



SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT2)

Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos

Elisio Contini¹, Mierson Martins Mota², Renner Marra³, Emerson Borghi⁴, Rubens Augusto de Miranda⁵, Alexandre Ferreira da Silva⁶, Dagma Dionísia da Silva⁷, Jane Rodrigues de Assis Machado⁸, Luciano Viana Cota⁹, Rodrigo Verás da Costa¹⁰, Simone Martins Mendes¹¹

1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, o milho alcançou o patamar de maior cultura agrícola do mundo, sendo a única a ter ultrapassado a marca de 1 bilhão de toneladas, deixando para trás antigos concorrentes, como o arroz e o trigo. Concomitantemente à sua importância em termos de produção, a cultura ainda se notabiliza pelos diversos usos. Estimativas apontam para mais de 3.500 aplicações deste cereal. Além da relevância no aspecto de segurança alimentar, na alimentação humana e, principalmente, animal, é possível produzir com o milho uma infinidade de produtos, tais como combustíveis, bebidas, polímeros, etc. (Miranda, 2018).

O milho é um produto fundamental para a agricultura brasileira, cultivado em todas as regiões do País, em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários. Nas últimas décadas, a cultura passou por transformações profundas, destacando-se sua redução como cultura de subsistência de pequenos produtores e o aumento do seu papel em uma agricultura comercial eficiente, com deslocamento geográfico e temporal da produção.

Apesar de o mercado brasileiro de milho ter apresentado crescimento no passado recente, o setor ainda precisa solucionar alguns obstáculos que impedem um maior dinamismo. Dentre os obstáculos, destacam-se a falta de clareza na formação de preços; entraves para conseguir financiamentos privados; empecilhos na comercialização, sobretudo no pro-

¹ Pesquisador da Embrapa. E-mail: elisio.contini@embrapa.br

² Analista da Embrapa. E-mail: mierson.mota@embrapa.br

³ Analista da Embrapa. E-mail: renner.marra@embrapa.br

⁴ Pesquisador da Embrapa. E-mail: emerson.borghi@embrapa.br

⁵ Pesquisador da Embrapa. E-mail: rubens.miranda@embrapa.br

⁶ Pesquisador da Embrapa. E-mail: alexandre.ferreira@embrapa.br

⁷ Pesquisadora da Embrapa. E-mail: dagma.silva@embrapa.br

⁸ Pesquisadora da Embrapa. E-mail: jane.machado@embrapa.br

⁹ Pesquisador da Embrapa. E-mail: luciano.cota@embrapa.br

¹⁰ Pesquisador da Embrapa. E-mail: rodrigo.veras@embrapa.br

¹¹ Pesquisadora da Embrapa. E-mail: simone.mendes@embrapa.br

cesso de escoamento da produção; e baixa produtividade observada em algumas regiões. Miranda et al. (2014) elaboraram um diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia do milho no Brasil, com o objetivo de aumentar de forma sustentável a produção e a participação no comércio internacional, frente à demanda mundial crescente pelo cereal. No referido diagnóstico, apontaram-se quatro pontos-chaves para o aumento da produção de milho no Brasil: a) áreas novas potenciais; b) áreas potenciais para plantio de segunda safra; c) incorporação de pastagens degradadas e Integração Lavoura-Pecuária; d) acréscimo de produtividade em áreas que estão abaixo da média nacional e regional.

Esta Nota Técnica (NT) tem por objetivo analisar o mercado do milho no Brasil e no mundo, além de diagnosticar o sistema produtivo e demonstrar problemas para o incremento de produtividade e os desafios a serem trabalhados, do ponto de vista tecnológico. Trata-se de trabalho colaborativo entre a Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas e a Embrapa Milho e Sorgo. Uma segunda parte da Série Desafios do Agronegócio do Milho identificará tecnologias disponíveis e lacunas para superar os desafios identificados na programação da Embrapa.

2. A CULTURA DO MILHO NO MUNDO

1.1. Desempenho Recente da Produção e do Consumo

Da safra de 2000/01 para a de 2017/18, a produção mundial de milho passou de 591 milhões de toneladas para 1,076 bilhão de toneladas (representando um aumento de 82%), por causa principalmente do uso como ração animal para a produção de frangos e suínos. A produção é relativamente concentrada em poucos países, com destaque para os Estados Unidos, com 34,5% (371 milhões de toneladas) da produção mundial, seguidos da China, com 24,5% (263 milhões de toneladas). Segundo o USDA (2018a, 2018b), apenas dois países, os Estados Unidos e a China representam 58,9% da produção mundial de milho. Ao se agregarem Brasil e União Europeia-27 aos dois maiores produtores mundiais, os 4 maiores produtores são responsáveis por 72,3% da produção mundial. Alguns países destacam-se com aumento da produção bem acima da média mundial: Argentina, Índia, México, Ucrânia e Canadá (Tabela 1). A Ucrânia merece destaque por ter apresentado um crescimento da produção em menos de duas décadas superior a 500%, passando a ser um dos principais *players* no comércio mundial de milho, e com a vantagem logística de estar mais próximo dos mercados consumidores do que os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina.

Na Tabela 2 são apresentadas as taxas médias geométricas de crescimento da área, produção e produtividade do milho, a nível mundial, para os Estados Unidos e para o Brasil. A produção mundial tem crescido a uma taxa de 3,34% a.a., bem superior ao crescimento populacional, uma indicação do dinamismo do produto. O crescimento do Brasil é espetacular, com 4,67% a.a. na produção e 2,95% a.a. na produtividade (Conab, 2018a), dados superiores aos observados para o mundo e para os Estados Unidos. Contudo, enquanto a produtividade média do milho brasileiro (4,9 t/ha) está abaixo da mundial (5,65 t/ha), a produtividade norte-americana supera 11 t/ha (USDA, 2018b).

Tabela 1. Principais países produtores de milho e total mundial (Em 1.000 t.). 2000/01 - 2005/06 - 2010/11 - 2017/18.t/

Países	2000/01	2005/06	2010/11	2017/18	2017-18/2000-01 (%)
Estados Unidos	251.854	282.263	316.165	370.960	47,29
China	106.000	139.365	177.245	263.000	148,11
Brasil	41.536	41.700	57.400	82.000 ¹²	97,42
União Europeia-27	50.089	60.668	55.934	62.104	23,99
Argentina	15.359	15.800	25.200	32.000	108,35
Índia	12.040	14.710	21.730	28.720	138,54
México	17.917	19.500	21.058	27.450	53,21
Ucrânia	3.848	7.167	11.919	24.115	526,69
Canadá	6.827	9.332	11.714	14.100	106,53
África do Sul	8.040	6.935	10.924	13.525	68,22
TOTAL	591.365	699.739	830.767	1.076.231	81,99

Fonte: USDA (2018a, 2018b). Elaboração dos autores.

Tabela 2. Taxas geométricas de crescimento da área, produção e produtividade do milho - 2000 a 2018 (em %)

	MUNDO	ESTADOS UNIDOS	BRASIL
Área	1,64	0,68	1,68
Produção	3,34	2,24	4,67
Produtividade	1,67	1,56	2,95

Fonte: USDA (2018d). Elaboração dos autores.

¹² Segundo a Conab (2018a), foram 81,4 milhões de toneladas de milho colhidas em 2017/18.

2.2. Comércio Internacional de Milho

A despeito da importância do milho como maior cultura agrícola mundial e de sua comercialização como *commodity* (produto padronizado), o comércio internacional desse cereal possui um percentual baixo em relação à produção, apenas 14% em 2017/18. Em termos comparativos, o comércio da soja representou 45,2% da produção mundial no mesmo período. Adicionalmente, as exportações de milho estão concentradas em quatro países: Estados Unidos, Brasil, Argentina e Ucrânia. De acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2018a), esses países representaram juntos 86,2% das exportações mundiais do cereal em 2017/18.

O Gráfico 1 apresenta a quantidade exportada de milho de 2000 a 2017 e os respectivos valores deflacionais e nominais. De 2000 a 2006, o volume exportado situa-se próximo de 80 milhões de toneladas; de 2007 a 2012, fica numa média superior a 90 milhões de toneladas; e de 2013 a 2016, variou de 131 a 160 milhões de toneladas. Em termos de valores reais, o mercado do milho era de US\$ 9,5 bilhões em 2006, atingiu US\$ 26,6 bilhões em 2011; e 28,1 bilhões em 2016, um crescimento de 204,1% entre 2000 e 2011 e de 200,4% entre 2000 e 2016. O crescimento no valor comercializado é observado ao longo de todo o período, sendo mais acentuado nos últimos 10 anos. Em razão da seca no Meio Oeste Americano no ano de 2012, esses valores foram ainda mais elevados no ano de 2012/13 (Contini et al., 2013).

