

Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 261

Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho

Rubens Augusto de Miranda
Jason de Oliveira Duarte
João Carlos Garcia
Frederico Ozanan Machado Durães

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria
Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Saulo Coelho Nunes

1ª edição
Publicação digital (2021)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho / Rubens Augusto de Miranda ...
[et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2021.
27 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 261).

1. *Zea mays*. 2. Produção. 3. Produtividade. 4. Mercado. I. Miranda, Rubens
Augusto de. II. Duarte, Jason de Oliveira. III. Garcia, João Carlos. IV. Durães,
Frederico Ozanan Machado. V. Série.

CDD (21. ed.) 633.15

Autores

Rubens Augusto de Miranda

Economista, Doutor em Administração, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Jason de Oliveira Duarte

Economista, Doutor em Agricultural Economics, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

João Carlos Garcia

Eng. Agrôn. Doutor em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Frederico Ozanan Machado Durães

Eng. Agrôn. Doutor em Fitotecnia, Chefe-geral da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Apresentação

Cadeias de valor agropecuário representam complexidade de produção, infraestrutura e logística de armazenagem e escoamento para o mercado. Oportunidades para explorar as vantagens comparativas e competitivas requerem compreender, formular, e implementar estratégias de ação para associação de interesses comerciais na atividade agropecuária, e constituem os elementos-chaves para as decisões de produzir, vender, processar, transformar e agregar valor, produtividade, sustentabilidade e impactos. A cadeia de valor do milho é um típico exemplo de um negócio da bioeconomia, de interesse público e privado, porquanto, trata-se de bioalimento, uma base vegetal e de proteína animal, que envolve bioenergia, bioprocessos, biomoléculas, bioprodutos, biomateriais e uma diversidade de usos industriais e de consumo humano. A cadeia produtiva do milho é usualmente descrita enfatizando oportunidades e gargalos, relatando bem a situação brasileira de uma *commodity* agrícola relevante. Entretanto, nesta cadeia de valor, devem-se buscar avanços na agenda de interesse para o Brasil, visando orientar e alinhar firmemente os agentes e as instituições públicas e privadas, nos vários segmentos da cadeia de produção (antes, dentro e pós-porteira) para os cenários e as vantagens competitivas e comparativas relacionadas aos volumes de negócios, além de promover a disponibilidade das alternativas tecnológicas, mercadológicas e de logística de produção, distribuição e usos. O Brasil experimenta um longo período de ganhos de produtividade e de abundância de alimentos e esta é uma agenda de interesse que o País precisará potencializar, com inteligência estratégica e negocial, para agregar valor às *commodities* agropecuárias, incluindo a cadeia de valor do milho, focada em inovação, empreendedorismo e mercado. A segurança alimentar e nutricional mundial, no âmbito das mudanças climáticas e pelos reflexos da pandemia causada pelo coronavírus na população e nos setores produtivos, produzirá externalidades nas cadeias produtivas de grãos e de proteína animal, requerendo propósitos, conectividade e foco para novas estratégias negociadas para alianças, visando agregação de valor, produtividade e sustentabilidade do negócio agropecuário.

Frederico Ozanan Machado Durães
Chefe-geral

Sumário

O milho no mundo	07
Uma cultura agrícola de valor.....	08
A cultura do milho no Brasil	10
Soluções tecnológicas e os ganhos de produtividade no século XXI	11
Aspectos da produção sustentável de milho no Brasil.....	13
Uso de micorganismos para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes	14
Difusão de sementes geneticamente modificadas (OGM) reduz perdas, contaminação ambiental e intoxicação dos produtores	15
A Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta favorecendo o aumento de produção de grãos e proteínas sem necessidade de abertura de novas áreas nos diversos biomas brasileiros	15
Desenvolvimento de sistemas de produção em sucessão a soja (para áreas marginais).....	16
Aspectos na logística da sustentabilidade da produção de milho no Brasil.....	17
Contribuições da cadeia do milho aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	18
Políticas Públicas	19
Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (Inovagro).....	20
Programa de Modernização da Agricultura e Conservação de Recursos Naturais (Moderagro)	21
Programa ABC	21
Lacunas / Desafios / Propostas.....	21
Comentários finais.....	22
Referências	23
Literatura recomendada	26

O milho no mundo

O milho é a maior cultura agrícola do mundo, única a já ter ultrapassado a marca de 1 bilhão de toneladas colhidas por ano. No ano agrícola 2019/2020, a produção mundial alcançou o recorde de 1,11 bilhão de toneladas. A importância do milho em diversas cadeias produtivas, principalmente aquelas vinculadas à produção de carne, incentivou a produção do cereal em todas as partes do globo ao longo das últimas décadas.

A **Tabela 1** apresenta a produção de milho pelos principais países no último quinquênio. Os Estados Unidos são o maior produtor do cereal, seguidos da China e do Brasil. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), na safra 2019/2020 esses três países produziram, respectivamente, 345,9 milhões de toneladas, 260,8 milhões de toneladas e 101 milhões de toneladas. Apesar de produzido em grande parte dos países no mundo, os três principais produtores concentraram na referida safra 63,6% da produção global.

Tabela 1. Principais países produtores de milho – 2014/2015-2019/2020

País	Produção (milhões t)					
	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
EUA	361,1	345,5	384,8	371,1	364,3	345,9
China	215,7	224,6	263,6	259,1	257,3	260,8
Brasil	85,0	67,0	98,5	82,0	101,0	101,0
UE	75,7	58,8	61,9	62,0	64,4	66,7
Argentina	29,8	29,5	41,0	32,0	51,0	50,0
Ucrânia	28,5	23,3	28,0	24,1	35,8	35,9
Índia	24,2	22,6	25,9	28,8	27,7	28,9
México	25,5	26,0	27,58	27,57	27,6	25,0
Mundo	1.016,0	972,2	1.123,4	1.080,q	1.123,5	1.112,4

Fonte: USDA (2020b).

O milho é uma *commodity* que, em decorrência do preço de mercado relativamente baixo do grão, tem os custos de transporte bem representativos na comercialização do produto. O transporte afeta muito a remuneração da produção obtida em regiões distantes dos pontos de consumo, reduzindo o interesse no deslocamento da produção a maiores distâncias. Nesse sentido, em termos globais, verifica-se uma tendência dos países tentarem atender às suas necessidades internas e buscar no exterior (e no uso de possíveis substitutos) apenas o complemento de suas necessidades.

Os dados de comércio corroboram esse argumento (USDA, 2020a), indicando que a produção de milho no mundo destina-se principalmente ao consumo doméstico. A quantidade comercializada por meio de trocas internacionais é baixa, em 2019/2020 equivaleram a 15% da produção mundial.

O mercado mundial de milho é disputado basicamente por quatro países: Estados Unidos, Brasil, Ucrânia e Argentina. Apesar de a China ser o segundo maior produtor, a produção do cereal é direcionado ao abastecimento doméstico, em decorrência de políticas relativas à segurança alimentar¹. Os países Paraguai, África do Sul e Índia abastecem mercados adjacentes, em quantidades consideravelmente inferiores aos principais exportadores. A Rússia é o quinto exportador mundial, mas o volume é pequeno em relação aos principais, apesar de embarcar milho para alguns dos grandes mercados como Coreia do Sul e Irã (USDA 2020a, 2020c; FAO, 2020; International Trade Center, 2020).

¹ Os estoques de milho na China correspondem a quase dois terços das reservas mundiais, podendo abastecer o país por quase 1 ano.

A Ucrânia é um caso emblemático ao se transformar de um país sem tradição histórica na produção de milho em um dos maiores exportadores do cereal. Em apenas 20 anos, a produção de milho no país saltou de 1,74 milhões de toneladas, em 1999/2000, para 35,9 milhões de toneladas, em 2019/2020.

Sob perspectiva da demanda, os principais importadores mundiais de milho são: México, Japão, Coreia do Sul, Vietnã e Irã. Adicionalmente no agregado, o Norte da África, com Egito, Marrocos e Argélia, também é uma importante região importadora. A Europa também possui grandes importadores, mas a maior parte do abastecimento ocorre dentro da própria União Europeia.

O Japão e a Coreia do Sul, além de serem dois dos maiores compradores de milho no globo, possuem duas características que os distinguem dos demais países importadores: 1) as importações são altas, mas estão estagnadas; e 2) não produzem internamente, somente importam o cereal. Apesar da estagnação desses mercados, eles são muito atrativos por se constituírem exclusivamente como importadores. Em outras palavras, há uma demanda fixa desses países ao redor de 25 milhões de toneladas/ano, o que os tornam mercados atraentes.

