SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT1)

Parte 1: COMPLEXO SOJA - Caracterização e Desafios Tecnológicos

Elisio Contini[1]. Décio Gazzoni[2]. [3]. Adalberto Aragão[4]. Mierson Mota[5], Renner Marra[6]

RESUMO:

A soja é a mais importante cultura agrícola do Brasil. Abastece o mercado interno com óleo comestível e para produção de biodiesel, com farelo na produção de suínos e aves, e contribui fortemente para a geração de divisas via exportação. Projeções indicam crescimento acentuado da demanda mundial, principalmente na Ásia, tornando-se uma excelente oportunidade de negócios para o Brasil. Adicionalmente, esta NT caracteriza os principais desafios tecnológicos para a soja no Brasil, como agenda para as instituições de pesquisa agrícola, particularmente para o Embrapa: (i) de ordem fitossanitária (ferrugem da soja, percevejos, nematoides e plantas invasoras resistentes a herbicidas); (ii) de manejo do solo: (iii) de tolerância à seca; e, (iv) de aumento da produtividade.

1. INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante cultura brasileira em termos de valor da produção, representando, segundo Gasques (2018), 35,92% em relação a todas as culturas e 24,47% da agricultura (inclui culturas e pecuária) como um todo. (GASQUES, 2018a) De uma produção de 49,8 milhões de toneladas na safra 203/04, alcançou 119,0 milhões de toneladas na safra 2017/19 (+ 139,0%),com crescimento da área cultivada de 20 a 25 milhões de hectares nas safras 203/04 a 2011/12 para 35,2 milhões de hectares em 2017/18, com a produtividade evoluindo de 2.000 a 2.400/ha nas safras 2003/04 a 2005/06 para 3.385kg/ha em 2017/08 (CONAB, 2018). Nas exportações, o complexo soja (soja em grão, óleo e farelo) alcançou US$ 31,7 bilhões em 2017 (33,02% das exportações do agronegócio), sendo a China nosso principal importador.

[1] Pesquisador da Embrapa. Email: elisio.contini@embrapa.br
[2] Pesquisador da Embrapa. Email: decio.gazzoni@embrapa.br
[3] Pesquisador da Embrapa. Email: mario.seixas@embrapa.br
[4] Analista da Embrapa. Email: adalberto.araujo@embrapa.br
[5] Analista da Embrapa. Email: mierson.mota@embrapa.br
[6] Analista da Embrapa. Email: renner.marra@embrapa.br

A soja foi introduzida comercialmente no Brasil na década de 1960, no Rio Grande do Sul e, nos últimos 50 anos, expandiu-se para todas as regiões do país. Destaca-se seu crescimento nos cerrados do Centro-Oeste e, mais recentemente, para regiões do Norte e Nordeste (MATOPIBA), seguindo os caminhos da migração rural-rural de empreendedores, muitos pequenos produtores.

Entre os fatores que levaram à expansão da cultura no Brasil, destacam-se: (i) alta expressiva da cotação da soja no mercado internacional, a partir de meados dos anos 70, tornando o produto competitivo no mercado internacional (exportação); (ii) facilidades de mecanização total da cultura; (iii) estabelecimento de uma rede de pesquisa de soja articulada, inclusive no Centro-Oeste; (iv) substituição das gorduras animais, por óleos vegetais; (v) demanda por soja na ração para a produção de suínos e aves; (vi) política agrícola de incentivo à produção, principalmente o crédito agrícola; (vii) eficiente rede privada no suprimento de insumos: sementes, corretivos, inoculantes, fertilizantes e agrotóxicos; (viii) agricultores empreendedores competentes e com capacidade gerencial (GAZZONI & DALL'AGNOL, 2018).

Especificamente para a região Sul, o sistema cooperativista dinâmico e eficiente apoiou a produção, processamento e comercialização. Também, a semelhança do ecossistema em relação aos Estados Unidos favoreceu a transferência da genética e de sistemas de produção similares. Adicionalmente, as boas condições de logística de transporte, armazenagem e comunicação facilitaram as exportações. Para a região Centro-Oeste destaca-se o baixo valor das terras nos cerrados, regime pluviométrico regular e favorável aos cultivos de primavera/verão, topografia adequada à mecanização, e programas governamentais para abertura de novas áreas para a produção agrícola.

A cultura da soja tem sofrido questionamentos relativos aos impactos sociais e ambientais, tanto de organizações nacionais como internacionais. Entretanto, uma análise efetuada por Gazzoni (2012)[7] demonstrou a sustentabilidade do cultivo da soja no Brasil. Mesmo em situações de mais alta vulnerabilidade, o setor tem respondido com implantação de ações para mitigação dos impactos, destacando-se: (i) moratória da soja na Amazônia; (ii) mesa redonda sobre Soja Responsável; (iii) lista suja de fazendas com trabalhadores em situação de risco; (iv) conversão de pastos degradados em sistemas de integração lavoura-pecuária; (v) adequação às determinações do Código Florestal: e, (vi) desenvolvimento do sistema de plantio direto (ABAG, s.n.).

Esta NT identifica os principais componentes da cadeia produtiva soja, analisa a produção mundial e os principais países produtores e a demanda por soja no Brasil e no mundo. O principal objetivo será identificar problemas/desafios do ponto de vista tecnológico para o crescimento da produção no Brasil. Uma segunda parte da Série Desafios do Agronegócio Brasileiro para o Complexo Soja identificará tecnologias disponíveis e lacunas para superar os desafios identificados na

[7] https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/931310/sustentabilidade-da-soja-no-brasil

programação da Embrapa e de outras organizações públicas e privadas de pesquisa agropecuária no Brasil.

2. A CULTURA DA SOJA NO MUNDO

Em nível mundial, a soja ganha expressão comercial na segunda década do século XX nos Estados Unidos, como forrageira verde. A partir da década de 1940, a área e a produção crescem exponencialmente, com a liderança dos Estados Unidos, com a transição do principal uso de forrageira para produção de grãos. A partir dos anos 1970, a soja expande-se na América do Sul, com particular impulso no Brasil e na Argentina. O Mercosul transforma-se na principal região produtora do mundo. Em países tradicionais, como a China e a Índia, a produção estagnou ou regrediu. (GAZZONI & DALL'AGNOL, 2018)

2.1. Desempenho Recente da Produção e Consumo

No período de 2000/01 a 2016/17, a produção mundial de soja cresceu de 176 para 350 milhões de toneladas (+99%). Como maior produtor mundial manteve-se os Estados Unidos com 117 milhões de toneladas, seguido do Brasil, Argentina, China e Índia. Os três principais produtores mundiais, Estados Unidos, Brasil e Argentina, representaram 82,4% da produção mundial em 2016/17. Os principais exportadores de soja em grão são também os grandes produtores: os Estados Unidos, Brasil, Argentina e Paraguai. Na importação de soja em grão o destaque é a China com 93,5 milhões de toneladas em 2017.

A Figura 1 apresenta a evolução da produção dos três mais importantes produtores mundiais de soja e de Outros países, para o período de 2004/05 a 2018/19, (USDA, 2018). Na safra 2004/05, da produção total mundial de 215,49 milhões de toneladas, os Estados Unidos participavam com 39,5% e o Brasil com 24,6%. Projeta-se para 2018/19 que a participação dos Estados Unidos caia para 34,0% embora a produção aumente 46,8%, e a participação do Brasil atinja 32,8% (+8,2%), com um volume de 120,50 milhões de toneladas. Para ambos os períodos, a participação de outros países permanece levemente superior a 17%, indicando que a concentração da produção persiste no tempo.

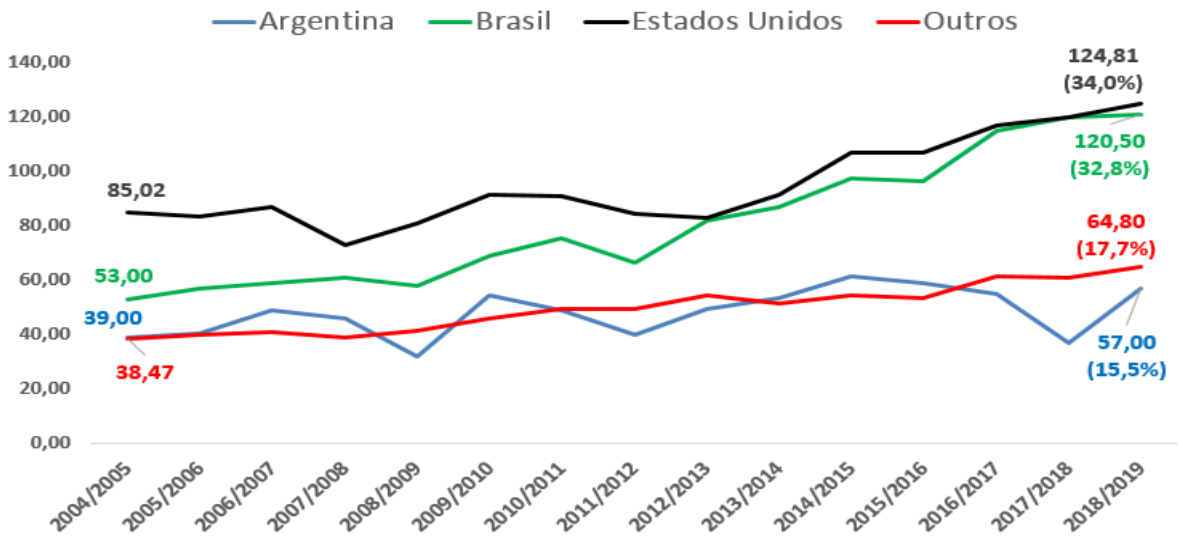

Figura 1: Evolução da produção dos principais países produtores de soja em grão (mi t.)
Fonte: USDA (2018b).

De 1960 a 2018, além do aumento no volume de produção, com fortes mudanças regionais e de comércio internacional, aumentou consideravelmente a produtividade, graças ao avanço tecnológico. Instituições e corporações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, inicialmente nos Estados Unidos (para regiões temperadas) e, posteriormente, no Brasil (para soja tropical) desenvolveram pacotes tecnológicos, com a criação de cultivares mais produtivas e sistemas de produção mais eficientes. Embora a soja tenha sido introduzida como uma cultura relativamente moderna, com elevado padrão tecnológico, mesmo assim o incremento anual da produtividade foi de 1,56%, no período considerado. Assim, a produtividade média mundial passou de 1.180 kg/ha em 1960 para 2.919 kg/ha em 2017, um incremento de 147%. A Tabela 1 demonstra a produtividade média da soja em 2018 e sua evolução de 1960 a 2018, média mundial e para os Estados Unidos e Brasil.

Tabela 1: Taxas geométricas de crescimento da área, produtividade e produção – 1960-2018 (em %)

	Mundo	USA	BRASIL
Área	2,92	2,13	8,98
Produtividade	1,56	1,16	1,83
Produção	4,52	3,31	10,96

Fonte: Extraído de GAZZONI &DALL'AGNOL (2018)

A Tabela 2 apresenta o consumo mundial de soja em grão, do ponto de vista de processamento agroindustrial, para o período entre 2004/05 e 2018/19. O que chama a atenção é o crescimento da demanda da China, com uma variação

no período de +178,8%, enquanto os Estados Unidos aumentou apenas 16,3%, Argentina 66,7% e Brasil 44,6%. Na última safra, 31,7% do grão de soja foi processado na China, basicamente para seu consumo interno. O consumo do Brasil deve-se principalmente à incorporação da soja na alimentação animal, particularmente suínos e aves.