Os preços em US\$ por tonelada de milho do ano 2000 a 2016 são apresentados no Gráfico 2. Em valores reais deflacionados pelo IPC-EUA - Base 2017=100, do ano 2000 a 2006 os preços mundiais do milho situavam-se entre 130 e 150 US\$/t. A partir de 2007, os preços se elevaram consideravelmente (30,6% em relação a 2006) atingindo o pico em 2012, com US\$ 390,22/tonelada. A crise financeira mundial de 2008 teve impactos sobre a valorização de ativos reais, como os produtos agrícolas. Os estoques baixos neste período também podem ter favorecido a especulação. Outro fator explicativo é a utilização mais intensa de milho para a produção de etanol nos Estados Unidos.

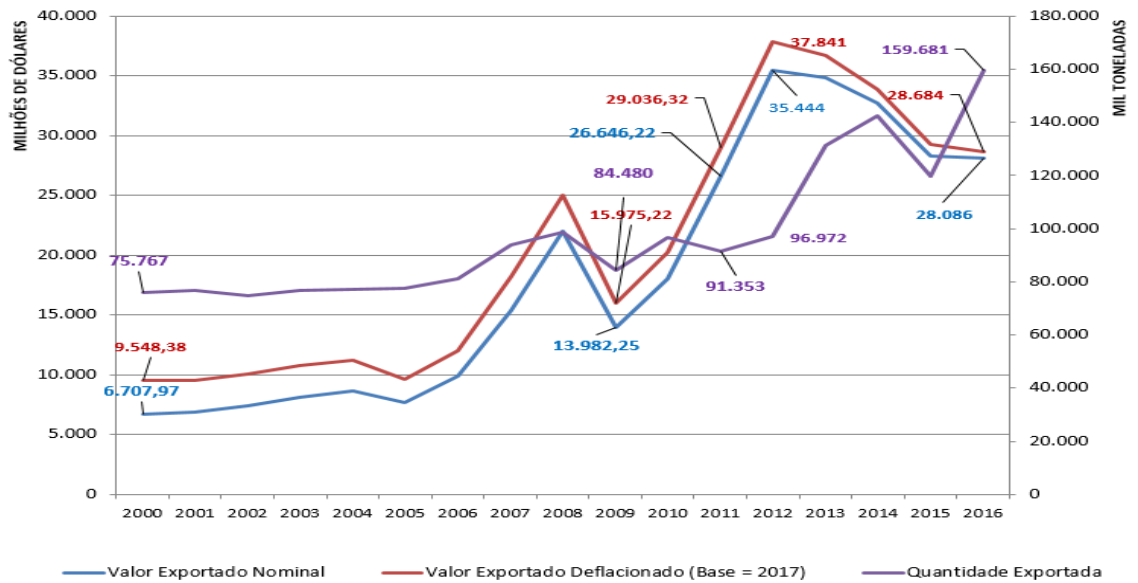


Gráfico 1. Comércio mundial de milho - Volume e valores reais e nominais. 2000 a 2016.

Fonte: USDA (2018a) e OMC (Organização Mundial da Saúde). Elaboração dos autores.

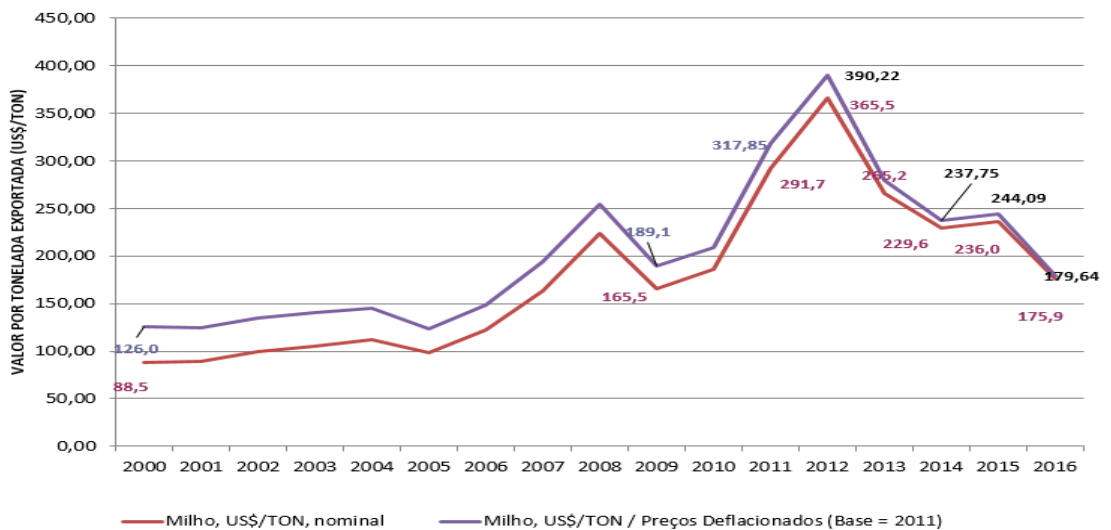


Gráfico 2. Preços internacionais do milho por tonelada - Valores nominais e reais. 2000 a 2016.

Fonte: USDA (2018a) e OMC (Organização Mundial da Saúde). Elaboração dos autores.

Na Tabela 3 encontram-se os principais países exportadores de milho, no período de 2000/01 a 2017/18. Em termos de volume exportado, no ano de 2000/01 foram 76,9 milhões de toneladas, passando para 90 milhões em 2010/11, e atingindo 151,2 milhões em 2016/17. Considerando o período, o crescimento foi de 96,7%. Da mesma forma que a pro-

dução, as exportações também estão concentradas em poucos países. Em 2017/18, os Estados Unidos foram responsáveis por 42,1% das exportações totais de milho no mundo, diminuindo sua participação em relação a 2000/01, que era de 64,1%. Nos últimos anos, o Brasil se estabeleceu como o segundo maior exportador de milho no mundo, superando a Argentina. Apesar do crescimento considerável das exportações brasileiras, de 302%, cabe ressaltar que a quantidade de milho embarcada no Brasil em 2017/18 diminuiu em relação a 2016/17, quando houve um recorde exportado de quase 31 milhões de toneladas, nas estimativas da Conab (2018b)¹³.

Tabela 3. Principais países exportadores de milho e total mundial (Em 1.000 t.). 2000/01, 2005/06, 2010/11 e 2017/18.

Países	2000/01	2005/06	2010/11	2017/18	2017-18/2000-01 (%)
África do Sul	1.281	548	2.400	2.361	84,31
Argentina	9.676	9.464	16.349	22.952	137,21
Brasil	6.261	4.524	8.404	25.182	302,20
Estados Unidos	49.313	54.201	46.599	63.636	29,05
União Europeia-27	585	449	1.078	1.700	190,60
Paraguai	564	1.911	1.593	1.476	161,70
Ucrânia	397	2.464	5.008	18.500	4559,95
TOTAL	76.856	81.073	91.353	151.175	96,70

Fonte: USDA (2018a). Elaboração dos autores.

A Tabela 4 apresenta os principais importadores mundiais. Durante muitos anos, o Japão foi o maior importador de milho do mundo, mas hoje encontra-se numa quantidade estagnada, oscilando anualmente entre 15 e 16 milhões de toneladas. Apesar de em 2017/18 a União Europeia ter se destacado como a maior compradora de milho, individualmente o México é maior cliente mundial, condição que deve se consolidar ainda mais na próxima

¹³ Esse valor diverge do apresentado pelo USDA (2018a), de 19,8 milhões toneladas. Essa diferença decorre do fato de que os meses considerados nas duas estimativas não são os mesmos. O USDA, no cálculo das exportações, considera o ano agrícola do milho nos Estados Unidos, que vai de setembro a agosto do ano seguinte. Já a Conab considera a data do fechamento dos estoques de passagem do milho em 31 de janeiro. Assim, os dados de exportação do ano agrícola feitos pela Conab vão de fevereiro a janeiro do ano seguinte.

década. Segundo projeções do USDA (2018c) para a próxima década, em 2027/28, o México será o maior comprador de milho no planeta, seguido de Japão, Irã, Egito, União Europeia-27 e Vietnã.

Há anos se espera que a China se torne em algum momento o maior comprador de milho do mundo, mas os aumentos de produção sucessivos do país têm frustrado esses planos. No relatório do USDA de novembro de 2018 foi realizada ampla revisão dos dados de produção e estoques de milho da China. A análise descobriu que o país produzia muito mais que os números demonstravam e a produção era maior que a estimativa divulgada. Assim, os estoques estimados para o final da safra 2018/19, que eram de 58 milhões de toneladas nos relatórios de setembro/2018, passaram para 208 milhões de toneladas nos relatórios de novembro. Em decorrência disso, não é factível projetar a China como comprador relevante do grão nos próximos anos.