Historicamente, os dois principais mercados compradores, México e Japão (únicos países a importar quantidade acima de 15 milhões de toneladas), sempre foram compradores quase exclusivos dos Estados Unidos. Após a grande quebra de safra de milho dos EUA em 2012, a escassez do cereal levou o Japão a buscar novos parceiros comerciais para o abastecimento interno. Desde então o país asiático passou a ser um dos principais compradores do milho brasileiro (USDA 2020a, 2020c; FAO, 2020; International Trade Center, 2020; Brasil, 2020c).

Segundo os dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (Brasil, 2020c), dos 42,7 milhões de toneladas de milho exportado em 2019, 46% superior ao então recorde de 2017, 6,7 milhões de toneladas foram embarcadas para o Japão. Na sequência, foram embarcados 5,36 milhões de toneladas para o Irã; 3,99 milhões de toneladas para o Vietnã; 3,5 milhões de toneladas para a Coreia do Sul; 3,26 milhões de toneladas para o Egito e 3,2 milhões de toneladas para a Espanha.

Uma cultura agrícola de valor

Nas estimativas da FAO², o Valor Bruto da Produção (VBP)³ da safra mundial de milho em 2015/2016 totalizou US\$ 191,9 bilhões, valor inferior apenas ao da safra de arroz (US\$ 332,5 bilhões). Contudo, em relação ao arroz, o milho é uma cultura mais dinâmica e com maiores possibilidades de agregação de valor, sendo atrelada a várias cadeias produtivas (carnes, combustíveis, etc.).

Assim, apesar da ausência de estimativas, é factível afirmar que, em decorrência dos efeitos de encadeamento de outras cadeias produtivas, o milho possui maior relevância econômica que o arroz. Uma ilustração desse argumento pode ser feita a partir dos estudos anuais encomendados pela *Renewable Fuels Association* sobre os impactos da indústria do etanol sobre a economia dos Estados Unidos. O último desses estudos (Urbanchuk, 2020) mensurou a contribuição da cadeia produtiva do etanol ao Produto Interno Bruto (PIB⁴) dos Estados Unidos em 2019 no montante de

² Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.

³ Expressão monetária da soma de todos os bens e serviços produzidos em determinado território econômico em determinado período de tempo. Por somar os produtos finais com os insumos usados em sua elaboração, esse indicador incorre no erro de "dupla contagem". Entretanto, como o indicador foi mensurado apenas para a safra de milho, não há dupla contagem dos insumos utilizados.

⁴ Representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos dentro de um limite territorial (frequentemente países) durante um período determinado, normalmente mensurado trimestralmente ou anualmente.

US\$ 43 bilhões, sendo que o segmento agrícola (atividades vinculadas a produção de milho para a produção de combustível) respondeu por US\$ 23,1 bilhões. Por estar atrelado a grandes cadeias (como carnes e combustíveis), o milho possui maiores possibilidades de agregação de valor em outros produtos do que o arroz.

No Brasil, o Valor Bruto da Produção de milho em 2019 totalizou R\$ 64 bilhões, correspondendo a 15,5% de todo o VPB da agricultura (Brasil, 2020b). Assim como nos Estados Unidos e em outros países do globo, a cultura do milho no Brasil prosperou em decorrência do seu vínculo com outras cadeias produtivas.

A produção de milho no Brasil é destinada principalmente para formulação de ração para alimentação animal (avicultura de corte ou postura, suinocultura e terminação de animais confinados na pecuária de corte) ou para produção de silagem para a pecuária leiteira (em que é complementada pelo fornecimento de rações). Cabe ressaltar que o uso do milho para a produção de forragem não entra nas estatísticas, já que os levantamentos da Conab e IBGE abarcam apenas grãos. Desta forma, o milho é estratégico para a manutenção da produção interna de proteína animal, que é importante para alimentação da população brasileira, além de também gerar produção com valor agregado para comercialização no mercado externo. A exportação é uma forma de escoar o excedente produzido (de forma sistemática nas últimas duas décadas) e de garantir os preços recebidos pelos agricultores brasileiros.

Outro segmento importante na cadeia do milho é de consumo industrial. Segundo estatísticas da Associação Brasileira das Indústrias do Milho (2020) e Céleres (Ferro; Oliveira, 2019), o consumo industrial de milho no Brasil em 2018/2019 foi de 8,76 milhões de toneladas, e a projeção para 2019/2020 é de 9,86 milhões de toneladas. O consumo industrial do milho ocorre por meio da moagem via seca e via úmida.

A moagem via seca é um processo tecnologicamente simples no qual se obtêm subprodutos tais como farinhas, floculados, óleo⁵, etc., a partir da separação do grão em endosperma e germe. Em contrapartida, a moagem via úmida é mais sofisticada, demandando maior investimento tecnológico. No processo, o milho macerado é separado em germe, fibra e endosperma, sendo este (endosperma representa por volta de 83% do peso seco do grão) separado em, basicamente, amido (88%) e proteínas de reserva (8%, do tipo prolaminas, chamadas zeínas). Dentre os subprodutos destacam-se amidos, xaropes de glicose, ingredientes para rações (DDG⁶) e álcool combustível. Nos últimos anos vem se estabelecendo no País uma indústria de etanol a partir do cereal, o que tem feito crescer o consumo industrial de milho.

Segundo a Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Cana-de-Açúcar, 2020), a produção de etanol a partir do milho passou de 791,42 milhões de litros na safra 2018/2019 para 1.693,3 milhões de litros em 2019/2020, já respondendo por 4,8% da produção nacional de etanol (anidro e hidratado). Existem estimativas que o consumo de milho para etanol pode chegar a 30 milhões de toneladas na próxima década.

A despeito da grande relevância dos VBP do milho na casa dos R\$ 64 bilhões, se somarmos a cadeia do milho às principais cadeias correlatas (aves de corte; aves de postura (ovos); bovinocultura de corte; bovinocultura de leite; suinocultura, piscicultura; *pet food*; indústria de alimentos e bebidas e combustíveis) chegar-se-á a um montante que ultrapassa R\$ 600,00 bilhões. Essa soma fornece uma dimensão da importância da cultura do milho.

⁵ O óleo moagem via seca é obtido com menor aproveitamento que na moagem via úmida.

⁶ Acrônimo de *Dried Distillers Grains* (Grãos Secos de Destilaria)

Para alcançar as dimensões atuais no Brasil, a cultura do milho precisou se adaptar as mudanças que ocorreram na economia e na agricultura ao longo das últimas décadas. Foi superando desafios que o País se estabeleceu como um dos grandes produtores da maior cultura agrícola do globo.

A cultura do milho no Brasil

A história do milho no Brasil é antiga, o cereal já era conhecido pelos índios brasileiros antes da chegada dos portugueses. A cultura do milho passou a ganhar relevância no País ao evoluir como atividade de subsistência durante o ciclo do açúcar no Brasil colonial (Prado Júnior, 1990), mas evoluiu de forma lenta nos três séculos seguintes. Do período final da Segunda Guerra Mundial até o chamado Milagre Econômico⁷, a produção de milho no País passou por um ciclo de crescimento. Nesse intervalo, a produção triplicou; pela primeira vez passou a marca 30 milhões de toneladas, em 1969, e chegou ao pico de produção em 1971. Nesse período, o crescimento da produção brasileira de milho é explicado pelo aumento da área plantada e pela adoção de tecnologias. (Miranda, 2020).

No período pós-guerra, a mecanização agrícola proliferou no País. De acordo com as estatísticas históricas do IBGE (IBGE, 2018b), o número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários brasileiros saltou de 3.380 em 1940 para 165.870 em 1970⁸. A tecnologia de sementes avançou com o lançamento do primeiro milho híbrido comercial do Brasil, pela Agrocere, em 1945. A propaganda da cultivar na ocasião era que a sua produtividade seria de 20% a 30% superior à das sementes selecionadas no paiol (Ribeiro, 2015). Nas décadas seguintes, a tecnologia de sementes híbridas não apenas se tornou padrão como também, em conjunto com a Lei de Proteção de Cultivares (Brasil, 1997), foi fundamental para a atração de investimentos na indústria sementeira. Por fim, as décadas de 1960 e 1970 foram marcadas pela chamada “Revolução Verde”, que disseminou novas práticas agrícolas e uso de insumos, impactando consideravelmente a produção agrícola mundial.

Após o Milagre Econômico, as crises na segunda metade da década de 1970 (choques do petróleo) e a hiperinflação dos anos de 1980 levaram à estagnação da economia de forma ampla, e a cultura do milho também foi severamente afetada. Somente no início da década de 1990 que a produção do cereal superaria a colheita de 1971. A retomada do crescimento da cultura do milho tem em seu âmago mudanças estruturais que levariam a produção do cereal a um novo patamar nas décadas seguintes.

