além da de máquinas e equipamentos. A indústria de fertilizantes também se amplia, tanto o setor ligado à petroquímica, com a produção de nitrogenados, como o a indústria de fosfatados e potássicos.

No caso de tratores, colheitadeiras e outras máquinas, até 1960 sua produção inexistia no país. Com a política realizada durante o Governo Juscelino Kubitschek para a instalação do setor automobilístico no país, essa indústria cresce. Hoje, além de o país ter capacidade de produzir para suprir as necessidades do setor agrícola nacional, consegue ainda exportar³.

Os anos 1990 marcam uma nova etapa no processo agroindustrial brasileiro. A agricultura que até então se subordinava ao setor industrial a montante e a jusante finaliza seu processo de integração, passando a se subordinar ao setor comercial atacadista dos grandes conglomerados de distribuição de alimentos, completando o último elo da cadeia (Farina; Zulberstajn, 1992).

Na sequência apresentamos uma análise acerca da estrutura agropecuária do cerrado brasileiro. A segunda seção apresenta uma caracterização da estrutura fundiária do cerrado.

³ De acordo com dados Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (www.anfavea.com.br), Acesso em setembro de 2014, a produção passou de 10 mil unidades de tratores, escavadeiras, colheitadeiras e cultivadores, em 1965, para mais de 100 mil unidades em 2023.

A terceira seção apresenta alguns dados acerca da importância da pesquisa agrícola, dos marcos regulatórios acerca do registro de cultivares, procurando evidenciar a importância do setor privado e público para a oferta de sementes e organismos geneticamente modificados para as culturas analisadas neste relatório. A seção analisa ainda a questão do capital na agricultura, apresentando dados acerca da evolução e das diferenças regionais de máquinas, equipamentos, aviões e drones voltados para o setor agrícola.

A quarta seção se inicia com a apresentação de informações acerca do potencial agropecuários das terras do cerrado e da sua sustentabilidade, para na sequência apresentar a evolução da produção, área, produtividade, valor bruto da produção das culturas do algodão, cana de açúcar, milho e soja, procurando apontar como essas culturas estão localizadas dentro do cerrado de forma concentrada e articulada com outras atividades. São apresentados dados acerca da estrutura das agroindústrias ligadas a soja e ao setor sucroalcooleiro.

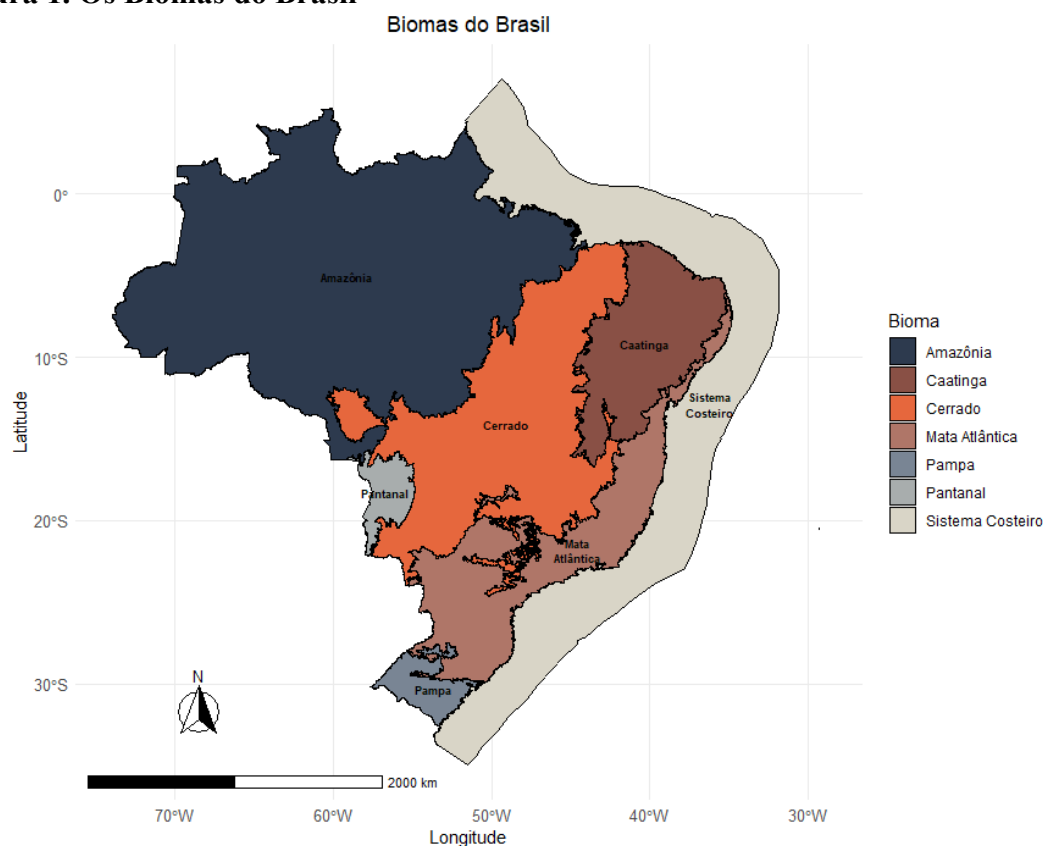
A última seção apresenta uma análise de componentes principais em que procuramos apontar os elementos mais relevantes para explicar a dinâmica agrícola observada nas quatro culturas analisadas. A última seção apresenta algumas considerações finais.

2 - Caracterização do Cerrado e sua Estrutura Fundiária

O bioma brasileiro definido pelo Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa cerca de 22% do território brasileiro, cuja extensão é superada apenas pelo bioma Amazônia. Além da grande extensão territorial, o Cerrado é conhecido como umas regiões de maior biodiversidade do mundo e compreende todos os estados do Centro-Oeste (Mato Grosso

do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal), além do Tocantins e partes de Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, São Paulo, Paraná e Rondônia.

Figura 1. Os Biomas do Brasil



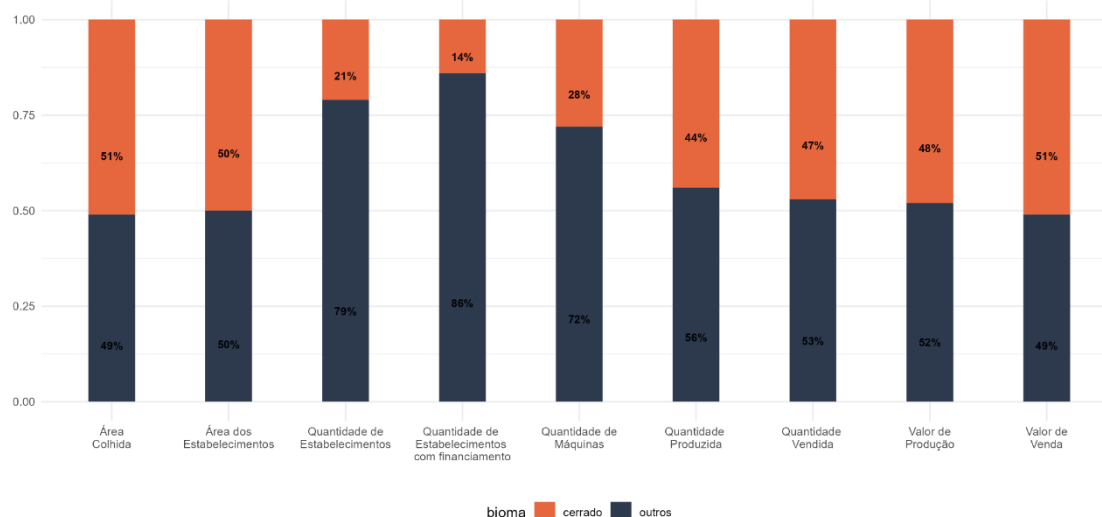
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do GEOBR

2.1. - A estrutura fundiária agrícola do Cerrado

O bioma Cerrado é responsável por 21% do total de estabelecimentos agropecuários. Apesar de representar menos da metade da quantidade total, a área dos estabelecimentos do cerrado corresponde à 50% do total Brasil, similar à área colhida, quantidade produzida, quantidade vendida, valor da produção e valor de venda, que representam cerca de 49%, 44%, 47%, 48% e 51% do total, respectivamente, conforme aponta a Figura 2. Apesar da produção, venda e área possuírem um montante significativo, o cerrado possui apenas 14% dos estabelecimentos que possuem financiamento e 28% do total de máquinas voltadas para agropecuária.

Figura 2. Participação da Agropecuária do Cerrado em relação ao restante do Brasil (Área Colhida, Área dos Estabelecimentos, Quantidade de Estabelecimentos, Quantidade

de Estabelecimentos com Financiamento, Quantidade de Máquinas, Quantidade Produzida, Quantidade Vendida, Valor da Produção e Valor de Venda)

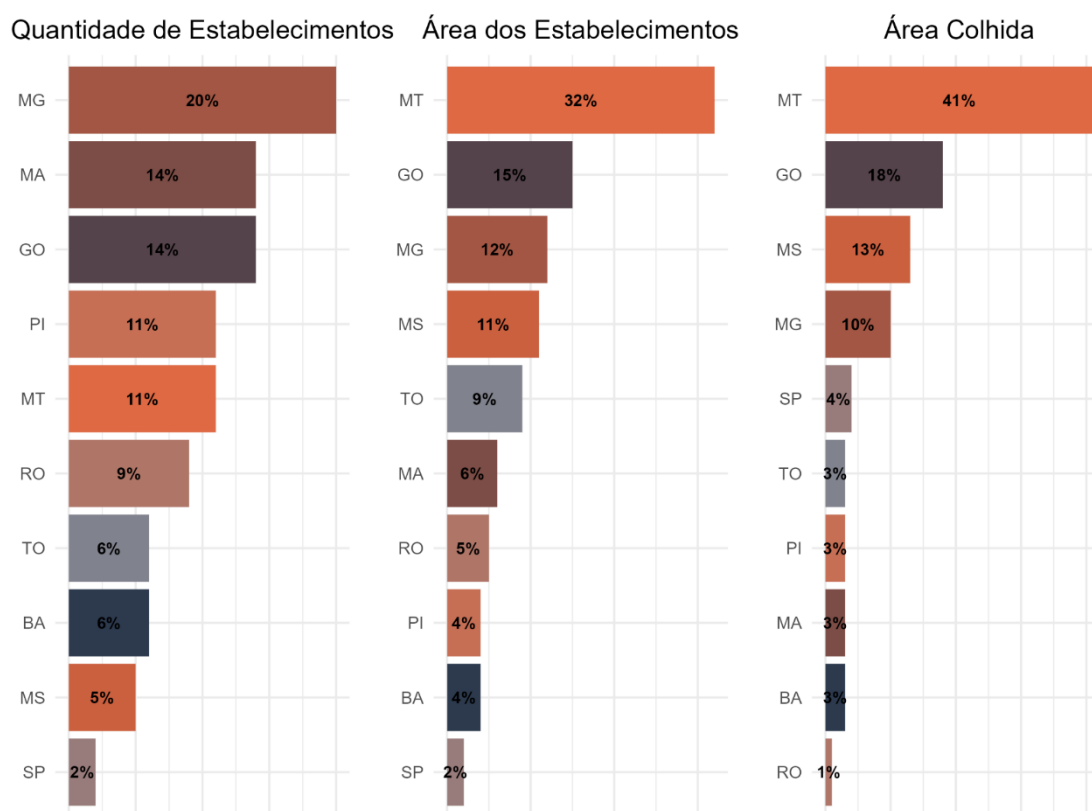


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

Esse resultado implica em uma característica importante do bioma em questão: a concentração fundiária e produtiva em poucos estabelecimentos. Em outras palavras, tem-se que o bioma não possui a maior quantidade de estabelecimentos. No entanto, representa cerca da metade da área total, da área colhida, das quantidades vendidas e produzidas e, por último, dos valores produzidos e vendidos.

Uma análise intra-bioma reforça a distância entre quantidade de estabelecimentos e valores produtivos. A **Figura 3** apresenta a participação de cada Unidade Federativa no total da quantidade, área dos estabelecimentos e área colhida do Cerrado. Observa-se que Minas Gerais detém a maior quantidade de estabelecimentos, cerca de 20% do total, seguido pelo Maranhão e Goiás. No entanto, o estado do Mato Grosso é responsável pela maior área dos estabelecimentos e área colhida, cerca de 32% e 41% respectivamente, seguido por Goiás e Mato Grosso do Sul.

Figura 3. Participação das Estados no Total da Quantidade de Estabelecimentos, Área dos Estabelecimentos e Área Colhida do Cerrado

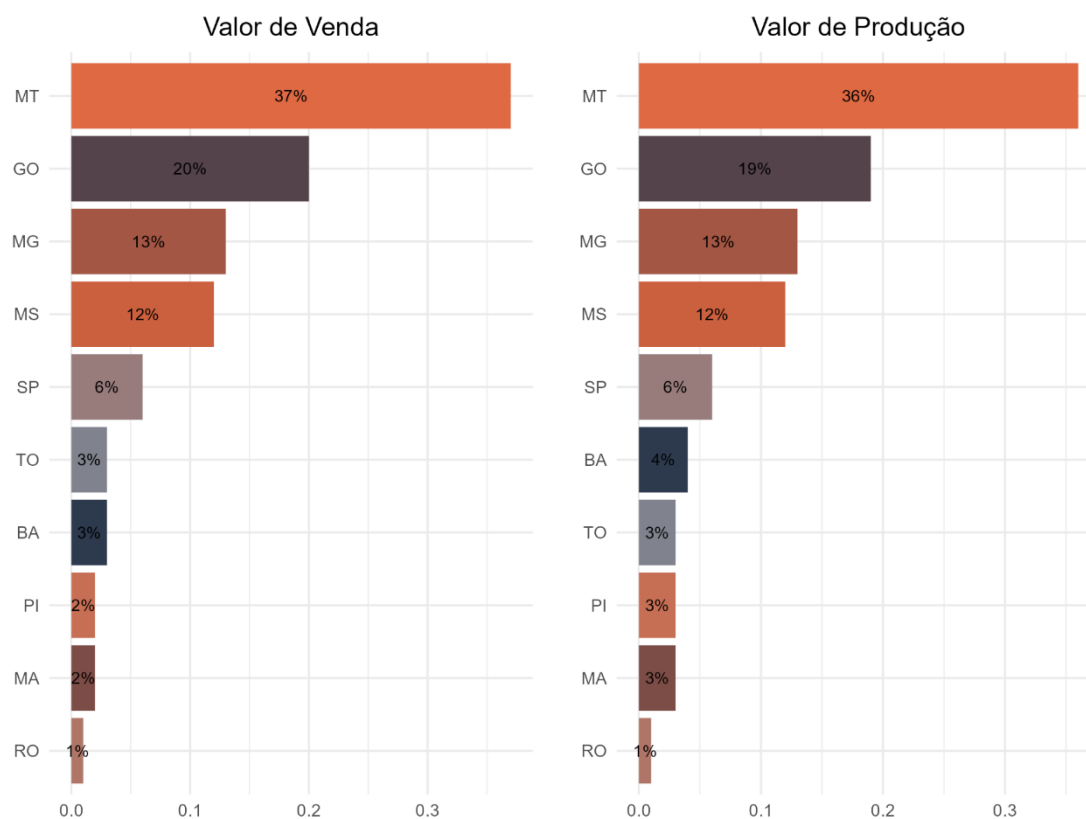


Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

Ao analisar os valores de venda e produção, tem-se o Mato Grosso como principal expoente, representando cerca de 37% e 36%, em respectiva ordem, do total produzido pelo bioma, como demonstra a **Figura 4**. Além disso, observa-se o papel elementar da região Centro-Oeste, que representa cerca de 70% do valor produzido pelo Cerrado.

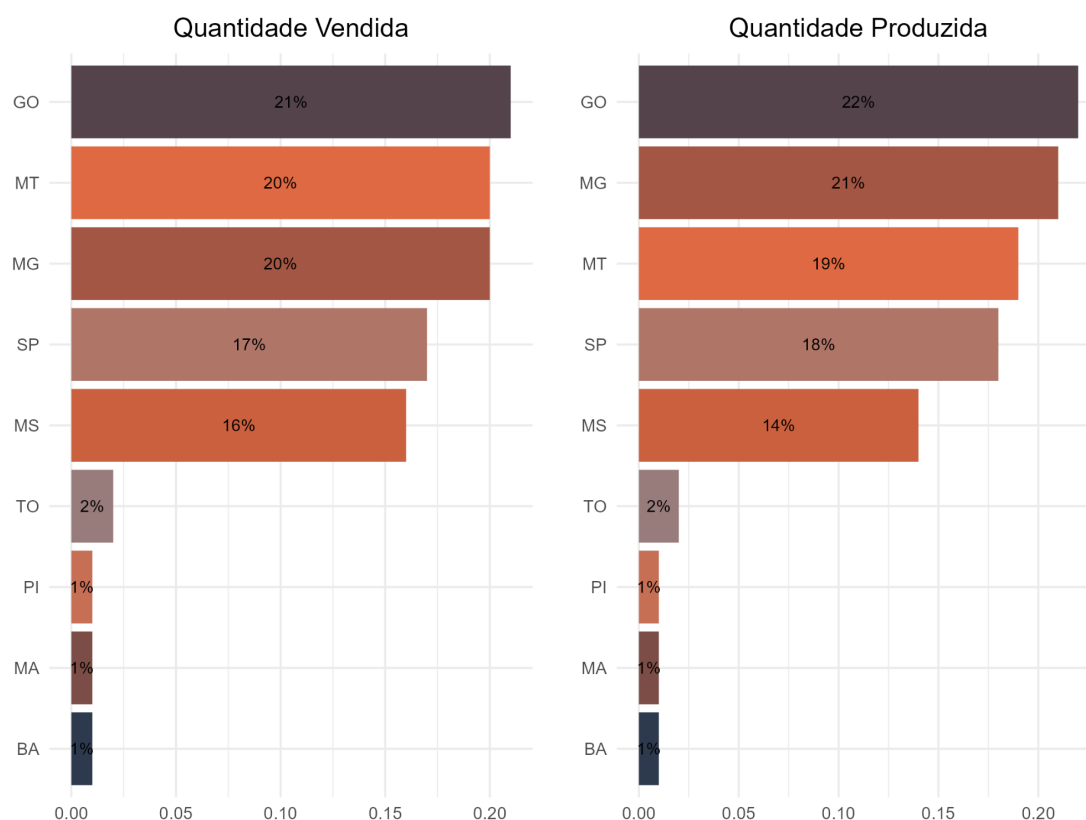
Porém, ao analisar as quantidades vendidas e produzidas, nota-se que Goiás detém da maior parcela, representando 21% e 22% do total, seguido por Mato Grosso e Minas Gerais, conforme demonstra a **Figura 5**. A inversão entre valores e quantidades é um indício que a produção do Mato Grosso é mais valorosa, haja visto que detém dos maiores valores, mas não possui a maior quantidade vendida e produzida do bioma.

Figura 4. Participação das Estados no Total do Valor de Venda e Valor de Produção do Cerrado



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

Figura 5. Participação dos Estados no Total da Quantidade Vendida e Quantidade Produzida do Cerrado



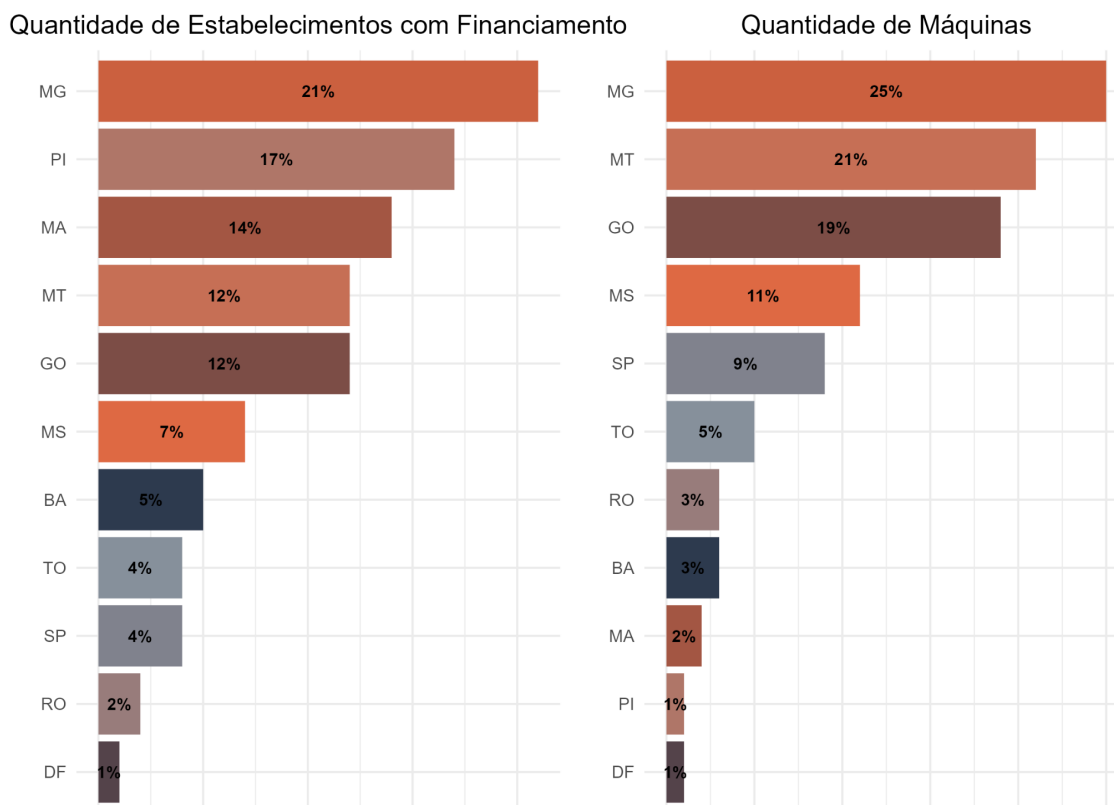
Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

O Estado de Minas Gerais apresenta o maior número de estabelecimentos, como mencionado anteriormente. Mas, estes estabelecimentos representam 12% da área total e 11% da área colhida. Apesar disso, Minas Gerais apresenta o terceiro maior valor de produção e de venda, bem como parcelas significativas das quantidades vendidas e produzidas. Além disso, é o estado que possui o maior número de estabelecimentos com financiamento e com maior maquinário relacionado à agropecuária, conforme demonstra a **Figura 6**.