Tabela 4. Principais países importadores de milho e total mundial (Em 1.000 t.). 2000/01, 2005/06, 2010/11 e 2017/2018.

Países	2000/01	2005/06	2011/12	2017/18	2017-18/2000-01 (%)
Arábia Saudita	1.389	1.472	2.000	4.000	187,98
Argélia	1.600	2.026	2.900	4.200	162,50
China	89	62	5.000	3.467	3.795,51
Colômbia	1.857	3.151	3.700	5.000	169,25
Coreia do Sul	8.728	8.483	7.500	10.006	14,64
Egito	5.268	4.397	5.500	9.400	78,44
União Europeia-27	3.689	2.673	6.300	18.000	387,94
Irã	1.265	2.300	3.600	8.900	603,56
Japão	16.340	16.617	15.000	15.668	-4,11
Malásia	2.588	2.517	3.100	3.650	41,04
México	6.017	6.787	11.200	16.200	169,24
Peru	861	1.467	2.000	3.300	283,28
Taiwan	4.924	4.533	4.200	4.100	-16,73
TOTAL	75.047	80.291	95.207	151.175	101,44

Fonte: USDA (2018a). Elaboração dos autores.

3. O MILHO NO BRASIL

3.1. Caracterização e Evolução

O mercado brasileiro do milho apresentou expressiva reestruturação em termos de composição da oferta e demanda ao longo das primeiras duas décadas do século XXI (Conab, 2018a). Do lado da oferta, os ganhos advindos da maior produção por unidade de área e a transferência da época de semeadura para depois da colheita da soja, doravante denominada safrinha, impactaram expressivamente os períodos de maior disponibilidade do produto (Conab, 2018b). Do lado da demanda, além do crescimento interno pelos segmentos de proteína animal, o grande excedente doméstico favorece a busca por novos mercados consumidores, neste caso, a exportação.

O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil. Sua produção ocorre em diferentes épocas, face às condições climáticas das regiões. O cultivo de verão, também denominado primeira safra, é o semeio concentrado na primavera/verão e predomina na maioria das regiões produtoras, com exceção das regiões Norte e Nordeste, em que, pela época de maior concentração de chuvas ser a partir do mês de janeiro, o período de semeadura é denominado segunda safra. O cultivo do milho semeado na região Centro-Sul do Brasil, realizado após a colheita da soja, com semeio concentrado no verão/outono, convencionalmente é denominado de safrinha. A Conab, para padronização das estatísticas, realiza seus estudos e estatísticas considerando segunda safra todo o cultivo do milho realizado após o mês de janeiro. O sistema e o fluxo de produção em diferentes meses do ano trazem maior complexidade no entendimento do equilíbrio de oferta e demanda.

A mudança da época de semeadura do milho verão para a safrinha ocorreu gradualmente desde o início da década de 1990. Em 2006/07 representou 29% da produção nacional, em 2009/10 e 2010/11 foi 39%, chegando à participação recorde de 68,9% em 2016/17. A “inversão” da produção do verão para o inverno se estabeleceu de fato em 2011/12, quando a colheita da safrinha quase dobrou em relação ao ano anterior e passou pela primeira vez a safra verão. Desde então a diferença só aumentou (Gráficos 3 e

4).

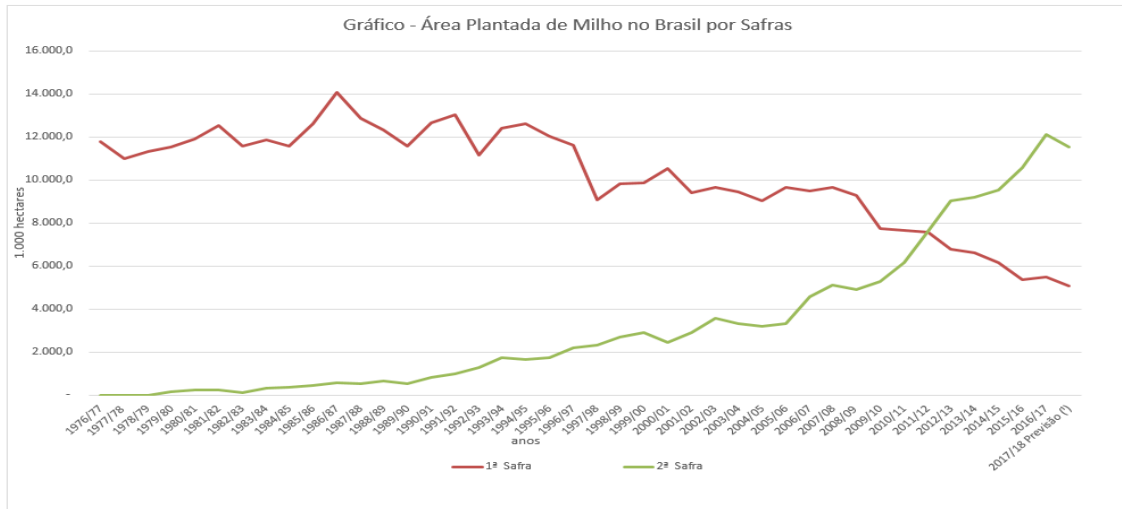


Gráfico 3. Área plantada de milho no Brasil por safras - 1976/77 a 2017/18.
Fonte: Conab (2018a).

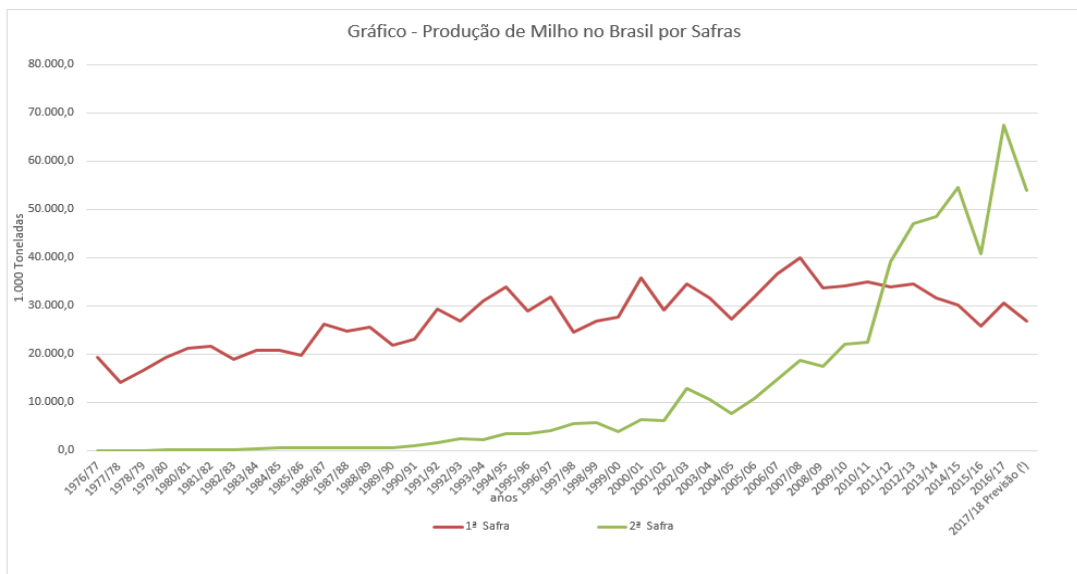


Gráfico 4. Produção de milho no Brasil por safras - 1976/77 a 2017/18.
Fonte: Conab (2018a).

A produção brasileira de milho durante os últimos 40 anos pode ser visualizada no Gráfico 5. O aumento da produção foi espetacular. Menos de 20 milhões de tonelada na safra 1976/77 cresceram a ponto de atingir o pico de 97,8 milhões em 2016/17. Em 2017/18, a produção foi de 80 milhões de toneladas. Este crescimento da produção só foi viável em decorrência do aumento da demanda doméstica, associado à evolução da avicul-

tura e da suinocultura, e da demanda externa com o crescimento acentuado das exportações. Na Tabela 5, observa-se que, entre 2010/11 e 2017/18, o consumo animal de milho aumentou 12 milhões de toneladas, e as exportações aumentaram mais de 22 milhões de toneladas.