Tabela 2: Consumo mundial de soja em grão (milhões de toneladas)

Safra	Argentina	Brasil	China	United States	World
2004/2005	28,8	32,0	40,2	51,4	204,7
2005/2006	33,4	31,0	44,4	52,8	215,9
2006/2007	35,2	33,9	46,1	53,5	224,7
2007/2008	36,3	34,9	49,4	51,6	229,8
2008/2009	33,1	34,7	51,3	48,1	222,6
2009/2010	36,1	36,6	59,4	50,7	239,0
2010/2011	39,9	39,2	65,9	48,4	252,8
2011/2012	38,6	41,0	72,1	48,8	259,3
2012/2013	36,8	38,2	76,2	48,6	263,1
2013/2014	39,8	40,0	80,6	50,1	276,5
2014/2015	44,4	43,6	87,2	55,0	302,6
2015/2016	47,7	43,0	95,0	54,5	313,9
2016/2017	47,8	43,8	102,8	55,7	328,9
2017/2018	42,5	46,5	107,0	59,2	337,5
2018/2019	47,9	46,3	112,1	59,8	353,6
Variação no período (%)	**66,7**	**44,6**	**178,8**	**16,3**	**72,8**

Fonte: USDA. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery. Acesso em: Ago. 2018.

Do lado da oferta, além da produtividade, a expansão da área cultivada também foi responsável pelo espetacular crescimento da produção de soja. De 1960 a 2018, a área mundial aumentou à taxa geométrica de 2,92% para um crescimento da produção de 4,52%. Como observam Gazzoni e Dall'Agnol (2018), ao longo de todo o período, a área com soja cresce a taxas muito similares, influenciadas pelo aumento da demanda. Observa-se um crescimento mais acentuado a partir da segunda metade dos anos 1990, atribuído notadamente ao vertiginoso crescimento da economia chinesa. A Tabela 2 apresenta os dados de crescimento de área, produtividade e produção.

2.2. Comércio Internacional de Soja

A Figura 2 ilustra o volume de soja exportada no mundo, separada por grãos, farelo e óleo e o valor total exportado para os três produtos em dólares americanos, deflacionados pelo IPC-EUA Base em 2017=100. O volume exportado de soja em grão cresceu de 45,6 milhões de toneladas em 2000 para 132,5 milhões em 2016 (+190,4%), o de farelo de 34,2 para 65,5 milhões de toneladas (+91,6%) e de óleo de 6,2 para 11,8 milhões de toneladas (+90,3%). Em termos de valores reais, a exportação atingiu a US$ 87,7 bilhões em 2016, o que representou 237,7%, no período compreendido de 2000 a 2016.

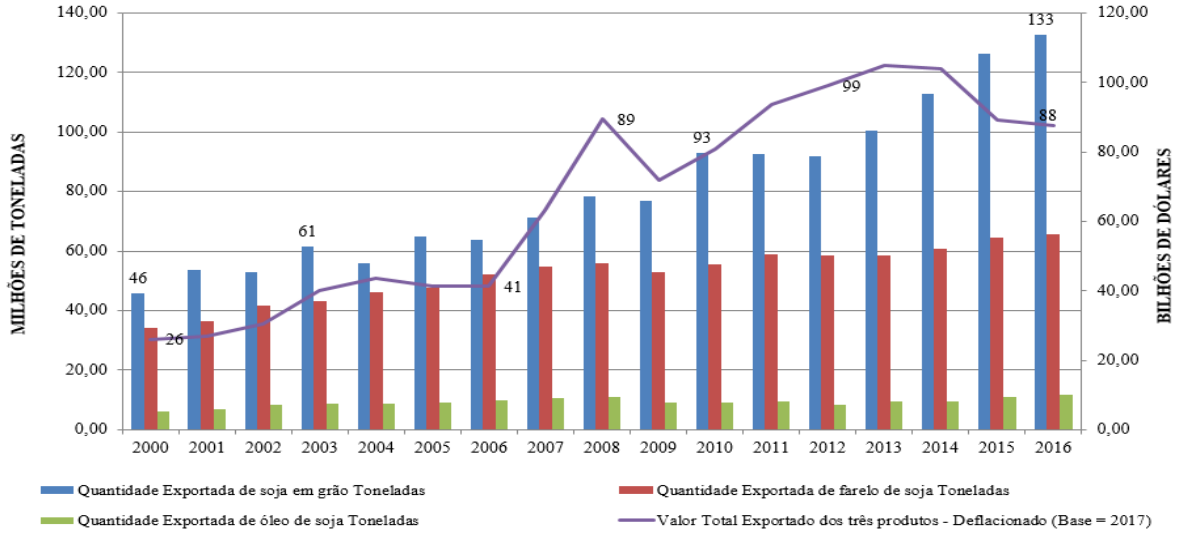

Figura 2: Mercado Mundial de Soja em Grão, Farelo e Óleo – Milhões de toneladas e Valor total exportado em US$ bilhões.

Fonte: USDA,(2018b) e WORLD BANK, (2018). Elaboração: Autores.

Aa Figura 3 apresenta a evolução dos preços nominais e reais deflacionados pelo IPC-EUA - Base 2017=100, para a soja em grão. Considerando preços reais (US$/toneladas), de 2000 a 2016, o valor cresceu de US$ 301,53 para US$ 400,24, um aumento real de 32,7%. Observa-se que houve um pico de preços em 2008, seguido de uma queda quando ocorreu a crise econômica mundial[8], mantendo-se relativamente estáveis daquela data até o presente. Isto indica que o preço da soja atingiu um novo patamar, devido ao forte crescimento da demanda,

[8] A elevação de preços em 2008 pode ter um componente de especulação pela compra de ativos, devido a crise econômica mundial, mas também o novo patamar de preços deve-se à elevação da demanda mundial, principalmente da China.

particularmente com importações recentes da China, como se verá mais tarde neste trabalho. A seca nas regiões produtoras dos Estados Unidos em 2012 reforçaram estes novos patamares de preços (CONTINI, et al., 2013).

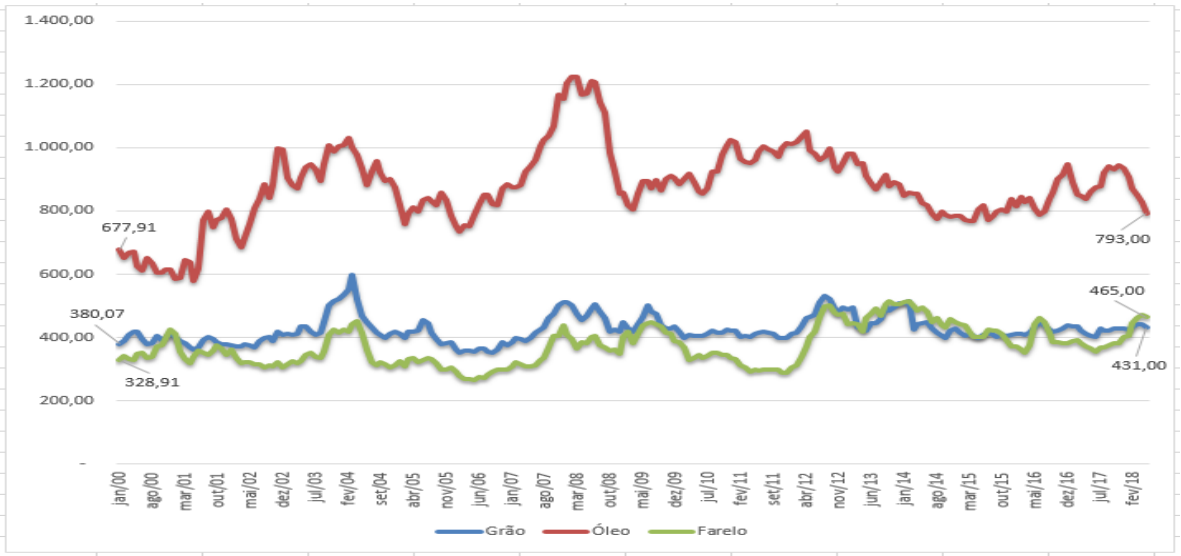

Figura 3: Preços reais do grão, óleo e farelo de soja (US$ de maio 2018).

Fonte: WORLD BANK, (2018). Elaboração: Autores.

Os principais exportadores de soja em grão são também os grandes produtores: Estados Unidos, Brasil, Argentina e Paraguai. Países populosos, como a China e Índia produzem quantidades pequenas mas não exportam, porque necessitam para o próprio consumo. Canadá e Uruguai cresceram a taxas elevadas, mas partiram de posições muito modestas em 2000/2001. Em 2016/2017, o Brasil tornou-se o maior exportador de soja em grãos, respondendo por 42,8% das exportações. Os Estados Unidos, que aparecem em segundo lugar, responderam por 40,1% do total de soja em grão exportada mundialmente; se agregarmos o Brasil, esses dois países respondem por 82,9%. As exportações cresceram 174,2% enquanto que o crescimento da produção mundial foi de 99,3%, no período entre 2000/01 a 2010/17 (Tabela 3).

A Argentina adotou uma política de processamento interno do grão[9]. Em função disso sua produção cresceu 107,9%, enquanto a exportação de soja em grão teve um decréscimo de -3,8%. Assim, tornou-se o maior exportador de farelo de soja durante todo o período considerado, exportando 31,3 milhões de toneladas (48,6% do mercado mundial) em 2016/17, seguida do Brasil com 13,8 milhões de toneladas. Brasil e Argentina juntos representaram 69,9% do mercado internacional, em 2016/17. Dois outros importantes exportadores de farelo foram os Es-

tados Unidos com 8,3 e Índia com 2,0 milhões de toneladas, respectivamente. As exportações totais de farelo de soja em 2000/2001 somaram 35,9 milhões de toneladas e na safra de 2016/17 de 64,5 milhões, um crescimento de 79,3%.

Tabela 3: Principais Países Exportadores de Soja em Grão e total mundial (Em 1000 t.) – 2000/01 – 2005/06 – 2010/11 – 2016/17.

Países	2000/01	2005/06	2010/11	2016/17	2016-17/2000-01 (%)
Brasil	15.469	25.911	29.951	63.137	308,15
Estado Unidos	27.103	25.579	40.859	59.157	118,27
Argentina	7.304	7.249	9.205	7.026	-3,81
Paraguai	2.510	2.380	6.700	6.129	144,18
Canadá	747	1.326	2.906	4.591	514,59
Uruguai	14	604	1.510	3.214	22.857,14
TOTAL	53.817	63.803	92.640	147.542	174,16

Fonte: USDA, (2018b). Elaboração: Autores.

A mesma observação do farelo vale, em grande parte também para o óleo de soja. Devido à política de processamento interno, a Argentina tornou-se também a maior exportadora de óleo com 5,4 milhões de t, representando 45,7% do mercado internacional, seguida do Brasil com 1,241 milhões de t e Estados Unidos com 1,159 milhões de t. Os primeiros três países juntos representam 66,2% das exportações mundiais. Estes dados demonstram mais uma vez o grau de concentração, não só da produção de soja, como nas exportações de seus derivados: farelo e óleo.

Quanto ao Brasil, pela Lei complementar N. 87, de 13 de setembro de 1996 (Lei Kandir), os produtos primários exportados de origem agrícola são isentos do imposto estadual sobre circulação de mercadorias, o ICMS. Os produtos processados internamente não o são, e quando exportados podem adquirir créditos a serem utilizados posteriormente. Este processo é muito burocrático e nem sempre passível de utilização por parte de empresas não tem favorecido a exportação de produtos processados, como é o caso de farelo e óleo. Ademais, muitos países importadores dão preferência à compra de produtos primários (como soja em grãos) para processá-los internamente, gerando empregos, como é o caso da China, recentemente.

O destaque na importação de soja em grão é a China. Na safra 2000/01 a China já era uma grande importadora da oleaginosa, com 13,2 milhões de toneladas, mas ocupava o segundo lugar, atrás da União Europeia (27 países) com 17,6 milhões de toneladas. No ano de 2016/17 as importações de soja em grão da China atingiram a elevada soma de 93,5 milhões de toneladas, um crescimento de

605,89%, com participação de 64,8% no mercado internacional. Se for adicionada a EU-27, teremos 74,1% do mercado internacional (Tabela 4).