Na primeira metade da década de 1980, iniciou-se no Paraná o plantio extemporâneo do milho, em fevereiro ou março, para o qual foi cunhado o termo “safrinha”. Nas décadas seguintes essa safra fora de época modificaria a geografia e a temporalidade da produção de milho no Brasil. Posteriormente a safrinha receberia a denominação oficial de segunda safra, mas o termo original ainda é muito popular.

O domínio da região Sul sobre a produção de milho no País deu lugar ao controle do Centro-Oeste como principal região produtora. A consequência é que em 2018/2019 a safrinha respondeu por 75% de uma safra recorde que ultrapassou pela primeira vez 100 milhões de toneladas, nas estimativas da Conab. Ademais, o Centro-Oeste respondeu por 53% do milho colhido, enquanto a região Sul representou 25% do total. Na safra 2019/2020, esses números foram similares, indicando o estabelecimento desses patamares.

⁷ Período entre 1969 e 1973 caracterizado por elevado crescimento econômico.

⁸ Na década seguinte, o crescimento absoluto foi ainda maior, com 323.113 tratores em 1975 e 554.205 em 1980.

Nessas alterações de tempo e lugar da produção de milho, o cereal passou a ser cultivado predominantemente em sucessão à soja e hoje é normalmente analisado como um componente do sistema de produção soja-milho e não individualmente. É importante ressaltar que essas mudanças na cultura de milho só foram possíveis porque a pesquisa agropecuária viabilizou isso, tanto com a correção dos solos pobres do Cerrado quanto com o desenvolvimento de cultivares de soja e de milho mais precoces, para acomodar o plantio do cereal em sucessão (o que foi viabilizado também pelo desenvolvimento do sistema de plantio direto).

Entre 1985/1986 e 2010/2011 a área plantada com milho no Brasil oscilou entre 13 e 14 milhões de hectares, mas na safra 2011/2012 ocorreu uma ruptura. Nessa safra, pela primeira vez a área plantada na safrinha foi maior que a da safra verão e também foi a primeira vez que a área total superou 15 milhões de hectares. Desde então, a área plantada com milho no Brasil apresentou uma tendência de aumento. As estimativas da Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020) para a safra 2019/2020 apontam para uma área total de milho de 18,5 milhões de hectares, recorde histórico para o País.

Outro fato relevante ocorrido para o crescimento da cultura do milho no Brasil, é que, ao final da década de 1990, empresas multinacionais de biotecnologia e químicos começaram a disputar o mercado brasileiro de sementes. O prenúncio das mudanças ocorreu alguns anos antes, com a série de fusões e aquisições internacionais entre empresas químicas, farmacêuticas e de sementes. Nesse processo, as seis grandes empresas de biotecnologia que existiam (Monsanto, DuPont, Dow AgroSciences, Syngenta, Bayer CropScience e BASF) passaram a dominar o mercado de sementes das principais culturas agrícolas (Fernandez-Cornejo, 2004; Howard, 2009).

A onda de fusões e aquisições que reestruturou o mercado internacional de sementes chegou ao Brasil no final da década de 1990. Desde então o negócio de sementes passou a ser controlado por empresas estrangeiras (Parentoni et al., 2013). Os investimentos no setor que sucederam a chegada das empresas multinacionais favoreceram a adoção de novas tecnologias na agricultura brasileira, como a transgenia, e criaram condições para o aumento de produtividade da cultura do milho nos anos seguintes.

Soluções tecnológicas e os ganhos de produtividade no século XXI

Ao contrário do crescimento da produção de milho no Brasil no pós-guerra, quando o aumento da área plantada foi o principal responsável, a prosperidade da cultura no século XXI se deve principalmente a ganhos de produtividade, decorrentes de novas tecnologias e práticas agrícolas.

O plantio do milho em sucessão à soja viabilizou não apenas o aumento da área plantada com a cultura, mas também permitiu ao cereal proliferar em lavouras altamente tecnificadas. Tal situação favoreceu a adoção de novas práticas e tecnologias na produção de milho no País. Esse é um dos fatores que parcialmente explicam o acréscimo da produtividade das lavouras de milho nos últimos anos, a despeito do aumento de plantio em condições edafoclimáticas subótimas ou adversas na segunda safra.

Analisando o histórico da produtividade das lavouras de milho divulgado pela Conab (Série Histórica das Safras, 2020), em pouco mais de uma década, entre as safras 2008/2009 e 2018/2019, a produtividade média por hectare saltou de 60 sacas para 95,3 sacas. Isso representa um aumento na média de produtividade de 58,8%.

As transformações geográficas e na época de plantio nas lavouras de milho também foram acompanhadas por mudanças no tamanho das propriedades, aumentando a concentração da produção. Comparando os dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2012) com os do respectivo Censo de 2017 (IBGE, 2018a), observa-se que o tamanho médio dos estabelecimentos de produção de milho no Brasil passou de 5,72 ha para 9,53 ha. Na principal região produtora, Centro-Oeste, o crescimento foi de 55,66 ha para 202,88 ha, sendo que no Mato Grosso o acréscimo foi ainda maior, passando de 99,11 ha para 457,32 ha. Tais mudanças no tamanho das propriedades favoreceram a adoção de tecnologias, principalmente aquelas vinculadas à mecanização.

Além das mudanças nas estruturas fundiárias e nos sistemas produtivos, evoluções tecnológicas também impactaram a produção milho no Brasil. Nessa questão, o exemplo é a tecnologia de sementes, em que inovações revolucionárias transformaram o mercado e o cenário produtivo no Brasil e no globo. O grande destaque vai para os chamados transgênicos, ou Organismos Geneticamente Modificados (OGM). Após o primeiro plantio comercial de sementes OGM de milho para controle de insetos (Bt), na safra 2008/2009, em uma década a tecnologia passou a dominar o mercado. Segundo a Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas (2020), 87,7% das sementes de milho comercializadas na safra 2019/2020 foram transgênicas. Na safra verão e inverno esses percentuais foram, respectivamente, 84,9% e 88,7%.

O estudo do Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2018) investigou os impactos econômicos e socioambientais da tecnologia de resistência a insetos no Brasil. No caso do milho, os impactos da tecnologia sobre a produção do cereal foram consideráveis. Segundo o estudo, entre 2009/2010 e 2017/2018, a tecnologia Bt⁹ no milho proporcionou um grande aumento na produção ao longo dos anos, que no acumulado chega a 50,8 milhões de toneladas. Adicionalmente, o referido estudo também fez uma projeção para os 10 anos seguintes (2018/2019 – 2027/2028), e os resultados esperados são ainda mais promissores, estimando um incremento acumulado da produção em 86,1 milhões de toneladas.

No que se refere à produtividade (por hectare) propriamente dita, a tecnologia proporcionou ganhos que variaram entre 12 e 13,7 sacas por hectare no milho de primeira safra, e de 4,9 a 7,7 sacas por hectare no milho de segunda safra. É importante ressaltar que tais ganhos foram oriundos de um manejo mais eficiente no controle de insetos, proporcionado pela tecnologia, e não por um maior potencial produtivo das cultivares (genética) ou do aumento no uso dos insumos (Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2018).

Somados à tecnologia transgênica, a genética e o acréscimo da taxa de adoção de sementes certificadas também foram impactantes para o aumento da produtividade das lavouras de milho no Brasil. De acordo com dados da Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas (2020), na safra 2008/2009 foram comercializados 11 milhões de sacos de sementes de 20 kg, para uma área plantada de 14,2 milhões de hectares (referente ao levantamento da Conab). A situação mudou na década seguinte, tanto que na safra 2018/2019 foram comercializados 19,7 milhões de sacos de semente para uma área plantada de 17,2 milhões de hectares (Conab, 2020).

As informações da APPS dão um indicativo de que a quantidade de sementes salvas e piratas no mercado reduziu substancialmente a participação no mercado. Outro *insight* é que muitos produtores passaram a realizar plantios com uso mais intensivo de sementes (utilizando mais do que um saco padrão de 60.000 sementes).

⁹ Refere-se a plantas geneticamente modificadas que receberam genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt). Essa bactéria produz proteínas tóxicas a determinados tipos de insetos, notadamente Lepidópteros, que são pragas do milho e outras culturas.

Os mesmos dados também indicam uma melhoria qualitativa da genética das sementes de milho comercializadas. Enquanto na safra 2008/2009, os híbridos simples responderam por 62% do mercado de sementes comercializadas, esse percentual aumentou para 82,6% na safra 2018/2019.