O Mato Grosso, o principal expoente em termos de área e valores de produção e venda, ocupa a quarta posição quando trata-se de financiamento e segunda posição quando trata-se de maquinário. Como a variável de financiamento é medida pela quantidade de estabelecimentos e Mato Grosso possui 11% do total, faz sentido que o principal expoente não ocupe o primeiro lugar quando se trata de financiamento e número de estabelecimentos. No entanto, o que chama atenção é o estado do Piauí, que detém de 17% da quantidade de estabelecimentos com financiamento. Mesmo que não possua grandes participações relativas nos valores produtivos

e nas variáveis de área, pode-se dizer que o estado possui um elevado número de estabelecimentos com financiamento.

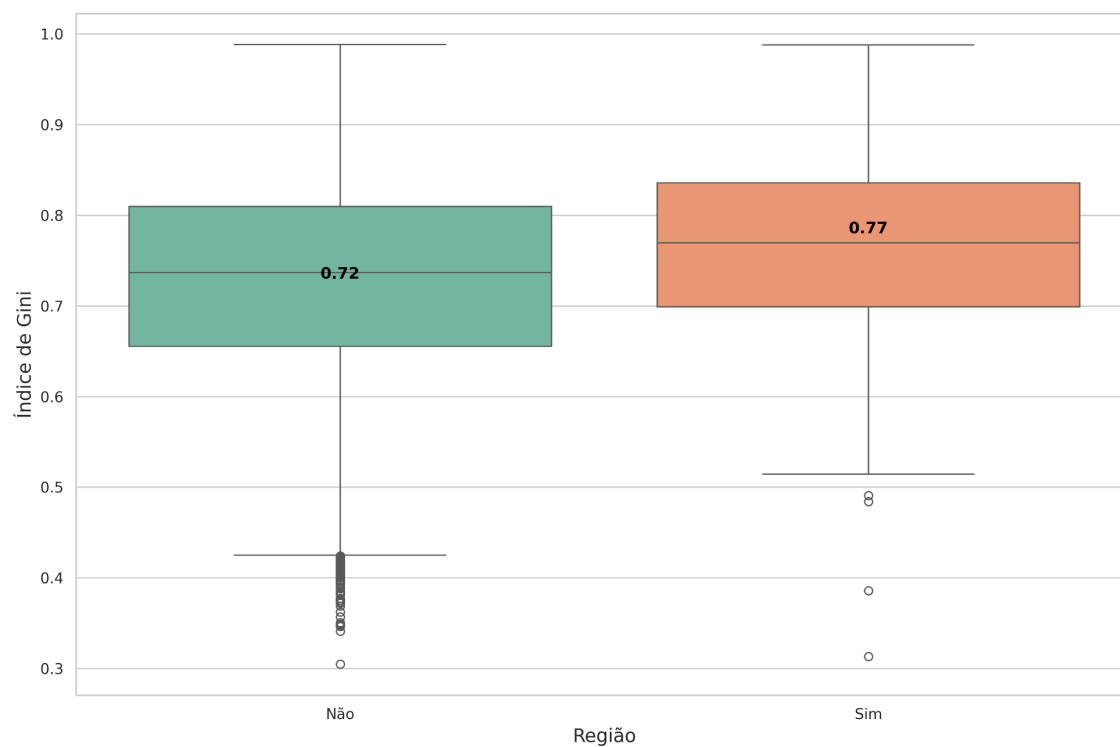
Figura 6. Participação das Estados no Total da Quantidade de Estabelecimentos com Financiamento e na Quantidade de Máquinas do Cerrado



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

A concentração de terra é reafirmada quando analisado o Gini da Terra, conforme demonstram as **Figuras 7 e 8**. Em média, o Cerrado possui um Índice de Gini maior do que o restante do Brasil, na ordem de 0.77, mesmo com uma amostra de 1.255 municípios, enquanto o restante do Brasil possui uma média de 0.72, com 4.330 municípios. Mas, a distribuição geográfica do índice não é homogênea dentro do bioma. É possível observar que as regiões da Bahia, o norte do Maranhão e grande parte do Mato Grosso possuem maior Gini da Terra, indicando concentração fundiária. Também, é possível notar que o sul de Minas Gerais, e parte da fronteira de Goiás com Mato Grosso do Sul possuem menor concentração fundiária.

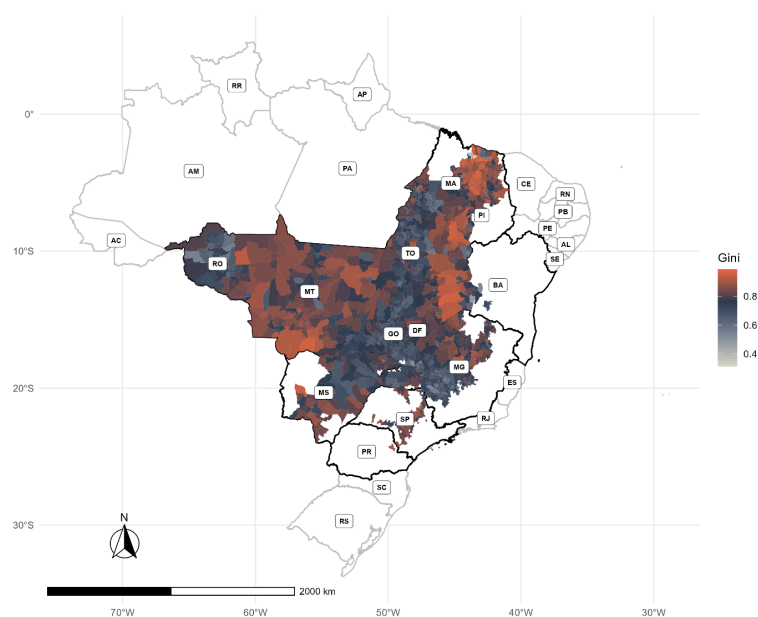
Figura 7. Gini da Terra entre Cerrado e Resto do Brasil



Número de municípios:
Cerrado (Sim): 1255
Resto do Brasil (Não): 4330

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

Figura 8. Distribuição do Gini da Terra no Cerrado



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

2.2. - O Modelo Produtivo Patronal do Cerrado

A concentração fundiária somada a grandes participações em variáveis produtivas revela o modelo de produção do cerrado, em que a tipologia patronal é o principal expoente. A **Tabela 1** revela a participação da tipologia patronal e familiar nas variáveis, comparando com o resto do Brasil. No que tange à quantidade de estabelecimentos, 72,5% advêm da agricultura familiar, enquanto 27,5% da agricultura patronal. Porém, quando se trata da área destes estabelecimentos, 84,7% é da patronal, enquanto 15,3% da familiar. Ou seja, a relação patronal no cerrado brasileiro concentra grande parte da área dos estabelecimentos, enquanto a relação familiar detém de pouca área relativa, mas um maior número de estabelecimentos. Em outras palavras, tem-se que a agricultura familiar é mais pulverizada no espaço, enquanto a patronal é mais concentradora de terra. A mesma estrutura é vista no restante do Brasil, mas em menor magnitude.

Tabela 1. Participação da Agricultura Familiar e Patronal nas Variáveis Agropecuárias do Cerrado e Resto do Brasil

	Cerrado		Outros Biomas	
	Agricultura Familiar	Agricultura Patronal	Agricultura Familiar	Agricultura Patronal
Quantidade de Estabelecimentos	73%	27%	78%	22%
Área dos Estabelecimentos	15%	85%	31%	69%
Valor da Produção	4%	96%	27%	73%
Valor de Venda	3%	97%	22%	78%
Área Colhida	5%	95%	28%	72%
Quantidade Produzida	4%	96%	13%	87%
Quantidade Vendida	2%	98%	8%	92%

Quantidade de				
Estabelecimentos				
com	57%	43%	78%	22%
financiamento				
Quantidade de				
Máquinas	21%	79%	52%	48%

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

Ao analisar o restante das variáveis, observa-se uma maior distância entre as tipologias no cerrado brasileiro. A agricultura familiar detém de 4% e 3% dos valores de produção e venda, respectivamente, enquanto a agricultura patronal representa 96% e 97%. Ou seja, do total dos valores arrecadados no cerrado, a relação patronal representa quase a totalidade. Nos outros biomas, a tipologia familiar representa relativamente mais nos valores de produção e venda, totalizando 27% e 22%. O mesmo padrão é observado nas quantidades vendidas e produzidas na área colhida. Enquanto a tipologia familiar representa menos do que 5%, a tipologia patronal domina a participação. Em paralelo, nos outros biomas, a participação da familiar é relativamente maior.

No que tange ao financiamento, nota-se que, apesar da menor participação nas variáveis produtivas, a agricultura familiar detém de 57% dos estabelecimentos que possuem financiamento. Contudo, é preciso lembrar que essa variável é medida pela quantidade de estabelecimentos e, como mencionado anteriormente, há mais estabelecimentos na tipologia familiar. No resto do Brasil, a diferença entre tipologias é maior que no Cerrado: a agricultura familiar detém 78% dos estabelecimentos financiados.

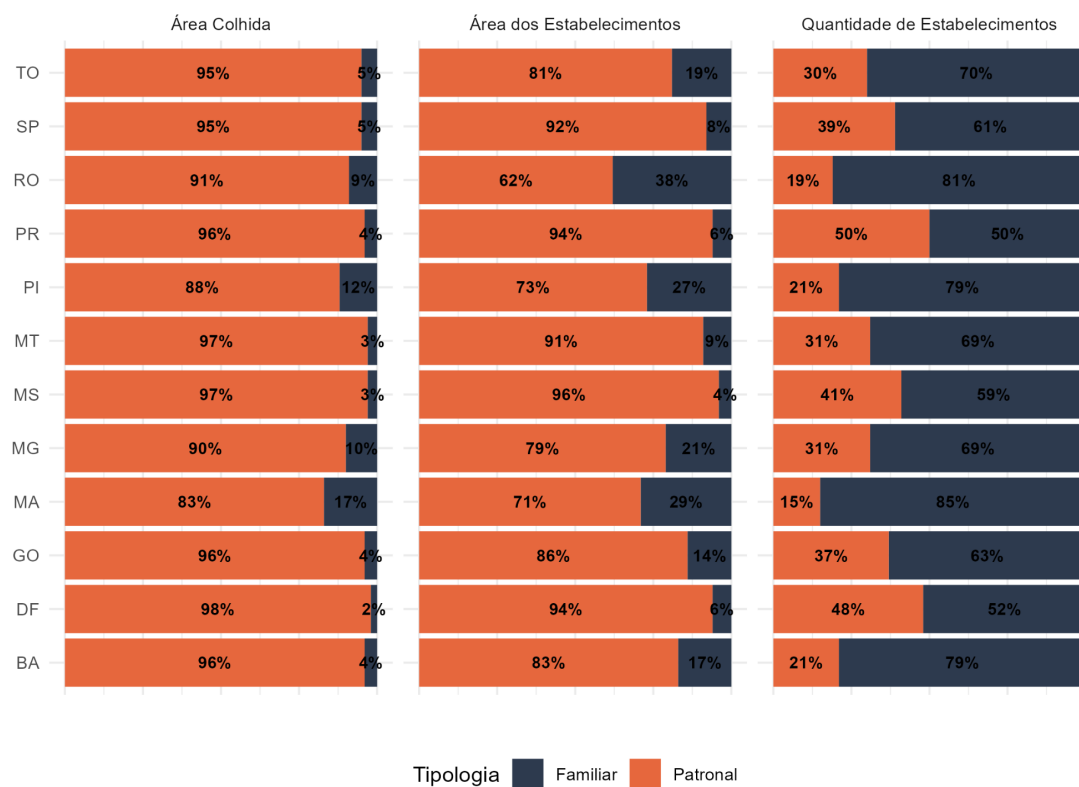
Por último, 79% das máquinas são de responsabilidade da agricultura patronal do cerrado, versus 21% da agricultura familiar. Esse é um resultado esperado, visto que a tipologia patronal possui maiores participações nas variáveis produtivas. Porém, essa diferença é menor comparada com o resto do Brasil, em que a tipologia familiar detém 52% das máquinas. Ou seja, a agricultura familiar do cerrado é, em certa medida, menos mecanizada do que a agricultura familiar do restante do país.

Uma análise intra-bioma permite identificar quais localidades possuem maior participação da agricultura familiar. A **Figura 9** apresenta a participação das tipologias para cada estado do Cerrado, para a área colhida, área dos estabelecimentos e quantidade de estabelecimentos. Nota-se que os estados que compõem o Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato

Grosso do Sul e Goiás) possui maiores participações da agricultura patronal na área colhida e na área dos estabelecimentos. Por outro lado, as maiores participações da agricultura familiar são vistas, para as áreas colhidas e dos estabelecimentos, nos estados do Maranhão, Piauí e Minas Gerais.

Conforme mencionado anteriormente, a agricultura familiar possui uma quantidade maior de estabelecimentos. Esse fato é visto para os estados do Cerrado, com exceção do Paraná, que as tipologias estão empatadas. Mesmo nas regiões que possuem em que a agricultura familiar não chega à 5% da área, esta tipologia apresenta maior quantidade de estabelecimentos. Por exemplo, 69% e 79% dos números de estabelecimentos advém da familiar no Mato Grosso e da Bahia.

Figura 9. Participação da Agricultura Patronal e Familiar nas Unidades Federativas do Cerrado (Área Colhida, Área dos Estabelecimentos e Quantidade de Estabelecimentos)



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

3 - Mudanças na base tecnológica e novos paradigmas

Vários autores têm discutido as mudanças tecnológicas no âmbito da pesquisa agrícola. A maior mudança observada foi a passagem de uma pesquisa baseada na adaptação tecnológica, utilização de insumos moderno e máquinas e equipamentos, para um paradigma tecnológico completamente diferente, baseado cada vez mais na bioquímica, na biogenética e em uma série de elementos que estão relacionados com propriedade intelectual, aquilo que é conhecido na literatura como ciência de segunda geração.

Salles-Filho, et al (2000) faz uma análise das mudanças institucionais e da evolução da pesquisa no âmbito da Embrapa. Para ele a atuação da Embrapa pode ser dividida em fases:

A primeira fase vai da criação até o 1984, foi caracterizada por uma atuação que se baseou no “repasso de tecnologias modernas”. Na segunda fase que se inicia em 1985, a instituição passou a se dedicar a geração de novas tecnologias. A ênfase foi a diminuição da dependência externa de tecnologia, preservação do meio ambiente e um esforço em direção à pesquisa básica. Esta segunda fase pode ser subdividida em subfases que deram origem a formulação de um planejamento estratégico. Entre 1988-1992 o foco foi a reformulação do P&D; o período 1994-1998 marcou a consolidação da P&D a partir do acompanhamento e da avaliação das atividades fim; o desenvolvimento de negócios tecnológicos, que devem constituir o mecanismo para a transferência de tecnologias e o incremento a geração de receitas próprias foi a principal foco no período 1999-2003. No IV Planejamento Estratégico destacam-se três áreas: as atividades de P&D voltadas para as cadeias de agronegócio; as pesquisas agropecuárias inovadoras em temas estratégicos que contribuam para aumentar e aprofundar o conhecimento existente e as atividades de P&D direcionadas aos pequenos e médios agricultores, buscando incorporá-los aos setores mais dinâmicos. Está em discussão um novo Plano Diretor que considere questões a longo prazo. (Salles-Filho, 2000; Campanhola, 2004; Funk, et al, 2008; Funk, 2009).

Aqui é importante destacar que a atuação da Embrapa na definição de marcos legais tem sido estratégica para o seu sucesso e o avanço das instituições que compõem o SNPA. A Lei de Proteção de Cultivares (LPC) promulgada em 1997 permitiu a apropriação de inovações e a garantia da propriedade intelectual sobre os cultivares, permitindo a cobrança de royalties

e taxas tecnológicas.⁴ Esse contexto fez com que a Embrapa criasse uma série de parâmetros normativos internos que proibiram a concessão de participação dos parceiros privados na titularidade dos materiais desenvolvidos conjuntamente. Esse novo ambiente institucional fez com que os parceiros tivessem que rever sua posição principalmente entre aqueles participantes do processo de pesquisa e comercialização de sementes. Carvalho, et al (2006) apontam como a propriedade intelectual tem provocado modificações importantes no âmbito do mercado de produtos agrícolas e na pesquisa agrícola. O conhecimento como ativo intangível tem se tornado um dos elementos centrais da fronteira tecnológica do setor agropecuário.

De acordo com Funk, et al (2008) isso fez com que a Embrapa passasse a valorizar mais seus ativos, principalmente seu banco de germoplasma, o que só foi possível com a legislação nacional de propriedade intelectual e as normas internas. A instituição procura preservar legalmente os resultados de suas pesquisas e maximiza o uso de direitos de propriedade intelectual mediante a licença de processos e produtos para parceiros públicos e privados procurando atingir sua missão social. Há um controle bastante rigoroso da parceria com o setor privado. Um exemplo foi o rompimento da parceria existente entre a Embrapa e a Fundação Mato Grosso. A parceira não aceitou se enquadrar na nova regulamentação imposta pela Embrapa no que diz respeito a titularidade e a divisão dos royalties e como consequência a parceria foi interrompida.

As parcerias com o setor privado em geral têm sido realizadas nas fases finais de pesquisa e na colocação das tecnologias no mercado. O parceiro privado ao aportar recursos recebe em contrapartida o licenciamento exclusivo para explorar esses materiais. Exclusividade esta que é garantida pela legislação de propriedade intelectual.

Funk (2009) analisa a atuação e a presença da Embrapa nos mercados de sementes de soja e milho e demonstra a importância da atuação da empresa para garantir um melhor ambiente de concorrência nestes mercados⁵. Funk, et al (2008) apontam que a empresa possuía até 2006 um portfólio de 129 patentes concedidas, 168 marcas registradas e 30 softwares registrados. Importante salientar que quando se trata de hortaliças, legumes e frutas, e alguns tipos de grãos – como feijão, a importância e a presença da Embrapa é incontestável.

⁴ O Brasil aderiu a União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV) em 1999. A UPOV é uma organização internacional que funciona junto a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) com sede em Genebra – Suíça. A legislação brasileira seguiu em linhas gerais a proposta da UPOV. Veja Funk, et al (2008) para maiores detalhes.

⁵ Ainda que haja uma grande presença de empresas estrangeiras, como Monsanto e Cargill.

Um outro aspecto importante diz respeito a atuação do CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança) que passou a atuar a partir da Lei de Biossegurança. O surgimento de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) provocou um amplo debate sobre questões éticas, impactos ambientais, na produção e é um dos aspectos que tem impactado diretamente e fortemente a pesquisa agrícola nos últimos anos. O Brasil, ao permitir a entrada de OGMs criou a necessidade de ampliação da pesquisa nesta área⁶. Além dos produtos geneticamente modificados, a Lei 11.105/2005 regulamentou a pesquisa, a importação, a exportação, a liberação no meio ambiente e o descarte de OMG, com o objetivo de garantir a segurança, saúde humana, animal e ambiental, além de proteger a biodiversidade brasileira.

Funk, et al (2008) chamam atenção para a trajetória recente que o Brasil fez no âmbito da pesquisa agrícola principalmente com a adoção de uma legislação sobre propriedade intelectual que tem delineado fortemente a nova trajetória tecnológica do setor agropecuário.

A inovação se tornou elemento central para o setor, e neste sentido a propriedade intelectual tem ganhado uma importância estratégica na formação do arcabouço institucional do novo regime tecnológico em desenvolvimento. O surgimento de novos cultivares, mais resistentes a pragas ou a regimes de estresse hídrico tem ganhado cada vez mais importância. Em um mercado de forte concentração (o de sementes e mudas) é importante discutir a incerteza que sempre ronda o financiamento das pesquisas no país, bem como a necessidade de se ampliar o debate acerca da organização das instituições envolvidas neste processo.

Abaixo apresentamos alguns dados da evolução da importância do número de cultivares registrados no Ministério da Agricultura e Abastecimento (Tabela 2), focado principalmente nas quatro culturas de interesse: algodão, cana-de-açúcar, milho e soja. Observa-se que há um aumento da presença da pesquisa privada, com grandes multinacionais presentes no mercado brasileiro, registrando cultivares ligadas estas culturas, com exceção da cana-de-açúcar, cujo registro encontra-se muito vinculado ao setor público, seja, pelas universidades ou por instituições de pesquisa pública. No caso das demais cultivares, observa-se ao longo do tempo um aumento considerável da importância das empresas privadas no registro de cultivares. Em relação aos OGMs observa-se que o milho se destaca como a cultura que possui atualmente o

⁶ Veja Funk (2009) para uma discussão mais detalhada.

maior número de produtos liberados para comercialização, seguido do algodão, da soja e da cana-de-açúcar.

Importante destacar que no caso dos OMGs do algodão, milho e soja, todos os produtos liberados para comercialização todos são registrados pelo setor privado. No caso da cana de açúcar todos os registros de OMGs liberados são do setor público.

Tabela 2 – Registro de cultivares segundo o detentor do registro e OMG liberados para comercialização: algodão, cana-de-açúcar, milho, soja, 1998-2024

Cultura	Público*		Privado*		Total Registros	OMG**
	Registros	%	Registros	%		
Algodão	111	36,9	190	63,1	301	25
Cana de Açúcar	164	75,6	53	24,4	217	7
Milho	229	3,6	6139	96,4	6368	62
Soja	424	17,2	2042	82,8	2466	21

*Registro de cultivares no MAPA. Dados de 1998 a Dez. 2024.