Tabela 4: Principais Países Importadores de Soja em Grão e total mundial (Em 1000 t.) – 2000/01 – 2005/06 – 2010/11.

Países	2000/01	2005/06	2011/12	2016/17	2016-17/2000-01 (%)
China	13.245	28.317	57.500	93.495	605,89
EU-27	17.602	13.937	11.000	13.422	-23,75
México	4.381	3.667	3.400	4.126	-5,82
Japão	4.767	3.962	2.700	3.175	-33,40
Taiwan	2.330	2.498	2.250	2.566	10,13
Indonésia	1.127	1.187	1.990	2.649	235,05
Tailandia	1.286	1.473	1.910	3.077	139,27
Egito	277	776	1.600	2.115	663,54
Vietnã	32	46	1.150	1.646	5.043,75
Turquia	382	889	1.100	2.271	494,50
Coreia do Sul	1389	1.190	1.060	1.286	-7,42
TOTAL	**53.076**	**64.087**	**90.110**	**144.324**	**171,92**

Fonte: USDA, (2018b). Elaboração: Autores.

Há crescimentos percentuais acentuados nas importações por parte do Vietnã, Egito e Turquia, embora partindo de bases (2000/01) bem modestas. Será interessante observar como evoluiu a produção de carnes nestes países, particularmente de aves e suínos, vez que a soja é componente fundamental de seus sistemas de produção. Na safra 2016/17, em relação à safra 2000/01, diminuiu a importação de soja em grãos da EU-27, México, Japão e Coreia do Sul.

3. COMPLEXO SOJA NO BRASIL

3.1. Caracterização e Evolução

A cultura da soja desenvolveu-se muito bem no Brasil, a partir de1970 no Sul do País e, a partir dos anos, 1990 no Centro-Oeste. A produção superou os 110 milhões de toneladas, nas últimas duas safras, e com recorde de próximo de 119 milhões de toneladas em 2017/18, em uma área plantada de mais de 35 milhões de ha, com produtividade de 3.385 kg/ha, um recorde histórico (CONAB, 2018) (Tabela 5). Apenas para efeito de comparação, na safra de 1982/3 foram plantados 8,4 milhões de hectares, com uma produção de 14,5 milhões de toneladas e produtividade de 1.728 kg/ha.

Tabela 5: Taxas geométricas anuais de crescimento da produção de soja(%)

Período	Produção (% a.a.)	FONTES DE CRESCIMENTO	
		Área	Rendimento
1975-2018	6,40	4,68	1,71
1980-1989	6,01	2,86	3,15
1990-1999	4,06	1,14	2,92
2000-2010	6,93	5,25	1,69
2005-2018	6,05	3,82	2,23

Fonte: GASQUES (2018b).

A soja foi introduzida no Brasil com bom nível tecnológico, com variedades melhoradas, sistemas produtivos e maquinaria adequada; mas com tecnologias importadas de regiões temperadas, como dos Estados Unidos. A expansão da soja para os cerrados foi uma conquista das instituições de ciência e tecnologia do Brasil, como a correção dos solos, criação de cultivares adaptados, manejo da cultura e controle fitossanitário. Em terras antes marginais de pecuária extensiva, a produção e produtividade cresce, tornando-se a principal cultura do Centro)estes do País.

Tendo como referência a safra 2016/17, nos últimos 59 anos a produção brasileira de soja expandiu-se a taxa anual de 10,88%, com 8,98% em expansão de área e ganhos de produtividade de 1,83% anuais. GAZZONI e DALL'AGNOL (2018) dividem o avanço da soja no Brasil em quatro fases: 1) com expansão no Sul durante as décadas de 1960 e 1970, sendo a produção máxima em 1979 de 8,9 milhões de t.; 2) com expansão no Centro-Oeste nas décadas de 1980 e 1990, com 13,36 milhões de t. em 1999; 3) com a incorporação da região MATOPIBA, atingindo, em 2011, 4,3 milhões de t.; e 4) com a expansão para novas áreas do Pará, Rondônia e Roraima, assim como áreas do nordeste e sudoeste do Mato Grosso.

A expansão da produção deveu-se a forte demanda mundial pela soja, com destaque para a China. A disponibilidade de terras aráveis, tecnologia tropical, política agrícola especialmente crédito e agricultores empreendedores foram os fatores fundamentais para tal avanço. Projeções indicam que o processo de crescimento da produção no Brasil continuará nos próximos anos, tendo como fundamentos o crescimento populacional mundial e da renda per capita, principalmente na Ásia. O Brasil tem recursos naturais e humanos para aproveitar esta oportunidade no mercado internacional, sem prejudicar em nada o abastecimento do mercado doméstico.

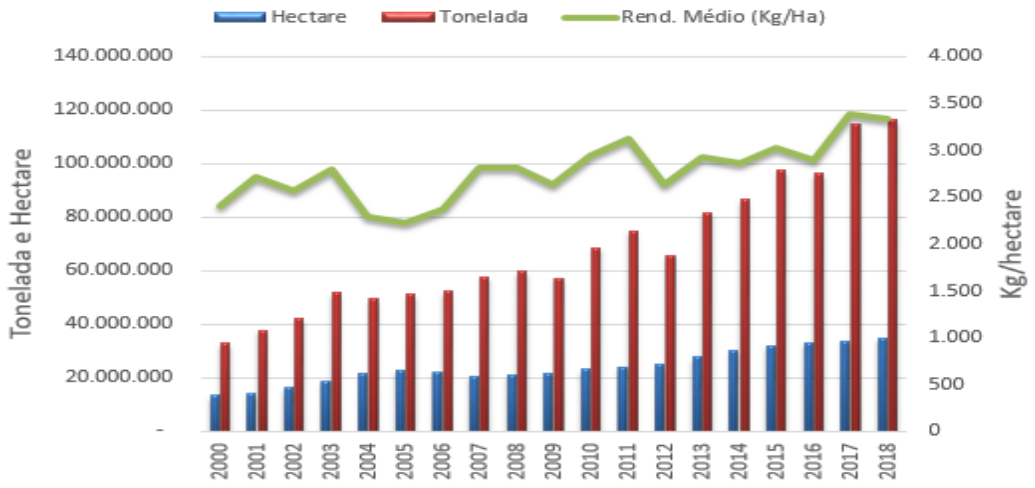

Figura 4: Área, produção e produtividade de soja – 2000 a 2018 (mi t.)
Fonte: IBGE (2018a).

A Figura 5 ilustra a destinação da produção nacional de soja em grão de 118,4 milhões de toneladas, sendo exportadas 72,1 milhões e processadas internamente 43,6 milhões de t. Desse processamento, 32,8 Mt transformam-se em farelo para ração animal, com exportação de 17 Mt e consumo interno de 16,2 Mt para abastecer a criação de frangos e suínos. Quanto ao óleo de soja produzido internamente, chama a atenção de que 42,5% é destinado à produção de biodiesel, sendo o restante destinado ao consumo alimentar.

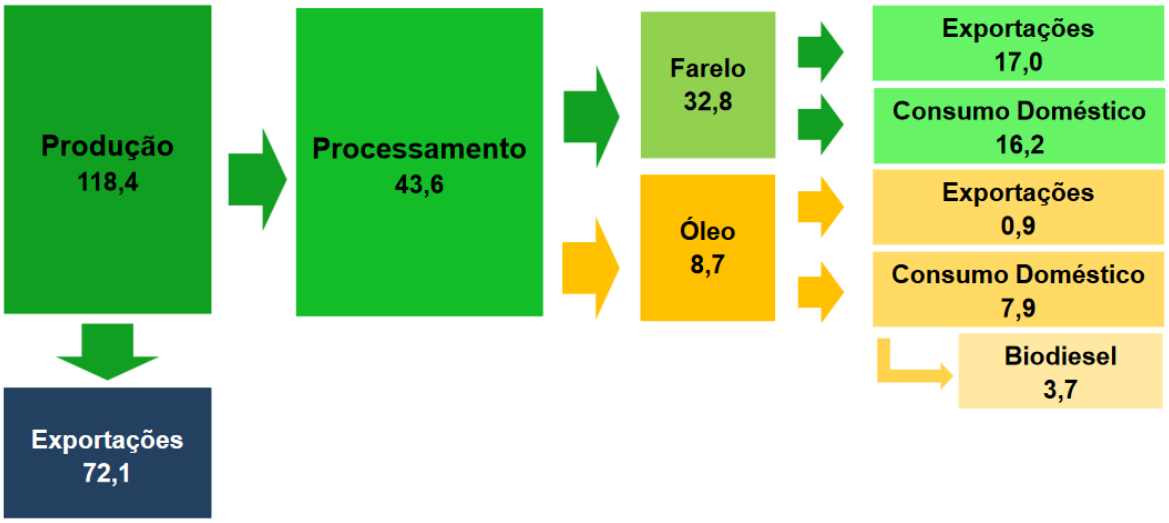

Figura 5: Oferta e demanda do complexo soja, Brasil 2018 (milhões de toneladas)
Fonte: AVIOVE (2018).

Os cinco principais estados produtores de soja no Brasil são apresentados na Figura 6. Esses estados foram responsáveis por 75,68% de toda a produção nacional. O destaque é o Estado do Mato Grosso que, em 2018, respondeu por 26,69% da produção nacional.

Em relação aos estabelecimentos rurais, segundo dados preliminares do Censo Agropecuária 2017, havia 235.766 estabelecimentos que produziram soja no Brasil, sendo 83,43% na região Sul. Tomando-se os dados de produção de 2017 e dividindo-se pelo número de estabelecimentos produtores, constata-se que a produção média por estabelecimento foi de 206,38 t no Sul, enquanto no Centro-Oeste cada estabelecimento produziu, em média, 2.253,93 t. Estes dados relativizam a tese de que soja é uma cultura para grandes produtores. Devido a preços internacionais elevados, pequenos e médios produtores passaram também a plantar soja em áreas menores. Este novo posicionamento dos produtores nas duas regiões acenam para políticas públicas diferenciadas e indicações também para ações de pesquisas agrícolas. Os dados sobre estabelecimentos produtores de soja encontram-se na Tabela 5.

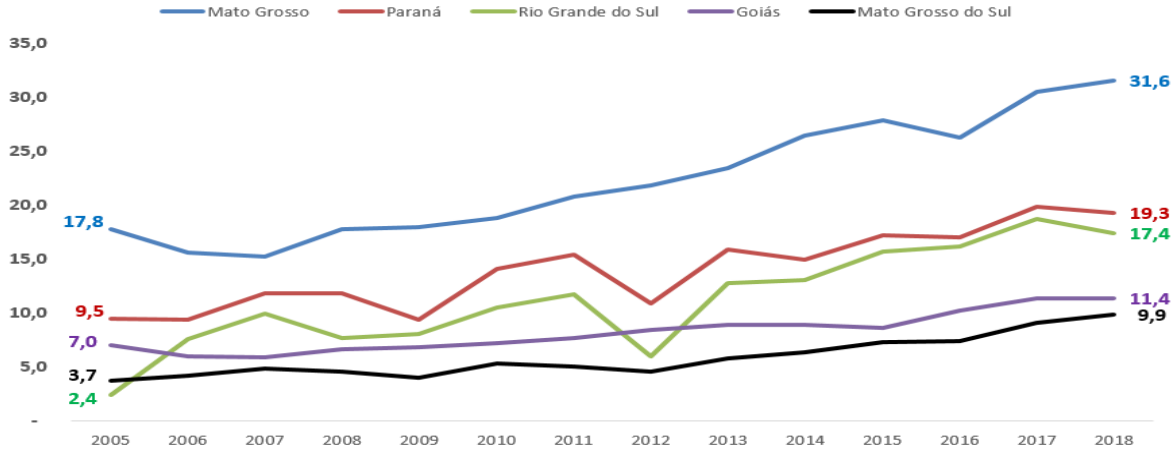

Figura 6: Evolução da produção dos principais estados produtores de soja em grão (milhões de toneladas)
Fonte: IBGE (2018a).