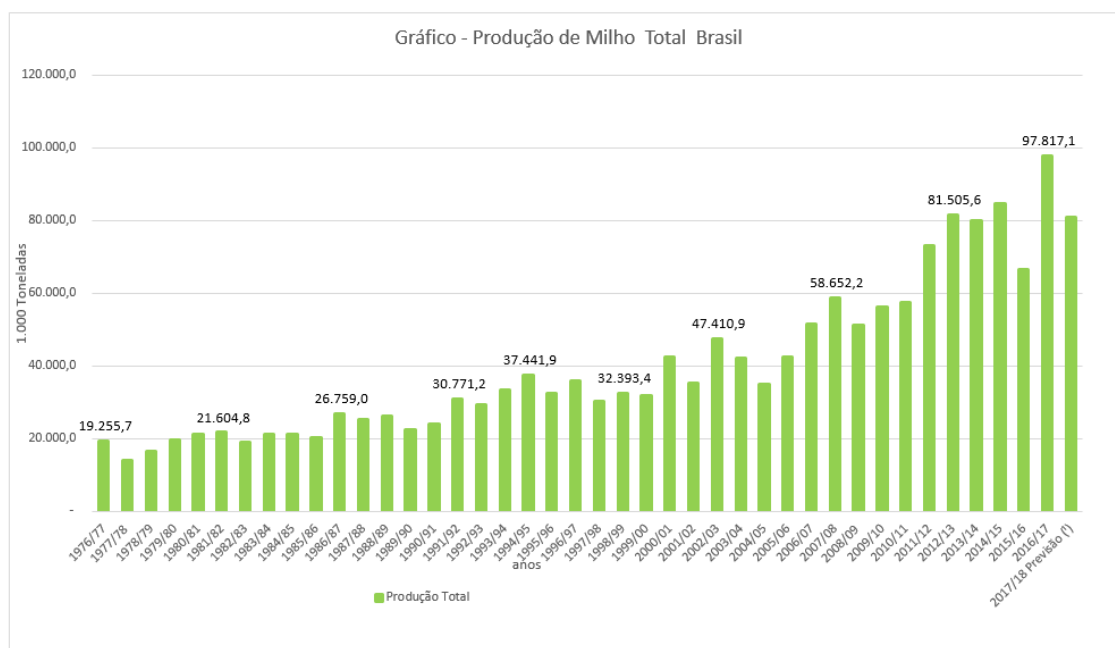


Gráfico 5. Produção total de milho no Brasil - 1976/77 a 2017/18

Fonte: Conab (2018a).

Tabela 5. Demanda de milho no Brasil (milhões de t.) - 2010/11 a 2017/18

	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18
Consumo animal	38,828	40,298	43,453	47,177	49,454	48,067	49,72	50,68
Aves de corte	19,127	19,796	21,479	23,52	24,578	24,086	24,617	25,165
Aves de postura	3,275	3,39	3,661	3,917	4,074	3,992	4,377	4,536
Suinocultura	10,67	10,937	11,648	12,556	13,247	12,584	13,141	13,267
Bovinocultura	3,188	3,427	3,684	3,979	4,158	4,075	4,189	4,231
Outros animais	2,568	2,748	2,981	3,205	3,397	3,329	3,396	3,481
Consumo industrial	4,636	4,868	5,209	5,99	6,589	6,523	6,653	6,786
Consumo humano	1,873	1,892	1,882	1,873	1,863	1,845	1,882	1,919
Outros usos	2,849	3,545	4,257	4,014	4,227	3,584	3,876	3,914
Perdas	1,075	1,418	1,669	1,655	1,743	1,582	2,014	1,825
Sementes	393	404	425	381	403	443	419	429
Exportação	9,486	19,802	26,625	20,655	28,924	21,873	29,261	32
Demanda Total	59,139	72,226	83,519	81,744	93,203	83,917	93,825	97,554

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (2018).

No âmbito nacional, a Tabela 6 apresenta a situação da produção de milho no Brasil em 2000/01 e 2017/18. Nessas quase duas décadas, a produção passou do verão para o inverno, e a localização predominante foi do Sul para o Centro-Oeste. O Mato Grosso passou a ser o maior produtor de milho do País. Neste estado, o milho segunda safra ou safrinha se destaca no cultivo, correspondendo a cerca de 99% da produção total na safra 2017/18 (Conab, 2018a). Cabe ressaltar que a mudança da produção de milho do verão para o inverno favoreceu as exportações, ao diminuir a competição com a soja por espaço nos portos. Assim, os embarques de milho ganham força em julho, quando passam a diminuir os embarques de soja, e despencam em fevereiro do ano seguinte, após a colheita da oleaginosa.

Tabela 6. Produção de milho nos estados e nas regiões do Brasil - 1.000 t

REGIÃO/UF	primeira safra 2010/11	segunda safra 2011	safratotal 2010/11	primeira safra 2017/18	segunda safra 2018	safratotal 2017/18
NORTE	916,2	-	916,2	962,0	1.484,7	2.446,7
RR	16,5	-	16,5	0,0	46,6	46,6
RO	206,3	-	206,3	71,9	670,5	742,4
AC	45,6	-	45,6	81,1	-	81,1
AM	15,8	-	15,8	20,7	-	20,7
AP	1,4	-	1,4	1,6	-	1,6
PA	510,1	-	510,1	551,7	234,8	786,5
TO	120,5	-	120,5	235,0	532,8	767,7
NORDESTE	1.867,7	120,6	1.988,3	5.596,0	926,3	6.522,4
MA	310,0	-	310,0	1.509,6	374,5	1.884,0
PI	144,6	-	144,6	1.407,3	81,5	1.488,8
CE	245,1	-	245,1	416,3	-	416,3
RN	8,0	-	8,0	19,3	-	19,3
PB	8,4	-	8,4	84,7	-	84,7
PE	43,2	-	43,2	66,0	47,8	113,8
AL	116,9	-	116,9	-	28,6	28,6
SE	99,0	-	99,0	-	192,0	192,0
BA	892,5	120,6	1.013,1	2.092,8	202,0	2.294,8
CENTRO-OESTE	5.732,8	2.501,5	8.234,3	2.281,0	39.170,2	41.451,2
MT	891,0	952,6	1.843,6	199,4	26.201,2	26.400,6
MS	1.204,4	970,3	2.174,7	142,8	6.338,2	6.481,0
GO	3.517,4	563,0	4.080,4	1.713,6	6.398,1	8.111,7
DF	120,0	15,6	135,6	225,2	232,70	457,88
SUDESTE	7.686,5	905,4	8.591,9	7.706,2	3.423,2	11.129,4
MG	4.153,1	74,7	4.227,8	5.395,9	1.690,6	7.086,5
ES	129,0	-	129,0	40,1	-	40,1
RJ	28,1	-	28,1	3,1	-	3,1
SP	3.376,3	830,7	4.207,0	2.267,0	1.732,7	3.999,7
SUL	19.629,8	2.929,2	22.559,0	10.265,7	8.970,8	19.236,6
PR	9.445,7	2.929,2	12.374,9	2.886,8	8.970,8	11.857,7

SC	3.947,1	-	3.947,1	2.551,0	-	2.551,0
RS	6.237,0	-	6.237,0	4.827,8	-	4.827,8
NORTE/NORDESTE	2.783,9	120,6	2.904,5	6.558,0	2.411,0	8.969,1
CENTRO-SUL	33.049,1	6.336,1	39.385,2	20.252,8	51.564,2	71.817,1
BRASIL	35.833,0	6.456,7	42.289,7	26.810,9	53.975,2	80.786,2

Fonte: Conab (2018a).

3.2. Projeções para o milho

O milho apresenta uma razoável distribuição regional. O principal produtor nacional é Mato Grosso, e juntamente com Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais produziram 74,2% da safra nacional de milho em 2017/18. A produção brasileira, que teve uma colheita recorde em 2016/17 de 97,8 milhões de toneladas, pode atingir entre 121,4 e 182,7 milhões de toneladas na próxima década (Gasques et al., 2018). Esses números são suportados pela importância do milho no mercado nacional e internacional e pelo crescimento acentuado do milho de segunda safra. A variável mais forte a impulsionar a produção de milho serão as exportações, projetadas para crescer 51,1%, que corresponde a um volume de 39,0 milhões de toneladas. O consumo interno deve aumentar 23,0% em relação ao de 2017. As projeções de exportação feitas pelo USDA (2018b) para o milho do Brasil são de 44,8 milhões de toneladas em 2027/28.

O trabalho da OECD-FAO (2018) projeta uma produção mundial da ordem de 1,16 bilhão de toneladas de milho. Deste total, cerca de 60,0% deve ser destinado a alimentação animal, 13,4% ao consumo humano e 15,5% à produção de bicomcombustível. Atualmente, no Brasil, cerca de 850 mil toneladas de milho estão sendo usadas para etanol. A capacidade industrial atual é para uso de 1,95 milhão de toneladas e, até o final de 2019, essa capacidade deverá crescer para 4,8 milhões de toneladas.