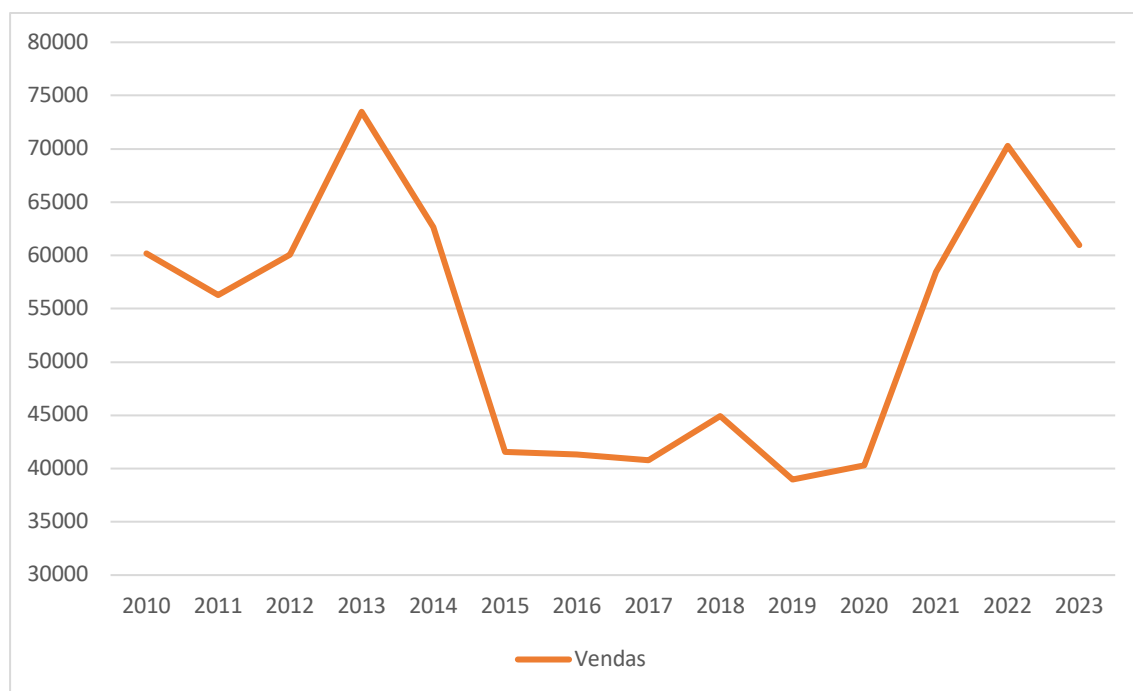
**OGM com comercialização de sementes autorizadas pelo MAPA. Dados de Dez/2024

3.1. - Capital na agricultura: máquinas e equipamentos

O setor agrícola é marcado por enormes diferenças internas. Convive com o uso de tecnologias de última geração, práticas modernas de plantio direto e uso de bio-insumos, que requerem um aporte de capital e conhecimentos significativos. Por outro lado, coexiste uma atividade agrícola de subsistência cuja característica é uma enorme dependência do trabalho humano de baixa qualificação, nenhuma mecanização, pouca ou nenhuma utilização de insumos voltados para um manejo mais sustentável.

Mesmo no setor moderno da agricultura, há uma ampla utilização de defensivos agrícolas e fertilizante. O grau de mecanização é um dos elementos que permite avaliar o avanço e o desenvolvimento e grau de capitalização do cerrado brasileiro. A Figura 10 apresenta a evolução das vendas de máquinas e equipamentos agrícolas e fornece uma ideia do grau de capitalização do setor.

Figura 10 – Evolução da venda de máquinas agrícolas (colheitadeiras, tratores de roda e cultivares)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados e apresentações da Anfavea, vários anos.

Os dados o Censo Agropecuário de 2017 indicam que o cerrado detinha 28% do número de máquinas e tratores voltados para agropecuária do Brasil. Porém, apresenta menor número da quantidade de estabelecimentos, comparando com o resto do Brasil. O número de máquinas e tratores por estabelecimento apresentado na Tabela 3 indica que a região possui uma proporção maior de máquinas por estabelecimentos comparativamente ao resto do Brasil.

Tabela 3. Razão das máquinas e tratores por estabelecimento no Cerrado e no Resto do Brasil

	Cerrado	Resto do Brasil
Número de Máquinas	563.361	1.436.597
Número de Estabelecimentos	1.053.551	4.019.773
Razão de máquinas por estabelecimentos	0.54	0.35

Tabela 2. Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

Em uma análise intra-bioma, é possível perceber a heterogeneidade desta distribuição. Em primeiro lugar, observa-se que, em todos os estados, que os estabelecimentos patronais concentram o maior número de máquinas, conforme demonstra a Tabela 4. O estado de

Rondônia é o que apresenta a maior participação da tipologia familiar, que representa 36% do total do estado, o que pode ser explicado pelas características particulares e históricas do processo de ocupação do estado (Diniz, 2006). O maior número absoluto, da tipologia familiar, é verificado no estado de Minas Gerais, que apresenta um maquinário 1.9 vezes maior que o Mato Grosso, que possui o segundo maior número de máquinas sob domínio familiar. Essa diferença é explicada pelas características estruturais ligadas a distribuição fundiária entre os estados.

Tabela 3. Número de Máquinas e Tratores das Unidades Federativas do Cerrado

Quantidade de Máquinas				
Estados do Cerrado	Familiar		Patronal	
	Total	%	Total	%
MG	41.363	29%	99.440	71%
MT	21.869	19%	96.075	81%
GO	19.180	27%	90.487	83%
MS	8.834	14%	55.036	86%
SP	13.013	27%	35.328	73%
TO	4.231	16%	23.013	84%
BA	1.100	7%	15.011	93%
RO	6.031	36%	10.579	64%
MA	2.054	17%	9.833	83%
PI	651	11%	5.132	89%
DF	943	21%	3.583	79%
PR	75	13%	500	87%

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

Além disso, nota-se que a diferença, em termos absolutos, entre patronal e familiar, é significativa. Mesmo em Minas Gerais, que possui o maior número de máquinas sob tutela familiar, as máquinas patronais deste estado são cerca de 2.4 vezes maiores que as máquinas

familiares. No Mato Grosso, essa diferença é ainda maior: máquinas patronais são cerca de 4.4 vezes maiores que as número das máquinas pertencentes a estabelecimentos familiares.

O número absoluto fornece uma um parâmetro importante para avaliação do estoque de capital, mas não permite uma avaliação da importância relativa do estoque de capital e da sua distribuição relativa. Este indicador é apresentado na Tabela 5. Observa-se que a maior razão é verificada no estado de São Paulo, em que há cerca de 0.82 máquinas por estabelecimentos familiares. Em Minas Gerais, que possui o maior número de máquinas absolutas, há 0.28 máquinas por estabelecimentos familiares, ou seja, uma proporção em São Paulo quase três vezes maior do que a observada em Minas Gerais.

Do ponto de vista dos estabelecimentos patronais, a maior proporção também é observada no estado de São Paulo, com 3,43 máquinas por estabelecimento. O Mato Grosso do Sul apresenta a segunda maior razão, com 2,62 máquinas por estabelecimento, seguido pelo Mato Grosso, com 2,56.

Tabela 5. Razão entre Máquinas e Número de Estabelecimentos por Tipologia para cada Unidade Federativa do Cerrado

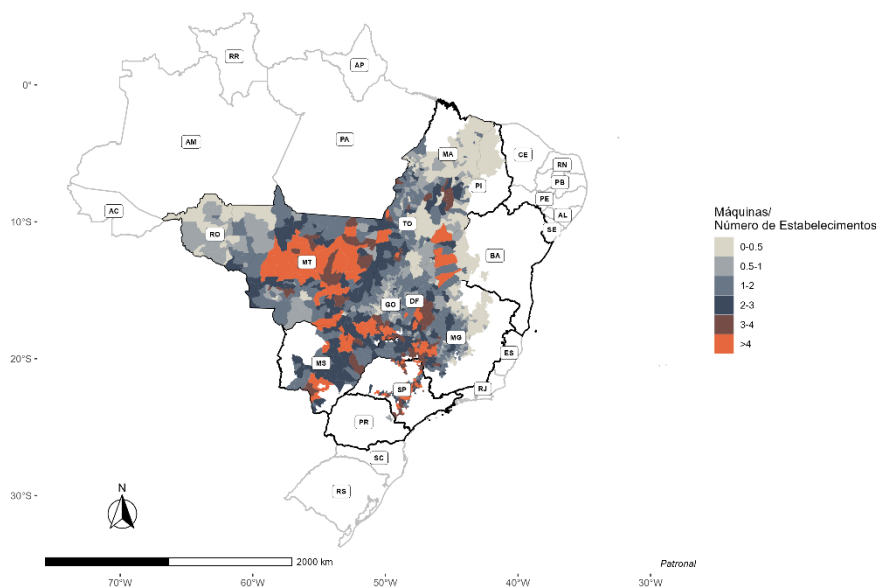
UF	Máquinas Patronal	Máquinas Familiar	Estabelecimentos Patronal	Estabelecimentos Familiar	Razão Familiar	Razão Patronal
RO	10.579	6.031	17.109	74.329	0.08	0.62
TO	23.013	4.231	18.853	44.955	0.09	1.22
MA	9.833	2.054	22.576	128.347	0.02	0.44
PI	5.132	651	25.068	93.737	0.01	0.2
BA	15.011	1.100	13.162	49.531	0.02	1.14
M G	99.440	41.363	65.404	147.718	0.28	1.52
SP	35.328	13.013	10.295	15.778	0.82	3.43
PR	500	75	504	510.	0.15	0.99
MS	55.036	8.834	21.012	29.642	0.30	2.62
MT	96.075	21.869	37.044	81.635	0.27	2.59
GO	90.487	19.180	56.045	95.051	0.2	1.61
DF	3.583	943	2.513	2.733	0.35	1.43

Tabela 4. Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017)

Os números indicam que a os estabelecimentos patronais apresentam maior número de máquinas por estabelecimentos, reforçando que a são mais intensivos em capital, com implicações diretas sobre a produtividade. Contudo, esse não é um fato homogêneo do Cerrado, ao contrário, como a **Figura 11** e **Figura** apresentam, há uma heterogeneidade no número de máquinas por estabelecimentos nos municípios da região. Enquanto os estados do Centro-

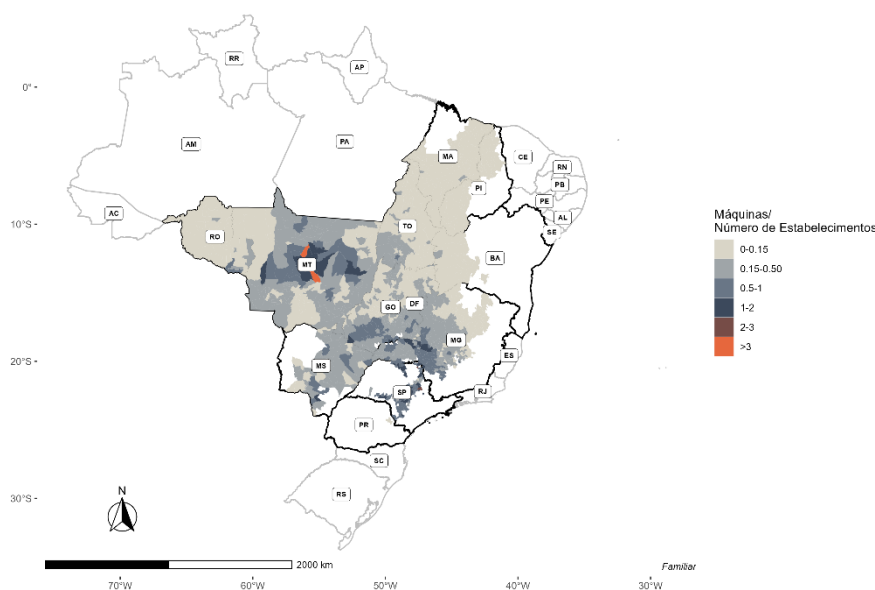
Oeste/Sudeste apresentam um maquinário patronal maior, Roraima, Maranhão e Piauí apresentam uma razão patronal menor do que 1. Ou seja, a intensidade de capital-maquinário destes estados diferencia-se da intensidade dos estados do Centro-Oeste/Sudeste. Além disso, observa-se a distância entre a tipologia familiar e patronal no Cerrado brasileiro. Enquanto grande parte dos estados apresentam razão patronal maior do que 1, nenhum estado apresenta razão familiar maior do que 1.

Figura 11. Número de Máquinas e Tratores pelo Número de Estabelecimentos – Patronal



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

Figura 12. Número de Máquinas e Tratores pelo Número de Estabelecimentos – Familiar



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

3.2. - Novas tecnologias: a presença de aviões e drones no Cerrado e no Resto do Brasil

A agricultura mundial tem experimentado de incrementos tecnológicos que vêm transformando o processo de cultivo. O avanço das tecnologias digitais e da inteligência artificial tem aberto novas possibilidades para o setor agrícola, com a agricultura de precisão ganhando uma importância crescente, principalmente à luz das mudanças climáticas e da crescente instabilidade decorrente destas alterações. O uso cada vez mais intenso da internet das coisas, tem permitido a adoção desta tecnologia do setor agropecuário.

Dentre esses avanços, observa-se uma crescente intensificação do uso de aeronaves e drones nas lavouras (Paiva, 2023; Cavalcante, et al 2022; Mesquita, 2014)⁷. De acordo com os dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o Cerrado possuía, em 2024, 4.201 registros de aviões convencionais voltados para agricultura, representando 73% do total, enquanto o resto do Brasil possui 1.517 registros. No tocante às aeronaves remotamente

⁷ Há uma extensa bibliografia que avalia a utilização de aviões e drones em diferentes atividades agrícolas.

pilotadas (drones), o Cerrado possui 1.303 registros, representando 37%, enquanto o resto do Brasil apresenta 2.261.

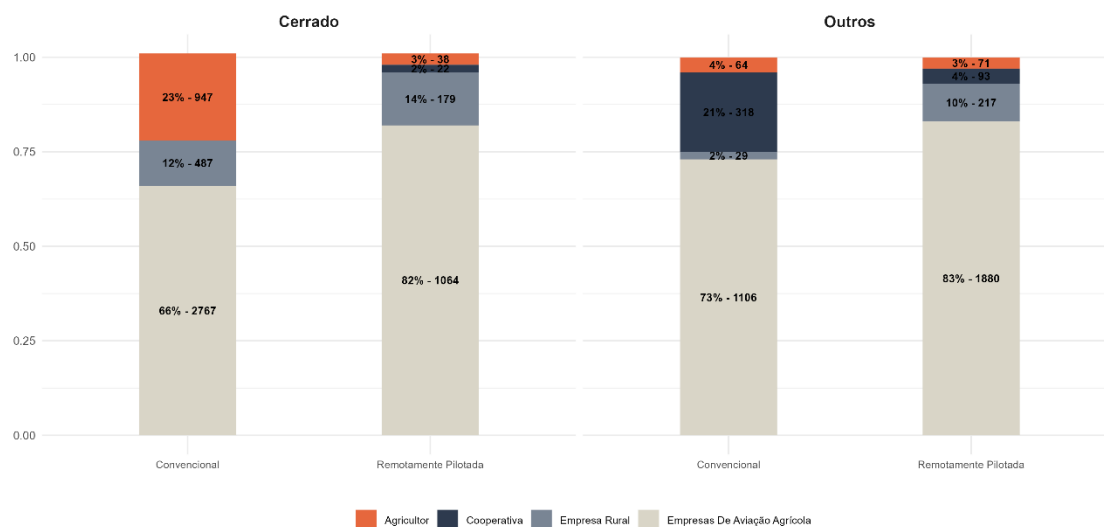
Os dados do ministério indicam três divisões para os registros das aeronaves: aquelas sob tutela do agricultor, sob tutela da cooperativa, sob tutela da empresa rural e sob tutela das empresas de aviação agrícola. A partir da Figura 13, observa-se que, na estrutura do Cerrado e do Resto do Brasil, predominaram as aeronaves sob tutela de empresas de aviação agrícola. No Cerrado, há 2.767 aviões convencionais e 1.064 drones sob gerência de empresas de aviação agrícola.

Os registros de posse dos aviões convencionais sob tutela do Agricultor são maiores do Cerrado do que em relação ao resto do Brasil. Enquanto o supracitado bioma apresenta 947 convencionais, o resto do Brasil apresenta 64 convencionais. Contudo, ao analisar os drones, o Cerrado tem 38 registros, enquanto o resto do Brasil apresenta 71, ainda sob tutela do agricultor.

Ao analisar os registros dos aviões convencionais sob gerência das Empresas Rurais, tem-se um número maior no Cerrado do que no resto do Brasil: 487 contra 29 registros. Mais uma vez, esse contexto muda ao analisar os drones: enquanto há 179 registros de drones no Cerrado, há 217 registros do resto do Brasil, sob tutela das Empresas Rurais.

Por último, as cooperativas apresentam o menor número dentro do Cerrado. Enquanto esse grupo apresenta 318 registros convencionais e 93 registros de drones no resto do Brasil, as Cooperativas no Cerrado não apresentam nenhum registro convencional e 22 registros de drones.

Figura 13. Participação do Agricultor, Cooperativa, Empresas Rural e Empresas de Aviação Agrícola no Total de Registros de Aeronaves Convencionais e Controladas Remotamente no Cerrado e no Resto do Brasil (2024)



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

Portanto, observa-se que o Cerrado é intensivo no capital-tecnológico relacionado à aviões convencionais, principalmente sob gerência das empresas de aviação agrícola, seguido pelos agricultores e pelas empresas rurais. Contudo, o Resto do Brasil está mais à frente no tocante ao uso das aeronaves remotamente pilotadas e com maior participação das Cooperativas nessa utilização.

A heterogeneidade do Cerrado é vista, mais uma vez, na distribuição dos registros de aeronaves intra-bioma, conforme demonstra a **Tabela 6**. O Mato Grosso possui os maiores registros dos aviões convencionais sob tutela das empresas de aviação agrícola, dos agricultores e das empresas rurais. Isso reforça o protagonismo do Estado como produtor e, agora, como intensivo em capital tecnológico. Ao analisar os registros dos drones, observa-se que Mato Grosso possui os maiores registros sob gerência do agricultor e de empresas rural, mas São Paulo possui o maior registro sob tutela das empresas de aviação agrícola.

Como mencionado anteriormente, as cooperativas participam relativamente pouco da estrutura tecnológica do Cerrado: não há registros de drones sob sua tutela e 20, dos 22 registros de aviões convencionais, estão localizados em São Paulo.

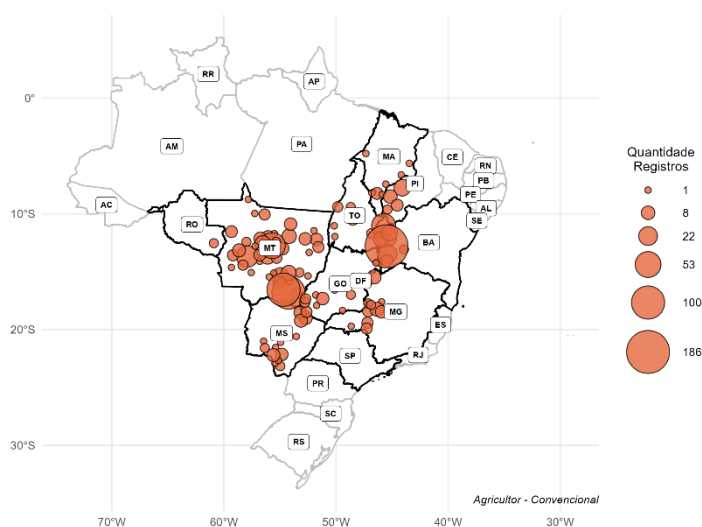
Tabela 6. Distribuição dos Registros de Aviões Convencionais e de Drones por Atividade Agrícola das Unidades Federativas do Cerrado (2024)

Empresas Aviação Agrícola			Agricultor		Empresa Rural		Cooperativa	
	Conv.	Drone	Conv.	Drone	Conv.	Drone	Conv.	Drone
BA	324	7	313	2	9	1	0	0
DF	0	5	0	0	0	0	0	0
GO	302	119	23	7	2	47	0	0
MA	229	31	10	4	14	8	0	0
MG	133	180	43	1	5	6	2	0
MS	669	95	44	4	20	6	0	0
MT	872	218	468	10	405	73	0	0
PI	2	0	30	0	18	0	0	0
RO	30	41	2	0	0	2	0	0
SP	75	275	0	9	0	34	20	0
TO	131	93	14	1	14	2	0	0

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

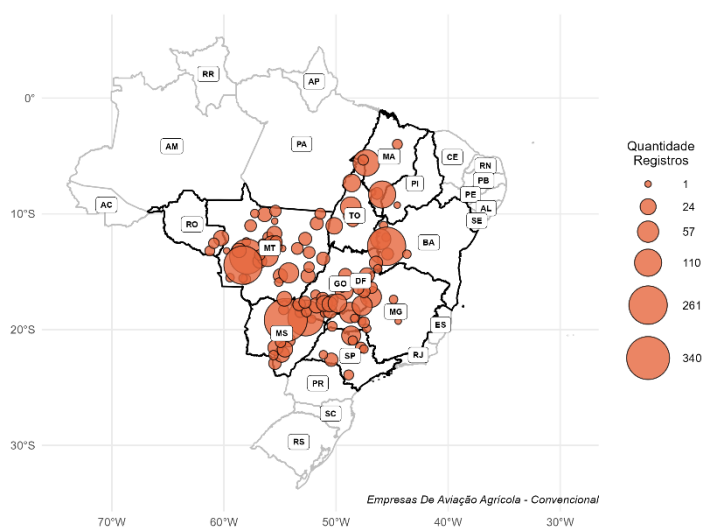
A distribuição dos registros de aviões convencionais e drones no espaço geográfico do Cerrado revela a concentração dos registros em localidades agrícolas importantes. A Figura 14 revela a concentração espacial dos registros convencionais, sob tutela do Agricultor, no Mato Grosso e em sua divisa com Goiás e Mato Grosso do Sul, e na Bahia, localidades importantes na produção das commodities analisadas. De modo similar, a Figura 15 aponta para os aviões convencionais das Empresas de Aviação Agrícola, revelando concentrações no Centro-Oeste, parte da Bahia e algumas localidades do Nordeste.