Tabela 5: Estabelecimentos produtores de soja - Brasil

Regiões	2006 (a)	2017 (b)	b-a	b/a
Sul	117.388	196.690	79.302	67,6
Centro-Oeste	11.624	22.250	10.626	91,4
Sudeste	4.322	13.163	8.841	204,6
Norte	624	2.125	1.501	240,5
MATOPIBA	**1.998**	**7.465**	**5.467**	**273,6**
Nordeste	1.027	1.538	511	49,8
Brasil	134.985	235.766	100.781	74,7

Fonte:IBGE(2018b), Censo Agropecuário

Gasques e al. (2018b) estimaram o crescimento da produção, da área e da produtividade por décadas e para o período 1975 a 2018. Com exceção de 1990-99, em que a produção cresceu 4,06% ao ano, nas demais décadas a taxa foi superior a 6% a.a. e, em todo o período, atingiu a 6,40% a.a. No mesmo período, o crescimento anual da área cultivada foi de 4,69% e da produtividade de 1,71%. Estes dados demonstram que não procede o argumento de que a produtividade de soja tenha atingido um *plateau,* e que se encontre estacionada. Mesmo sendo introduzida com sistemas de produção modernos (maquinaria, insumos modernos), a produtividade da terra evoluiu consideravelmente (Tabela 6).

Dados do Comitê Estratégico Soja Brasil demonstram que a produtividade média de soja no Brasil está muito aquém da obtida pelos melhores produtores. Tendo-se como referência a safra de 2016/17 em que a produtividade média do Brasil foi de 3.364 kg/ha, o melhor produtor obteve 8.946 kg/ha, o que representa 166% acima da média nacional. Além do potencial de crescimento pela produtividade física da terra, há áreas extensas de pastos degradados que podem ser incorporados à produção em curto espaço de tempo. Não há restrições tecnológicas para que o Brasil seja efetivamente o maior produtor mundial de soja nos próximos anos (GAZZONI & DALL'AGNOL, 2018), o que não significa que as instituições de pesquisa possam diminuir o ritmo de aporte de tecnologias consentâneas com a demanda do mercado.

A disponibilidade de terras baratas e mecanizáveis no Centro Oeste favoreceu a expansão da cultura, via incorporação de novas áreas. Ainda há terras disponíveis no Brasil para aumento da produção, principalmente de pastos degradados e na região de MATOPIBA. Para o futuro, devido a restrições ambientais, ao aumento do preço das terras mesmo em regiões mais distantes e à menor disponibilidade de terras, a previsão é de que produtividade seja o motor de expansão da cultura, nas próximas décadas. O mesmo movimento será incentivado pela sociedade global, claramente avessa à expansão da fronteira agrícola, podendo penalizar países que o façam, ao restringir importações dos mesmos.

3.2. Projeções para a Soja

Segundo projeções de Gasques et al (2018) a área de soja deve aumentar 12,2 milhões de hectares, atingindo 46 Mha em 2029/30. É a lavoura que mais deve expandir a área na próxima década. A produção de soja do Brasil deve atingir 158 milhões de toneladas em 2029/30, podendo chegar a 190,7 milhões de toneladas, no limite superior do modelo de projeção. Para o próximo decênio, projeção situa-se 33,0% acima da observada em 2017. A OCDE-FAO 2026/2027 (2018) projetaram um acréscimo na área colhida de soja mundialmente de 15 milhões de hectares (122,0 em 2016 para 137,0 em 2026). Deste modo, o Brasil deve ser responsável por 81,0% dessa expansão.

O consumo doméstico de soja em grão deverá atingir 59,5 milhões de toneladas no final da projeção, mas no limite superior pode chegar a 70,8 milhões de toneladas, um aumento de 39,8% até 2029/30.

A produtividade da soja é considerada pela Abiove como grande desafio nos próximos anos. Essa preocupação é evidenciada pelo fato de que as projeções da produtividade mostram uma relativa estagnação, cuja média nacional fica em torno de 3,3 toneladas por hectare. Dentre as causas desta relativa estagnação, podem-se citar a falta de assistência técnica em muitas propriedades, ocorrências de problemas climáticos (secas durante o ciclo ou chuva na colheita) e a introdução em vastas regiões do sistema de produção de três safras/ano, o que permite ao produtor elevar sua rentabilidade total, mesmo com produtividades mais baixas para algumas culturas. Em 2017/18 a produtividade de soja no País foi de 3.385kg/ha, o que comprova uma elevação do nível anterior.

O farelo e o óleo de soja mostram moderado dinamismo da produção nos próximos anos. A produção de farelo de soja deve aumentar 26,4% e a de óleo de 31,4%. Esses percentuais são pouco maiores do que se tem observado na última década para ambos os produtos. Entretanto, o consumo interno de farelo terá um crescimento mais forte que o óleo de soja, sendo de 42,0% e 37,2%, respectivamente (Figura 7). Os resultados de produção de farelo de soja e de óleo, estão pouco acima do projetado pela Fiesp-Outlook 2026 (2015).

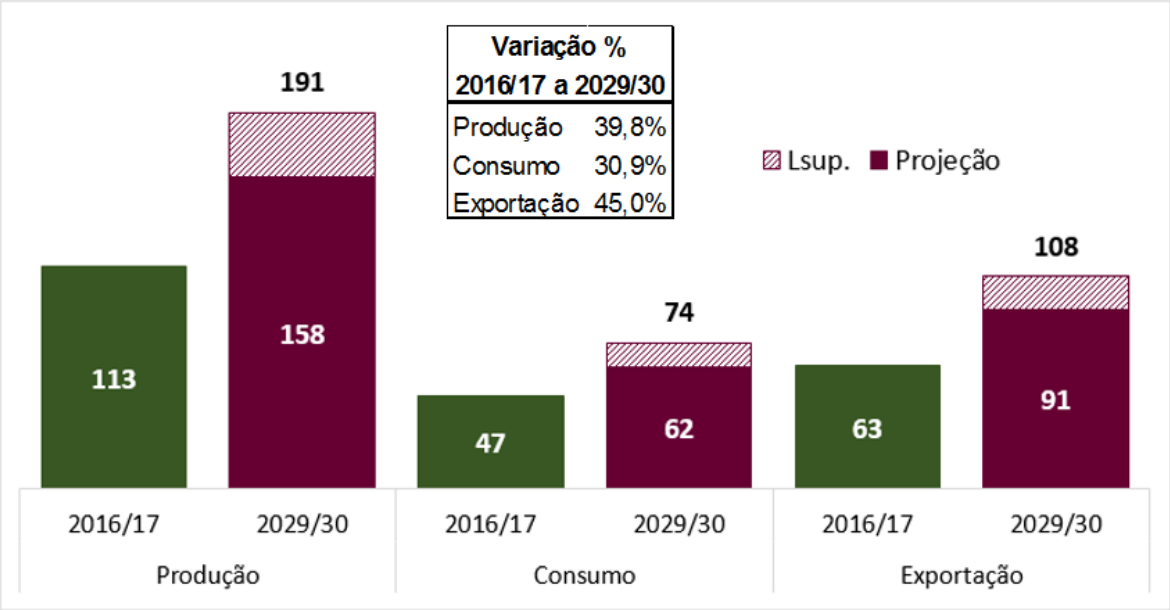

Figura 7: Projeção da produção, consumo e exportação brasileira de soja em grão, 2029/30 (milhões de toneladas)
Fonte: GASQUES, et, (2018c).

Estima-se que a expansão de área deve ocorrer em regiões de grande potencial produtivo, e com preço da terra mais competitivo, como nos cerrados compreendidos na região que atualmente é chamada de MATOPIBA, nos estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Tabela 7). O Mato Grosso deverá perder força nesse processo de expansão de novas áreas, devido principalmente aos preços de terras nesse Estado, com valor estimado de 100% sobre os preços de terras de lavouras nos estados do MATOPIBA.

Tabela 7: Projeções da Produção de soja por Estados 2017/18 a 2027/28

UF	Mil Toneladas		Var. %
	2017/2018	2027/2028	
BA	5.384	7.137	32,6
GO	11.583	15.569	34,4
MA	2.931	4.032	37,6
MG	5.376	7.192	33,8
MS	9.560	12.791	33,8
MT	31.887	43.033	35,0
PA	1.557	2.885	85,3
PR	19.070	24.567	28,8
RO	1.101	1.901	72,7
RS	16.968	21.666	27,7
TO	3.032	4.088	34,8

Fonte: GASQUES (2018c).

Como os empreendimentos nessas novas regiões compreendem áreas de grande extensão, o preço da terra é um fator decisivo. A área plantada de grãos nessa região deve expandir-se 19,6% nos próximos 10 anos. Isso equivale a atingir na região a área de 8,8 milhões de hectares, que em seu limite superior pode alcançar 11,6 milhões de hectares. A melhoria da infraestrutura física, como estadas e ferrovias será um fator decisivo para a consolidação de uma agricultura eficiente nestas novas regiões de expansão da produção.

As exportações de farelo devem aumentar pouco entre 2016/17 e 2029/30, e as de óleo devem crescer 0,6 %. O consumo interno deverá ser nos próximos anos o principal fator a impulsionar a produção de óleo de soja. A ABIOVE está projetando que a soja para esmagamento e produção de biodiesel atinja em 2018, 18,7 milhões de toneladas, e 2019, 20,1 milhões de toneladas esmagadas. Para o farelo de soja, na próxima década, cerca de 57,0% da produção deverão ser dirigidos ao consumo interno, e 39,4% destinados às exportações (Figura 8).

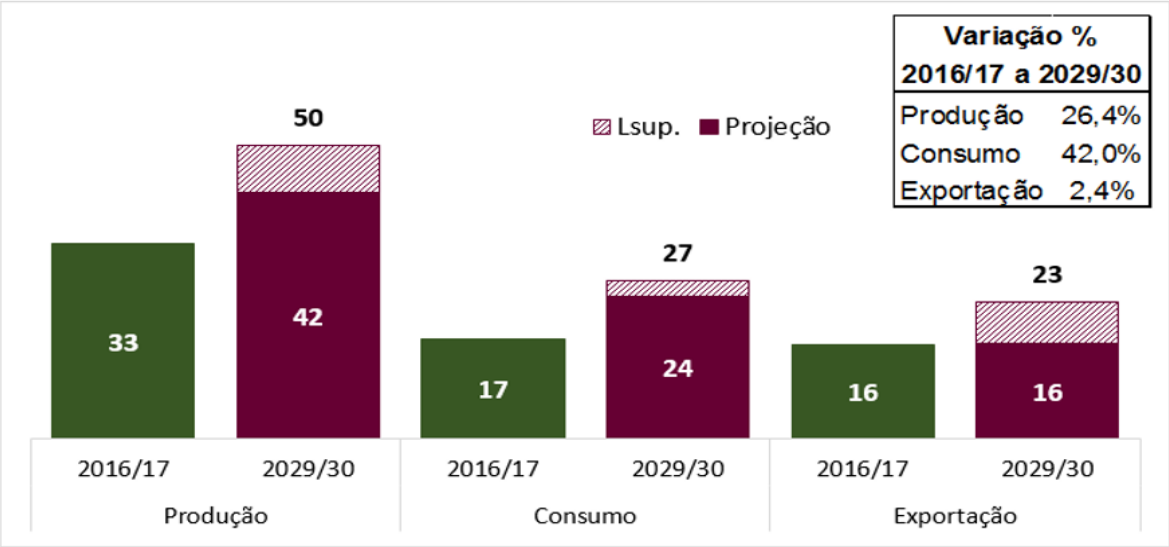

Figura 8: Projeção da produção, consumo e exportação de farelo de soja, 2029/30 (milhões de toneladas)
Fonte: GASQUES et al., (2018c).