Adicionalmente aos incrementos de produtividade oriundos das tecnologias de semente, também ocorreram ganhos fundamentais na adoção de tecnologias e conhecimentos de manejo e sistemas de produção (inovadores e incrementais). Essas tecnologias foram fundamentais para dar sustentabilidade ao crescimento da produção de milho. Nesse contexto, dois dos melhores exemplos são o desenvolvimento e a difusão do Plantio Direto no Brasil. O Plantio Direto (PD) é uma forma de manejo que promove o equilíbrio e estabilidade dos sistemas agrícolas. A prática contribui para a conservação do solo, da água, do ar e da biologia do solo nas lavouras, além de prevenir a degradação na paisagem rural. Os dados censitários recentes ilustram a evolução do PD. O Censo Agropecuário de 2006 levantou que o plantio direto na palha foi feito em 17,9 milhões de hectares (relativos a todas as culturas), enquanto no Censo de 2017 esse valor passou para 32,9 milhões de hectares, representando um aumento de 84%.

Nos últimos anos temos acompanhado a quarta onda de revolução agrícola¹⁰, denominada de Agricultura Digital, ou Agricultura 4.0, representada pela difusão nas lavouras de uma série de tecnologias digitais que permitem monitoramento em tempo real, simplificação e economia de trabalho no campo e no escritório, assim como otimização do uso de insumos. A Céleres estimou o mercado da Agricultura Digital no Brasil na faixa de R\$ 1 bilhão em 2018. A projeção, pela mesma instituição, é de uma taxa de crescimento anual composta de 12% até 2025, e esse mercado deve chegar a R\$ 2,3 bilhões (Ferro; Oliveira, 2019).

Na nova onda, as tecnologias relacionadas à agricultura de precisão são as de maior participação no mercado. Nos cálculos da Céleres, as tecnologias de agricultura de precisão já abarcam 33% da área das lavouras brasileiras (Ferro; Oliveira, 2019). Se considerarmos as principais regiões produtivas, esses percentuais aumentam consideravelmente. Segundo pesquisa do Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (2015), mais da metade dos agricultores no Mato Grosso já adotam alguma tecnologia de agricultura de precisão, com destaque para as de automação (61% piloto automático; 57% controle de seção – pulverizadores e 47% barra de luz), mapa de fertilidade, com 41%; aplicação por taxa variável e por zona de manejo, com 36% cada.

Aspectos da produção sustentável de milho no Brasil

Antes de chegar a “revolução verde” aos sistemas de produção agrícolas no Brasil, o *modus operandi* da agricultura brasileira se dava com abertura de novas áreas nos ecossistemas existentes a partir de derrubadas e queima de vegetação nativa. O uso da área para produção ocorria até que se esgotasse a fertilidade do solo. A seguir, eram abertas novas áreas e se iniciava um novo ciclo de plantio. Com a difusão de novas tecnologias de produção, como sementes melhoradas com maior potencial de produção, uso de fertilizantes NPK, uso de defensivos e práticas de cultivos mais racionais, a produtividade da terra aumentou, passando o produtor a produzir muito mais do que sua família precisava em uma mesma área por anos a fio. Essa situação reduziu a necessidade de abertura de novas áreas para satisfazer as necessidades domésticas e indicou um caminho que a agricultura, incluindo a produção de milho, iria trilhar: produção agrícola sustentável.

¹⁰ A primeira onda foi a mecanização na década de 1940, a segunda foi o uso de pesticidas e fertilizantes na revolução verde das décadas de 1960 e 70, enquanto a terceira foi a biotecnologia nos anos 2000.

No Brasil, os dados evidenciam uma proliferação do uso de tecnologias mitigatórias dos efeitos de mudanças climáticas, tais como: monitoramento e tomada de decisão baseados em zoneamento de riscos climáticos, a exemplo do Zarc Milho; culturas associadas e consórcios; economia de água, carbono e insumos químicos, baseada em boas práticas de manejo subótimo de irrigação; manejo de solo-planta com efeitos descarbonizantes; manejo integrado de pragas e doenças e controle biológico; manejo de solos tropicais e aplicação de boas práticas de manejo de fertilidade construída; correção de acidez e culturas de expressão econômica – isoladas e em associação; rotação e consórcios; expansão de usos de ativos biológicos em bioinoculantes solubilizadores de fósforo, potássio e de fixação biológica de nitrogênio; eficiência no padrão genético de cultivares comerciais - ciclos precoces de maturidade, produtividade e adaptação ambiental, em materiais genéticos convencionais, transgênicos e específicos; desenvolvimento de sistemas de produção para áreas preferenciais, em polos regionais, e em áreas marginais, a exemplo de alternativas tecnológicas para produção de biomassa em solos de textura arenosa, com enfoques técnico-científicos para ampliação da CTC (capacidade de troca catiônica) de solos tropicais e produção agropecuária sustentável; enfoques sistêmicos para intensificação agropecuária - sistema de plantio direto, ILP e ILPF, sistema de sobressemeadura intercalar soja/milho em áreas de cultivo; dentre outros.

Existe forte sintonia quando ao desenvolvimento e usos destas tecnologias em atendimento às agendas globais e nacionais de sustentabilidade, delineadas na Agenda 2030 (Plataforma Agenda 2030, 2020). Além dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) presentes na Agenda 2030, as referidas tecnologias também contribuíram para acordos globais sobre mudança do clima e conferência das partes da UNFCCC, como os compromissos para alcance de metas, por exemplo, COP-21 (2015, Paris). No âmbito desses acordos globais, políticas públicas nacionais incentivam, ou mesmo viabilizam a adoção de tecnologias que possam contribuir para alcançar as metas estipuladas. Dentre essas políticas, destacam-se o Programa ABC, o Programa ILPF e os Planos de Safra anuais.

Uso de microrganismos para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes

Um dos princípios básicos da conhecida “Revolução Verde” foi o desenvolvimento de cultivares com maior potencial de produção, com capacidade de resposta à utilização de práticas agrícolas modernas e também ao uso de insumos como os fertilizantes. A pressão para aumentos da produção agrícola no Brasil resultou no acréscimo de consumo de fertilizantes acima da capacidade de produção nacional. Segundos dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (2020), o Brasil importa anualmente ao redor de 80% das suas necessidades de NPK. A dependência da agricultura brasileira em relação a fertilizantes importados induziu a busca de alternativas.

Nos solos tropicais existe uma tendência de lixiviação de macronutrientes, como o nitrogênio, e, por outro lado, de fixação de fósforo. Estas duas situações reduzem a disponibilidade do fertilizante aplicado nas lavouras e, conseqüentemente, a eficiência econômica de sua utilização. Como solução, foram desenvolvidas tecnologias que buscam, a partir de microrganismos com capacidade de fixação biológica de nitrogênio ou de solubilizar o fósforo retido no solo, disponibilizá-los para utilização pelas plantas. Já está disponível no mercado um produto à base de microrganismos solubilizadores de fósforo, com efeitos sobre absorção deste nutriente e no aumento da produtividade das lavouras de milho.

Difusão de sementes geneticamente modificadas (OGM) reduzem perdas, contaminação ambiental e intoxicação dos produtores

A incorporação de novas tecnologias foi um fator importante para a sustentabilidade da produção de milho no final da década de 90 do século passado. Isso porque a oferta de sementes geneticamente modificada proporcionou o aumento da produtividade e da produção através da redução das perdas causadas por pragas e plantas invasoras (Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2018). Esse ganho na produção permitiu ao produtor ter maior retorno econômico sem necessidade de abrir novas áreas de cultivo. O apelo da tecnologia foi tão forte que o seu uso começou antes de se ter a liberação dela no território nacional. Após a liberação, o uso de sementes geneticamente modificadas atingiu rapidamente por volta de 85% da área cultivada com milho.

Expansão da adoção de controle biológico como alternativa viável aos defensivos químicos e sementes OGM

Nos últimos anos se observa a emergência do mercado de controle biológico no Brasil e no globo. No que se refere especificamente ao Brasil, o mercado de controle biológico de pragas e doenças agrícolas vem se consolidando ao longo da última década, mas nos últimos anos o setor tem apresentando muito otimismo com o seu crescimento. Os números de registros de produtos para controle de pragas e doenças ilustram esse cenário de crescimento ao longo dos anos. Em 2008, apenas um produto biológico foi registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), enquanto defensivos químicos tiveram 138 registros. Ano após ano, os números de novos registros de produtos biológicos cresceram sistematicamente. Em 2018, foi alcançada a marca recorde de 52 novos registros de produtos biológicos. Neste mesmo ano, a ABCBio, em parceria com a Informa/FNP, realizou uma pesquisa de mercado que teve por grande objetivo quantificar o mercado brasileiro de produtos biológicos e chegou ao valor de R\$ 527,7 milhões (Borsari; Claudino, 2018).