Variação %	
2016/17 a 2029/30	
Produção	36,3%
Consumo	23,0%
Exportação	51,1%

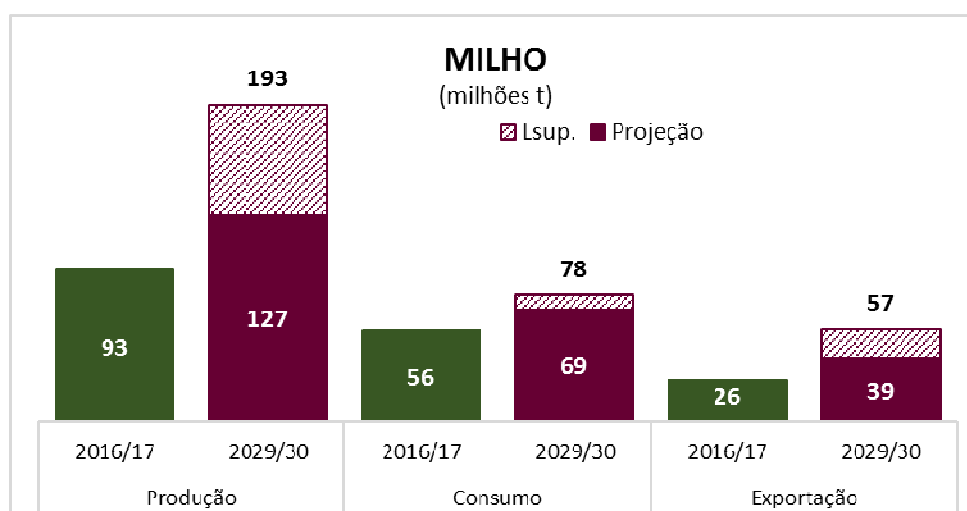


Gráfico 6. Projeções de produção, consumo e exportação de milho pelo Brasil

Fonte: Gasques et al. (2018).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos projeta exportações totais de milho da ordem de 188,8 milhões de toneladas em 2027/28. Esse volume deverá ser suprido principalmente pelos Estados Unidos, 29,6%, Brasil, 23,7%, Ucrânia, 16,2% e Argentina, 17,2%. Em volume, as exportações brasileiras previstas pelo USDA são de 44,8 milhões de toneladas. Os maiores importadores, em um total de 84,0 milhões de toneladas, serão México, Japão, União Europeia, Irã e Egito.

Segundo o USDA (2018c), o comércio internacional de *commodities* agrícolas, tais como o milho, soja, e farelo de soja, é impulsionado pela demanda crescente de rações para a produção de frangos e suínos. O consumo internacional de carnes continuará a crescer ao longo do período das projeções.

4. POSCIONAMENTO ESTRATÉGICO DO MILHO NO SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRO

Considerada cultura estratégica para o alicerce da agricultura brasileira, o milho compõe diversos sistemas de cultivo, seja na sucessão após a colheita da soja, em cultivo consorciado com gramíneas forrageiras para compor sistemas integrados de produção lavoura-pecuária, ou mesmo compondo esquema de rotação de culturas no sistema plantio direto na região Sul do Brasil. A diversidade de tecnologias empregadas nas regiões produtoras deste cereal torna dinâmica não só a oferta de grãos no mercado brasileiro, como também impactam diretamente nos preços das *commodities* agrícolas e/ou pecuárias que compõem os sistemas produtivos em que o milho está inserido.

São várias as cadeias ligadas à agricultura e pecuária que dependem do milho nas suas diferentes formas de exploração. Seja na forma de silagem (em que a planta inteira é utilizada como fonte de nutrição animal), grão e, mais recentemente, na produção de etanol e DDGS (subproduto da produção de etanol), todas as regiões agrícolas e pecuárias brasileiras dependem do milho para novas oportunidades de receita, redução nos custos de produção e, principalmente, oportunidades de novos negócios.

É inquestionável que a rentabilidade da cultura da soja é maior que a do milho, fato este comprovado pelos dados. Desde a safra 2011/12, a área cultivada com milho em segunda safra supera a área cultivada com milho verão (Conab, 2018a), indicando uma menor competitividade do cereal frente à oleaginosa. De acordo com o mesmo levantamento, na safra 2016/17, o milho segunda safra/safrinha representou 69% da produção total de milho do Brasil, numa situação de produção recorde de 97,8 milhões de toneladas (Gráfico 7). Só o Estado do Mato Grosso produziu, na referida safra, 29,5% de todo o volume de milho do País.

Nos últimos anos agrícolas, o principal indicador de área cultivada com milho safrinha é justamente o mercado da soja, evidenciando que, na agricultura atual, a visão do sistema de produção é tão ou mais importante que a visão de apenas uma cultura isoladamente. O estudo de Miranda et al. (2011) apresentou evidências de que a área plantada com soja e seu preço são variáveis mais importantes na determinação da área do milho safrinha do que o próprio preço do milho.

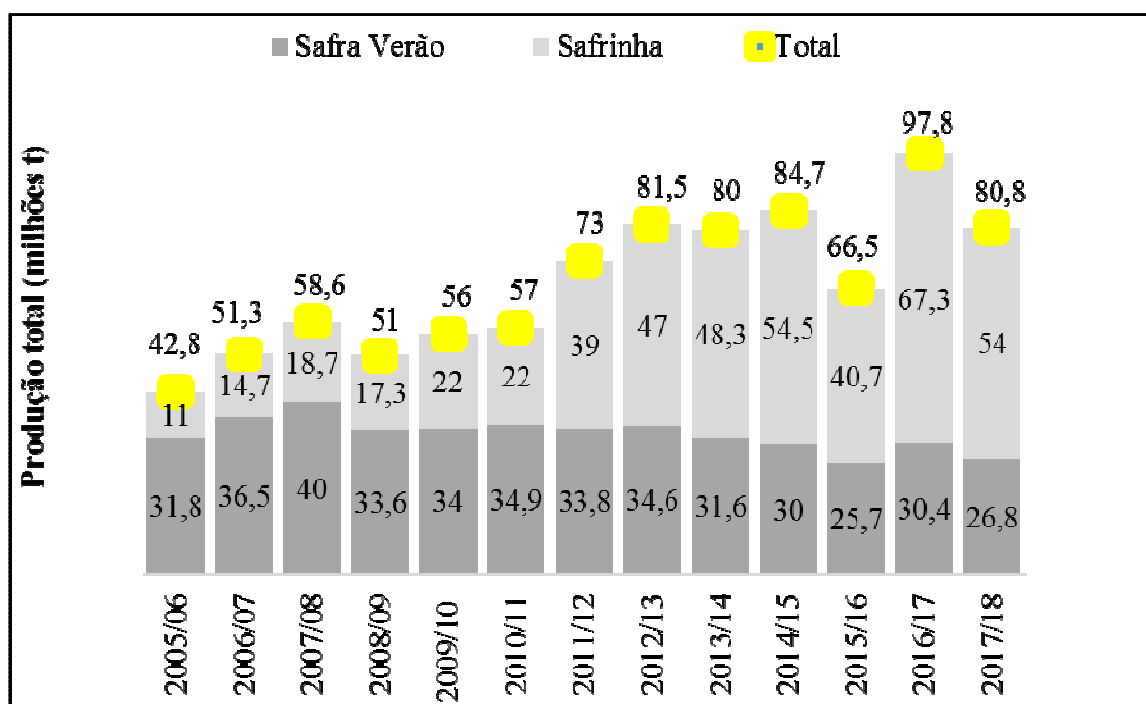


Gráfico 7. Produção total de milho produzido no Brasil no cultivo de verão (safra), safrinha e total (soma das épocas).

Fonte: Conab (2018).

Esta possibilidade de cultivo do milho em diferentes épocas é decorrente da ampla adaptabilidade e estabilidade das cultivares disponíveis no mercado. A Embrapa Milho e Sorgo, contando com a colaboração das empresas produtoras de sementes deste cereal no Brasil, disponibiliza anualmente publicação contendo as cultivares disponíveis no mercado, tendo como objetivo trazer ao produtor informações sobre eventos transgênicos, tipos de cultivares, resistência a pragas e doenças, bem como as características de cada cultivar. A partir da safra 2015/16, a diminuição na quantidade de cultivares se deve ao fato de algumas empresas de sementes não terem enviado suas listas ou, ainda, à fusão e incorporação de empresas multinacionais, que reduziram o portfólio de sementes de milho como estratégia comercial (Pereira Filho; Borghi, 2018).

Desde a safra 2000/01, ano do primeiro levantamento, até a safra 2014/15, os materiais de milho disponíveis no mercado cresceram significativamente (Tabela 7). Deste total, as cultivares transgênicas saltaram de 6% do total de disponíveis na safra 2008/09 para 65% do total de cultivares de milho na safra 2017/18.