A ABIOVE estima que no limite inferior de crescimento do consumo anual de óleo de soja, 375 mil toneladas por ano sejam distribuídas em, 75 mil toneladas para alimentação e 300 mil para a fabricação de biodiesel. No limite superior do consumo anual de soja para produção de óleo pode chegar a 17 milhões de toneladas em 2030, por conta do aumento da mistura de biodiesel para B20 (Figura 9).

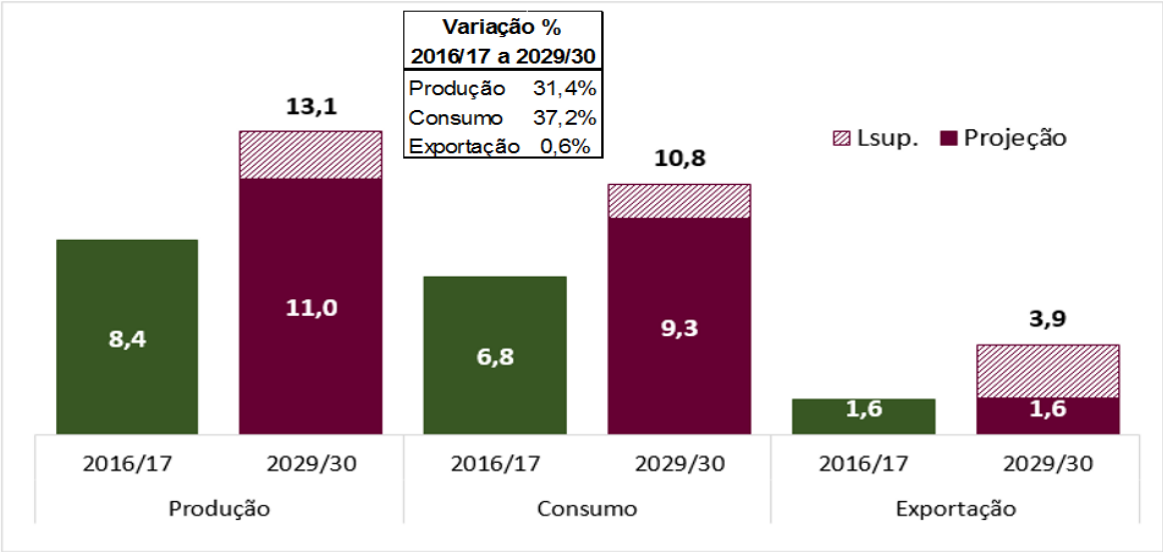

Figura 9: Projeção da produção, consumo e exportação de óleo de soja, 2029/30 (milhões de toneladas)
Fonte: GASQUES et al., (2018c).

4. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Em relação ao material genético cultivado, há dois sistemas básicos de cultivo de soja no Brasil: convencional e transgênica. No caso de soja transgênica, é possível cultivar soja tolerante ao herbicida glifosato ou com a mesma característica associada à resistência a algumas lagartas desfolhadoras.

A soja transgênica é resultado de manipulação genética em laboratório, introduzindo características agronômicas que sejam úteis para reduzir custos, riscos ou melhorar aspectos competitivos da cultura. As primeiras cultivares utilizadas comercialmente incorporavam a tecnologia Roundup Ready (RR), posteriormente evoluída para RR2, desenvolvida pelo grupo Monsanto (adquirido recentemente pela Bayer), com resistência ao herbicida glifosato. Posteriormente, surgiram cultivares com característica de resistência a algumas lagartas que são pragas de soja, pela introdução de genes obtidos em bactérias da espécie *Bacillus thuringiensis*, tradicionalmente utilizadas em programas de controle biológico.

Conceitualmente, o produtor que utilizar cultivares com tolerância a herbicidas e resistência a lagartas fará uso de produtos de menor custo, além de facilitar o controle de pragas. Entretanto, o menor custo de controle é obnubilado pelo aumento no pagamento de royalties sobre as sementes que possuem essas características, o que torna a tecnologia relativamente neutra do ponto de vista de custo de produção. Quanto ao potencial de produtividade, não existem diferenças expressivas entre os dois grupos, o que também torna a tecnologia neutra sob este aspecto.

A simplificação do sistema de produção, especialmente do controle de plantas invasoras e, posteriormente, de lagartas pragas de soja, levou a uma predominância superior a 95% no uso de cultivares transgênicas de soja. Como existem nichos de mercado que não aceitam produtos geneticamente modificados, o mercado estabeleceu um prêmio, variável entre US$2 e US$8 por saco de soja, a fim de estimular o cultivo de soja convencional suficiente para abastecer esses mercados.

De acordo com o custo de produção estabelecido pelo IMEA (2018), para a safra 2018/19, não há diferenças no custo variável e nas despesas especificamente com custeio de lavoura de soja transgênica ou convencional. No primeiro caso, o valor calculado para o custo variável é de 78,69% e para soja convencional de 79,76%, sobre o custo total da lavoura. O custeio representa 55,64% do custo total em cultivos transgênicos e 56,3% nos convencionais. Em relação aos cinco itens de custeio de maior peso na formação do custo de produção, para ambos os sistemas, o percentual de participação situou-se em torno de 44%. Para o cultivo convencional, a ordem de custo é Fertilizantes, Inseticidas, Sementes, Fungicidas e Herbicidas. Para os cultivos transgênicos, a ordem decrescente de custos é Fer-

tilizantes, Sementes, Inseticidas, Fungicidas e Herbicidas. O peso dos agrotóxicos sobre o custo total varia de 22% (convencional) a 19% (transgênica).

5. PROBLEMAS/DESAFIOS TECNOLÓGICOS.

O papel da tecnologia é preponderante no crescimento recente da agricultura brasileira, como comprovam dados do Censo Agropecuário de 2006 em que 68% do valor adicionado no setor devem-se à incorporação de tecnologia (para mais informações, ver ARIAS et al., 2018). Dois desafios, com componentes de natureza tecnológica, de caráter geral, impactam a rentabilidade de culturas e criações: a) a (baixa) produtividade dos fatores de produção; e, b) os custos de produção (preços relativos elevados). A seguir são descritos os principais desafios tecnológicos do cultivo de soja.

5.1. Ferrugem Asiática

A ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é a doença mais severa que incide na cultura da soja, sendo também o seu principal problema fitossanitário. Originária da Ásia, a doença foi identificada pela primeira vez no Paraguai e no Brasil em 2001, e se espalhou rapidamente pelas regiões produtoras desses países. O principal dano ocasionado pela ferrugem-asiática é a desfolha precoce, que impede a completa formação dos grãos, com consequente redução da produtividade, podendo, nos ataques mais severos, redundar em perda total da produção.

O manejo da doença se baseia em três principais medidas fitossanitárias: medidas legislativas, resistência genética da soja e controle químico.

A efetividade da resistência genética da soja derivada do emprego dos genes Rpp no manejo da ferrugem-asiática não é estável nem duradoura, por não conferir imunidade à planta, como ocorre com outras doenças, como a mancha olho-de-rã, a pústula bacteriana e o cancro-da-haste. Representa uma importante medida de controle, mas que depende da rotação de cultivares com diferentes genes Rpp e do uso de fungicidas para reduzir as populações que suplantam o efeito dos genes Rpp. As cultivares resistentes não apresentam imunidade e necessitam de aplicação de fungicidas no final do ciclo, visando eliminar as populações do fungo com elevada frequência de genes insensíveis à resistência da planta.

O principal fator que tem limitado os prejuízos causados pela ferrugem asiática são as medidas legislativas, que incluem o vazio sanitário e a calendarização de semeadura. O vazio sanitário da soja é um período em que não pode existir plantas vivas de soja, tanto nas áreas de lavouras quanto fora delas. A prática é uma das formas de manejo para evitar a ferrugem asiática, objetivando a não multiplicação ou manutenção do fungo na entressafra, com vistas a retardar o início da epidemia na safra seguinte. O sojicultor que não cumprir com a regra pode, inclusive, ser multado.

O vazio sanitário existe atualmente em 13 estados mais o Distrito Federal. O período, que varia de 60 a 99 dias, foi estabelecido considerando o tempo máximo de sobrevivência dos esporos no ar, que é de 55 dias. Este período inicia a partir de 10 de junho, variando conforme o estado.

A calendarização de semeadura é a determinação de um período limitado para esta prática, objetivando evitar cultivos tardios (safrinha), que proporcionarão aumento da pressão de seleção de indivíduos de *P. pachyrhizi* resistentes aos grupos de fungicidas disponíveis, inviabilizando o futuro do controle químico.

A introdução da ferrugem asiática no Brasil modificou o sistema produtivo, com a utilização intensa de fungicidas. O controle da doença tem sido ameaçado pela progressiva resistência do fungo aos agroquímicos, que perderam eficiência nos últimos anos, tornando cada vez mais difícil limitar os danos causados pela ferrugem.

A estimativa do custo anual o para o controle da doença é de US$ 2,8 bilhões, considerando o controle com fungicidas, aplicação média de três vezes durante a safra, em 100% da área cultivada com a cultura. Estas estimativas foram realizadas pelo Consórcio Anti-Ferrugem, atrualizadas para a safra 2017/2018.

A ameaça da perda de eficiência dos fungicidas reforça a necessidade e dependência da resistência genética da soja e do rigor das medidas legislativas, para continuidade da produção de soja no Brasil.

5.2 Percevejos

O complexo de percevejos, cuja espécie dominante é o *Euschistus heros*, é considerado um do principais problemas fitossanitários da cultura da soja. Sua

colonização na soja pode iniciar ainda no estágio vegetativo, porém é a partir do início da formação de vagens que podem causar danos efetivos à soja. O dano é ocasionado pelo sugamento dos grãos, causando deformações nos mesmos, podendo chegar ao aborto de grãos ou de vagens e consequente redução na produtividade. Os grãos que sobrevivem ao ataque apresentam perda de qualidade, em especial da capacidade germinativa e do vigor de sementes. Danos indiretos também podem ocorrer durante o armazenamento de grãos ou semente, em consequência dos danos a eles causados no campo.

As lavouras estabelecidas a partir de semeaduras mais tardias, ou com cultivares de ciclo mais longo, são as mais prejudicadas, porque as populações de percevejos crescem em intensidade ao longo da estação, sendo maiores a partir de fevereiro, com a migração dos percevejos que infestavam lavouras que foram colhidas e que se concentram nas lavouras com colheita mais tardia. As lavouras que são semeadas no início da estação também podem abrigar populações mais elevadas, pela falta de alternativa de alimentação para os percevejos.

Existem diversos inimigos naturais que auxiliam no controle de percevejos, alimentando-se principalmente de ovos e de fases imaturas dos mesmos. Mesmo com a ação de agentes de controle biológico, é rotineiro o recurso ao controle químico, recomendado a partir da presença de dois percevejos por metro de linha de soja, a partir do estádio R3 de desenvolvimento da soja. Poucos são os ingredientes ativos registrados para controle de percevejo, o que limita as possibilidades de rotação de ingredientes ativos com diferentes modos de ação, a principal tática para evitar ou, ao menos, retardar o surgimento de casos de resistência do inseto aos inseticidas usados para seu controle.

O desenvolvimento de cultivares tolerantes ao ataque de percevejos representa uma ferramenta muito importante para auxiliar no manejo destas pragas. Cultivares tolerantes tanto podem apresentar a característica de ser menos atrativa para percevejos, portanto apresentando populações menores que as não tolerantes, quanto apresentar menores perdas de produção e redução de qualidade das sementes, mesmo na presença de elevadas populações de percevejos.

A ampla e correta utilização do Manejo de Pragas da Soja, integrando as diferentes táticas de controle, é fundamental para manter a população de percevejos e de seus danos dentro de limites razoáveis e suportáveis para o produtor de soja.

5.3 Nematoides

Entre os fatores que contribuem para a queda do rendimento da cultura da soja, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, estão as doenças, com destaque para aquelas causadas por nematoides. Mais de 100 espécies de nematoides, envolvendo cerca de 50 gêneros, foram associadas a cultivos de soja em todo o mundo.