Atualmente, o controle biológico na soja, cana-de-açúcar e café corresponde à maior fatia do mercado (Borsari; Claudino, 2018), mas a cultura do milho tem apresentado grande potencial de crescimento. Para ilustrar isso, em 2018 e 2019, foram registrados diversos produtos (microbiológicos à base de *Bacillus thuringiensis* e baculovírus, assim como macrobiológicos como a vespa *Trichogramma*) para controle dos principais insetos-pragas do milho (*Spodoptera frugiperda*, *Chrysodeixis includens* e *Helicoverpa armigera*), indicando que o setor está apostando no uso de bioinseticidas nessa cultura.

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta favorecendo o aumento de produção de grãos e proteínas sem necessidade de abertura de novas áreas nos diversos biomas brasileiros

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta consiste na construção de sinergias dos componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, conduzidos na mesma área. O estabelecimento dessa estrutura de produção intensifica o uso do solo ao explorá-lo economicamente durante todo o ano. O resultado prático é o aumento da oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo. Segundo Faria (2016), em 2015 havia no Brasil 11,47 milhões de hectares com o sistema ILPF, representando um acréscimo de quase 10 milhões de ha em relação a 2005.

O crescimento da adoção do ILPF no País superou todas as expectativas e metas estipuladas. Na ocasião do lançamento do Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), em

2009, a meta era de aumentar em 4 milhões de hectares a área com ILPF no Brasil até 2020. A meta do Plano ABC foi batida em 2013. Posteriormente, na ratificação do Acordo de Paris sobre Mudança do Clima pelo governo brasileiro, em 2016, foram adicionadas às metas do Plano ABC mais 5 milhões de hectares com sistemas ILPF, totalizando 9 milhões de hectares até 2030. Considerando que a área com ILPF em 2015 já incrementava 7,42 milhões de hectares aos números de 2008, é de supor que essas metas já foram superadas, apesar da falta de estatísticas oficiais (Faria, 2016).

Uma característica importante do ILPF que tem favorecido a sua difusão é que o sistema se adequa às características regionais, às condições climáticas, ao mercado local e ao perfil do produtor, podendo ser estruturado de diferentes formas, com inúmeras culturas e diversas espécies animais. Contudo, algumas culturas possuem um dinamismo que favorece a sua inserção no sistema. Nesse sentido, o milho se encaixa muito bem no sistema por causa de algumas vantagens da cultura, entre elas: a) pode ser produzido no verão e (quando consorciado com gramíneas forrageiras) reduzir os custos de recuperação de pastagens; b) pode ser plantado na segunda safra, em sucessão à outra cultura, e ainda recuperar a pastagem; c) pode ser armazenado em forma de silagem para alimentar os animais no período de seca; d) pode ser armazenado como grão para compor as rações balanceadas dos animais na propriedade; e) pela liquidez da cultura, a produção não consumida é facilmente vendida no mercado.

Parte do cultivo de milho no Brasil já é feito nas áreas de ILPF tanto na safra de verão quanto na safrinha. A expectativa é que, assim como o aumento da “safrinha” se deu por questões econômicas e conservacionistas (manter o solo coberto durante o ano todo), a ILPF continue crescendo e não se diferencie mais quanto às tomadas de decisão por parte dos produtores, dado que é uma forma de produção sustentável para produção de grãos.

Desenvolvimento de sistemas de produção em sucessão à soja (para áreas marginais)

Desde o início dos anos 2000, verifica-se na produção de milho no Brasil o desenvolvimento de sistemas de produção em áreas de sucessão à soja, iniciando-se no Paraná, e em um movimento crescente na direção de áreas da região Centro-Oeste. O objetivo era tirar proveito de uma janela de produção com início no final da colheita de soja e realização da colheita antes das primeiras geadas de inverno (principalmente no Paraná). Na região Centro-Oeste, a janela era representada pelo final da colheita da soja e aproveitando o resíduo de precipitação antes dos meses secos do inverno dessa região.

A produção de milho de segunda safra, que hoje concentra 75% da produção do cereal no Brasil, é o resultado de um complexo conjunto de práticas agrícolas que o tornaram possível. Dentre estas práticas podem ser citadas: o desenvolvimento de cultivares de soja de ciclo precoce (o que possibilitou o aumento da janela de plantio em condições favoráveis de precipitação), o desenvolvimento do sistema de plantio direto (que reduziu o intervalo de tempo entre a colheita de soja e o plantio do milho em sucessão), o desenvolvimento de máquinas com maior capacidade de plantio do milho em um menor espaço de tempo, o desenvolvimento de cultivares de milho de ciclo precoce/superprecoce (que possibilitou o encerramento do ciclo de produção do milho antes das geadas e o melhor aproveitamento da precipitação hídrica) e o desenvolvimento de programas de adubação que consideram o sistema soja/milho como um conjunto único.

Este conjunto de novas práticas reduziu o risco agrícola do sistema e permitiu que gradativamente fossem sendo incorporadas práticas que conduziram ao incremento da produtividade das lavouras de milho de segunda época, sendo que hoje os rendimentos agrícolas são similares aos obtidos

em lavouras do verão. Este sistema permitiu que o crescimento da área plantada com soja no verão não afetasse o abastecimento interno do milho (e gerasse excedentes exportáveis), sem a necessidade de incorporação de mais área no sistema produtivo. Além disso, permite uma melhor defesa contra eventualidades climáticas, pois eventuais reduções de produção em uma época podem ser compensadas pela produção na época subsequente, no mesmo ano agrícola. Sistemas com características semelhantes estão sendo desenvolvidos para o plantio de milho na segunda época na região que se conhece hoje como Matopiba, que pode ser considerada como a nova fronteira agrícola brasileira.

Em regiões marginais em que a disponibilidade hídrica não é suficiente para o estabelecimento de uma safra de milho de segunda época (solos com textura arenosa ou média) foram desenvolvidas tecnologias/práticas de manejo para incrementar a produtividade na safra de verão. Estes solos normalmente apresentam baixa fertilidade e acidez elevada, o que limita crescimento das raízes em profundidade, diminuindo a absorção de água e nutrientes. Nestas condições, práticas que gerem cobertura do solo vivo e/ou palhada, de calagem, gessagem e adubação para a intensificação agrícola por meio de sistemas de produção sustentáveis, tais como o Plantio Direto (PD) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), estão sendo testadas.

Aspectos da logística na sustentabilidade da produção de milho no Brasil

Um dos maiores problemas associados à sustentabilidade econômica da produção de milho é o seu baixo valor unitário, fazendo com que os custos de transporte desfavoreçam a produção em áreas distantes do mercado consumidor. Os dados do comércio internacional corroboram esse argumento. Apesar do *status* de *commodity*, apenas 15% da produção mundial de milho é comercializada internacionalmente, enquanto na soja esse percentual é próximo de 50%. A produção de milho é predominantemente direcionada ao consumo doméstico, e uma das razões é essa relação preço/peso desfavorável.

No que se refere ao Brasil, deficiências de infraestrutura acentuam ainda mais esse quadro adverso em termos de logística de transporte. A mudança da produção do cereal de regiões consumidoras, como o Sul do País, para a fronteira agrícola inicialmente foi viabilizada pelo sistema de sucessão à soja.

Recentemente dois movimentos ocorreram e contribuíram muito para reduzir as consequências desta situação, atuando principalmente para o aumento do consumo regional do milho na região Centro-Oeste. O primeiro deles refere-se ao deslocamento na direção do Centro-Oeste de atividades de produção de aves, suínos e de bovinos confinados, o que agrega valor à produção de milho na região. Mais recentemente uma série de indústrias de produção de etanol foi instalada na região, atraída pelos baixos preços do milho que normalmente se verificavam na época da colheita dos plantios de segunda época. No caso do etanol, adiciona-se que este produto substitui a gasolina que tem que ser transportada por via rodoviária para o abastecimento do consumo veicular nas regiões Norte e Centro-Oeste (que não dispõem de refinarias de petróleo e importam combustíveis das refinarias localizadas no Sudeste do Brasil).