Estes dados demonstram que não foi só a soja que evoluiu geneticamente, disponibilizando cultivares mais produtivas e com resistência a herbicidas e pragas. No caso do milho, muitas cultivares podem ser semeadas tanto no período do verão como em safrinha, em especial nos estados onde as condições climáticas permitem este tipo de sucessão à soja. Este fator, aliado às condições climáticas das regiões de cultivo, revolucionou o melhora-

mento genético deste cereal, buscando aliar resistência com altas produtividades, independentemente da época de semeio.

Tabela 7. Total de cultivares disponíveis no mercado, número de cultivares transgênicas e representatividade das cultivares transgênicas sobre o número total de cultivares entre os anos agrícolas 2008/09 a 2017/18.

Ano Agrícola	Total de cultivares	Transgênicas	Transgênicas/Total
	-----n°-----		-----%-----
2008/09	321	19	6
2009/10	429	104	24
2010/11	498	136	27
2011/12	489	173	35
2012/13	479	216	45
2013/14	467	253	54
2014/15	478	291	61
2015/16	477	283	59
2016/17	315	214	68
2017/18	298	195	65

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo. Compilado de diversos autores.

Esta afirmação é corroborada pelos dados apresentados por Pereira Filho e Borghi (2018), a partir do levantamento das cultivares disponíveis para o ano agrícola 2017/18. Com relação aos ciclos das cultivares, predominam as precoces que, somadas, representam 65,7% do total (Tabela 8). Esta representatividade mostra que as cultivares estão sendo disponibilizadas, em sua maior parte, para a semeadura em safrinha. Esta tendência vem se consolidando, assim como constatado nos levantamentos do ano agrícola 2016/2017, conforme demonstra o trabalho realizado por Pereira Filho e Borghi (2016).

As informações repassadas no último levantamento (Tabela 7) mostraram ainda que 28,5% das cultivares informadas são de ciclo superprecoce, sendo cultivadas em sua grande maioria na região Sul, tanto na época de verão como também na denominada “*safrinha invertida*”, em que o milho é semeado em agosto e com irrigação, sendo possível colher em dezembro para semeadura da soja em sequência. Apenas 5,7% das cultivares levantadas para o ano agrícola 2017/2018 são de ciclos semiprecoce, hiperprecoce e normal e também são direcionadas para o cultivo em estados da região Centro-Sul do Brasil (MS, PR, SC e RS). Os dados de disponibilidade de cultivares levantadas por Pereira Filho e Borghi (2018) são aderentes com o levantamento de venda sementes da Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas (2018), de que na safra 2017/18 foram vendidos 11.077.606 de sacos de semente de milho com ciclo precoce (67,35%) e 3.913.292 de sacos de semente de milho com ciclo superprecoce (67,35%).

Tabela 8. Distribuição percentual de cultivares por ciclo de desenvolvimento em relação ao número total de materiais de milho disponíveis na safra 2017/2018 (n = 298 cultivares).

Ciclo	Percentagem em relação ao total de cultivares disponíveis
Precoce	65,7
Superprecoce	28,5
Semiprecoce	3,7
Hiperprecoce	0,7
Normal	1,4

Fonte: Pereira Filho e Borghi (2018).

Desta maneira, é possível deduzir que, assim como ocorreu com a soja, a simplificação do sistema de produção que, no caso do milho decorreu inicialmente para o problema com lagartas do gênero *Spodoptera*, e evoluindo posteriormente para o controle de plantas daninhas de difícil controle, há predomínio de materiais transgênicos que hoje ocupam na soja 95% da área cultivada com a oleaginosa (Contini et al., 2018) e 79,8% da área cultivada com milho (Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas, 2018).

Além disso, para que o milho cultivado em safrinha também possa expressar o máximo potencial produtivo, houve maior disponibilidade de cultivares precoces, assim como vem sendo verificado para a soja. Esta simplificação, embora rentável do ponto de vista do agricultor e do cenário econômico agrícola brasileiro, vem ocasionando problemas de maior grandeza no manejo das culturas, que envolvem o solo, controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Estes problemas serão explorados de forma mais detalhada a seguir.

5. PROBLEMAS/DESAFIOS TECNOLÓGICOS.

5.1. Doenças

O Brasil possui em toda a sua extensão condições climáticas que favorecem o ataque de diversos patógenos ao milho. As principais doenças da cultura são a mancha-branca, as ferrugens, a cercosporiose, as podridões de espigas e os enfezamentos. Além destas, nos últimos anos algumas doenças (como a antracnose-foliar, a mancha-de-bipolaris, a helmintosporiose e a mancha-foliar-de-diplodia), consideradas de menor importância, têm ocorrido com elevada severidade em algumas regiões produtoras. A importância destas doenças é variável de ano para ano e de região para região, em função das condições climáticas, do nível de suscetibilidade das cultivares plantadas e do sistema de plantio utilizado (Costa et al., 2017b).

Além dos prejuízos causados pela infecção de diversas partes das plantas, alguns fungos que contaminam as espigas também são produtores de micotoxinas, metabólitos tóxicos que causam diversos problemas à saúde humana e animal e são barreira para comercialização dos grãos e seus subprodutos. O milho é uma cultura altamente propícia à contaminação por micotoxinas e, portanto, é um dos principais alvos de fiscalização e regulação internacional. Ou seja, barreiras fitossanitárias podem ser exigidas contra o milho brasileiro em contaminações deste tipo.

5.1.1. Mancha-branca

Uma das doenças mais agressivas do milho, a mancha-branca (*Pantoea ananatis*) está distribuída por todas as regiões produtoras no Brasil (Costa et al., 2010; Carson, 2005). Em condições de elevada pressão da doença, observa-se uma seca precoce das folhas com diminuição do período de enchimento dos grãos (Silva et al., 2017). Folhas com 10 a 20% de severidade da doença apresentam uma redução na taxa fotossintética líquida em torno de 40% em cultivares suscetíveis, podendo reduzir a produção de grãos em até 60% (Godoy et al., 2001).

A maior parte das cultivares é suscetível à doença, que tem como um desafio, a ocorrência de baixa eficiência das aplicações de fungicidas. Fungicidas à base dos triazóis são considerados de baixa eficiência no controle, enquanto as estrobirulinas apresentam melhor desempenho (Costa et al., 2017b).

Existem controvérsias sobre a etiologia da doença e isto pode ser um fator importante para explicar a baixa eficiência de alguns princípios ativos. A doença tem sido denominada de “complexo mancha-branca”, composto pelos fungos *Phaeosphaeria maydis*, *Phyllosticta maydis*, *Phoma sorghina* e a bactéria *Pantoea ananatis*. Porém, os produtos registrados no Agrofit para esta doença são apresentados de forma separada, para *Phaeosphaeria maydis* existem 42 produtos registrados, 3 para *Pantoea ananatis* e um para *Phoma sorghina* e *Phyllosticta maydis*. Entre os 42 produtos registrados para *Phaeosphaeria maydis* três fungicidas são compostos por triazóis puros, já relatados como de baixa eficiência para *P. ananatis*.

Considerando que os sintomas da doença é o fator para a escolha dos produtos que serão aplicados, os agricultores podem tomar uma decisão equivocada quanto aos produtos mais eficientes. Quando se verificam os produtos registrados para mancha-branca, de fato, apenas dois são considerados para *P. ananatis*, um, composto por cloreto de benzalcônio (amônio quaternário), que é o mesmo para *P. sorghina* e *Phyllosticta maydis*, e outro composto por extrato de folhas de *Melaleuca altemifolia*. Assim, a questão de etiologia da mancha-branca deve ser debatida e resolvida para que riscos de perdas pela doença sejam reduzidos quando se tem o controle químico como principal ferramenta de manejo da doença.

5.1.2. Cercosporiose

A doença é causada pelo patógeno *Cercospora zae-maydis*, havendo indicação da ocorrência no Brasil também da espécie *C. sorghi var. maydis*. O patógeno infecta apenas o

milho e não há relatos de que seja transmitido pela semente, sendo um fraco competidor no solo e, na ausência do hospedeiro, sobrevive melhor em restos de cultura presentes na superfície do solo.

No Brasil, há uma grande preocupação com o potencial destrutivo dessa doença e com as perdas que ela pode vir a causar à cultura do milho no País. A adoção de estratégias adequadas de manejo e o desenvolvimento de pesquisas que visem o manejo da doença de forma sustentável são de suma importância (Costa et al., 2017b).

Um dos principais entraves para os trabalhos de pesquisa com o patógeno é a dificuldade de se obter colônias em meio de cultura que permitam avançar nos ensaios de caracterização de cultivares em casa de vegetação, bem como outros tipos de trabalhos. Dessa forma, há certa dependência da ocorrência da doença em condições de campo para que haja avanços nas pesquisas.