No Brasil, levantamentos sistemáticos de perdas por fitonematoides, envolvendo diversas instituições de pesquisa não estão disponíveis, como ocorre nos Estados Unidos. Existem apenas citações de perdas pontuais. Por exemplo, Antonio & Oliveira (1989) registraram, nas manchas mais atacadas por nematoides-de-galha (M. javanica), em Pedrinhas Paulista-SP, perdas de 18% na produção de grãos de soja. Na safra anterior, em outras propriedades da região, as perdas haviam sido de aproximadamente 56% (Antonio, 1988). Diferenças anuais nos volumes de perdas são comuns e se devem, principalmente, a variações nas condições climáticas.

No Brasil, as espécies que causam os maiores danos são *Meloidogyne javanica, M. incognita, Heterodera glycines, Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* (Ferraz, 2001). A importância dessas espécies se deve a aspectos relevantes, como presença endêmica em diversas regiões produtoras (*M. javanica* e *M. incognita*), elevada variabilidade genética (*H. glycines*) e risco potencial de dano com o incremento da área cultivada com espécies suscetíveis (*P. brachyurus* e *R. reniformis*).

O parasitismo exercido por nematoides em soja apresenta sintomas comuns, como a formação de reboleiras, devido à baixa mobilidade desses organismos no solo. Nesses locais são observados gradientes crescentes de atrofiamento e clorose das plantas até o centro da reboleira, onde pode ocorrer morte de plantas se a densidade populacional de nematoides for elevada. Apesar das reboleiras serem sintomas típicos de ataque de nematoides, são facilmente confundidas com manchas ocasionadas pelo depósito de calcário na lavoura. Do mesmo modo, é comum confundir as cloroses causadas pelos nematoides com a deficiência de alguns nutrientes. Todos os problemas que dificultam o pleno desenvolvimento do sistema radicular, como presença de camada compactada de solo, excesso ou falta de calagem e períodos de déficit hídrico, principalmente se ocorrerem após longo período de chu-

vas, agravam os sintomas. Além disso, a situação pode se agravar pela interação com outros organismos patogênicos, em especial fungos de solo como *Phytophthora*, *Fusarium* e *Rizoctonia* (Good, 1973). Desse modo, o diagnóstico seguro exige a análise de amostras de solo e raízes, em laboratório de nematologia.

No caso do nematoide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*, detectado pela primeira vez no país na safra de 1991/92, em condições de populações muito elevadas no solo, especialmente se associadas com excesso de calagem, as perdas chegam a atingir 100%. Mesmo em lavouras de soja sem sintomas aparentes de danos, como acontece nos estados de São Paulo, do Paraná e do Rio Grande do Sul, os rendimentos de cultivares suscetíveis ao NCS têm sido, em média, cerca 400 kg/ha menores do que os de cultivares resistentes (Garcia et al., 2005).

Para o nematoide das lesões radiculares (*P. brachyurus*), têm sido relatadas perdas de até 30% no rendimento de grãos da soja (Goulart, 2008). Na região Médio- Norte do Mato Grosso, Franchini et. al. (2014) estimaram perdas médias de 12 sacas.ha^{-1}, ou seja, 21% da produtividade potencial da lavoura de soja.

Avaliações preliminares evidenciaram perdas de até 32% do rendimento de soja nas áreas infestadas por *Rotylenchulus reniformis* (Asmus et al., 2003).

Para culturas de ciclo curto como a soja, todas as medidas para o controle de nematoides devem ser executadas antes da semeadura. Ao se constatar que uma área está infestada, o produtor nada poderá fazer naquela safra. Todas as observações e os cuidados deverão estar voltados para os próximos cultivos naquela área.

Obrigatoriamente, o controle de nematoides em culturas de escala, como a soja, deve ser planejado de modo a integrar vários métodos e apresentar baixo custo. De um modo geral, são considerados os princípios fitopatológicos da exclusão (evitar a infestação de áreas indenes por espécies ou novas raças, na propriedade ou numa região geográfica maior); da erradicação (rotação de culturas com espécies de verão e de inverno não hospedeiras); da regulação (modificação do ambiente e nutrição das plantas); e da imunização (utilização de cultivares resistentes a determinadas espécies ou raças).

5.4 Plantas invasoras resistentes a herbicidas

Plantas daninhas vivem espontaneamente na natureza, não só na soja, mas em qualquer exploração agrícola. Para a manutenção de altas produtividades das culturas comerciais, é preciso controlar adequadamente as espécies espontâneas para evitar a competição por recursos do ambiente ou a redução do coeficiente técnico de colheita e o aumento do percentual de impureza e de umidade dos grãos.

Quando do lançamento da soja geneticamente modificada para tolerância ao herbicida glifosato no Brasil, em 2005, muitos agricultores acreditavam que os problemas com as plantas daninhas estavam definitivamente resolvidos. Não consideravam a possibilidade da seleção das plantas daninhas resistentes ao glifosato. A resistência é controlada geneticamente, e a frequência genética da característica aumenta exponencialmente com o aumento da pressão de seleção. Indivíduos resistentes sobrevivem mesmo após a exposição a um herbicida normalmente letal para a população.

Em 2006 foram detectados os primeiros casos de resistência e, desde aquela data, biótipos resistentes de *Lolium multiforum (*azevém), de *Digitaria insularis (*capim-amargoso), de *Eleusine indica* (capim-pé de galinha), e de três espécies de buva *(Conyza canadenses, Conyza sumatrensis* e *Conyza bonariensis)* estão presentes nas áreas de produção. Além dessas, *Eleusine indica* (capim-pé-de galinha) foi recentemente identificada como resistente e *Amaranthus palmeri* (caruru) foi introduzido no Mato Grosso junto com colhedeiras importadas. Além das espécies resistentes ao glifosato outras plantas de folha larga e estreita como por exemplo *Euphorbia heterophylla (leiteiro), Bidens spp (picão-preto) e Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) também foram catalogadas no Brasil como resistentes aos herbicidas que eram utilizados no cultivo de soja convencional.

Áreas infestadas com plantas daninhas resistentes são mais difíceis de serem manejadas e tem custo de produção aumentado. Apesar do problema de a resistência ser uma realidade no Brasil, para a maioria dos agricultores, ainda é possível prevenir seu agravamento. No Brasil Central, devido às condições climáticas, as opções de manejo da lavoura podem ser mais restritas, o que pode agravar ainda mais o problema com esses biótipos. As perdas de produtividade são variáveis conforme a espécie e a infestação, mas podem chegar a 70% de redução, nos casos mais graves.

Estimativas do custo de controle de espécies resistentes ao glifosato indicam aumentos percentuais médios de 48%, 42% e 165%, quando da ocorrência de azevém, buva e capim-amargoso resistentes, respectivamente. Em casos de ocorrência na mesma área de azevém e buva, ou de buva e amargoso, esses percentuais médios sobem para 65% e 222%, respectivamente. Em casos extremos, de alta infestação de plantas grades de buva e amargoso, o aumento do custo pode atingir 403%. Estima-se que atualmente o custo médio da resistência de plantas daninhas no Brasil é de quase R$ 5 bilhões e que se acrescido das perdas pela competição esse valor possa atingir R$ 9 bilhões, anualmente.

Deve-se considerar que a característica de resistência ao glifosato também está presente em outros cultivos, convivendo no sistema onde a soja é um dos componentes. Portanto, esse cenário pode piorar com a seleção de novos biótipos resistentes, por isso cresce a importância dos estudos sobre o manejo integrado das plantas daninhas em sistemas de produção. Destarte, é meridiana a importância do tema e a necessidade de investir em desenvolvimento tecnológico para elaborar sistemas de controle de plantas daninhas que sejam sustentáveis e que permitam a continuidade do cultivo de grãos, em bases competitivas, no Brasil.

5.5. Manejo do solo

O manejo adequado do solo é o principal pilar para garantir a sustentabilidade de qualquer empreendimento agropecuário. Se as características físicas, mecânicas, químicas e biológicas do solo não estiverem dentro da amplitude considerada ideal, existirá uma limitação para expressão do potencial de produção e qualidade de qualquer cultivo, independente das demais tecnologias e processos utilizados.

Um solo com manejo adequado apresenta, ao longo de seu perfil, boas características físicas (aglomerados, particulados, aeração), mecânicas (ausência de camadas compactadas), químicas (acidez e disponibilidade dos nutrientes em condições adequadas) e biológicas (microrganismos úteis, aporte contínuo de cobertura/palhada e teor adequado de matéria orgânica). Esses três atributos em equilíbrio condicionam um solo de fato fértil. Idealmente, um sistema de produção que inclua rotação de culturas diversificadas, com diferentes requerimentos nutricionais, arquitetura de raízes e pragas associadas, é uma premissa básica para que o perfil do solo seja adequado.

A introdução do plantio direto na palha (SPD), na segunda metade do século passado representou uma evolução positiva em termos de melhoria das condições do solo agrícola. Entrementes, em função da estrutura de demanda do mercado agrícola, nas últimas duas décadas, a cultura da soja no Brasil tem sido inserida em modelos de produção pouco diversificados, como as sucessões soja/milho segunda safra, soja/milheto para cobertura do solo, soja/pousio e soja/trigo. Por um lado, a simplificação dos modelos de produção facilita a rotina operacional nas propriedades rurais e permite a especialização na produção de determinada cultura. Por outro lado, tem provocado e intensificado alguns problemas agronômicos e ambientais, sobretudo relacionados à redução da qualidade do solo – degradação de atributos físicos, químicos e biológicos - e ao aumento de problemas fitossanitários, como a infestação de plantas daninhas resistentes a herbicidas e o incremento de algumas doenças, fitonematóides e insetos-praga de difícil controle.

No bojo da simplificação do sistema, determinados fundamentos do SPD foram olvidados, bem como o uso intenso de maquinarias cada vez mais pesadas, vem provocando uma degradação das condições do solo, tornando-o menos propício à obtenção de altas produtividades, bem como tornando o cultivo mais suscetível a estresses abióticos (seca, inundação, erosão) ou bióticos (nematoides e plantas invasoras). Por qualquer ângulo de análise é possível demonstrar que a simplificação e o imediatismo trarão sérias consequências para a sustentabilidade e a competitividade do agronegócio brasileiro.

Esta perda de qualidade ou fertilidade do solo ocasiona diretamente maior variabilidade na produtividade a cada safra, tornando a atividade agrícola altamente dependente das condições climáticas. Nesse sentido, a construção de perfil de solo considerando os aspectos já mencionados é um desafio que, muito mais que altas produtividades, trará estabilidade de produção permitindo manter altas produtividades especialmente em anos de condições climáticas não adequadas. Outro aspecto que deve ser considerado como desafio é o manejo dos fertilizantes com objetivo de maximizar a eficiência de uso desses insumos, que como foi descrito no item X, compõe fortemente o custo de produção. Nesse sentido é necessário ajustar as doses dos nutrientes para repor as quantidades removidas com os novos patamares de produtividade, posicionar os fertilizantes visando minimizar as perdas que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera, conciliar as estratégias de adubação com a logística que a cultura atualmente impõe e avaliar a real eficiência de fertilizantes de eficiência aumentada por agregar substâncias que minimizam as perdas.

O cerne do desafio tecnológico do manejo adequado do solo está no entendimento das restrições impostas pelo mercado aos produtores agrícolas, assestando o fulcro do desenvolvimento tecnológico na busca de soluções factíveis, inseridas no marco factual da realidade agrícola, que permitam a retomada de conceitos dogmáticos da Agronomia, como a rotação de culturas, tornando o solo o substrato mais adequado para o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis, permitindo melhor aproveitamento de nutrientes e estabilidade produtiva entre safras.