Figura 14. Distribuição de Aviões Convencionais sob tutela do Agricultor no Cerrado



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

Figura 15. Distribuição de Aviões Convencionais sob tutela de Empresas de Aviação Agrícola no Cerrado



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

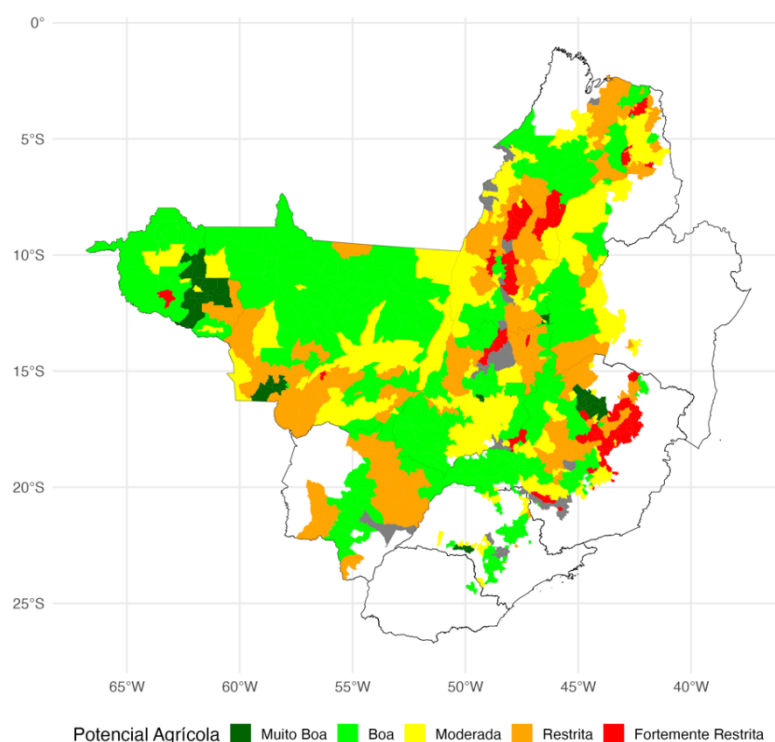
4 - Caracterização das Culturas

4.1. - Potencial agrícola das terras

Um dos elementos centrais para a agricultura diz respeito a condições para o desenvolvimento da atividade. Como aponta Diniz (2006), aspectos ligados a solo, altitude,

pluviometria, declividade são centrais para o desenvolvimento de determinadas atividades agrícolas. Há uma correlação entre o potencial agrícola e a produção de determinadas culturas, ainda que nas últimas décadas, a incorporação de vastas áreas do cerrado só tenha sido possível pelo alto investimento em P&D e o desenvolvimento de tecnologias capazes de superar algumas das questões naturais associadas as terras do cerrado. A Figura 16 apresenta a distribuição espacial das diferentes classes de potencial agrícola predominante no bioma Cerrado, no Brasil. As classes são definidas com base em características de solo, relevo e condições hídricas, sendo categorizadas em seis grupos principais: Muito Boa (A1), Boa (A2), Moderada (B), Restrita (C), Fortemente Restrita (D) e Corpo d'água continental. Cada categoria está representada por uma cor distinta no mapa, facilitando a visualização da heterogeneidade territorial. Chama atenção, a enorme heterogeneidade do potencial agrícola do cerrado brasileiro.

Figura 16 - Potencial Agrícola da Terra



Fonte: Adaptado a partir de *Potencialidade agrícola natural das terras* / IBGE, Coordenação de Meio Ambiente. - Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

Nos estados com maior predominância de classes A1 e A2, como Goiás e Mato Grosso, a aptidão agrícola elevada favorece o desenvolvimento de culturas como soja, milho e algodão,

bem como a pecuária intensiva. No entanto, essa aptidão também pode ser um fator de pressão sobre o bioma, uma vez que a conversão de áreas naturais em pastagens ou lavouras extensivas pode resultar em perdas de biodiversidade e degradação do solo. Por outro lado, estados como Maranhão e Tocantins, onde as classes moderadas e restritas possuem maior expressão, enfrentam desafios maiores para o uso agrícola intensivo, exigindo investimentos mais significativos em tecnologias de manejo, como correção de acidez, irrigação e práticas conservacionistas. No caso da cana-de-açúcar a expansão da mesma encontra restrições climáticas mais rígidas, e se limitou ao longo das últimas décadas a avançar nas áreas do cerrado do Triângulo Mineiro, Sul e Sudoeste de Goiás, Mato Grosso do Sul e em uma parte do Mato Grosso (Vedana, et al, 2019). Nos últimos anos, observa-se também uma expansão da cultura da cana-de-açúcar em direção a região do Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), como apontam Abreu e Nascimento (2017).

O que indica a necessidade de um planejamento territorial que considere as limitações ambientais das áreas de potencial “Restrito” e “Fortemente Restrito”. Essas regiões, que frequentemente coincidem com solos arenosos, baixa fertilidade ou alta inclinação, são particularmente sensíveis à degradação quando submetidas a práticas inadequadas. Para esses territórios, estratégias como a recuperação de pastagens degradadas, o manejo florestal sustentável e a implementação de sistemas agroflorestais podem representar alternativas viáveis, tanto para a preservação ambiental quanto para o desenvolvimento econômico local.

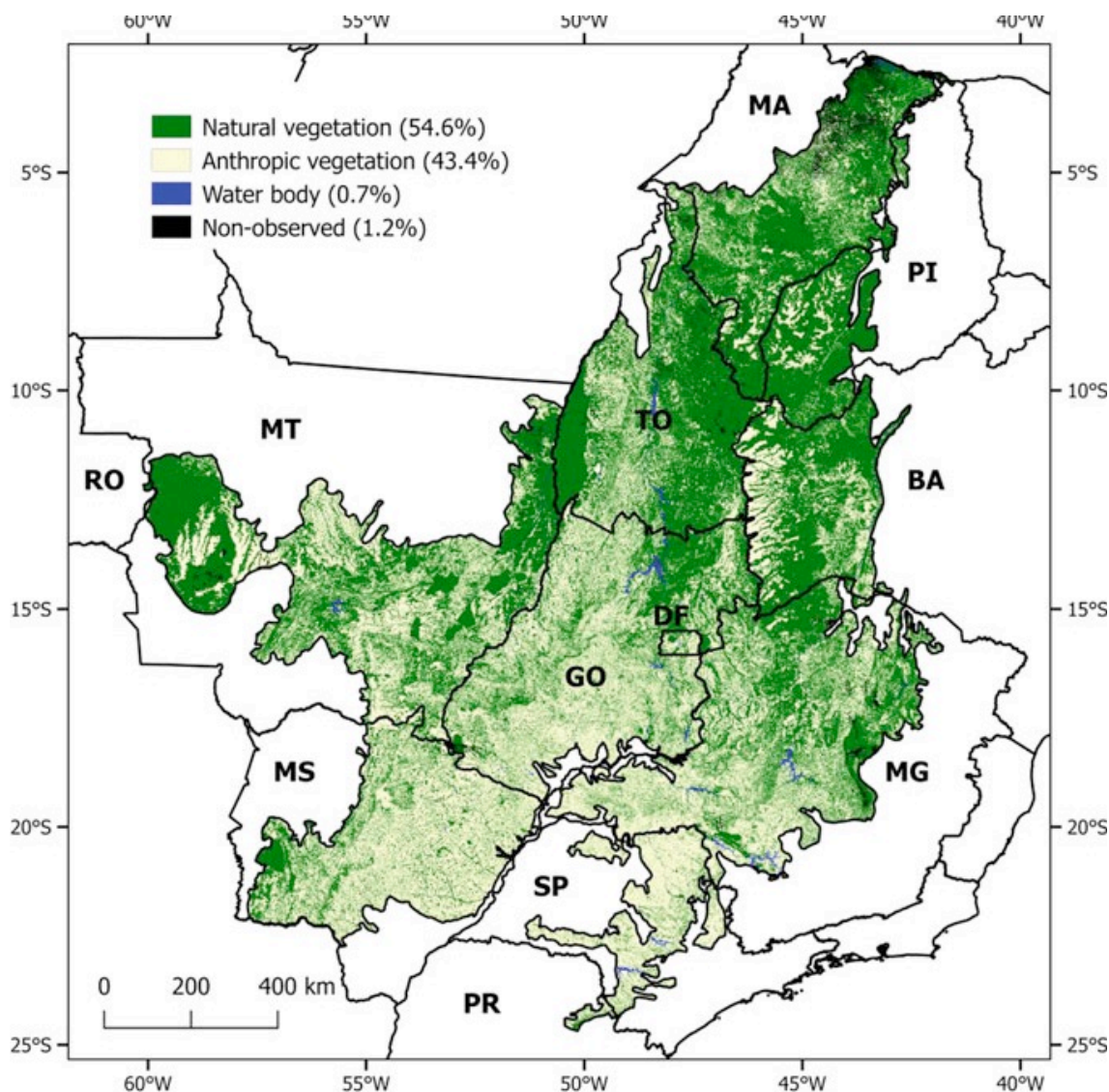
A variabilidade do potencial agrícola entre reforça a necessidade de políticas públicas regionalizadas, capazes de atender às especificidades de cada território. O Cerrado, apresenta um paradoxo produtivo, enquanto sua alta aptidão agrícola sustenta grande parte do PIB agropecuário nacional, a pressão sobre seus recursos naturais coloca em risco a sustentabilidade ambiental. Dessa forma, o uso deste mapa e dos dados associados como ferramentas de planejamento é fundamental para equilibrar os interesses econômicos e a conservação ambiental, promovendo um modelo de desenvolvimento que integre eficiência produtiva, justiça social e preservação ecológica.

4.2. - Sustentabilidade do cerrado

Um elemento que vem ganhando importância ao longo dos últimos anos diz respeito a questão da sustentabilidade. Há inúmeras formas de discutir a sustentabilidade do cerrado, focando por exemplo nos recursos hídricos, no uso de fertilizantes e defensivos agrícolas e

como estes tem potencial para contaminação de lençóis freáticos. Por fim, o desmatamento como variável que impacta o uso e ocupação do solo. Sano (2019) evidencia como o cerrado experimentou mudanças significativas no uso da terra ao longo dos anos. A Figura 17 mostra o processo de antropização do cerrado brasileiro ao longo dos anos.

Figura 17 – Antropização do cerrado, 2013.

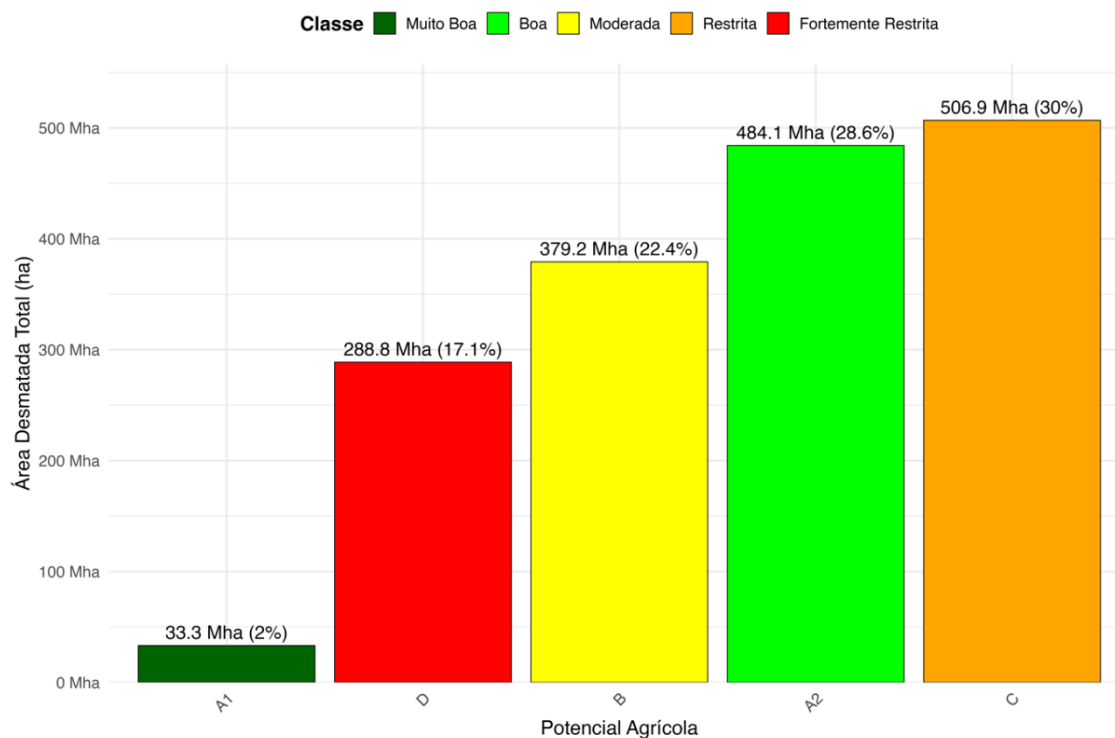


Fonte: Sano, 2019.

A Figura 18 apresenta o desmatamento total no Cerrado, agrupado por classes de potencial agrícola. As classes foram classificadas como “Muito Boa” (A1), “Boa” (A2), “Moderada” (B), “Restrita” (C) e “Fortemente Restrita” (D), evidenciando a relação entre a aptidão agrícola dos territórios e a extensão do desmatamento. Os valores foram expressos em

milhões de hectares (Mha), acompanhados da proporção relativa ao total desmatado em cada classe.

Figura 18 - Desmatamento por Potencial de Terra no Cerrado



Fonte: IBGE. Elaboração Própria

A classe **“Restrita” (C)** registrou o maior desmatamento, totalizando 506,9 Mha (30% do total desmatado). Este valor reflete a forte pressão agrícola sobre áreas com limitações físicas e climáticas, demonstrando que o uso agrícola excede as recomendações técnicas para áreas com baixa aptidão. Enquanto a classe **“Boa” (A2)** aparece em segundo lugar, com 484,1 Mha desmatados (28,6%). Este resultado destaca a conversão de áreas bem adaptadas para a agricultura em áreas agrícolas, impulsionadas pelo crescimento do setor agropecuário.

Já as classes **“Muito Boa” (A1)** e **“Fortemente Restrita” (D)** registraram os menores desmatamentos, com 33,3 Mha (2%) e 288,8 Mha (17,1%), respectivamente. O baixo desmatamento na classe A1 pode estar relacionado à sua menor disponibilidade territorial e ao

uso intensivo em vez de extensivo. Por outro lado, áreas “Fortemente Restritas” (D) podem incluir regiões protegidas ou de difícil acesso.

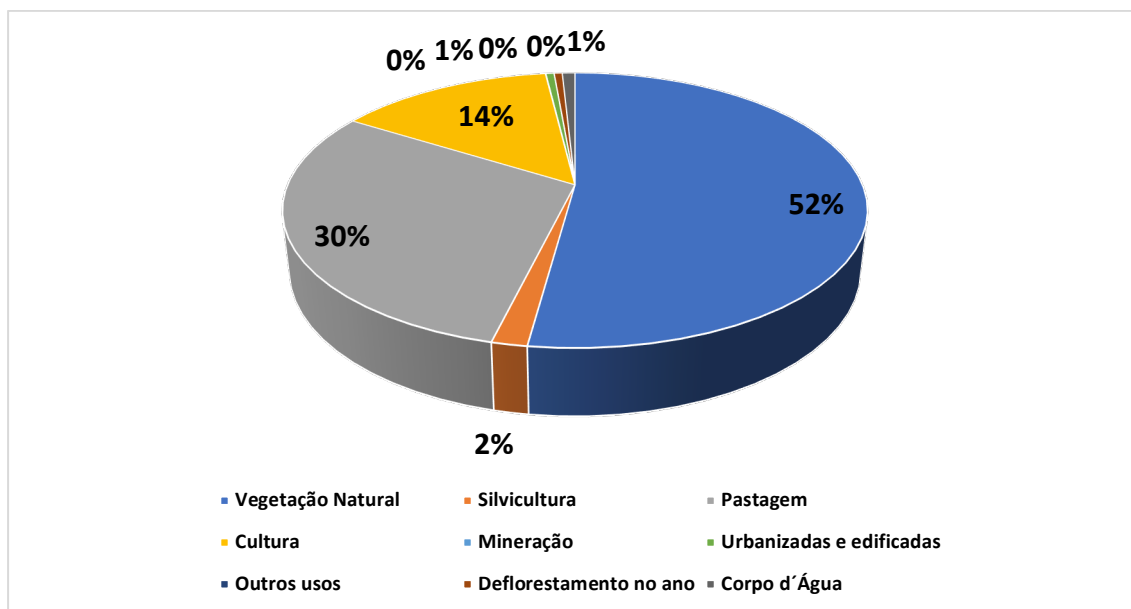
Por fim a classe “**Moderada**” (B), com 379,2 Mha (22,4%), representa um uso significativo de áreas que, embora tenham algumas limitações, ainda são exploradas para a produção agropecuária. Este valor destaca a importância dessas áreas na expansão agrícola do Cerrado.

As áreas com potencial restrito, que seriam menos recomendadas para atividades agrícolas, estão entre as mais desmatadas, reforçando a necessidade de políticas públicas que promovam a utilização sustentável das terras. A predominância do desmatamento em áreas de alta restrição (C) pode refletir o avanço da fronteira agrícola para locais menos adequados, muitas vezes associado à expansão da pecuária extensiva ou culturas de baixo valor agregado.

Os dados do projeto Terra Class do INPE e outros mapeamentos, também com base em dados de satélite indicam que as atividades agrícolas permanentes ou temporárias ocuparam cerca de 15% da área total do cerrado, o que representa 281 mil km² de uma área total de 1,9

milhões de km². A distribuição desta ocupação é relativamente concentrada em algumas áreas do cerrado (Figura 19).

Figura 19: Cerrado: uso da terra, 2022.



Fonte: Elaborado a partir dos dados do Projeto Terraclasse. INPE, 2022.

4.3. - Produção para culturas selecionadas no Cerrado

Ao longo dos últimos 40 anos o cerrado brasileiro se tornou o principal produtor de grãos no Brasil, com destaque para a produção de soja, milho e algodão. A expansão da produção de soja começou ainda nos anos 1970 quando os primeiros processos de colonização e ocupação da região tiveram impulso a partir de Minas Gerais. Nos últimos anos esta posição se consolidou. O algodão, presente originalmente na região Nordeste do Brasil, na sua forma arbórea, foi praticamente dizimado devido a praga do bicudo, ressurgiu com enorme força na região do Cerrado brasileiro na sua forma herbácea e tem se destacado ao longo dos últimos anos. A Tabela 7 apresenta uma evolução da área plantada e da produção das quatro culturas aqui analisadas para os anos de 2010 e 2023. Observa-se, com exceção da cana-de-açúcar, em que a produção, produtividade e participação permaneceram estagnadas, no caso das demais culturas, observa-se um aumento de produção significativo, com aumento importante da

participação relativa do cerrado na produção total, incrementos importantes em termos de produtividade.

Tabela 7 – Cerrado e resto do Brasil: produção (ton. e %), área plantada e produtividade, 2010 e 2023

Região	Produto/Ano	Produção				Área Colhida (mil ha)		Produtividade (ton/ha)	
		2010	2010	2023	2023				
		mil ton.	%	mil ton.	%	2010	2023	2010	2023
Cerrado	Milho	23.879	43%	93.893	71%	5.282	12.076	4,5	6,4
Res. do BR		31.485	57%	38.057	29%	7.396	7.472	4,3	4,9
Cerrado	Soja	40.303	59%	103.358	68%	13.526	24.075	3,0	3,7
Res. do BR		28.453	41%	48.786	32%	9.801	15.069	2,9	2,9
Cerrado	Cana-de-açúcar	220.481	31%	296.215	38%	2.691	3.624	81,9	79,9
Res. do BR		496.983	69%	486.371	62%	6.386	6.366	77,8	76,5
Cerrado	Algodão	2.910	98%	7.458	99%	796	1.692	3,7	4,4
Res. do BR		39	2%	37	1%	33	17	1,2	2,2
Brasil	Milho	53.364	100%	131.950	100%	12.678	19.548	4,4	5,9
	Soja	68.756	100%	152.144	100%	23.327	39.144	2,9	3,4
	Cana-de-açúcar	36.212	100%	782.586	100%	9.077	9.990	79,0	77,8
	Algodão	6.719	100%	7.495	100%	829	1.370	3,6	4,4

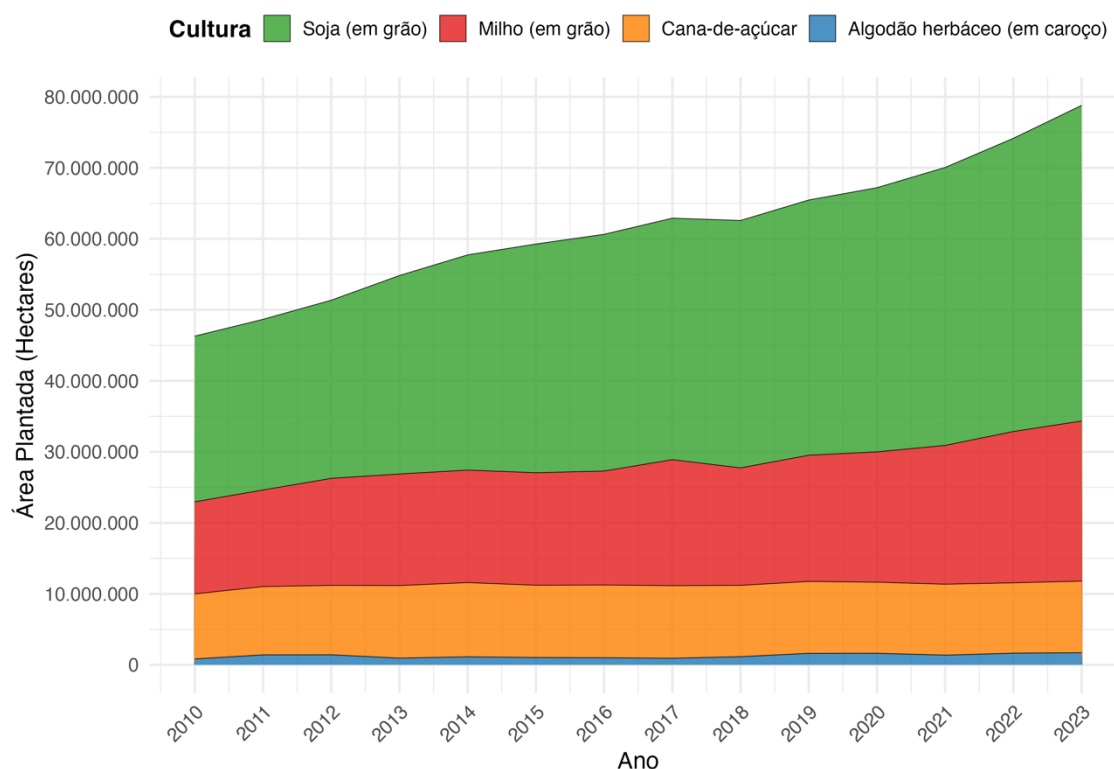
Fonte. IBGE, Pesquisa Agrícola Municipal, 2010 e 2023.