5.1.3. Ferrugens

Três tipos de doenças conhecidas como ferrugem ocorrem no Brasil: a ferrugem-polissora, a ferrugem-comum e a ferrugem-branca, que têm como patógenos *Puccinia polysora*, *Puccinia sorghi* e *Physopella zea*, respectivamente.

As principais estratégias recomendadas para as ferrugens são o plantio de cultivares resistentes, escolha de época e locais de plantio de acordo com as condições que desfavoreçam cada doença, rotação de culturas e controle químico com fungicidas registrados. Para os três tipos de ferrugem existem fungicidas registrados, principalmente à base do grupo químico dos triazois (Brasil, c2003).

É recomendado que produtos compostos por mistura de diferentes grupos químicos sejam utilizados e que haja alternância entre grupos para se evitar a seleção para resistência. Embora o controle químico tenha apresentado eficiência para as ferrugens, um programa de monitoramento de resistência dos patógenos aos produtos é necessário.

5.1.4. Patógenos novos

A entrada de patógenos ausentes ou mesmo aqueles que estão presentes em área nacional, mas que não apresentam severidade alta nas lavouras de milho, deve ser considerada de forma estratégica para o manejo de doenças. Isto porque quando um novo patógeno dá entrada no País, os prejuízos podem ser grandes, uma vez que, na maioria das vezes, os níveis de resistência das cultivares são desconhecidos. Estratégias de manejo ainda não foram pesquisadas, de forma que haverá dificuldades no controle até que o manejo seja estabelecido. Nesse sentido, dois casos recentes ocorreram no País. No primeiro, em 2016, o fungo *Phaeocystroma ambiguum* foi identificado como patógeno de colmo de milho (Aguiar et al., 2016). O fungo foi identificado numa pesquisa de levantamento dos patógenos em colmos da região central do Brasil.

Em 2018, foi confirmada a presença da bactéria *Xanthomonas vasicola* pv. *vasculorum*, porém, a suspeita da entrada no País se deu ainda em 2016. *X. v. vasculorum* causa

uma severa infecção foliar em milho. Descoberta primeiramente no Estado do Paraná, as lesões podem reduzir grandemente a área foliar dos cultivares suscetíveis, gerando perdas severas de produtividade. As informações são limitadas sobre a doença por causa da sua chegada recente ao Brasil (Leite Jr., 2019).

Estes dois exemplos demonstram que o monitoramento de patógenos, presentes e quarentenários, e seus riscos à cultura do milho estão entre um dos grandes desafios atuais no que se refere a questões fitossanitárias no País.

5.1.5. Desafios no manejo doenças

Os desafios fitossanitários para a produção de milho de qualidade estão relacionados a questões de saúde dos consumidores, perdas em quantidade e qualidade dos grãos e seus subprodutos por causa da ocorrência de infecção por patógenos, resíduos e micotoxinas. Os problemas causados por doenças também interferem na comercialização dos grãos, sendo que existe legislação brasileira e internacional sobre a qualidade mínima exigida deles.

Um ponto importante a se observar é que o manejo de doenças nos sistemas de produção atuais, em que na maior parte da área cultivada no Brasil tem a soja semeada na primeira safra e o milho em seguida (69% do milho semeado em segunda safra), deve ser pensado em termos de sistemas. A importância disso é que alguns patógenos são comuns a mais de uma cultura (nematoides, fungos) e, assim, a escolha dos cultivares semeadas deve levar à possibilidade de aumento/redução desses patógenos nas lavouras.

As principais medidas recomendadas para o manejo de doenças na cultura do milho são: 1) Utilização de cultivares resistentes; 2) Realização do plantio em época adequada, de modo a se evitar que os períodos críticos para a cultura não coincidam com condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento da doença; 3) Utilização de sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas; 4) Rotação com culturas não suscetíveis; 5) Rotação de cultivares; 6) Manejo adequado da lavoura - adubação equilibrada (N e K), população de plantas adequada, controle de pragas e de plantas invasoras e colheita na época correta (Cruz, 2015).

A resistência genética tem como principais desafios, o investimento das empresas de melhoramento na busca por cultivares resistentes, estratégia que foi reduzida por causa da opção por cultivares produtivas, foco na obtenção de cultivares com proteínas Bt e também pela disponibilidade de fungicidas para as principais doenças do milho. Ainda, são várias as doenças que ocorrem em milho, o que dificulta que uma cultivar seja resistente a vários patógenos simultaneamente.

Considerando as dificuldades de obtenção de resistência, o controle químico é a estratégia mais utilizada para reduzir as doenças em milho. Embora seja altamente eficiente para algumas doenças como a mancha-branca (*Pantoea ananatis*), existem relatos de falha no controle, como já discutido anteriormente.

Outro desafio para o controle químico é o limitado número de grupos químicos disponíveis nos fungicidas registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário - AGROFIT, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Para 2018, 108 produtos comerciais estão registrados e, destes, 34 princípios ativos estão distribuídos em 19 grupos químicos (Brasil, c2003).

Embora possa parecer que há um número considerável de princípios ativos, é importante analisarmos que a maior parte deles faz parte dos mesmos grupos químicos e que muitos compõem um grande número de produtos. Por exemplo, o tebuconazol (triazol) é utilizado em 29 produtos comerciais (puro ou em mistura), ou seja, de 108 produtos disponíveis, 27% dos produtos têm o princípio ativo. Entre os 29 fungicidas à base de tebuconazol, 23 são puros, o que quer dizer que somente esse princípio ativo é usado na composição desses fungicidas. Quando se analisa o grupo químico, os triazois estão na composição de 58% dos fungicidas para milho.

Outro grupo químico que faz parte da maioria dos fungicidas são as estrobirulinas, correspondendo a 40%. Entre as estrobirulinas, os princípios ativos piraclostrobina e azoxistrobina são os mais utilizados na composição dos fungicidas, somando 34% do total de produtos (17% cada). Estes dados mostram que, apesar de aparentemente haver disponibilidade de fungicidas para milho, estes se limitam a poucos grupos e princípios ativos que se alternam na composição dos produtos.

O uso intensivo dos fungicidas com princípios ativos iguais pode favorecer a seleção para resistência, reduzindo ainda mais a quantidade de princípios para a cultura. Um trabalho de monitoramento em milho, como o que já acontece para a ferrugem-da-soja, deve ser elaborado para se evitar que os danos futuros ocorram pela perda de moléculas.

Estes valores se reduzem ainda mais quando se analisam os produtos disponíveis por doença. Para a ferrugem-comum, *Puccinia sorghi*, 28 produtos comerciais estão registrados. Destes, 18 são à base de tebuconazol puro, o que corresponde a 64% do total. Entre os outros 10 produtos restantes, cinco são uma mistura de um triazol + uma estrobirulina (18% do total disponível), três (11%) são uma mistura tripla de epoxiconazol (triazol) + fluxapiraxade (carboxamida) + piraclostrobina (estrobilurina), um produto é composto por propiconazol (triazol) puro, e um é feito de bixafem (carboxamida) + protioconazol (triazolintione) + trifloxistrobina (estrobilurina).

Alguns patógenos importantes, como *Peronosclerospora sorghi*, causador do míldio, não possuem nenhum produto registrado no Mapa (Brasil, c2003). Embora os fungicidas à base de metalaxil, registrados para tratamento de sementes para outros fungos, tenham eficiência contra *P. sorghi*, pesquisas sobre produtos em alternativa ao metalaxil são necessárias dado o risco de seleção para resistência. Além disso, o patógeno também é importante em sorgo, em que já foi observada dificuldade de controle com metalaxil.

Além de políticas para incentivo ao uso sustentável de fungicidas, é importante que haja um intenso trabalho de monitoramento dos resíduos em alimentos em razão do seu uso, assim como para as micotoxinas, os resíduos químicos são barreiras comerciais em nível mundial. Ainda, outras alternativas de controle necessitam ser incentivadas. Entre

elas, o controle biológico, que, apesar de promissor, ainda carece de pesquisas coordenadas que levem a produtos prontos para o mercado.

5.1.6. Enfezamentos

Os enfezamentos do milho destacaram-se nas últimas safras, levando a perdas severas em milho em diversas regiões do País. Eles são causados por bactérias da classe Mollicutes, caracterizadas pela ausência de parede celular (Pollack et al., 1997). Os mollicutes são transmitidos pela cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) (Whitcomb et al., 1986; Firrão et al., 2004; Lee et al., 2000). Os tecidos do floema são infectados de forma sistêmica, levando a redução de crescimento e desenvolvimento, encurtamento de entrenós, espigas improdutivas e proliferação e malformação de espigas. Os colmos se tornam isoporizados e enfraquecidos, favorecendo infecções fúngicas e tombamento (Shurtleff, 1986).