O desenvolvimento de um mercado consumidor de milho no Centro-Oeste favoreceu o estabelecimento de patamares de preços mais elevados do grão, criando condições mais sustentáveis para a produção. Nesse sentido, apesar de o Centro-Oeste ter colhido a sua maior safra de milho em 2019/2020, próximo a 56 milhões de toneladas, as cotações do cereal no primeiro

semestre na região atingiram patamares históricos sem precedentes, superando até mesmo os preços na ocasião da quebra da safrinha em 2016.

O segundo movimento foi a melhoria considerável da logística de transporte para a exportação da produção de milho da região Centro-Oeste. O estabelecimento da rede ferroviária ligando Rondonópolis ao porto de Santos reduziu a quantidade de milho transportada da região exclusivamente por meio rodoviário. Por outro lado, a finalização da rodovia ligando as regiões produtoras do Mato Grosso ao porto de Santarém fortalece as possibilidades de exportação do milho que já vinha sendo efetuada pelo porto de Itacoatiara (no Rio Amazonas) via Porto Velho. Outros ramais, desta vez os operados pela ferrovia Vale em Minas Gerais e no Espírito Santo, permitiram reduzir os custos de milho para as atividades de criação animal no estado do Espírito Santo e a utilização do porto de Vitória como canal de exportação.

Um problema crônico de abastecimento de milho no Brasil que se refere à região Nordeste está em vias de solução, com o desenvolvimento agrícola da região conhecida como Matopiba. A proximidade desta região produtora com as regiões consumidoras do Nordeste e com o porto de São Luiz poderá modificar esta situação, pois ao contrário do Centro-Oeste a infraestrutura de transporte já não é limitante, mas o problema reside no desenvolvimento de sistemas de produção agrícola mais adaptados às condições regionais.

Contribuições da cadeia do milho aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS)

A Cúpula das Nações Unidas realizada em 2000 estabeleceu oito objetivos internacionais de desenvolvimento para o ano de 2015, conhecidos como Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Em 2015, as Nações Unidas trabalharam com governos, sociedade civil e outros parceiros para dar continuidade aos trabalhos ODM, estabelecendo uma nova **agenda de desenvolvimento pós-2015** ambiciosa. O resultado foi a constituição da Agenda 2030, consistindo em um plano de ação global com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas. Os novos objetivos abarcam um espectro mais amplo da problemática do desenvolvimento humano e ambiental. Analisando o desenvolvimento histórico e futuro, as contribuições da cadeia do milho à economia brasileira também estão atreladas a alguns ODS, quais sejam:

ODS 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;

ODS 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades;

ODS 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos (de modo muito indireto)

ODS 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos;

ODS 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;

ODS 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos;

ODS 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Alguns dos avanços da cadeia do milho já superaram metas dos ODS. Em relação ao ODS 2, ressaltam-se as metas de até 2030 “dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos...” (meta 2.3) e “garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo” (meta 2.4). Ao longo dos últimos 20 anos, a produtividade média das lavouras de milho nas regiões Norte e Nordeste aumentou 203%. Considerando apenas a partir de 2015, período abarcado pela Agenda 2030, o acréscimo de produtividade entre as safras 2015/2016 e 2018/2019 foi de 117%. Apesar da produção de milho no Brasil se concentrar no Centro-Sul do País, do 1,66 milhão de estabelecimentos agropecuário que plantaram o cereal em 2017 (IBGE, 2018a), 63,2% estavam localizados no Norte e no Nordeste. Somente o Nordeste tinha 961 mil desses estabelecimentos, com um tamanho médio da propriedade de 1,7 hectare. Assim, mesmo pelo crescimento alavancado por bolsões de agricultura comercial no Matopiba e no Oeste da Bahia, todos se beneficiaram da prosperidade.

Uma das metas da ODS 3 trata de “reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo” (meta 3.9; meta 6.3; meta 12.4). Nessa questão, somente nos últimos anos, a consolidação das sementes OGM, a emergência do controle biológico, o aumento da eficiência no uso de fertilizantes por microrganismos contribuíram, e continuarão a contribuir, consideravelmente para o alcance dessa meta.

A ILPF também contribuiu quantitativamente e qualitativamente para algumas ODS/metasp com a preservação/melhoria da qualidade do solo (meta 15.3); o aumento da produção de grãos e/ou madeira (meta 2.4); o aumento do rendimento animal, carne e leite (meta 2.4); a mitigação de gases de efeito estufa (meta 13.3) e a conservação da água (meta 6.4)

Políticas Públicas

Oriundo de parte dos compromissos assumidos internacionalmente pelo Brasil relativos à redução das suas emissões de Gases de Efeito Estufa, na COP-15 2009, foi apresentado em 2010 o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC)¹¹. O Plano ABC foi um dentre outros quatro apresentados no artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010¹² (Brasil, 2010), como planos de ação para a prevenção e o controle do desmatamento nos biomas e planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas e pode ser considerado um dos grandes responsáveis pela superação de várias metas de ODS acordadas.

O Objetivo Geral do Plano foi de promover a mitigação da emissão de GEE na agricultura a partir da melhoria da eficiência no uso de recursos naturais, aumentando a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais e possibilitando a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas (Brasil, 2012). As metas quantitativas do Plano ABC foram definidas no parágrafo 1º do Art. 6º do

¹¹ A elaboração do Plano ABC transcorreu nos anos de 2010 e 2011.

¹² O Decreto nº 7.390/2010 regulamenta os artigos nº 6, 11 e 12 da Lei nº 12.187, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

Decreto nº 7.390/2010, prevendo que, para alcançar o compromisso nacional voluntário de que trata o Art. 12º da Lei nº 12.187/2009, seriam necessários:

- Recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas;
- Ampliação da adoção de ILPF em 4 milhões de hectares;
- Expansão da adoção do SPD em 8 milhões de hectares;
- Expansão da adoção da FBN em 5,5 milhões de hectares de áreas de cultivo, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados;
- Expansão do plantio de florestas em 3,0 milhões de hectares;
- Ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos animais.

Baseado nessas metas atreladas a seis processos tecnológicos, o Plano ABC foi estruturado em sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação, e ainda um último programa com ações de adaptação às mudanças climáticas:

- Programa 1: Recuperação de Pastagens Degradadas;
- Programa 2: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs);
- Programa 3: Sistema Plantio Direto (SPD);
- Programa 4: Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN);
- Programa 5: Florestas Plantadas;
- Programa 6: Tratamento de Dejetos Animais;
- Programa 7: Adaptação às Mudanças Climáticas.

Em cada programa foram realizadas ações como capacitação, transferência de tecnologia, palestras/seminários/workshops, implantação de Unidades de Referência Tecnológica (URTs), dias de campo, chamadas públicas para contratação de serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), etc. (Brasil, 2012).

Concomitantemente às ações atreladas ao Plano ABC, o governo brasileiro disponibiliza Linhas e Programas de Financiamento de Investimento Agropecuário que englobam temas sensíveis a aspectos que viabilizam a sustentabilidade da cadeia do milho, e da agropecuária como um todo, e o alcance das metas dos ODS. Nesse sentido, destacam-se o INOVAGRO, o MODERAGRO e o Programa ABC.

Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (INOVAGRO)

O INOVAGRO, ao apoiar investimentos necessários à incorporação tecnológica nas propriedades rurais, é o grande programa financiador da Agricultura 4.0 no Brasil, financiando não apenas equipamentos e serviços de agricultura de precisão, mas também programas de computadores para gestão, monitoramento e automação. O montante de recursos programados no Plano Safra 2019/2020 totalizou R\$ 1,5 bilhão. O limite de crédito por beneficiário é de R\$ 1,3 milhão, prazo máximo de 10 anos, carência máxima de três anos e taxa de juros de 7% a.a.

Programa de Modernização da Agricultura e Conservação de Recursos Naturais (MODERAGRO)

O MODERAGRO foi criado para apoiar e fomentar os setores de produção, beneficiamento, industrialização, acondicionamento e armazenamento de produtos agropecuários. Apesar das críticas relativas ao aumento da taxa de juros de 7% a.a. para 8% a.a. no Plano Safra 2019/2020, o MODERAGRO recebeu incrementos positivos. Em 27 junho de 2019, a Resolução nº 4.730, do Banco Central do Brasil, ajustou algumas normas do crédito rural, e dentre as mudanças estava a que o MODERAGRO passaria a “apoiar a recuperação dos solos por meio do financiamento para aquisição, transporte, aplicação e incorporação de corretivos agrícolas e condicionadores de solo” (Brasil, 2019). O Plano Safra 2019/2020 (Brasil, 2020a) define tais condicionadores de solo como promotores de melhoras das propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo. Esse adendo viabiliza o financiamento do uso de microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio, lembrando que bactérias fixadoras de nitrogênio já são contempladas no Programa ABC. No Plano Safra vigente, os recursos programados consistem em R\$ 1,2 bilhão, com o limite de crédito por beneficiário de R\$ 880 mil, prazo máximo de 10 anos, carência máxima de três anos e taxa de juros de 8% a.a. Em relação ao INOVAGRO, as condições de financiamento do MODERAGRO são menos favoráveis.