5.6 Tolerância a seca

A seca é, atualmente, um dos fatores ambientais mais estressantes para as culturas agrícolas econômicas. Como consequência, as reduções de rendimento são constantes e as perdas econômicas e financeiras inevitáveis. As perdas de produção agrícola ocasionada pelos desastres naturais – dos quais a seca é o mais importante – ocasionaram prejuízos ponderáveis às economias dos países em desenvolvimento, que montam a US$250-300 bilhões anuais, conforme relato da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), entre 2005 e 2015[10]. O mesmo documento aponta que 83% de todas as perdas econômicas causadas pela seca documentadas pelo estudo da FAO foram absorvidas pela agricultura.

No Brasil, os prejuízos causados pelos eventos de seca em 37 safras brasileiras de soja, entre 1976/77 e 2013/14, foram estimados em US$ 79,62 bilhões (Ferreira, 2016). Entre 2004 e 2014, a região Sul do Brasil foi a mais afetada, registrando um prejuízo de cerca de US$27 bilhões na produção de soja. Outros estados também foram afetados por secas no período, que é um fenômeno recorrente, variando de intensidade e geografia conforme o ano agrícola. Em um país continental, como o Brasil, que produz soja entre os paralelos 5°N e 33°S, e entre os meridianos 36°W e 63°W, a probabilidade de ocorrência de seca em alguma região produtora, é sempre elevada. Em anos de perturbações macroclimáticas, como com a ocorrência dos fenômenos El Niño e la Niña, a abrangência da área atingida pela seca, bem como a sua intensidade, costuma ser maior.

As previsões para o médio e longo prazo, em decorrência das Mudanças Climáticas Globais não são animadoras, prevendo-se maior frequência de ocorrência de fenômenos extremos (incluindo secas), de maior intensidade e abrangência. No relatório do IPCC[11] apresentado em Outubro/2018, fica claro que a deficiência hídrica é um dos principais desafios em escala global, e que deve ser devidamente equacionado para a manu-

[10] http://www.fao.org/3/I8656EN/i8656en.pdf
[11] http://www.ipcc.ch/report/sr15/

tenção da produtividade e rentabilidade da soja brasileira. A abordagem para a mitigação dos impactos negativos do déficit hídrico sobre a produtividade de soja é claramente multidisciplinar, incluindo o correto manejo do solo e da cultura. Entretanto, no futuro, será vital para enfrentar esse desafio a disponibilidade de cultivares comerciais de soja que sejam tolerantes à seca, ou seja, apresentem reduzida perda de produtividades em condições de déficit hídrico.

5.7 Alta Produtividade

De acordo com Gazzoni e Dall´Agnoll (2018), a demanda mundial de soja deve ultrapassar 700 milhões de toneladas, em 2050, um crescimento superior a 100% em relação à produção atual. Os mesmos autores efetuaram uma análise detalhada das vantagens comparativas de cada país potencial produtor de soja, para atender a demanda prevista, sendo o Brasil o que reúne o maior conjunto de vantagens. Entretanto, os autores também pontuam que a sociedade global (leia-se, os consumidores) exigem que a produção agrícola ocorra em bases sustentáveis, com responsabilidade ambiental e social.

Um dos aspectos principais a considerar é a forma pela qual ocorrerá o aumento da produção, ou seja, com maior ou menor expansão de área cultivada. Países que optarem por incentivar o aumento da produtividade, consequentemente com menor demanda de expansão da fronteira agrícola, melhorarão sensivelmente sua posição no mercado, consequentemente sendo mais competitivos.

A produtividade é fruto de sistemas de produção adequados, em que cada componente atenda às recomendações técnicas mais atualizadas. Em particular, é fundamental atentar para o zoneamento agroecológico, a definição de parâmetros como cultivar de alto potencial produtivo, recomendada para a região onde será cultivada, época de semeadura, espaçamento e densidade de plantas, manejo do solo, fertilidade, manejo da cultura, praticas fitossanitárias adequadas, entre outros.

A produtividade média de soja no Brasil, na safra 2017/2018, foi de 3.394 kg/ha. Entretanto, os resultados do Desafio de Máxima Produtividade, conduzidos

anualmente pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) registram o recorde de produtividade de 8.944 kg/ha, obtida por um produtor paranaense, a qual não se situa muito acima da produtividade obtida por outros produtores de soja que participam do desafio. Saliente-se que as elevadas produtividades de soja, obtidas pelos produtores que participam do desafio CESB, sempre estão associadas ao aumento desproporcional da rentabilidade, ou seja, a margem do agricultor cresce a taxas mais elevadas que o incremento de seu custo de produção.

Destarte, fica comprovado que o Brasil dispõe de tecnologia de cultivo de soja que permite obter produtividade muito acima da média atual, com ganhos expressivos de rentabilidade. Assim, um esforço de transferência de tecnologia em grande escala precisa ser implementado de forma permanente, para que o aumento da produção de soja futura no Brasil ocorra principalmente por incremento da produtividade, com pressão por expansão da fronteira agrícola.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

a) O sucesso futuro da cultura da soja no Brasil vai ser muito dependente da demanda internacional. As projeções acenam para cenários positivos, devido ao aumento da população e renda, principalmente em países populosos, como o Sudeste da Ásia. O forte é uma demanda derivada, com a soja sendo utilizada em rações animais, como suínos e frangos.

b) Do ponto de vista interno, o Brasil pode capturar oportunidades, nos próximos anos, realizando ações de: (i) melhorias na logística de transporte e armazenagem; (ii) política agrícola moderna para crédito e seguro rural; (iii) geração de tecnologias sustentáveis e apoio à sua transferência; (iv) estrutura tributária menos complexa, favorecendo a exportação e adequação da legislação trabalhista às condições do campo; (v) incentivos à agregação de valor.

c) Os principais problemas tecnológicos identificados para a cultura de soja foram de ordem fitossanitária (Ferrugem da Soja, Percevejos, Nematoides e Plantas Invasoras Resistentes a Herbicidas), de Manejo do Solo, de Tolerância à Seca e de Alta Produtividade.

REFERÊNCIAS

ABAG**, O Futuro da Soja Nacional.** Consultoria e Inteligência Competitiva. São Paulo, 26 p. sem ano.

AVIOVE. http://www.abiove.org.br/ Acesso em agosto de 2018.

ANTONIO, H. Avaliação das perdas causadas por Meloidogyne incognita raça 4 na cultivar BR-4 de soja. Nematologia Brasileira, v. 12, p.29-34,1988.

ANTONIO, H.; OLIVEIRA, M.C.N. Estimativa das perdas causadas por Meloidogyne javanica em lavoura de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 13, 1989, Maceió. Resumos... Maceió: SBN, 1989. p.6.

ARIAS, D.; VIEIRA, P. A; CONTINI, E.; FARINELLI, B.. MORRIS, M. **Agricultural Productivity Growth in Brazil – recent trends and future prospect.** World Bank Group. 2018, 54 p. Acesso internet em 13/08/2018.

ASMUS, G. L.; RODRIGUES, E.; ISENBERG, K. Danos em soja e algodão associados ao nematóide reniforme (Rotilenchulus reniformis) em Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina., PE. Anais... Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia/ Embrapa Semi-Árido, 2003. p169.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Safra 2017/18. N. 11, Brasília. agosto 2018a. 148 p.

CONAB. Custos de Produção. Safra 2017/18. www.conab.gov.br, Acesso em julho de 2018b

CONTINI, E. PENA JR.; VIEIRA, P. A. Seca Norte Americana – Preços Agrícolas e implicações para o Brasil. Revista de Política Agrícola. Ano XXI, N. 1, jan/mar 2013. P.

FERRAZ, L.C.C.B. As meloidogynoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J.F.V. (Org.) Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja. Londrina: Embrapa Soja/ Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p-15-38.

FIESP. Outlook FIESP 2025. Projeções para o Agronegócio Brasileiro. São Paulo, FIESP 2015.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; H.; DIAS, W.P.; RAMOS JUNIOR, E.U.; SILVA, J.F.V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y (eds.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.274-278.

GALBIERI, R.; VELOSO SILVA,J. F.; VAZ, C. M. P. Riscos e Oportunidades: Nematoides.In.: Desafios do Cerrado – Como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade. Ampa, Aprosoja, Embrapa. Cuiabá, 2016, p.189-214.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; LONIEN, G.; PEREIRA, J. E. Avaliação de perdas causadas pelo nematóide de cisto através da comparação de rendimentos entre cultivares resistentes e suscetíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 25, 2005. Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. p.109.

GASQUES, J. G. CGEA/DCEE/SPA/MAPA. VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO - LAVOURAS E PECUÁRIA – BRASIL - (Cálculos)

GASQUES, J.G. Estimativas com base em dados da. Conab, 2018 : https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10

GAZZONI, D.L. & DALL'AGNOL, A. A saga da soja – de 1050 a.C a 2050 d. C. Embrapa, Brasília, 2018. 199 p.

GAZZONI, D. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/931310/sustentabilidade-da-soja-no-brasil

GASQUES, J. G.; SOUZA, G. S.; BASTOS, E. T. Brasil: Tendências do Agronegócio 2017-30. Cátedra Luiz de Queiróz, ESALQ, 2018. (no prelo).

GASQUES. J. G.http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp. Acesso em 22 de outubro de 2018.

GODOY, C,V, & MARCELINO-GUIMARAES, F. C. Risco e Oportunidades: Ferrugem da Soja. In.: Desafios do Cerrado – Como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade. Ampa, Aprosoja, Embrapa. Cuiabá, 2016, p.119-147.

GOOD, J. M. Nematodes. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). Soybeans: improved, production and uses. Winconsin: American Society of Agronomy, 1973. p. 527-543.

GOULART, A. M. C. Aspectos Gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero Pratylenchus). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 30p (Documentos – ISSN 1517-5111; 219).

IBGE. Sistema de Recuperação Automática (Sidra).2018. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 ago 2018a.

IBGE https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf, 2018b

IMEA. (http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/19122017140322.pdf), Acesso em 10 de outubro de 2018.

NASSAR, A. Estratégia de Agregação de Valor na Cadeia Produtiva da Soja. 2018. Disponível em: http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/11062018-155932-csob_-_agregacao_de_valor.pdf. Acesso em: 20 de ago. 2018.

OECD-FAO (2017), OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en>.Acesso em jan/2018.

USDA.gov/oce/commodity/projections/USDA_Agricultural_Projections_to_2026.pdf , 2018a.

USDA, Disponível em: https://opps.fas.usda.gov/psdonline/app/index. Acesso em agosto 2018b.

WORLD BANK. http://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets, Acesso em agosto 2018.

ANEXO 1:Sistemas Produtivos Regionais a partir de Estruturas de Custos

Adicionalmente à análise dos dados do IMA (ver item 4), tomaram-se regiões importantes de produção, a partir de estimativa de custos da CONAB (2018), para a safra 2018/19, 1ª. Safra. Consideram-se três regiões importantes na produção; a) Mato Grosso, com estrutura de custos para soja convencional e transgênica; b) região Sul, com estimativa de custos para Cruz Alta (RS); e, c) a região de MATOPIBA, com a escolha de Barreiras, como referência.

1.1. Centro-Oeste: Primavera do Leste (MT)

Para soja convencional, a CONAB estimou os custos totais de produção para a região de Primavera do Leste, Mato Grosso, para uma produtividade de 3.240 kg/ha, com um custo por hectare de R$ 3.159,71. A Figura 10 apresenta a composição dos custos por grandes tópicos e discrimina o custeio por seus elementos principais. Do custo total de R$ 3.159,71, 66,34% são relacionados ao custeio da safra, incluindo agrotóxicos (28,3%), fertilizantes (25,2%) e sementes (7,8%). Estes três insumos representam 61,3% do custeio total da safra que está sendo plantada em 2018. O item de custos Renda dos Fatores (12,33%) inclui a remuneração esperada sobre o capital fixo e da terra própria.