A Figura 20 apresenta a evolução da área plantada das principais culturas agrícolas no Cerrado entre 2010 e 2023. As culturas analisadas incluem soja, milho, cana-de-açúcar e algodão, representadas por áreas empilhadas de menor para maior contribuição, em hectares.

Ao longo do período, observa-se um crescimento consistente da área plantada total no Cerrado, que passou de aproximadamente 22 milhões de hectares em 2010 para mais de 40 milhões de hectares em 2023, um aumento de mais de 100%.

Este crescimento reflete a intensificação do uso agrícola na região, impulsionado por fatores como demanda global por commodities, políticas de incentivo à produção e melhorias tecnológicas.

Figura 20 - Área Plantada por Culturas no Cerrado, 2010-2023



Fonte: IBGE. Elaboração Própria

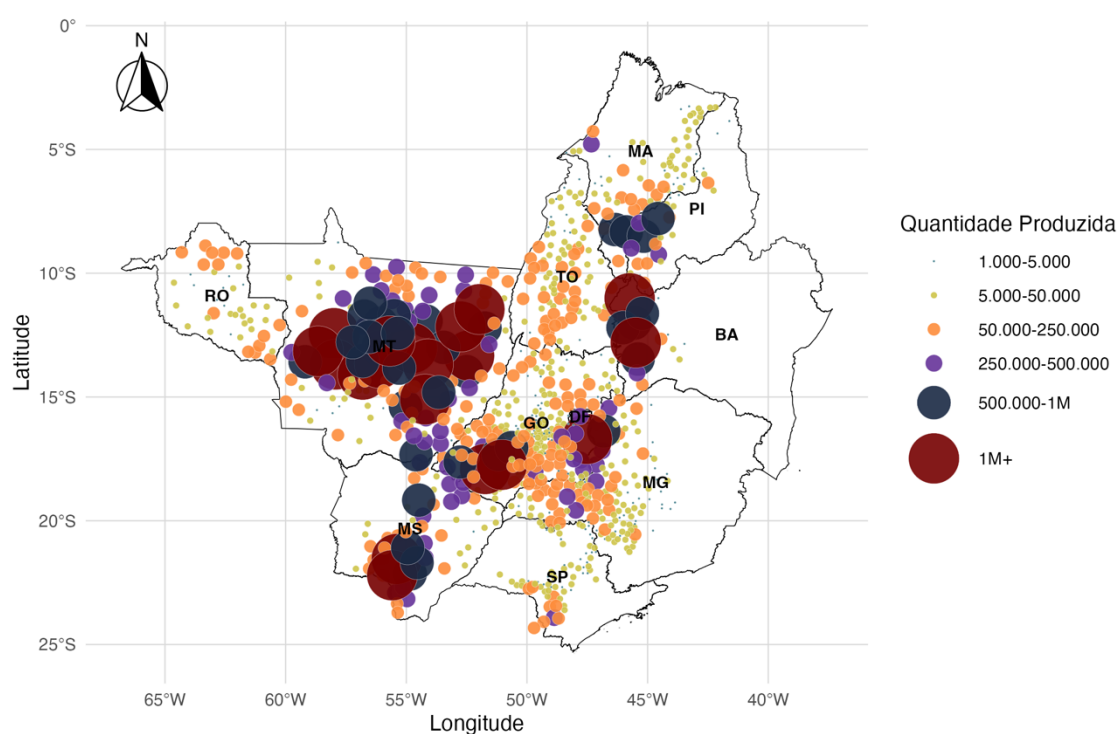
A soja se destaca como a principal cultura no Cerrado, representando a maior parcela da área plantada em todos os anos analisados. Em 2010, a soja ocupava cerca de 13 milhões de hectares, expandindo-se para mais de 28 milhões de hectares em 2023. Esse crescimento

robusto está associado ao aumento da demanda internacional, principalmente da China, e à alta lucratividade relativa da cultura. Em termos de produção, o maior crescimento em termos absolutos foi da soja, cuja produção passou de 43 milhões de toneladas em 2010 para 103 milhões de toneladas em 2023, um aumento anualizado de 6,8% ao ano entre 2010 e 2013, o que fez com que a participação do cerrado na produção de soja do país aumentasse em termos relativos de 50% para 58% do total.

Uma característica da produção da soja no cerrado brasileiro é que diferentemente das outras culturas aqui analisadas, a produção de soja encontra-se muito mais dispersa no território do cerrado, refletindo uma maior desconcentração da sua produção, o que verifica pelo grau de desconcentração. Os dez municípios com maior produção em 2023, respondiam por 17% da soja produzida no bioma. Importante observar, que destes, 7 estão localizados no estado do Mato Grosso, dois no estado da Bahia e um em Goiás. A metade da produção, ou seja, de cerca de 51,5 milhões de toneladas estava distribuída em 52 municípios, ainda com uma predominância do estado do Mato Grosso, que possui 30 municípios dentre eles. Interessante observar, que há uma dispersão maior em termos de abrangência territorial, com municípios dos estados do Maranhão, Piauí, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Ao analisarmos a

dispersão de 80% da produção de soja, a mesma está distribuída em 169 municípios da região, com presença de municípios do Tocantins e de Rondônia (Figura 21).

Figura 21 – Distribuição da produção de soja (2023)

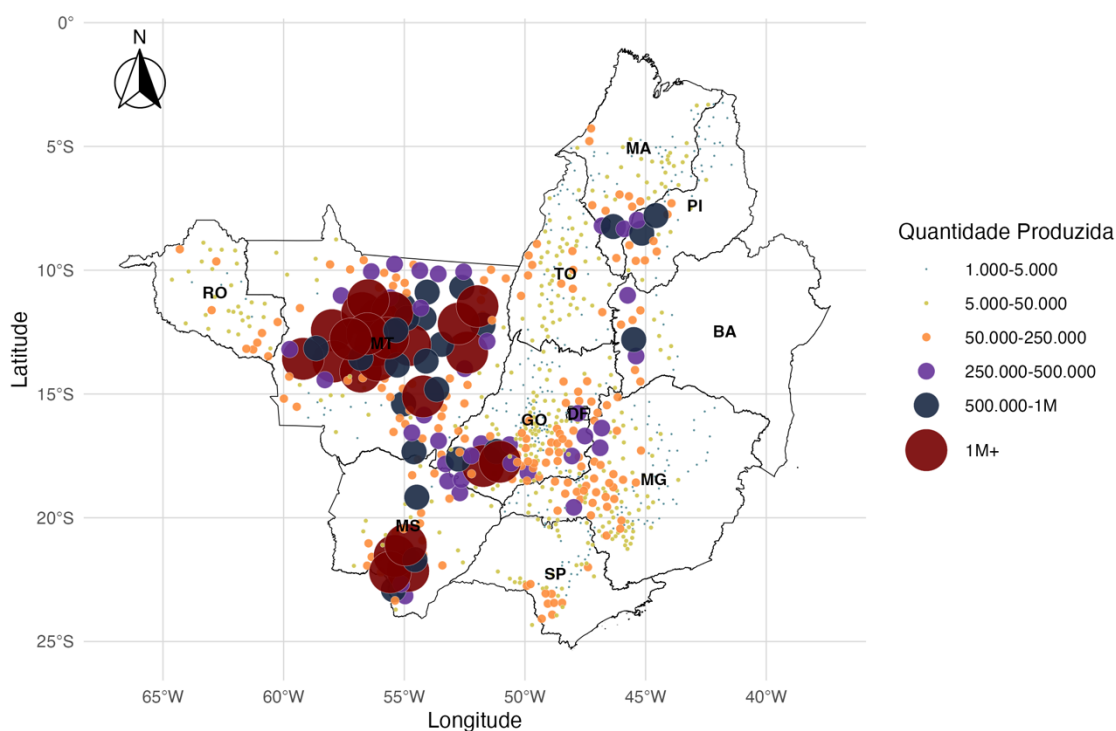


Fonte: PAM – IBGE, 2023. Elaboração Própria

O milho ocupa a segunda maior área plantada, embora com uma expansão mais moderada em relação à soja. De aproximadamente 5 milhões de hectares em 2010, a área plantada alcançou 14,5 milhões de hectares em 2023. Este aumento reflete tanto a adoção do milho safrinha como cultura de segunda safra quanto seu papel estratégico no mercado interno como ração animal. Em termos produtivos a produção do cerrado de milho no cerrado passou de 24 milhões de toneladas para 93 milhões de toneladas, um aumento absoluto de 69 milhões de toneladas e um crescimento anual médio de mais de 10% ao ano. A produção de milho está um pouco mais concentrada do que produção da soja. Os municípios com maior produção em 2023, respondiam por 23% da produção total da região, com uma concentração nos estados do Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul. Quando se observa a dispersão espacial de 50% da produção, a mesma está concentrada em 37 municípios com presença de municípios do

Maranhão e Piauí, entre eles. O grau de dispersão de 80% da produção de 2023 está distribuída em apenas 127 municípios, evidenciando uma dispersão menor do que a soja (Figura 22).

Figura 22 – Distribuição da produção de milho (2023)



Fonte: PAM – IBGE, 2023. Elaboração Própria

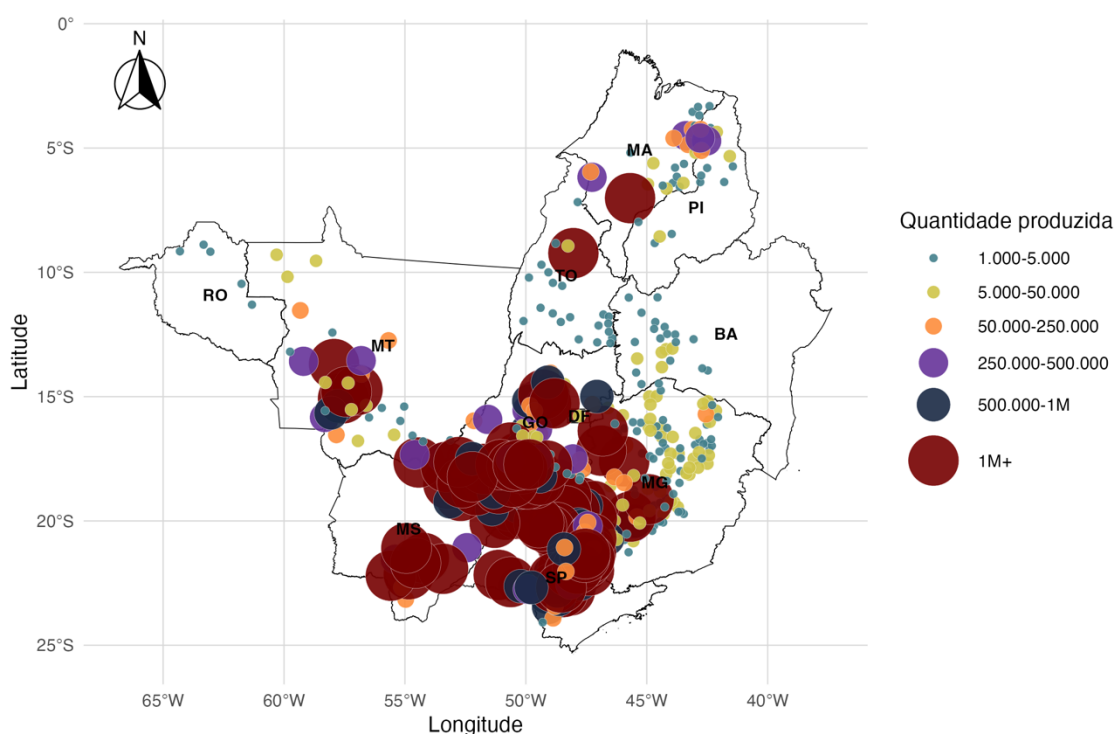
Ao comparar a produção de milho com as culturas de soja e cana-de-açúcar no Cerrado, torna-se evidente a diferença de escala e concentração regional. A produção de soja, por exemplo, apresenta valores muito superiores e alta concentração em estados do Centro-Oeste, como Mato Grosso, Goiás e Bahia. Nesses locais, a agricultura de soja é altamente estruturada e intensiva, dominando amplamente a paisagem agrícola do Cerrado. Já a produção de cana-de-açúcar destaca-se em regiões como São Paulo e Minas Gerais, refletindo uma agricultura localizada.

A cana de açúcar foi a cultura que apresentou menor variação em todos os aspectos – área, quantidade produzida e produtividade. Este menor avanço está associado aos aspectos para além do setor especificamente, que possui uma correlação com o setor energético, em especial o preço do petróleo, taxa de câmbio, e a política governamental ao longo dos últimos anos.

Apesar disso, o cerrado viu sua participação relativa passar de 31% em 2010 para 38% da produção de cana de açúcar. Diferentemente da soja e do milho, cuja participação na produção nacional é acima de 2/3 da produção nacional, no caso da cana-de-açúcar as características do setor sucroalcooleiro e sua dinâmica ajudam a compreender como esta expansão é mais lenta. O investimento na indústria sucroalcooleira está associado não apenas a matéria-prima, mas também ao preço do petróleo e a elasticidade cruzada entre açúcar e álcool, o que torna a expansão da produção da cana bem mais complexa, relativamente a outras culturas. A cana encontra-se espacialmente localizada dentro do cerrado, abarcando municípios de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e, com menor presença Mato Grosso e Tocantins, apesar de

ter se expandido para algumas áreas nestes estados. A distribuição espacial mostra que 80% da produção está localizada em 92 municípios da região (Figura 23).

Figura 23 – Distribuição da produção de cana de açúcar (2023)

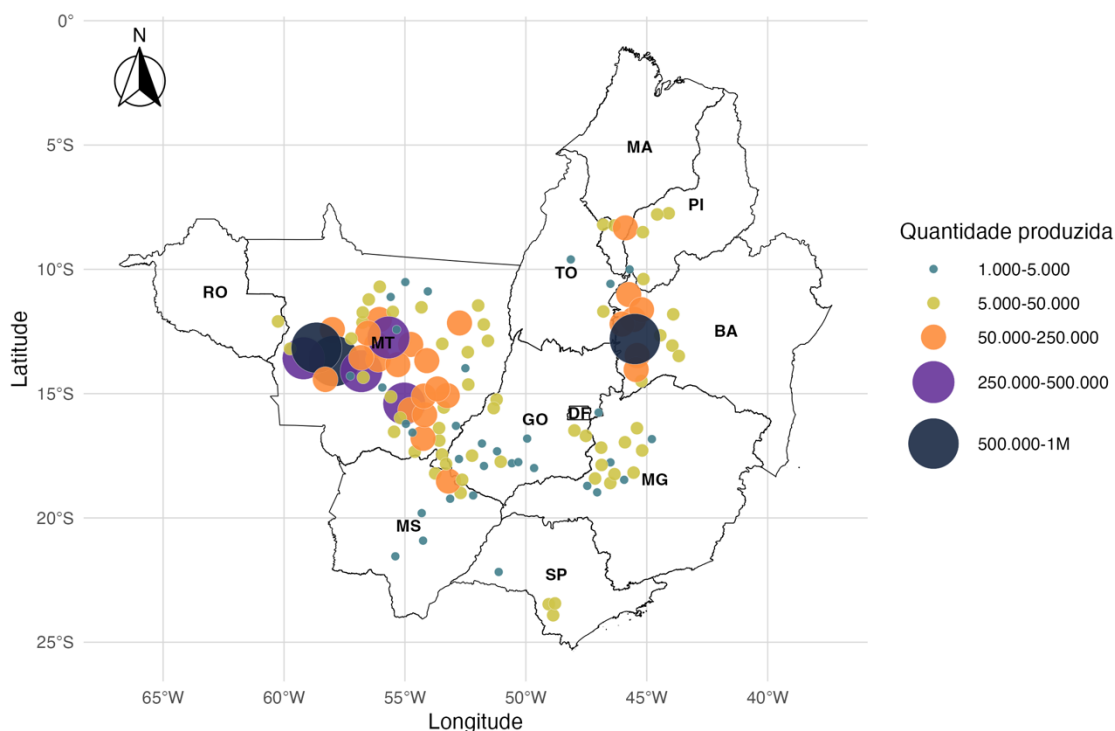


Fonte: PAM – IBGE, 2023. Elaboração Própria

Embora com menor representatividade em termos de área, o algodão apresentou uma trajetória de expansão significativa como já evidenciado anteriormente. A área colhida de algodão passou de cerca de 800 mil hectares em 2010 para 1,7 milhões de hectares em 2023, impulsionada pela mecanização e pela especialização dos estados do Cerrado na produção de algodão em caroço. Em termos produtivos a produção de algodão total tem apresentado crescimento ao longo do tempo, tendo atingido mais de 7 milhões de toneladas na safra 2023, um crescimento médio anual da ordem de 7%. Diferentemente das outras culturas aqui analisadas, a produção de algodão está praticamente toda ela concentrada na região do cerrado, que responde atualmente por 99% da área e da produção nacionais. Em termos da dispersão espacial da produção, os 8 municípios com maior produção respondem por 52% da produção

e estão todos no estado do Mato Grosso. Ao analisarmos a dispersão de 80% da produção a mesma encontra-se localizada em 27 municípios dos quais, 7 estão localizados na Bahia, um no Mato Grosso do Sul e 19 no estado do Mato Grosso.

Figura 24 – Distribuição da produção de algodão (2023)



Fonte: PAM – IBGE, 2023. Elaboração Própria

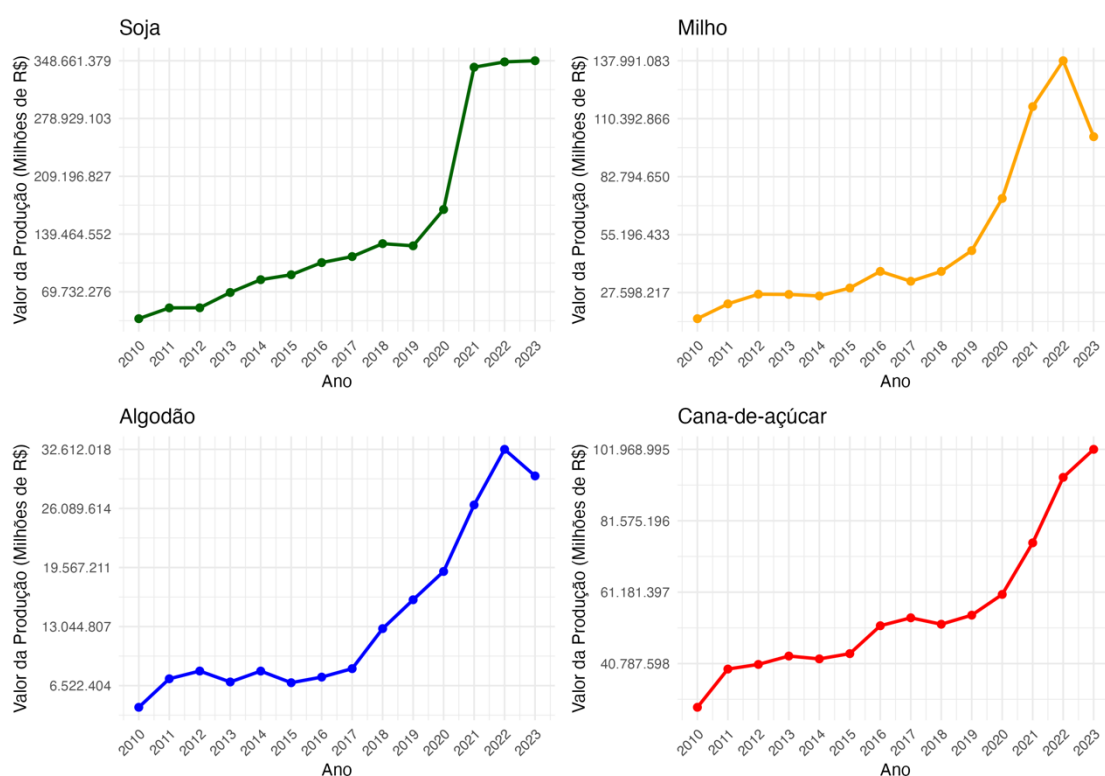
Em termos da evolução do valor da produção (Figura 24), a soja é a produção que apresenta o maior valor bruto ao longo da série histórica. Na sequência encontram-se o milho, cana de açúcar e o algodão.

Importante destacar que a produtividade das culturas é muito diferente, bem como os custos de produção. Em 2023, de acordo com o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o custo de produção da agricultura empresarial, excluída a remuneração dos fatores foi de R\$ 6.123,00 por hectare de soja transgênica em Campo Novo dos Parecis (MT), para o algodão o custo de produção foi de R\$ 15.723,00 no mesmo município. A remuneração dos fatores, foi calculada em R\$ 1.245 por hectare de soja e de R\$ 1.305,41 para o hectare de algodão. Para o milho de 2ª safra, no mesmo município, a CONAB

estimou o custo de produção, excluído a remuneração dos fatores em R\$ 5.035,00 por hectare, e a remuneração dos fatores em R\$ 1.353,00. Para a cana-de-açúcar, a CONAB não apresenta custos em municípios do cerrado ligados este produto.

A produção de algodão no Cerrado apresentou um crescimento contínuo ao longo do período analisado, especialmente a partir de 2017, como pode ser observado na Figura 25. Em 2010, o valor total da produção de algodão foi de aproximadamente R\$ 10 bilhões. Este valor aumentou significativamente, alcançando R\$ 30 bilhões em 2022, um crescimento de 200%. A forte expansão reflete avanços tecnológicos no cultivo, maior eficiência produtiva e um aumento das exportações. O valor médio da produção ao longo do período foi de aproximadamente R\$ 17 bilhões, sendo um dos mais consistentes entre as culturas analisadas.

Figura 25 - Evolução do valor da Produção por Cultura: soja, milho, algodão e cana de açúcar, 2010-2023 (Mil R\$ correntes)



Fonte: IBGE. Elaboração Própria

A cana-de-açúcar, por sua vez, demonstrou uma evolução mais moderada, mas consistente, durante o período. Em 2010, o valor total da produção foi de cerca de R\$ 30

bilhões, atingindo R\$ 101 bilhões em 2023, triplicando seu valor. O crescimento reflete a expansão da produção para atender à crescente demanda por etanol e açúcar, com destaque para o papel do Cerrado como um polo estratégico dessa cadeia.