Programa ABC

Com vistas a tornar as ações do Plano ABC mais efetivas, foi desenvolvido pelo Mapa o Programa ABC, consistindo numa linha de crédito lançada primeiramente no Plano Agrícola e Pecuária 2010/2011, aprovada pela Resolução Bacen nº 3.896 de 17/08/10. O objetivo do Programa ABC é incentivar e financiar produtores rurais na implementação das soluções tecnológicas abarcadas pelo Plano ABC. No Plano Safra 2019/2020, foram destinados ao Programa ABC R\$ 2.096 milhões, com condições mais favoráveis que o INOVAGRO e o MODERAGRO. No Programa ABC, o limite de crédito por beneficiário individual é R\$ 5 milhões, o prazo e a carências máximos são, respectivamente, 12 e 8 anos. Também foram estipulados dois seguimentos para as taxas de juros. Para a adequação ou regularização das propriedades rurais frente à legislação ambiental, inclusive recuperação da reserva legal, de áreas de preservação permanente, recuperação de áreas degradadas e implantação e melhoramento de planos de manejo florestal sustentável, denominado de ABC Ambiental, a taxa é de 5,25% a.a., e para os demais casos a taxa é de 7,0% a.a.

Lacunas/Desafios/Propostas

Nos últimos anos, o Observatório ABC¹³ tem elaborado estudos técnicos a partir do monitoramento das ações do Plano e do Programa ABC. Tais estudos vêm fornecendo feedbacks importantes sobre a execução do Plano ABC. Segundo o Observatório ABC (2019), a execução do Plano ABC tem apresentado diversos problemas, dentre os quais se destacam:

- Falta de conhecimento do Programa ABC pelos produtores rurais e pelos profissionais de assistência técnica;
- Baixa divulgação do Programa ABC pelos agentes financeiros;

¹³ Em atividade desde 2013, é uma iniciativa coordenada pelo Centro de Estudo de Agonegócios da Fundação Getúlio Vargas (GVAgro), desenvolvida em parceria com o Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV (GVces), voltada a engajar a sociedade no debate sobre a agricultura de baixo carbono.

- Baixa atuação e capacitação da assistência técnica;
- Percepção de burocracia do Programa ABC;
- Taxas de juros do Programa ABC pouco atrativas;
- Falta de clareza sobre o responsável em monitorar o Plano ABC.

Esses gargalos não são exclusivos do Plano e Programa ABC, mas afetam outras políticas públicas de forma geral. Apesar dos esforços de instituições de aprendizagem, como o Senar, a capacitação é um ponto de estrangulamento tanto dos programas públicos como na busca por profissionais qualificados na iniciativa privada. Tanto na pesquisa do Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (2015), sobre mecanização agrícola no Mato Grosso, como na pesquisa da Céleres (Ferro; Oliveira, 2019), sobre a Agricultura Digital no Brasil, a falta de mão de obra qualificada é considerada um dos grandes entraves para o crescimento do setor. Tais estudos ainda ressaltam a escassez de profissionais capacitados a analisar dados coletados.

O tratamento e a análise de dados, fundamentais na Agricultura Digital, ainda levam a outro problema que é a cobertura de internet deficiente no Brasil rural. Uma infraestrutura inadequada de conectividade limita a transmissão e o armazenamento de dados coletados por grande parte de ferramentas, softwares e aplicativos da Agricultura Digital.

Por fim, é necessário que o Plano ABC incorpore, aos seus chamados processos tecnológicos, de novos Programas a soluções tecnológicas de controle biológicos e o uso de microrganismos para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes, que também contribuem para as metas dos ODS.

Comentários finais

Cadeias de valor agropecuário representam complexidade de produção, infraestrutura e logística de armazenagem, escoamento e mercado. Oportunidades para explorar as vantagens comparativas e competitivas requerem compreender, formular e implementar estratégia de ação para associação de interesses comerciais na atividade agropecuária, e constituem os elementos-chaves para as decisões de produzir, vender, processar, transformar e agregar valor, produtividade, sustentabilidade e impactos.

A cadeia de valor do milho é um típico exemplo de um negócio da bioeconomia, de interesse público e privado. A cadeia produtiva do milho é usualmente descrita enfatizando suas oportunidades e seus gargalos, relatando bem a situação brasileira de uma *commodity* agrícola relevante. Entretanto, nesta cadeia de valor, devem-se buscar avanços na agenda de interesse para o Brasil, visando orientar e alinhar firmemente agentes e instituições públicas e privadas, nos vários segmentos da cadeia de produção (antes, dentro e pós-porteira) para os cenários e as vantagens competitivas e comparativas relacionadas aos volumes de negócios, além de promover a disponibilidade das alternativas tecnológicas, mercadológicas e de logística de produção, distribuição e usos.

A agregação de valor em vários destes segmentos coloca um novo fator modernizante para a cadeia, o efeito indústria, capaz de gerar complexidade, potencializar e agregar valor para insumos, produtos, trabalho, renda e retornos de interesses local, regional e nacional. Além disso, é relevante mostrar aderência a esta agregação de valor para a cadeia produtiva, vegetal e industrial, e a sua associação com cadeias correlatas e afins de proteína animal (aves de corte e postura, suínos, bovinos de corte e leite, piscicultura, *pet food*), indústria de alimentos e bebidas, bioetanol, bioenergia geral e biomoléculas.

O Brasil experimenta um longo período de ganhos de produtividade e de abundância de alimentos, e esta é uma agenda de interesse que o País precisará potencializar, com inteligência estratégica e negocial, para agregar valor às *commodities* agropecuárias, incluindo a cadeia de valor do milho, focada em inovação, empreendedorismo e mercado. A segurança alimentar e nutricional mundial, no âmbito das mudanças climáticas e pelos reflexos da pandemia do coronavírus na população e setores produtivos, produzirá externalidades nas cadeias produtivas de grãos e de proteína animal, requerendo propósitos, conectividade e foco para novas estratégias negociadas para alianças, visando agregação de valor, produtividade e sustentabilidade do negócio agropecuário.

O País tem compromissos sérios com a saúde, a alimentação e a vida de seus cidadãos, e a situação momentânea da crise causada pela pandemia do coronavírus demonstra uma dinâmica complexa que requer mais forte e madura união de toda a sociedade brasileira.

Neste momento de incertezas é relevante observar a necessidade de mais humanismo, mais solidariedade e grande disponibilidade de colaboração coletiva, ordenada por instituições, profissionais e pessoas comuns.

Neste cenário difícil, o Agro brasileiro, que não para nunca, é reconhecido pela sociedade brasileira em geral, notadamente a urbana, quanto aos seus resultados para a segurança alimentar e nutricional, e pelos esforços e méritos dos agentes e instituições públicas e privadas, do setor agropecuário, que é pautado em ciência, empreendedorismo e desenvolvimento produtivo.