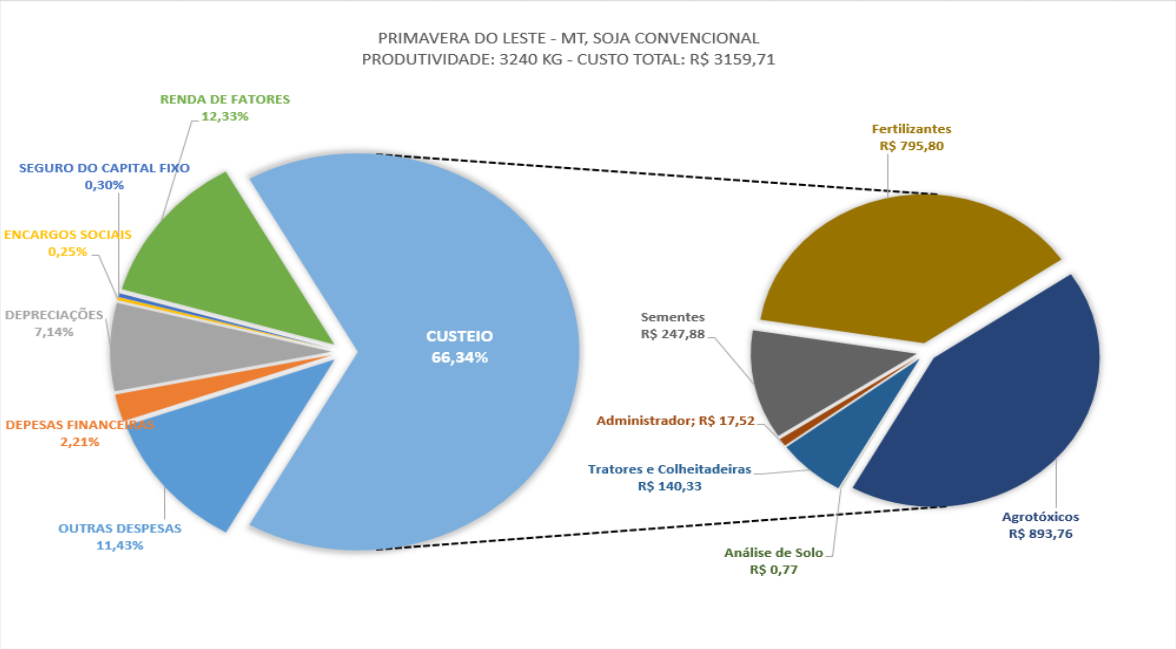

Figura 10: Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Soja Convencional – 1ª Safra 2018/2019, Primavera do Leste - MT

Fonte: CONAB (2018b).

Para a soja geneticamente modificada, na região de Primavera do Leste, assumiu-se a mesma produtividade com custos de produção por hectare de R$ 3.042,06, uma redução de custos de -3,7% em relação à produção de soja convencional. Esta é uma das razões de pagamento de um prêmio para a soja convencional. Não há diferenças significativas na estrutura de custos entre os dois sistemas produtivos. O custeio representa neste sistema 65,43% do custo total, com pequenas reduções nos itens agrotóxicos e sementes (Figura 11).

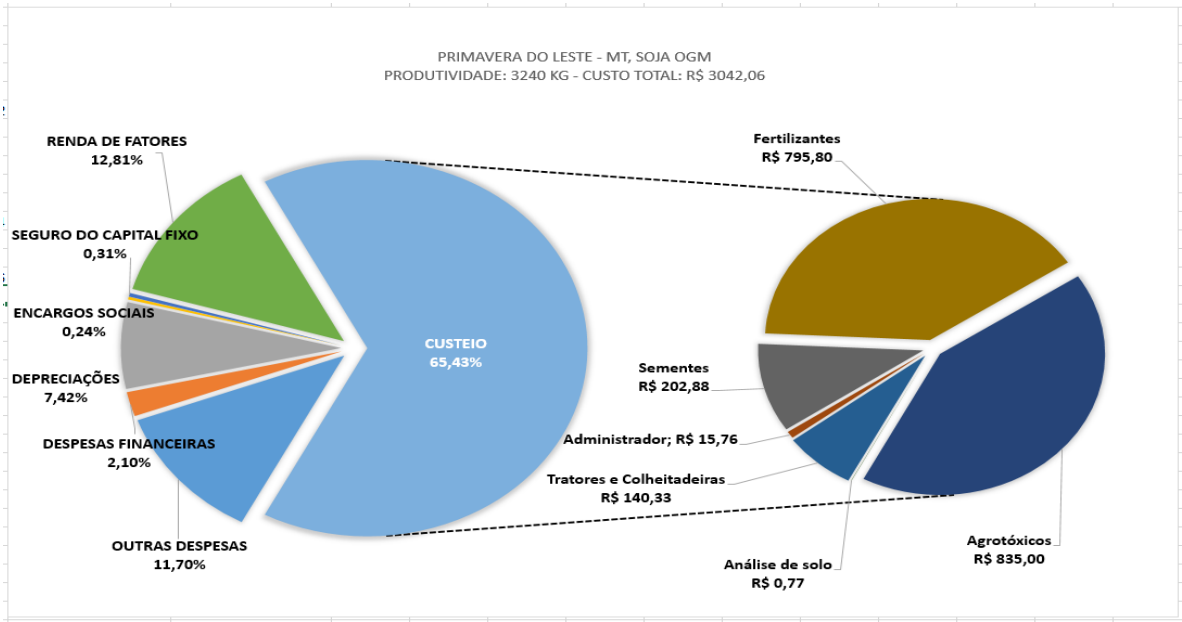

Figura 11: Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Soja OGM – 1ª Safra 2018/2019, Primavera do Leste - MT
Fonte: CONAB (2018b).

1.2. Região Sul: Cruz Alta (RS)

Tomou-se a estrutura de custos predominante na região para soja transgênica, com uma produtividade de 2.700 kg/ha e um custo de produção de R$ 2.807,01. Em relação ao mesmo sistema de produção de Primavera do Leste, há significativas mudanças na estrutura de custos. O custeio total em Cruz Alta representa 50,63% do custo total, quase 15% menos do que em Primavera, com redução nos custos de fertilizantes (14,5%), de agrotóxicos (14,2%), mas aumento nos custos de sementes (11,6%). Estes três componentes nos custos de produção representam 40,3% do custo total. A maior proximidade dos portos para importação dos produtos pode explicar as mudanças na estrutura de preços entre os dois locais. A renda dos fatores representa, neste sistema e região, 27,64% no custo total, podendo ser explicada pelo maior preço da terra (Figura 12).

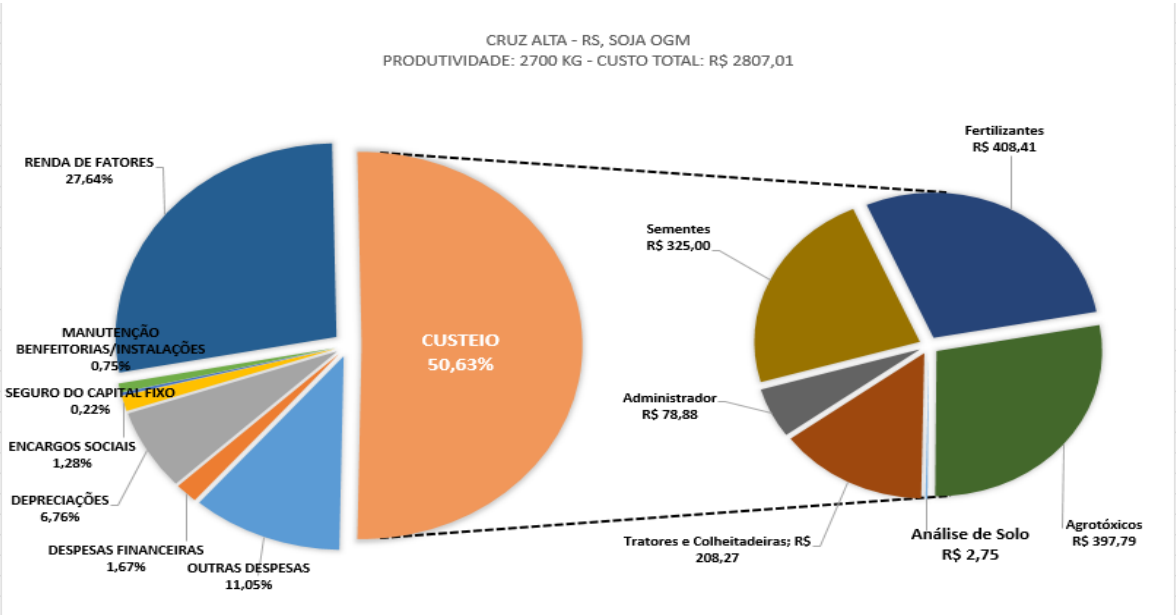

Figura 12: Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Soja OGM – 1ª Safra 2018/2019, Cruz Alta - RS
Fonte: CONAB (2018b).

1.3. Região de MATOPIBA: Barreiras (BA)

Tomou-se também a estrutura de custos de soja transgênica para Barreiras, como proxy para MATOPIBA, com produtividade de 3.000 kg/ha e custo estimado de R$ 3.141,53/há. Isto facilita a comparação com o sistema de Mato Grosso e Sul do País. O componente custeio da safra é o mais baixo em termos percentuais (46,97%) e a renda dos fatores a mais alta (33,73%). No custo total, fertilizantes representam 18,1% e agrotóxicos 17,6%. Se somarmos o custo das sementes (5,6%), estes três componentes do custo de produção representam 41,3% do custo total. O custo destes três insumos são próximos aos de Cruz Alta e bem menores dos observados para Primavera do Leste. Como hipóteses explicativas pode-se inferir que o preço da terra tem forte influência nesta composição (Tabela 13).

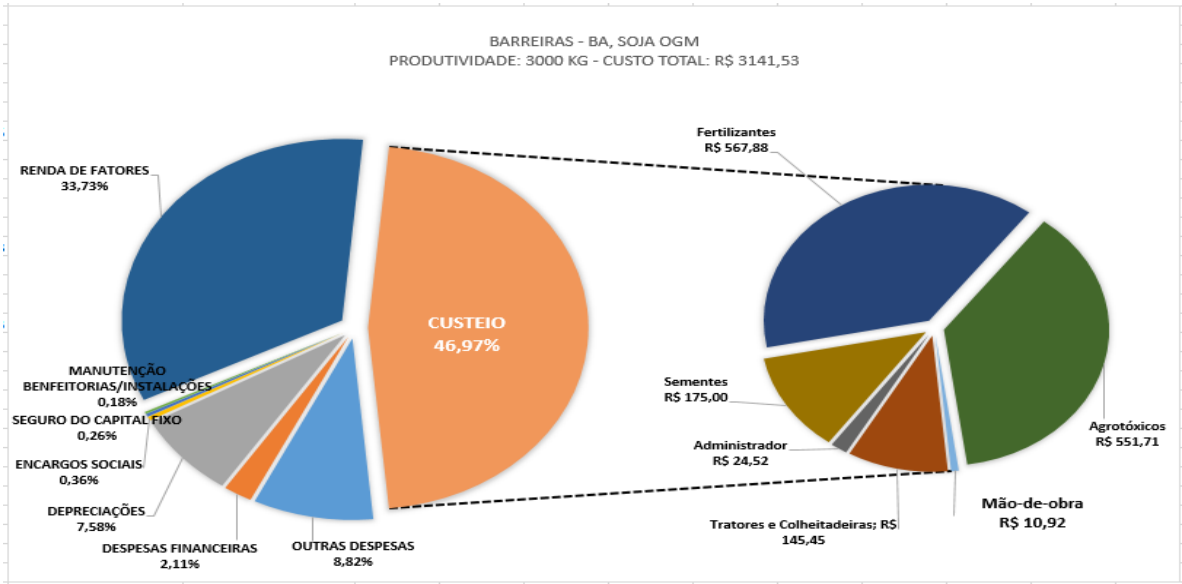

Figura 13: Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Soja OGM – 1ª Safra 2018/2019, Barreiras - BA
Fonte: CONAB (2018b).