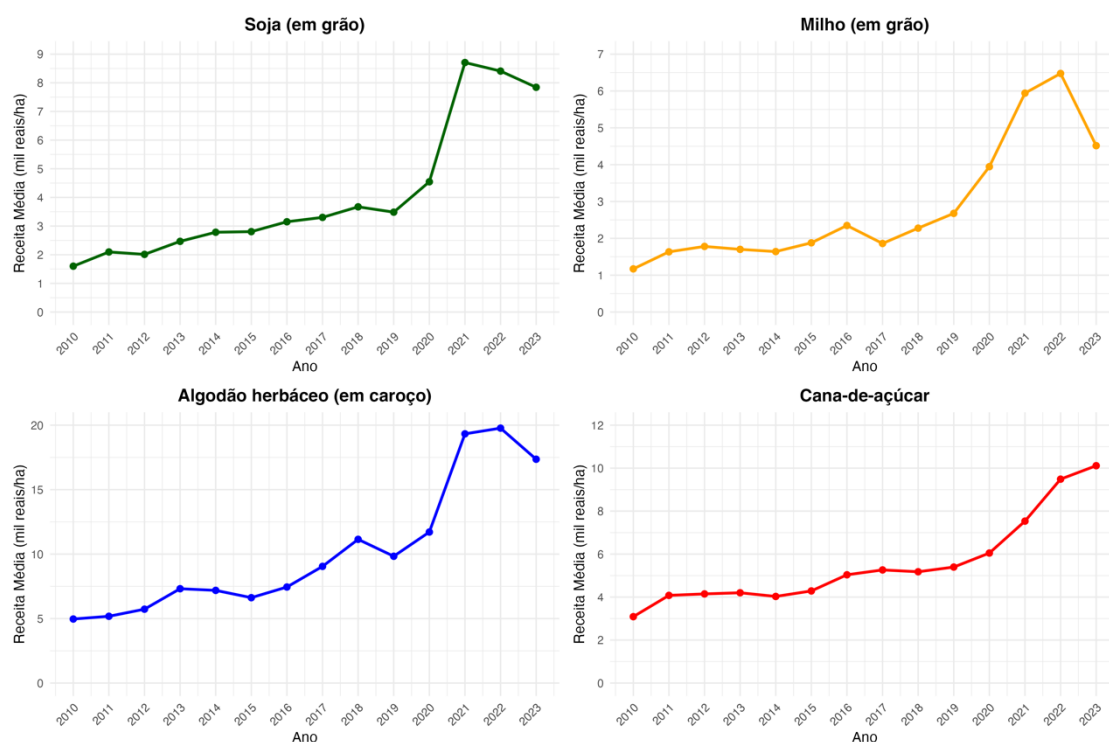
O milho apresentou uma trajetória marcada por flutuações, mas com tendência de alta acentuada nos últimos anos. O valor da produção era de aproximadamente R\$ 27 bilhões em 2010, atingiu R\$ 137 bilhões em 2022, quando atingiu seu pico, o que representa um crescimento de mais de 470%. O avanço está associado à consolidação da “safrinha”, responsável por ampliar a produção, aproveitando o espaço entre safras da soja. O valor médio da produção foi de R\$ 19 bilhões, mostrando uma crescente competitividade da cultura no Cerrado.

Já a soja se destacou como a cultura com o maior valor de produção no Cerrado durante todo o período analisado. Em 2010, a produção gerou aproximadamente R\$ 70 bilhões, saltando para impressionantes R\$ 348 bilhões em 2022, o que corresponde a um aumento de mais de 300%. Esse crescimento exponencial reflete a alta demanda internacional, especialmente da China, e o aumento das áreas de cultivo.

Já a Figura 26 apresenta a evolução da receita média por hectare para as quatro culturas aqui analisadas, entre os anos de 2010 e 2022, considerando o valor médio da produção dividido pela área plantada, o que fornece uma estimativa da receita média por hectare para diferentes culturas. Mais uma vez é importante destacar que a composição dos custos, como anteriormente apontado varia para cada uma das culturas, e como consequência a receita média

e o retorno. A comparação através da figura 25 permite uma comparação mais fácil entre as culturas.

Figura 26 – Evolução da receita média por hectare (mil reais/ha): soja, milho, algodão e cana de açúcar, 2010-2023



Fonte: PAM - IBGE. Elaboração Própria, vários anos.

4.4. - As Esmagadoras de Soja no Cerrado

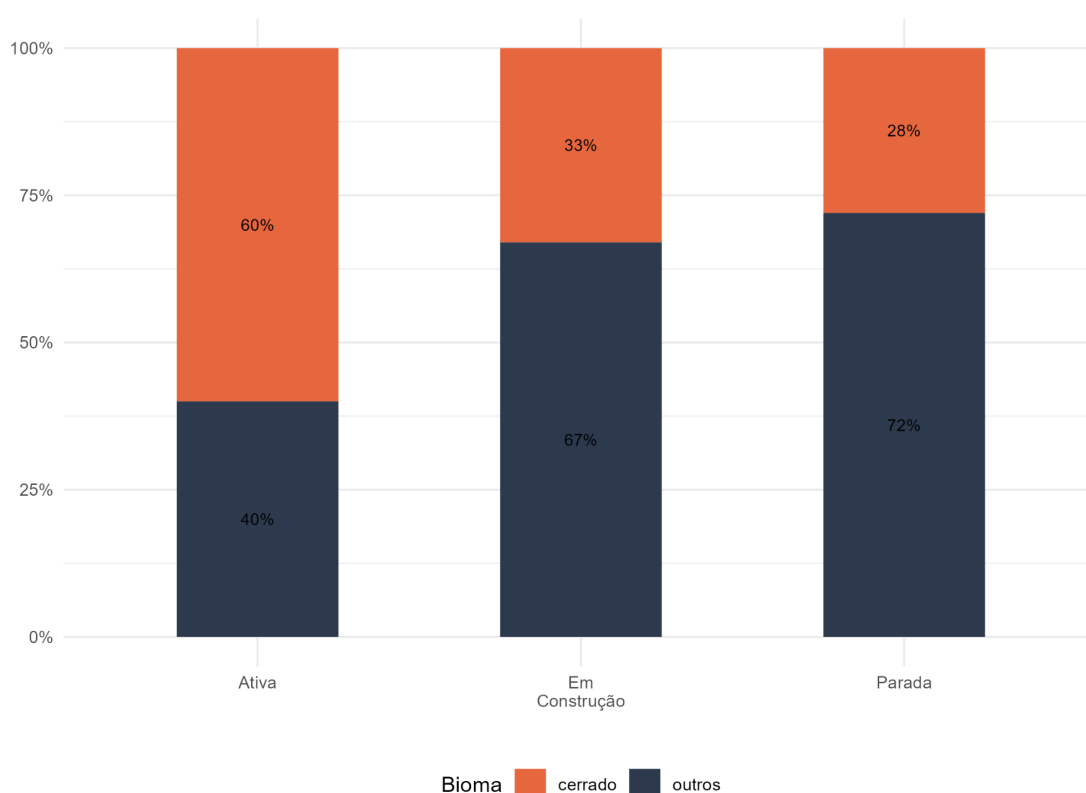
Como mencionado anteriormente, a soja é o principal produto agrícola no Cerrado, dominando a maior parte da área plantada e com tendência de crescimento contínuo. A alta demanda no mercado interno e externo é impulsionada pela utilização da soja em diversos setores, como a produção de óleo e farelo de soja. Nesse sentido, as agroindústrias do Cerrado estão diretamente relacionadas com a evolução da produção de matéria-prima, especialmente o processamento de soja, que permite a produção do farelo e óleo de soja.

De acordo com os dados da ABIOVE, grande parte das esmagadoras de soja estão localizadas no Cerrado e tem aumentado com o passar dos anos, conforme demonstram as Figura 27 e Figura 28. Em 2020, havia 79 esmagadoras de soja ativas no Cerrado,

representando 56% do total. Em 2022, a quantidade aumentou para 87 indústrias, equivalente a 58% do total. E, em 2023, o Cerrado totalizou 110 esmagadoras, representando 60% do total do Brasil.⁸

Por outro lado, o resto do Brasil manteve a quantidade de indústrias em 2020 e 2022, totalizando 62 esmagadoras de soja, representando 44% e 42%, respectivamente. No último ano, 73 indústrias estavam localizadas em outros biomas, representando 40%. Em outras palavras, tem-se que a agroindústria no Cerrado cresceu relativamente mais do que no resto do Brasil. Enquanto a taxa de crescimento do Cerrado foi de aproximadamente 26%, o resto do Brasil cresceu cerca de 17%, em 2023.

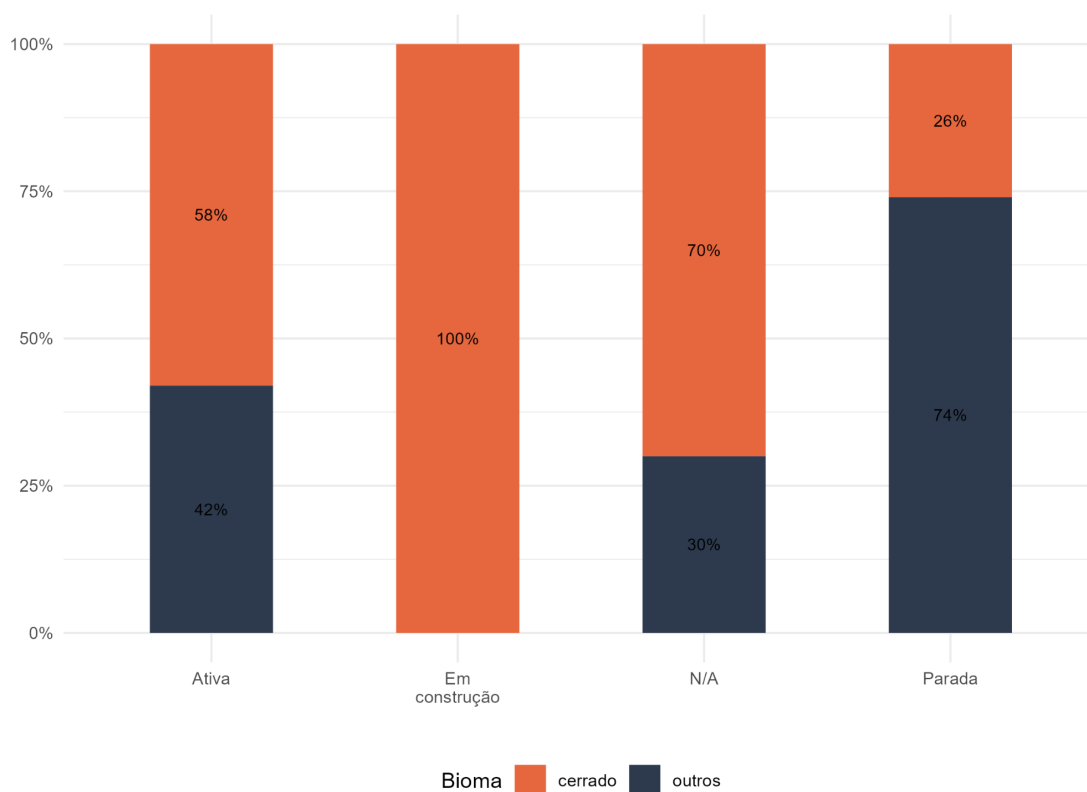
Figura 27. Participação dos Cerrado e do Resto do Brasil nas Processadoras de Soja por Status em 2023



Elaboração própria a partir dos dados da ABIOVE (2024)

⁸ A ABIOVE não divulgou dados de 2021.

Figura 28. Participação dos Cerrado e do Resto do Brasil nas Processadoras de Soja por Status em 2022.



Elaboração própria a partir dos dados da ABIOVE (2024)

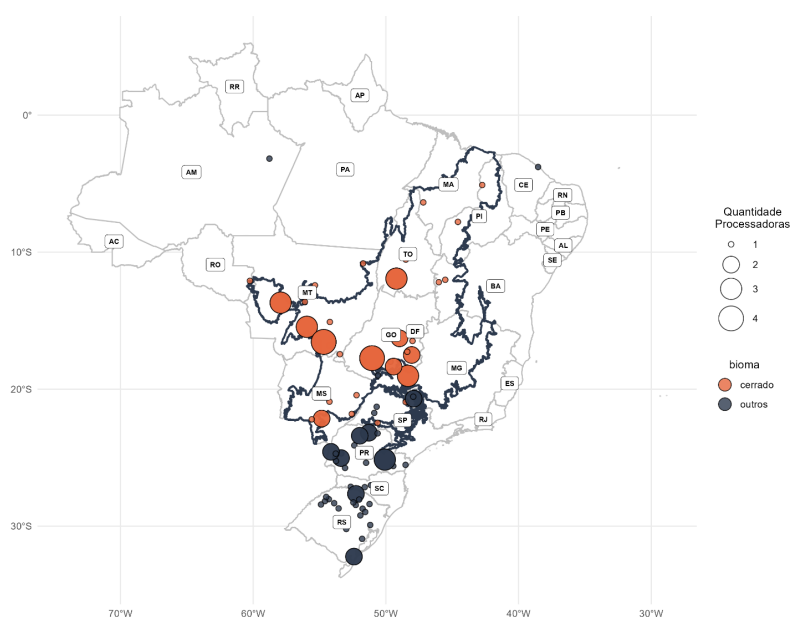
Em suma, o Cerrado comporta uma quantidade significativa de esmagadoras de soja em relação ao resto do Brasil. Contudo, nota-se certa concentração das esmagadoras dentro do bioma. As Figura 29 e Figura 30 apresentam a distribuição geográfica das processadoras ativas em 2022 e 2023. No primeiro ano, o município de Rondonópolis (MT) era o único com 4 esmagadoras de soja no Cerrado. Os municípios Cariri do Tocantins (TO), Uberlândia (MG), Ponta Grossa (PR) e Rio Verde (GO) contabilizaram 3 esmagadoras dentro dos respectivos territórios.

Em 2023, houve o acréscimo de uma esmagadora ativa em Rio Verde (GO), que se aliou à Rondonópolis (MT), contabilizando 4 esmagadoras de soja. Além disso, Campo Novo do Parecis (MT) e Cuiabá (MT) totalizaram 3 indústrias em 2023, aliando-se à Uberlândia (MG), Ponta Grossa (PR) e Cariri do Tocantins (TO).

Nesse sentido, é possível identificar que, dentro do Cerrado, o Centro-Oeste concentra o maior número de indústrias relacionadas ao esmagamento de soja. Somente Mato Grosso contabiliza 18 esmagadoras, seguido por Goiás, com 14, e Mato Grosso do Sul, com 6, em

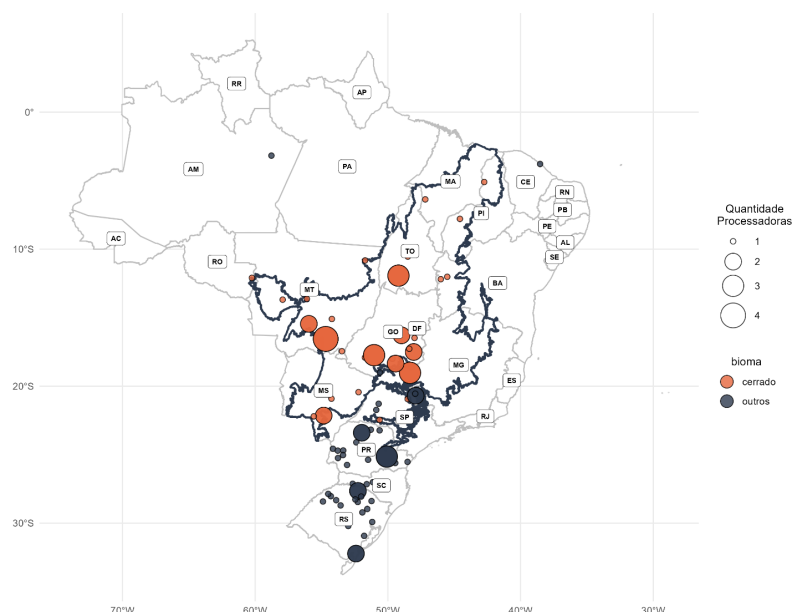
2023. No que tange ao resto do Brasil, os estados do Paraná e Rio Grande do Sul contabilizam o maior número de esmagadoras, totalizando 20 em cada estado. A diferença se dá na concentração das empresas no espaço: enquanto o Cerrado concentra suas esmagadoras nos municípios, as indústrias são mais pulverizadas no resto do país, principalmente na região Sul.

Figura 29. Distribuição Geográfica da Quantidade de Processadoras de Soja Ativas em 2023



Elaboração própria a partir dos dados da ABIOVE (2024)

Figura 30. Distribuição Geográfica da Quantidade de Processadoras de Soja Ativas em 2022



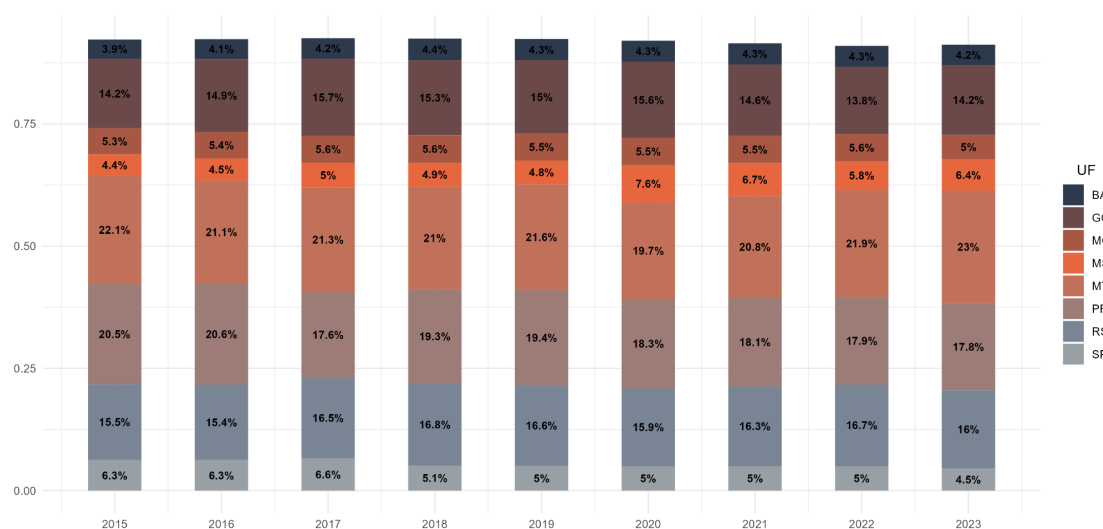
Elaboração própria a partir dos dados da ABIOVE (2024)

Outro fator importante no que tange às processadoras da soja é a capacidade de esmagamento⁹. A Figura 31 indica a participação de cada Unidade Federativa na capacidade instalada ativa no país. Em 2022, a capacidade instalada ativa do Brasil foi de 175.632 toneladas por dia. Somente o Mato Grosso foi responsável por 21,9% dessa capacidade, com capacidade de esmagar 44.530 toneladas de soja por dia, seguido pelo Paraná com 17,8% e Rio Grande do Sul com 15,6%. O Centro-Oeste, principal expoente dentro do Cerrado, teve uma capacidade ativa de 72.858 toneladas por dia, representando 41,4% do total.

Em 2023, o ranking dos estados com maior capacidade permaneceu o mesmo de 2022, mas com uma capacidade ativa de 193.928 toneladas ao dia, com o Centro-Oeste representando 43,6% da capacidade total. Mesmo com a impossibilidade de desagregar essa capacidade por bioma, observa-se que os principais estados do Cerrado possuem significativa capacidade de esmagamento de soja, que é fortemente atrelada à produção da matéria-prima.

⁹ A ABIOVE disponibiliza esse dado por Unidade Federativa, impedindo a agregação por Bioma, pois sabe-se que, em um mesmo estado, pode haver mais de um bioma.

Figura 31. Participação das Unidades Federativas do Brasil na Capacidade Instalada Ativa de Processar Soja

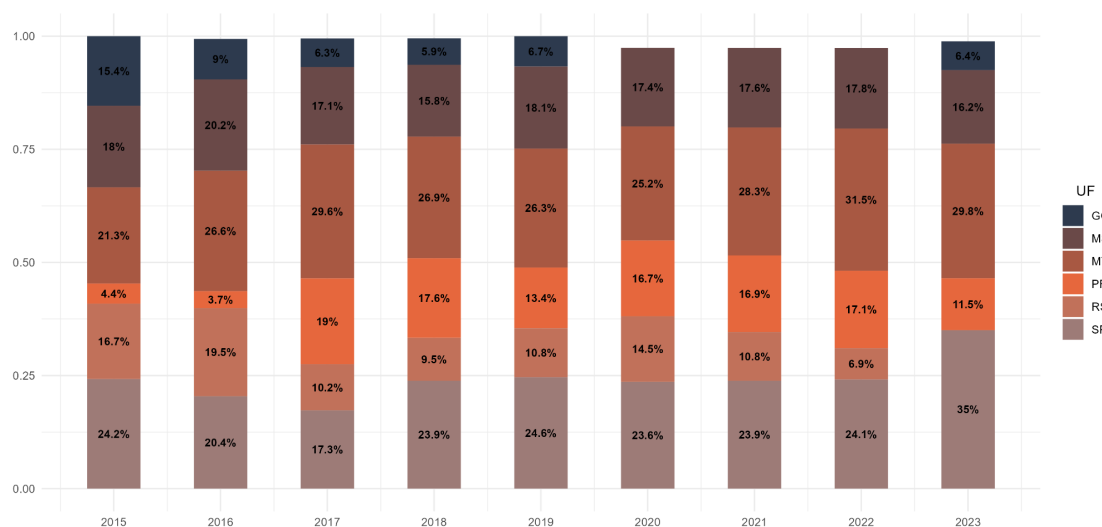


Elaboração própria a partir dos dados da ABIOVE (2024)

Os dados da ABIOVE revelam, também, a capacidade instalada que está parada no Brasil, conforme demonstra a Figura 32. Em 2022, o Mato Grosso tinha uma capacidade instalada parada na ordem de 7.174 toneladas ao dia, representando 31,4% do total. Ou seja, mesmo representando cerca de 21,8% da capacidade, ainda havia espaço para esmagar mais soja. Em sequência, observa-se que o Mato Grosso do Sul representou 17,8% da capacidade parada do país, seguido pelo Paraná.

Em 2023, São Paulo tinha a maior capacidade instalada parada do país, representando 35% do total. Neste ano, o estado poderia ter esmagado cerca de 5.550 toneladas de soja por dia e não fez. Na sequência, tem-se o Mato Grosso, representando 29%, e Mato Grosso do Sul, com 16,3%.