A Embrapa é uma instituição de Ciência, Tecnologia & Inovação, com 47 anos de contribuição para o Brasil, fundamentada em uma “ciência com propósitos” e reconhecidamente de relevância para a sociedade brasileira. Neste momento crítico para o País, a Empresa coloca-se em disponibilidade para a melhor agenda positiva para o Brasil e, diretamente, de forma especial, saúda os agentes das cadeias de valor de grãos e de proteína animal, em todos os segmentos.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] CANA-DE-AÇÚCAR: safra 2019/20: quarto levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 6, abr. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2019/20: décimo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 10, ago. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Pesquisa setorial**: dados 2019: principais indicadores do setor de fertilizantes. Disponível em: https://anda.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Principais_Indicadores_2019-1.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS. **MILHOSTAT**. Relatório de acesso restrito. Disponível em: <https://apps.agr.br/milhostat/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, seção 1, 10 dez. 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/D7390impressao.htm. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, seção 1, 8 abr. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9456.htm. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Safra**: 2019-2020. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/plano-safra>. Acesso em: 17 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Brasília, 2020b. Acesso em: 17 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Plano_ABC_VERSAO_FINAL_13jan2012.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Comex Stat**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Brasília, DF, 2020c. Acesso em: 17 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Economia. Banco Central do Brasil. Resolução nº 4.730, de 27 de junho de 2019. Ajusta normas gerais do crédito rural a serem aplicadas a partir de 1º de julho de 2019. **Diário Oficial da União**, n. 124, seção 1, p. 149, 1 jul. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-4.730-de-27-de-junho-de-2019-180694221>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BORSARI, A. P.; CLAUDINO, M. Biodefensivos: mercado e percepção do produtor brasileiro. **AgroAnalysis**, v. 38, n. 10, p. 32-37, out. 2018. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/download/79522/76088/167300>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **20 anos de transgênicos**: benefícios ambientais, econômicos e sociais no Brasil. Goiânia, 2018. Resumo executivo. Disponível em: <https://apps.agr.br/wp-content/uploads/2018/11/2018-09-03-Vinte-anos-resumo-executivo-web.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FAO. **FAOSTAT**: value of agricultural production. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FARIA, G. **ILPF em Números**. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158636/1/2016-cpamt-ilpf-em-numeros.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FERNANDEZ-CORNEJO, J. **The seed industry in U.S. agriculture**: an exploration of data and information on crop seed markets, regulation, industry structure, and research and development. Washington DC: USDA, 2004. 81 p. (Agriculture Information Bulletin, n. 786). Disponível em: <https://econpapers.repec.org/paper/agsuersab/33671.htm>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FERRO, A.; OLIVEIRA, E. **Digital farming**: potential market and adoption in Brazil. Uberlândia: Céleres, 2019. Disponível em: http://www.celeres.com.br/wp-content/uploads/2019/05/Digital_Farming_White_Paper_Ce%CC%81leres.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

HOWARD, P. H. Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996-2008. **Sustainability**, v. 1, n. 4, p. 1266-1287, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/40755464_Visualizing_Consolidation_in_the_Global_Seed_Industry_1996-2008. Acesso em: 20 abr. 2020.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**: segunda apuração. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>. Acesso em: 20 abr. 2020.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

IBGE. **Séries históricas e estatísticas**. Rio de Janeiro, 2018b. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 abr. 2020.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Pesquisa sobre mecanização agrícola em Mato Grosso**. Cuiabá, 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/estudos-customizados/ApresentacaoMecanizacaoAgricola-2015.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

INTERNATIONAL TRADE CENTER. **Trade maps**: trade statistics for international business development. Disponível em: <https://www.trademap.org/Index.aspx>. Acesso em: 17 abr. 2020.

MIRANDA, R. A. Breve história da agropecuária brasileira. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (Org.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, p. 31-59.

OBSERVATÓRIO ABC. **Análise dos recursos do Programa ABC safras 2017/18 e 2018/19**. São Paulo, GV Agro Centro de Estudos do Agronegócio, 2019. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u641/sumario_2019-observatorioabc.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

PARENTONI, S. N.; MIRANDA, R. A.; GARCIA, J. C. Implications on the introduction of transgenics in Brazilian maize breeding programs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 9-22, 2013.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso em: 13 abr. 2020.

PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 38. ed. São Paulo: Brasiliense, 1990. 364 p.

RIBEIRO, A. D. (Ed.). **Agroceres 70 anos**: você vê, você confia. São Paulo: DBA Editora, 2015. 89 p. Disponível em: <https://agroceres.com.br/ebook.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SÉRIE HISTÓRICA DAS SAFRAS. **Milho**. Brasília, DF: Conab, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra-serie-historica-das-safra>. Acesso em: 20 abr. 2020.

URBANCHUK, J. M. **Contribution of the ethanol industry to the economy of the United States in 2019**. Doylestown: ABF Economics, 2020. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/reports/ethanol-and-the-economy/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. **Grain**: world markets and trade. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>. Acesso em: 20 abr. 2020a.

USDA. United States Department of Agriculture. **World agricultural production**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>. Acesso em: 20 abr. 2020b.

USDA. United States Department of Agriculture. **World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>. Acesso em: 20 abr. 2020c.

Literatura Recomendada

CABI INTERNATIONAL. **Invasive Species Compendium**. Disponível em: <https://www.cabi.org/ISC>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. **Milho**: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 45 p.

DENARDIN, J. E. Evolução do SPD no Brasil. In: EMBRAPA. **Ageitec**: Agência de Informação Tecnológica: árvore do conhecimento sistema plantio direto. Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju702wyiv80rn0etnxng2vnj.html. Acesso em: 20 abr. 2017.

DIAS, G.; CARNEIRO, P. **Contexto histórico e inovações em biotecnologia agrícola**. Uberlândia: Céleres, 2015. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/contexto-historico-e-inovacoes-em-biotecnologia-agricola/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ELY, A.; GEALL, S.; SONG, Y. Sustainable maize production and consumption in China: practices and politics in transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, part A, p. 259-268, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615018120>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Intensificação da pecuária brasileira**: seus impactos no desmatamento evitado, na produção de carne e na redução de emissões de gases de efeito estufa. São Paulo: GV Agro Centro de Estudos do Agronegócio, 2016. 114 p.

HERNANI, L. C.; DENARDIN, J. E. Semeadura direta e plantio direto. In: EMBRAPA. **Ageitec**: Agência de Informação Tecnológica: árvore do conhecimento sistema plantio direto. Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju802wyiv80rn0etnbp5wnl.html. Acesso em: 20 mar. 2020.

LIMA, C. Z.; GURGEL, A. C.; GUILHOTO, J. J. M. Projeções de impactos dos sistemas ILPF sobre mudanças no uso da terra no Brasil. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 445-471.

MANZATTO, C. V.; ARAÚJO, L. S.; VICENTE, L. E.; VICENTE, A. K.; PEROSA, B. B. Monitoramento da mitigação das emissões de carbono na agropecuária. **AgroAnalysis**, v. 38, n. 3, p. 26-29, mar. 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355145/32740968/Agroanalysis_mar2018.pdf/0aa63829-33a6-5328-6396-7ef09cae3ef6. Acesso em: 20 abr. 2020.

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN, D. G. S. W.; SPINELLI, L.; VICENTE, L. E.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, A. K. Contribuição do plantio direto para a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas. **AgroAnalysis**, v. 39, n. 12, p. 26-27, dez. 2019. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/80850/77189>. Acesso em: 20 abr. 2020.

MIRANDA, R. A. Os avanços do controle biológico. **Revista A Granja**, n. 856, abr. 2020. Disponível em: <https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/856/materia/10537>. Acesso em: 17 abr. 2020.

MIRANDA, R. A.; DURÃES, F. O. M.; GARCIA, J. C.; PARENTONI, S. N.; SANTANA, D. P.; PURCINO, A. A. C.; ALVES, E. Supersafra de milho e o papel da tecnologia no aumento da produção. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, p. 149-150, 2019.

OBSERVATÓRIO ABC. **Impactos econômicos e ambientais do Plano ABC**. São Paulo: GV Agro Centro de Estudos do Agronegócio, 2017. Disponível em: <http://observatorioabc.com.br/wp-content/uploads/2017/09/Relatorio5-Completo.pdf/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Innovation, productivity and sustainability in food and agriculture**: main findings from country reviews and policy lessons. Paris, 2019. (OECD Food and Agricultural Reviews). Disponível em: <https://www.oecd.org/publications/innovation-productivity-and-sustainability-in-food-and-agriculture-c9c4ec1d-en.htm>. Acesso em: 20 abr. 2020.

PEREIRA, M. A.; ZIMMER, A. H.; BERNARDI, A. C. C.; RICHETTI, A.; SENA, A. L. S.; MARTINS, C. E.; SA, C. P.; KINPARA, D. L.; CARVALHO, E. J. M.; KRUKER, J. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; BEZERRA, J. W. T.; REIS, J. C.; SALTON, J. C.; MAGALHÃES, K. A.; FARIAS, L. C.; SILVA, L. A. A.; CALSAVARA, L. H. F.; CORDEIRO, L. A. M.; MULLER, M. D.; BAYMA, M. M. A.; KAMOI, M. Y. T.; MICHETTI, M.; TONUCCI, R.; ALMEIDA, R. G.; MIRANDA, R. A.; RUSTICHELLI, S. T.; OLIVEIRA, T. K.; LAURA, V. A. **Avaliação econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**: as experiências da Embrapa. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2019. 94 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 268).

SALOMÃO, R. Kleffmann: IDH de regiões agrícolas deve crescer mais por pelo menos 10 anos. **Revista Globo Rural**, 30 jul. 2014. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Economia-e-Negocios/noticia/2014/07/kleffmann-idh-de-regioes-agricolas-deve-crescer-mais-por-pelo-menos-10-anos.html>. Acesso em: 21 abr. 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **World urbanization prospects: the 2014 revision**. New York, 2015. 517p.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