Figura 32. Participação das Unidades Federativas do Brasil na Capacidade Instalada Parada de Processar Soja



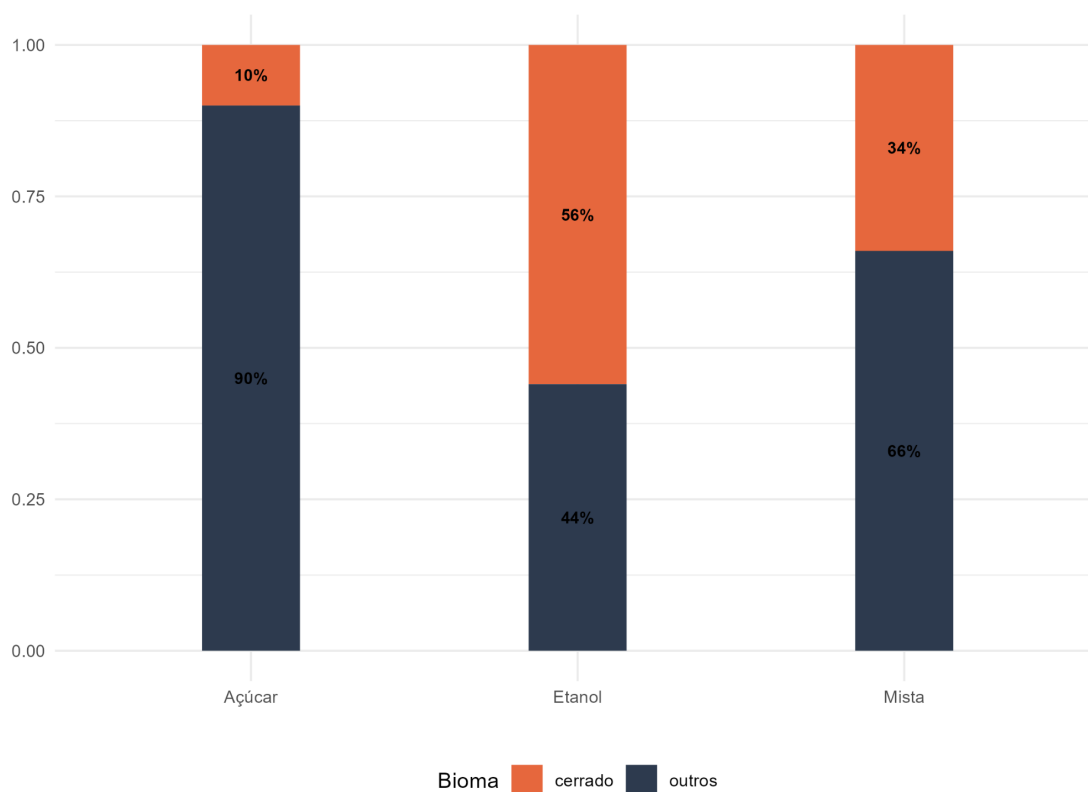
Elaboração própria a partir dos dados da ABIOVE (2024)

4.5. - A indústria sucroalcooleira

Como destacado anteriormente, a cana-de-açúcar é um produto relevante na pauta do Cerrado, mesmo representando uma área menor do que a soja e milho. A expansão das áreas de cultivo está diretamente relacionada com os produtos que são originados a partir da matéria prima: etanol e açúcar. O processo para obtenção desses produtos envolve a agroindústria canavieira e a direção da cana, para o açúcar ou etanol, depende dos preços praticados no mercado e sua demanda.

De acordo com os dados do MAPA (2024), 10% das usinas direcionadas apenas ao açúcar estão localizadas no Cerrado, enquanto o restante está distribuído no resto do Brasil. O supracitado bioma marca maior presença na quantidade de usinas de etanol e, em menor escala, na quantidade de usinas mistas, na medida que representa 56% e 34% do total, conforme demonstra a Figura 33.

Figura 33. Participação do Cerrado e do Resto do Brasil na Quantidade de Usinas Canavieiras

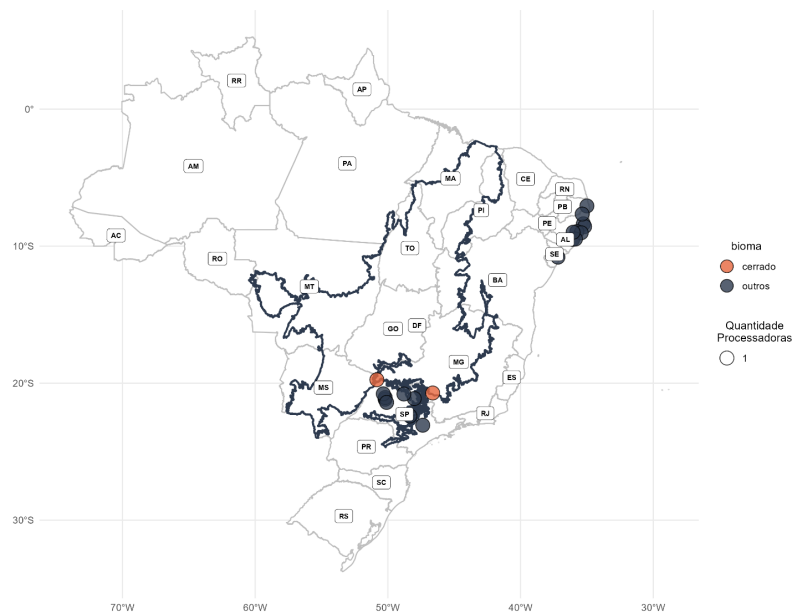


Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

As Figuras 34, 35 e 36 revelam a distribuição geográfica das usinas canavieiras no Brasil e a Figura 37 apresenta a participação de cada Unidade Federativa do Cerrado no total das usinas. Em relação às usinas dedicadas exclusivamente à produção de açúcar, Minas Gerais abriga as duas únicas unidades localizadas no bioma Cerrado. Nesse sentido, pode-se dizer que o resto do Brasil contabiliza um número maior de usinas dedicadas ao açúcar do que o Cerrado.

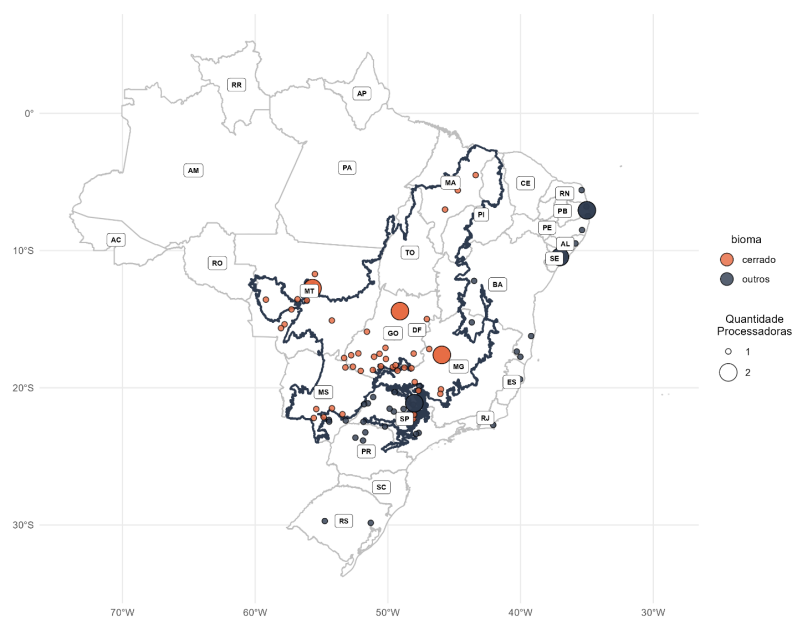
No tocante à produção de Etanol, 35% das usinas estão localizadas no Goiás, principalmente mais próximas às fronteiras com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Em seguida, Mato Grosso representa 24% e Minas Gerais 18% das usinas do bioma. Em relação à produção mista, São Paulo detém a maior quantidade de usinas do Cerrado, representando 34%, seguido por Goiás, com 29%, e Minas Gerais, com 22%. A partir da distribuição geográfica, é possível notar uma concentração espacial das usinas mistas nas fronteiras de Goiás, Minas Gerais e, principalmente, São Paulo.

Figura 34. Distribuição Geográfica das Usinas de Açúcar



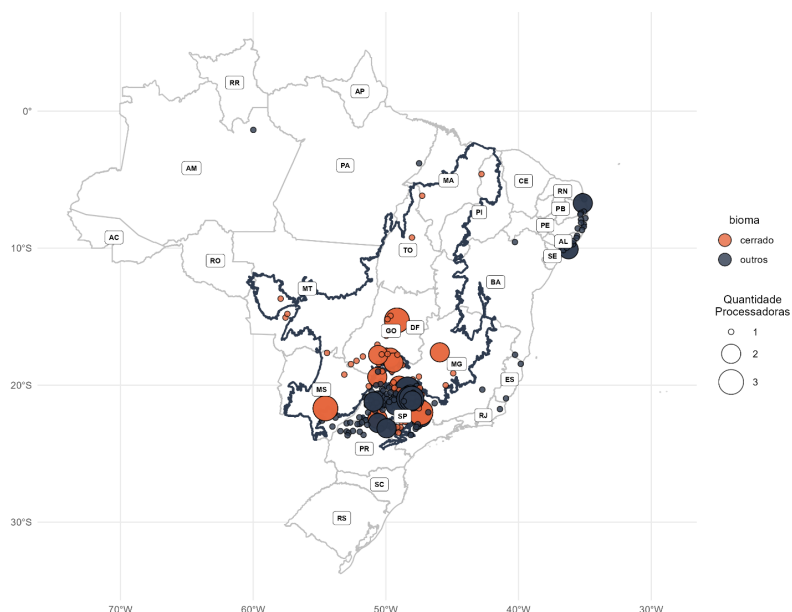
Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

Figura 35. Distribuição Geográfica das Usinas de Etanol



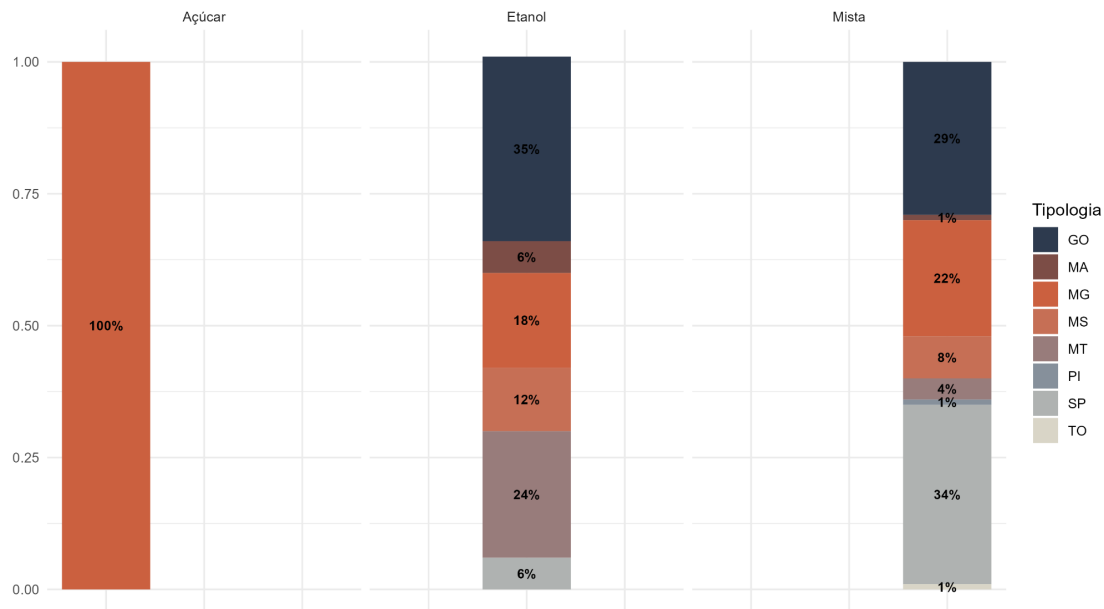
Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

Figura 36. Distribuição Geográfica das Usinas Mistas



Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

Figura 37. Participação das Unidades Federativas do Cerrado na Quantidade de Usinas Canaveiras por tipo de Produção



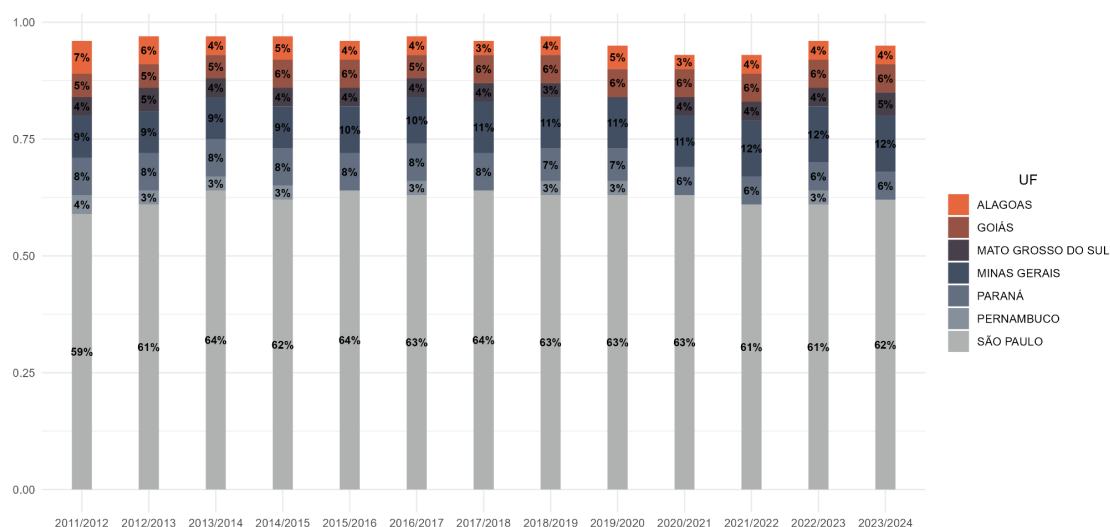
Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

Essa concentração geográfica da quantidade de usinas mistas em São Paulo, i.e usinas que conseguem transformar a matéria prima tanto em açúcar como em etanol, pode ser explicada pela massiva participação de São Paulo na produção de açúcar, etanol e na moagem,

conforme demonstram as Figuras 38 e 39. Ao longo do tempo, o estado representou uma média de 62% na produção total de açúcar, configurando-se como o principal produtor no país, seguido por Minas Gerais e Goiás, que nas últimas safras representaram 11% do total produzido. No tocante à produção de Etanol total, São Paulo se mantém como o principal representante, mas, seguido por Goiás e Minas Gerais que, ao longo do tempo, representaram, na média, 15% e 11% do total, respectivamente.

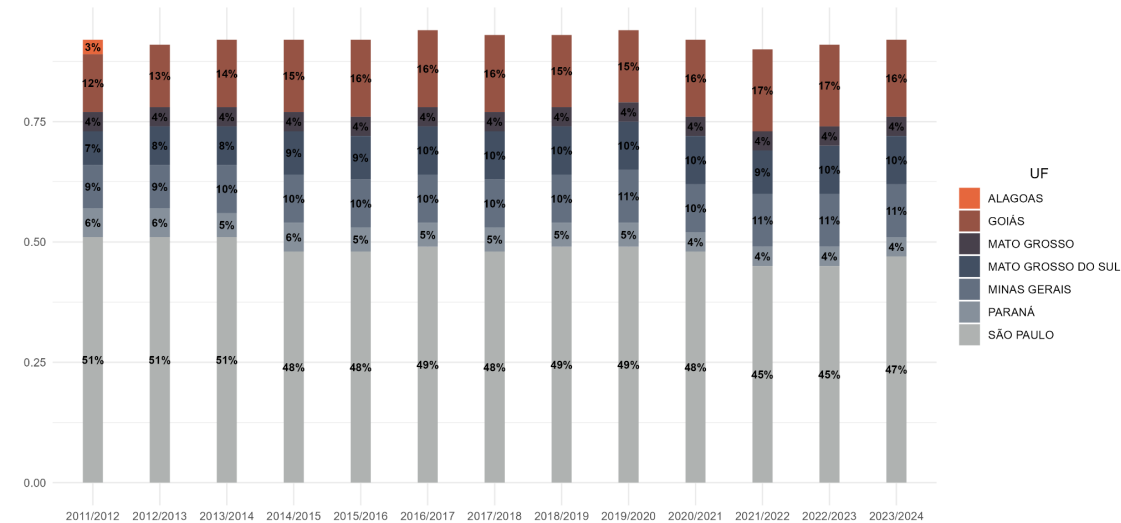
Conforme mencionado anteriormente, Minas Gerais detém de 18% e 22% da quantidade de usinas de Etanol e Mista e está entre os três principais produtores de etanol e açúcar do país. Ao contrário do Mato Grosso, que possui 24% das usinas de Etanol e detém de uma média de 4% da produção de Etanol no país. Isso pode sugerir que a capacidade de transformação da matéria prima em etanol é maior em Minas Gerais do que no Mato Grosso, que possui mais usinas, mas participou de 4% do total

Figura 38. Participação das Unidades Federativas do Brasil na Produção de Açúcar



Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

Figura 39. Participação das Unidades Federativas do Brasil na Produção de Etanol Total



Elaboração própria a partir dos dados da UNICA (2024)

5 - Análise de componentes principais e a dinâmica da agricultura no cerrado

Na intenção de sintetizar as informações das quatro culturas agrícolas analisadas neste relatório (milho, soja, cana-de-açúcar e algodão), e analisar suas distribuições no espaço optamos por utilizar a análise de componentes principais (ACP). A ACP é a técnica mais conhecida associada à ideia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação, contudo é importante ter uma visão conjunta de todas ou quase todas as técnicas da estatística multivariada para resolver a maioria dos problemas práticos, também é associada à ideia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (MANLY, 1986; Mingoti, 2007). O objetivo é identificar os principais eixos produtivos no Cerrado e os seus respectivos fatores relacionados. Para captar o padrão produtivo de cada cultura, foi separado os valores de produtividade para cada commodity. Por exemplo, o modelo da soja possui apenas a produtividade da soja, em conjunto com o restante das variáveis.

A **Tabela 1** apresenta as 19 variáveis utilizadas na Análise de Componentes Principais e suas respectivas descrições. Importante chamar atenção que as variáveis estão relacionadas a diferentes aspectos da produção agrícola, como a estrutura fundiária (Gini da terra), estoque de capital (máquinas e equipamentos; uso de aeronaves; drones), técnicas e manejo agrícola (irrigação; corretivo para solos; práticas de manejo); percentual da terra do município segundo aptidão agrícola (boa, moderada e restrita); sustentabilidade (percentual da área desmatada em 2017); diversificação agroindustrial (presença de usinas de açúcar e álcool e de esmagadoras de soja).

O ano de referência para a maioria das variáveis foi o ano de 2017, pois trata-se do último Censo Agropecuário disponível. No caso das informações ligadas ao potencial agrícola das terras, o ano de referência foi 2022, as variáveis sobre a diversificação industrial são relativas aos anos de 2023 e 2024, os dados sobre desmatamento são do INPI de 2017. A tabela 8 abaixo apresenta a lista das variáveis, nome, fonte e ano da informação utilizada.

Tabela 8. Variáveis utilizadas na Análise de Componentes Principais

Variável	Descrição	Fonte	Ano
PROD	Valor da produção de cada cultura (soja, milho, cana-de-açúcar e algodão) dividido pela área dos estabelecimentos	IBGE	2017
MAQ	Quantidade de máquinas e tratores dividido pelo número de estabelecimentos	IBGE	2017
N_APLIC	Área dos estabelecimentos agropecuários que não realizou nenhuma aplicação de corretivos de solo	IBGE	2017
APLIC	Área dos estabelecimentos agropecuários que realizou nenhuma aplicação de corretivos de solo	IBGE	2017
FIN	Quantidade de estabelecimentos que receberam financiamento dividido pelo número de estabelecimentos	IBGE	2017
PRAT	Área dos estabelecimentos que realizaram práticas agrícolas	IBGE	2017
N_PRAT	Área dos estabelecimentos que não realizaram práticas agrícolas	IBGE	2017
IRRI	Área dos estabelecimentos que realizaram algum tipo de irrigação	IBGE	2017
FERTIIR	Área total do município fertilizada e irrigada	ANA	2021
GINI	Gini da Terra	IBGE	2017
PROC_SOJA	Quantidade de Esmagadoras de Soja	ABIOVE	2023
ETANOL	Quantidade de usinas canavieiras de produção de etanol	MAPA	2024
MISTA	Quantidade de usinas canavieiras de produção mista (açúcar + etanol)	MAPA	2024
MODERADA	Percentual da área do município que é considerada moderada para plantio	IBGE	2022
BOA	Percentual da área do município que é considerada boa para plantio	IBGE	2022
RESTR	Percentual da área do município que é considerada restrita para plantio	IBGE	2022
DRONE	Número de registros de aeronaves controladas remotamente (drones) voltados para agricultura	MAPA	2023
CONV	Número de registros de aviões convencionais voltados para agricultura	MAPA	2023
DESM	Percentual da área municipal que foi desmatada em 2017	INPE	2017

A **Tabela 9** apresenta a proporção da variância explicada para os modelos estimados, para cada cultura (soja, milho, cana-de-açúcar e algodão. No que tange ao modelo da soja, observa-se que, na média, quatro primeiros componentes, explicam 55% do total das

informações. Para o milho, os quatro primeiros componentes conseguem explicar 57% da variância, valor que é de 52% para a cana de açúcar e de 57% para o milho.

Tabela 9. Proporção da Variância Explicada por Cultura

	Soja		Milho		Cana-de-Açúcar		Algodão	
Componentes	Individual	Acumulada	Individual	Acumulada	Individual	Acumulada	Individual	Acumulada
1	27.73	27.73	28.39	28.39	25.01	25.01	28.07	28.07
2	10.52	38.25	11.21	39.60	11.27	36.28	10.88	38.95
3	8.85	47.10	9.33	48.93	8.31	44.58	9.38	48.33
4	8.01	55.11	8.44	57.37	7.79	52.37	9.02	57.35
5	7.75	62.86	8.22	65.60	7.25	59.63	8.23	65.58
6	6.67	69.53	6.21	71.81	6.27	65.90	6.45	72.03
7	5.68	75.21	6.02	77.82	5.48	71.38	6.10	78.13
8	5.16	80.37	5.23	83.06	5.31	76.69	5.45	83.58
9	4.63	84.99	4.77	87.83	4.83	81.52	4.79	88.36
10	27.73	27.73	3.54	91.37	4.31	85.83	3.33	91.69
11	0.12	100	2.76	94.13	3.72	89.55	2.55	94.24
12	2.58	94.61	2.21	96.35	3.02	92.57	2.20	96.44
13	1.97	96.57	1.59	97.94	2.70	95.27	1.59	98.03
14	1.49	98.06	1.38	99.32	1.84	97.12	1.30	99.32
15	1.30	99.36	0.68	100	1.29	98.41	0.68	100
16	0.64	100	0	100	1.00	99.40	0	100
17	0	100			0.60	100		
18					0	100		

5.1. - Soja

A **Tabela 10** apresenta o efeito das variáveis nos quatro primeiros componentes, que juntos acumulam 55.1% da variância explicada. O componente 1 é marcado pelo efeito positivo de todas as variáveis, com exceção das variáveis que medem o percentual da área moderada e restrita para agricultura. Os maiores pesos advêm da aplicação de corretivos do solo, do desmatamento, da realização de práticas agrícolas, da produtividade de soja, das áreas irrigadas e fertirrigadas, do número de máquinas por estabelecimentos e da razão entre número de estabelecimentos com financiamento e números de estabelecimentos.

Em contrapartida, o componente 2 é marcado positivamente pela não aplicação de corretivos do solo e do percentual de áreas restritas para agricultura. Além disso, há pesos negativos nesse componente: a produtividade de soja, o número de processadoras de soja, o percentual de áreas boas e restritas, a presença de drones e as variáveis de máquinas e financiamento. Ou seja, esse componente revela um eixo de municípios que não realizam práticas produtivas, que são inversamente proporcionais à produtividade de soja, não possuem terras boas e moderadas para plantio, além de não possuírem grandes razões de máquinas e financiamento.

O terceiro componente revela um grupo de municípios no Cerrado que possuem uma área boa para o plantio, recebem financiamento, possuem maquinário relativamente alto, mas não realizam irrigações e fertirrigações, não possuem valores altos para a produtividade de soja e não possuem valores relativamente altos de drones e aviões voltados para a agricultura.

Por último, o quarto componente revela um grupo de municípios que possuem financiamento, maquinário, aviões convencionais, produtividade de soja, processadoras de soja presentes, mas não possuem áreas consideradas boas para o plantio. Além disso, não praticam irrigação e fertirrigação. O potencial agrícola desse grupo de municípios é moderado e, com peso maior, restrito.

Tabela 10. Carga das Variáveis nos Componentes Principais - Soja

Variável	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
APLIC	0.389	0.201	0.052	0.071
N_APLC	0.148	0.457	0.097	-0.024
N_PRAT	0.176	0.133	0.065	0.150

PRAT	0.374	0.036	-0.116	0.027
IRRI	0.208	0.101	-0.360	-0.412
FERTIRR	0.291	0.011	-0.294	-0.361
PROD_SOJ	0.297	-0.294	0.050	0.180
PROC_SOJ	0.185	-0.009	-0.151	0.173
A				
GINI	0.110	0.182	0.011	0.164
BOA	0.178	-0.152	0.489	-0.520
MODERAD	-0.104	-0.262	-0.601	0.166
A				
RESTR	-0.083	0.437	0.103	0.386
DRONE	0.152	-0.030	-0.143	0.022
CONV	0.233	0.012	-0.167	0.104
DESM	0.326	0.283	-0.043	0.027
MAQ	0.295	-0.315	0.178	0.166
FIN	0.269	-0.372	0.190	0.308

Fonte: Elaboração Própria

5.2. - Milho

No caso do milho, os resultados para os primeiros quatro componentes são apresentados na A **Tabela 11**. Assim como na soja, o Componente 1 do milho é relacionado positivamente com todas as variáveis, com exceção do potencial agrícola moderado e restrito. Esse componente é marcado pela aplicação de corretivos no solo, pela realização de práticas agrícolas, pela fertirrigação, pelo desmatamento, pela quantidade de máquinas por estabelecimento, pelo financiamento e pela produtividade do milho. O grupo de municípios com alto valor desse componente revelam o eixo fortemente produtor do Cerrado, com características concentradoras de terra, com bom potencial agrícola, com alta produtividade da terra, utilização de capital-tecnológico, irrigações e práticas agrícolas, ou seja, agricultura patronal com a utilização de técnicas agrícolas modernas e elevado grau de capitalização.

O segundo componente possui os maiores pesos positivos da não aplicação de corretivos do solo, do potencial agrícola restrito e do desmatamento. Em contrapartida, apresenta relação negativa com a produtividade da soja, com os potenciais bons e moderados agrícolas, com a utilização de drones, com financiamento e com o maquinário. Ou seja, esse componente revela um grupo de municípios não intensivos em capital e menor produtividade do milho, que tem relações com o desmatamento e não utilizam aplicação de corretivos do solo. Além disso, são concentradores de terra e possuem área restrita para agricultura.

O terceiro componente revela um eixo que possui área boa para o plantio, recebem financiamento, utilizam de máquinas na produção agrícolas, mas não utilizam irrigações e fertirrigações, além de serem inversamente relacionados com a utilização de práticas agrícolas. Além disso, não são intensivos no uso de drones e aviões voltados para agricultura e possuem uma alta produtividade do milho.

O quarto e último componente revela um grupo de municípios com potencial agrícola bom, mas com menor produtividade do milho, menos intensivos na utilização de máquinas, equipamentos, aviões e drones. Possuem relação inversa com o financiamento e o Gini da terra, o que permitiria estabelecer uma proximidade com a agricultura familiar ou patronal de menor escala.

Tabela 11. Carga das Variáveis nos Componentes Principais - Milho

Variável	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
APLIC	0.398	0.212	0.036	0.038
N_APLC	0.152	0.476	0.082	0.243
N_PRAT	0.176	0.142	0.077	0.023
PRAT	0.382	0.033	-0.122	-0.072
IRRI	0.219	0.082	-0.410	0.122
FERTIIR	0.303	-0.008	-0.339	0.110
PROD_MIL	0.286	-0.307	0.062	-0.199
GINI	0.114	0.179	0.019	-0.209
BOA	0.186	-0.159	0.447	0.550
MODERAD A	-0.114	-0.230	-0.604	0.017
RESTR	-0.081	0.411	0.151	-0.608
DRONE	0.147	-0.029	-0.105	-0.019
CONV	0.231	0.017	-0.143	-0.121
DESM	0.332	0.287	-0.047	0.037
MAQ	0.304	-0.317	0.163	-0.160
FIN	0.275	-0.377	0.192	-0.330

Fonte: Elaboração Própria

5.3. - Cana-de-Açúcar

A **Tabela 12** apresenta a carga das variáveis nos componentes relacionados à Cana-de-Açúcar. Similar às outras culturas, o primeiro componente revela relações positivas com todas

as variáveis, com exceção das áreas moderadas e restritas para o plantio. Municípios com alto valor nesse componente são intensivos no uso de maquinário, aviões, drones e aplicação corretivos do solo. Utilizam de práticas agrícolas, irrigação e fertirrigação, além de serem concentradores de terra. Esses municípios possuem relações positivas com a presença de usinas de Etanol, Mistas e com a produtividade da cana.

O componente 2 possui as maiores relações positivas com a não aplicação de corretivos do solo, com o potencial agrícola restrito e com o desmatamento. Por outro lado, possui relações negativas com as variáveis de irrigação, produtividade da cana, presença de usinas de etanol e mistas, área boa e moderada para plantio, financiamento e maquinário.

O terceiro componente possui o maior peso vindo do potencial bom agrícola, recebem financiamento e utilizam de maquinário na produção agrícola. Contudo, o peso da produtividade de cana-de-açúcar é baixo e há relações negativas com a presença de usinas de etanol, mista e utilização de drones e aviões voltados para agricultura. Além disso, não utilizam irrigação e fertirrigação.

Por último, o quarto componente revela um grupo de municípios que possuem relações positivas com potencial agrícola moderado, recebem financiamento e utilizam de máquinas na produção agrícola. Mas, são inversamente proporcionais à produtividade da cana, à utilização de irrigações e fertilizações e à concentração fundiária.

Tabela 12. Carga das Variáveis nos Componentes Principais – Cana-de-Açúcar

Variável	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
APLIC	0.390	0.267	0.038	0.151
N_APLC	0.152	0.416	0.045	0.057
N_PRAT	0.169	0.179	0.065	0.152
PRAT	0.372	0.102	-0.107	0.066
IRRI	0.225	-0.007	-0.411	-0.264
FERTIIR	0.330	-0.174	-0.334	-0.279
PROD_CAN	0.130	-0.444	0.030	-0.193
A				
ETANOL	0.201	-0.116	-0.036	0.005
MISTA	0.157	-0.350	-0.082	-0.247
GINI	0.116	0.089	-0.031	-0.208
BOA	0.194	-0.160	0.521	-0.089
MODERAD				
A	-0.114	-0.166	-0.531	0.546

RESTR	-0.089	0.345	-0.005	-0.475
DRONE	0.162	-0.095	-0.090	-0.065
CONV	0.224	0.088	-0.118	0.099
DESM	0.330	0.285	-0.068	0.043
MAQ	0.302	-0.193	0.228	0.236
FIN	0.260	-0.186	0.241	0.233

Fonte: Elaboração Própria

5.4. - Algodão

A **Tabela 13** apresenta os efeitos das variáveis nos componentes tangentes à Cana-de-Açúcar. Similar às outras culturas, o primeiro componente apresenta relações positivas com todas as variáveis, com exceção do potencial agrícola moderado e restrito. Dessa forma, municípios com alto valor nesse componente são intensivos no uso de maquinário, aviões, drones e aplicação corretivos do solo. Utilizam de práticas agrícolas, irrigações e fertirrigações, além de serem concentradores de terra e praticarem o desmatamento. Além disso, possuem relações positivas com a produtividade de algodão.

Em contrapartida, o componente 2 é marcado positivamente pela não aplicação de corretivos do solo e do percentual de áreas restritas para agricultura. Além disso, são relacionados negativamente com a produtividade de algodão, com o financiamento e maquinário, e com a utilização de drones e aviões convencionais.

O terceiro componente é marcado positivamente pela área restrita para produção agrícola, que possuem financiamento e maquinário. Contudo, apresenta relações negativas com as práticas agrícolas, com a irrigação e com a utilização de aviões e drones para a agricultura.

Por último, o quarto componente revela um grupo de municípios que possuem relações positivas com potencial agrícola moderado e restrito, recebem financiamento e são produtivos no algodão. Mas, são inversamente proporcionais à utilização de drones e do potencial agrícola com terras boas.

Tabela 13. Carga das Variáveis nos Componentes Principais – Cana-de-Açúcar

Variável	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
APLIC	0.405	0.189	0.042	0.003

N_APLC	0.163	0.464	0.065	-0.102
N_PRAT	0.165	0.202	0.029	-0.096
PRAT	0.380	0.030	-0.113	0.065
IRRI	0.216	0.110	-0.454	-0.057
FERTIIR	0.298	0.017	-0.390	-0.087
PROD_AL G	0.266	-0.284	0.177	0.313
GINI	0.113	0.199	0.041	0.119
BOA	0.178	-0.115	0.256	-0.684
MODERAD A	-0.117	-0.241	-0.560	0.216
RESTR	-0.070	0.375	0.310	0.508
DRONE	0.141	-0.009	-0.133	-0.038
CONV	0.252	-0.080	-0.054	0.234
DESM	0.341	0.258	-0.023	0.059
MAQ	0.313	-0.379	0.204	0.079
FIN	0.266	-0.383	0.226	0.123

Fonte: Elaboração Própria

6 - Considerações Finais

O modelo agrícola desenvolvido e estabelecido no cerrado brasileiro se caracteriza por uma dualidade. De um lado, o modelo de larga escala, enorme intensidade tecnológica e de capital, resultante da opção da chamada revolução verde (Hayami e Ruttan, 1988), convivendo com atividades agrícolas de baixa capitalização, pequena escala e menor incorporação tecnológica.

O resultado foi uma expansão da atividade agrícola das principais culturas presentes na região (algodão, cana-de-açúcar, milho e soja) de forma concentrada com algumas regiões apresentando elevadas produtividades, ao passo que outras parcelas do bioma convivem com produtividades, tecnologia e intensidade de capital muito menores.

Do ponto de vista da política regional, é necessário aperfeiçoar a sustentabilidade do bioma, na medida em que o mesmo está situado em uma região de extrema importância para

diversas bacias hidrográficas brasileiras, logo o uso de defensivos agrícolas, fertilizantes e fungicidas tem impacto relevante.

As condições logísticas da região também são muito relevantes para a dinâmica agrícola da região. Do ponto de vista produtivo, o fortalecimento de corredores logísticos que possam reduzir os custos de produção é essencial para a dinâmica escoamento da produção e competitividade dos produtos agrícolas.

7 - Referências bibliográficas

- ABREU, Y.V. de; NASCIMENTO, H.R. A produção da cana-de-açúcar e de etanol nas novas fronteiras agrícolas: o estado do Tocantins. **Revista Liberato**, v.17, p.49-63, 2016. DOI: <https://doi.org/10.31514/rliberato.2016v17n27.p49>.
- Albuquerque, Rui & Salles Filho, Sérgio (coords.). *Determinantes das reformas institucionais, novos modelos organizacionais e as responsabilidades do SNPA. Caracterização e avaliação das Oepa's, Relatório final*. Campinas, Geop/DPCT/Unicamp, 1997.
- ALVES, E; CONTINI, E. A modernização da agricultura brasileira. In: BRANDÃO, A. S. P. (Ed.). **Os principais problemas da agricultura brasileira: análise e sugestões**. Rio de Janeiro: IPEA, 1992 (IPEA. Série PNPE, 18).

- Alves, E; Souza, G. S. 'A pesquisa agrícola numa agricultura integrada ao mercado ao mercado internacional: o caso da Embrapa e do Cerrado in: Revista de Política Agrícola, Ano XVI, No. 2, Abr./Maio/Jun, 2007.
- ALVES, E. (2013). Excluídos da modernização da agricultura – Responsabilidade da extensão rural? **Revista de Política Agrícola**, ano XXII, nº 2, jul-set/2013.
- Baiardi, Amílcar. *Sociedade e Estado no apoio à ciência e tecnologia: uma análise histórica*. São Paulo, Hucitec, 1996.
- BIN, A. et al. Organization of Research and Innovation: a Comparative Study of Public Agricultural Research' in: Journal of Technology, Management & Innovation. Vol. 8. Special Issue form ALTEC. Universidad Alberto Hurtado. Santiago, 2013. P. 209-218.
- Bolfe, E. L; Victória, D. C; Contini, E: et al. 'Matopiba em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos' in: Revista de Política Agrícola, Ano XXV, No. 4, Out/Nov/Dez/, 2016.
- BUAINAIN, A. M; SOUZA FILHO, H. M. Política agrícola no Brasil: evolução e principais instrumentos. In: BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão agroindustrial**. GEPAI: Grupo de estudos e pesquisas agroindustriais. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001. v. 2.
- CANO, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. Rio de Janeiro: DIFEL, 1977.
- Carvalho, João Carlos M. de. *O desenvolvimento da agropecuária brasileira: da agricultura escravista ao sistema agro-industrial*. Brasília, Embrapa-SPI, 1992.
- CARVALHO, S. M. P; SALLES-FILHO, S. L. M; PAULINO, S. R. 'Propriedade Intelectual e Inovação na Agricultura' in Revista Brasileira de Inovação. Vol. 5/Número 2. Rio de Janeiro: FINEP, 2006.
- CARVALHO, S.P.M.; SALLES-FILHO, S.M & PAULINO, S.R. Propriedade intelectual e organização da P&D vegetal: evidências preliminares da implantação da Lei de Proteção de Cultivares. Revista de Economia e Sociologia Rural, Vol.45, No.01 (2007), Rio de Janeiro. pp. 09-26.
- CASTRO, A. B. **Sete ensaios sobre a economia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1971.
- CASTRO, A. C.. C.; Fonseca, M. G. D. **A dinâmica agroindustrial do Centro-Oeste**. Brasília: IPEA, 1995.

- Cavalcante, W. S. S; Silva, N. F; Teixeira, M. B; et al. Tecnologia e inovações no uso de drones na agricultura in: *Brazilia Journal of Development*, Curitiba, V. 8, no. 1, p. 7108-7117, jan. 2022.
- CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- DELGADO, G. C. **Capital financeiro e agricultura no Brasil**. São Paulo: Ícone, 1985.
- FARINA, E. M. M. Q.; ZYLBERSZTAJN, D. **Relações tecnológicas e organização dos mercados no sistema agroindustrial de alimentos**. São Paulo: IPE/USP, 1992.
- FUCK, M. P.; BONACELLI, M. B. M. A necessidade de reorganização e de fortalecimento institucional do SNPA no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, Ano 16, n.1, 2007.
- FUCK, M. P.; BONACELLI, M. B. Sistemas de inovação e a internacionalização da P&D: novas questões, novos problemas? **Economia & Tecnologia**, ano 66, vol. 66, julho/setembro de 2010.
- FUNK, M. P. A co-evolução tecnológica e institucional na organização da pesquisa agrícola no Brasil e na Argentina. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/Unicamp. Campinas, 2009.
- FUNK, M. P. et al. Catching-up no setor agrícola brasileiro: o papel das novas instituições' in: *Economia & Tecnologia*. Ano 04, Vol. 15 (Outubro/Dezembro). Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 2008. Pag. 101-111.
- GRANT, A. 'Australia's approach to rural research, development and extension' in: OECD. **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems**. OECD Conference Proceedings, OECD Publishing, 2012. ISBN 978-92-64-16744-5.
- GUIMARÃES, A. P. **A crise agrária**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. (Col. O Mundo, hoje, v. 29).
- Hayami, Yugiro & Ruttan, Vernon. *Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências*. Brasília, Embrapa-DPV, 1988. (Documentos, 40.)
- Ichikawa, Elisa Yoshie & Santos, Lucy Woellner. From the "Brazilian miracle" to the "neoliberal policy": reflections about the strategic pattern of the agricultural research in Santa Catarina, Brazil. In: <http://www.balas99/papers/index.html>. 1999.

- IPEA /Secretaria da Agricultura. **Aproveitamento atual e potencial dos cerrados**. Brasília: Instituto de Planejamento Econômico e Social/Instituto de Planejamento, 1973.
- JANSSEN, W.; Braunschweig, T. (2003). Trends in the organization and financing of agricultural research in develop countries: implications for developing countries, Research Report, 22, ISNAR, The Hague.
- LOPES, M. A. 'The Brazilian Agricultural Research for Development (ARD) System' in: OECD. **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems**. OECD Conference Proceedings, OECD Publishing, 2012. ISBN 978-92-64-16744-5.
- Machado, R. B; Klink, C. A. 'Conservation of the Brazilian Cerrado' in: Conservation Biology Volume 19, No. 3, June 2005.
- MANLY, B. F. J. Multivariate statistical methods. New York, Chapman and Hall, 1986. 159 p.
- Marta, J. M. C; Figueiredo, A. M. R. "Expansão da soja no cerrado de Mato Grosso: aspectos políticos" in: Revista de Política Agrícola, Ano XVII, No. 1, Jan/Fev, 2008.
- Mesquita, A. O avanço dos drones. Revista DBO, v. 33, n. 403, p. 20-25, mai., 2014.
- MUELLER, C. C. Políticas governamentais e expansão da agropecuária no Centro-Oeste. In: _____. **Planejamento e Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 1990.
- MÜLLER, C. C. Políticas governamentais e expansão da agropecuária no Centro-Oeste. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília: IPEA, v. 2, n. 3, p. 45-74, 1990.
- NELSON, R. R. **National Innovation Systems: a comparative analysis**. New York/Oxford: Oxford University Press, 1993.
- OECD. **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems**. OECD Conference Proceedings, OECD Publishing, 2012. ISBN 978-92-64-16744-5.
- Paiva, D. Z. A utilização de drones na agricultura: uma revisão bibliográfica entre 2012 e 2022. Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2023.
- Pereira, C.N; Castro, C. N. O sistema nacional de pesquisa agropecuária: histórico, estrutura e financiamento. Texto para discussão No. 2338/ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 2017. ISSN 1415-4765
- POSSAS, M. L. ; SALLES-FILHO, S. ; SILVEIRA, J. M. . An Evolutionary Approach to Technological Innovation in Agriculture: Some Preliminary Remarks. RESEARCH POLICY, Brighton, UK, v. 25, n.1, 1996.
- SALLES-FILHO, S.; Albuquerque, R.; Szmrecsányi, T.; Bonacelli, M.B.; Paulino, S.; Bruno, M.; Mello, D.; Corazza, R.; Carvalho, S.; Corder, S.; Ferreira, C. (2000). Ciência,

tecnologia e inovação: a reorganização da pesquisa pública no Brasil. Editora Komedi, Campinas.

Sano, E. E. 'Land use expansion in the Brazilian Cerrado' in: Hosono, A; Hamaguchi, N; Bojanic, A. (editors). *Inovation with spatial impact: sustainable development of the Brazilian Cerrado*. Tokyo: Springer, 2019.

Sano, E. E. 'The spatial economics of agricultural development and the formation of agro-industrial value chains: the Brazilian Cerrado' in: Hosono, A; Hamaguchi, N; Bojanic, A. (editors). *Inovation with spatial impact: sustainable development of the Brazilian Cerrado*. Tokyo: Springer, 2019.

SANTOS, G. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidade produtiva na agricultura brasileira: elementos estruturais e dinâmicos da trajetória produtiva recente. **Texto para discussão n. 1740**. Rio de Janeiro: Ipea, 2012. 32p. **Texto para Discussão** (IPEA. Brasília), v. 1, p. 7-28, 2012.

SILVA, J. G. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: IE/Unicamp, 1996.

SZMRECSANYI, T. Sugestão de um novo esquema de análise do setor agropecuário. **Cadernos**. IFCH UNICAMP, Campinas, n. 1, jul. 1983.

Vedana, R; Rodrigues, K. C. T. T; Parré, J. L; Shikida, P. F. A. Distribuição espacial da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil. in: *Revista de Política Agrícola*, Ano XXVIII, No. 4, Out/Nov/Dez/, 2019.