Entre os desafios para os enfezamentos, está o sistema de cultivo do milho no Brasil em duas safras, no verão (primeira safra) e na safrinha (incluindo a segunda safra), que permite a ocorrência de uma ponte verde entre as culturas, possibilitando que o ciclo de vida da cigarrinha se complete, favorecendo o aumento de sua população no decorrer do tempo (Silva et al., 2017). Além disso, o milho RR, resistente ao glifosato, dificulta o controle de milho tigueria (Silvia; Karan, 2013). Essas plantas são frequentemente observadas em áreas produtivas de soja e podem favorecer a permanência dos patógenos e do vetor, sendo fonte de inóculo desses e outros patógenos.

O manejo dos enfezamentos é dificultado por não haver nenhuma forma de controle dos mollicutes após a infecção das plantas, pela baixa eficiência dos inseticidas no controle da cigarrinha (Silva et al., 2017). A resistência genética de cultivares comerciais tem sido pesquisada. No entanto, a introdução em cultivares novas deve ser considerada, mas pode demorar alguns anos para ser feita.

5.1.7. Podridões de colmo

As podridões que afetam os tecidos do colmo apresentam um grande potencial de perdas por causar danos diretos à produção, em razão da colonização dos tecidos vasculares pelos patógenos. Isto resulta na redução do enchimento dos grãos e morte prematura. Ocorre também o tombamento das plantas, dificultando a colheita mecânica e expondo as espigas à ação de roedores e à podridão pelo contato com o solo. Em razão da capacidade dos patógenos causadores de podridão de sobreviverem no solo e em restos culturais, os plantios sucessivos e a ampla adoção do sistema de plantio direto, sem rotação de culturas, favorecem a ocorrência da doença em função do rápido acúmulo de inóculo na área de cultivo.

As podridões de colmo são causadas por vários patógenos, incluindo fungos e bactérias. No Brasil, os principais são *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wils., *Stenocarpella maydis* (Berk) Sacc, *Stenocarpella macrospora* Earle, *Fusarium graminearum* Schwabe, *F. verticillioides* Sheld e *F. verticillioides* var. *subglutinans* Wr. & Reink e *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (Costa et al., 2017b). Em 2016, o fungo *Phaeocytos-*

troma ambiguum (Mont.) Petrak foi relatado como novo patógeno causando podridão de colmo em milho no Brasil (Aguiar et al., 2016). Os sintomas de podridão por *P. ambiguum* podem ser confundidos com os de *Stenocarpella* sp.

Dois aspectos, relativos às doenças de colmo em milho, merecem destaque: primeiro, elas compõem um grupo de doenças altamente agressivas, com um grande potencial de redução da produtividade. Segundo, são doenças de difícil controle e não são controladas pelo uso de fungicidas foliares. Assim, práticas como o uso da resistência genética e da rotação de culturas são fundamentais para a redução das perdas causadas por esse grupo de doenças. Entretanto, o grande número de patógenos envolvidos nestas enfermidades dificulta a adoção dessas estratégias de controle, além de permitir sua ocorrência em diferentes condições de ambiente. Desse modo, um trabalho constante de monitoramento dos patógenos envolvidos no processo de podridão de colmo, bem como da incidência desta enfermidade nas principais regiões produtoras, torna-se necessário para possibilitar a utilização mais eficaz das estratégias de manejo (Costa et al., 2017b).

5.1.8. Podridão de espigas

Os grãos de milho podem ser danificados por fungos em pré-colheita (podridões de espigas com a formação de grãos ardidos) e em pós-colheita durante o beneficiamento, o armazenamento e o transporte (grãos mofados ou embolorados) (Cruz, 2015). A contaminação das espigas por fungos resulta em perdas econômicas em razão de menor qualidade, quantidade e produtividade, e por desvalorizar o valor comercial dos produtos, com redução dos preços pagos aos produtores que entregam grãos com níveis de contaminação acima dos limites regulamentados pela Anvisa (Silva et al., 2018a).

Os principais patógenos causadores de grãos ardidos são *Stenocarpela maydis* (= *Diplodia maydis*), *Stenocarpela macrospora* (= *Diplodia macrospora*), *Fusarium verticillioides*, *F. subglutinans* e *Gibberella zeae* (ana. *Fusarium graminearum*). Ocasionalmente, no campo, há produção de grãos ardidos pelos fungos dos gêneros *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. Os fungos *G. zeae* e *S. maydis* são mais frequentes nos estados do Sul do Brasil, e *F. verticillioides*, *F. subglutinans* e *S. macrospora*, nas demais regiões produtoras de milho. Como padrão de qualidade, tem-se adotado, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6% de grãos ardidos em lotes comerciais de milho (Cruz, 2015). Para que a comercialização e o rendimento dos produtores ocorram, há necessidade de se manter a qualidade dos grãos de milho no País em níveis abaixo dos limites máximos aceitos.

As espécies de *Fusarium* são consideradas as mais danosas no Brasil do ponto de vista da produção de micotoxinas. *Fusarium verticillioides* é considerado o principal entre eles, sendo encontrado com maior frequência nos grãos, causando infecções sintomáticas, como a de grãos ardidos, e assintomáticas, e é a espécie que apresenta maior capacidade de produção de fumonisinas (Lanza et al., 2017, 2016, 2014).

Para se obter um manejo eficiente da ocorrência das podridões de espiga e de grãos ardidos na cultura do milho, várias medidas devem ser adotadas de forma integrada, como utilizar cultivares com maior nível de resistência aos principais patógenos que atacam as

espigas; realizar, sempre que possível, a rotação de culturas para reduzir o potencial de inóculo dos patógenos; evitar plantios sucessivos de milho; utilizar sementes saudáveis e densidade de plantio adequada do cultivar plantado; dar preferência a cultivares com espigas decumbentes (que viram para baixo após a maturação fisiológica) e evitar atraso na colheita (Cruz, 2015). A eficiência do controle químico para manejo de grãos ardidos em milho é controversa, porém, pesquisas recentes demonstram que não há efeito significativo (Lanza et al., 2016).

5.1.9. Micotoxinas

A ocorrência de micotoxinas em alimentos é um dos principais problemas atuais no que se refere à saúde humana e animal. Para que as micotoxinas sejam sintetizadas, é necessário que fungos estejam presentes em grãos. Muitos desses fungos estão entre os que causam o apodrecimento e mofamento de grãos de milho, sendo os mais importantes pertencentes aos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicilium* (Hermanns et al., 2006). O milho é um dos substratos preferidos por fungos em razão das suas características nutricionais. Dessa forma, é também uma das culturas mais propensas à contaminação por diversas micotoxinas.

As principais micotoxinas relatadas em grãos de milho são as aflatoxinas, as fumonisinas, a zearalenona, a esterigmatocistina, o deoxinivalenol (DON), o nivalenol, as ocratoxinas e a toxina T-2 (Scussel, 1998, 2002). Mais de um tipo de micotoxinas pode ser encontrado em um mesmo alimento, sendo que uma única espécie de fungo pode produzir mais de uma micotoxina, bem como diferentes espécies podem produzir a mesma micotoxina (Hussein; Brassel, 2001).

A contaminação por fungos e micotoxinas pode ocorrer ainda no campo e continuar após a colheita, o armazenamento e após o processamento dos grãos, constituindo risco em todos os setores envolvidos na produção de alimentos, pois dificilmente esses agentes são eliminados (Oldenburg et al., 2017). Dessa forma, as micotoxinas são repassadas pela cadeia alimentar humana e animal por meio de rações, carne, leite e derivados, ovos, etc. (Alim et al., 2018; Martins et al., 2018; Oueslati et al., 2018; Ferreira et al., 2013; Maziero; Bersot, 2010; Amaral et al., 2006; Kawashima; Valente Soares, 2006; Bittencourt et al., 2005; Machinski; Valente Soares, 2000).

O consumo de alimentos contaminados resulta em diversos efeitos na saúde humana e animal, que podem ser agudos ou crônicos. O câncer de esôfago é um dos mais preocupantes, e está associado ao consumo de fumonisinas em várias partes do mundo (Westhuizen et al., 2003; Peraica et al., 2014; Munkvold; Desjardins, 1997; Piñeiro et al., 1997; Solfrizzo et al., 1997).

A ingestão de micotoxinas pode afetar indiretamente o indivíduo, como a zearalenona, que nem sempre resulta em problemas para aves, mas sua presença na carne pode exercer efeito anabolizante em mamíferos, não sendo permitida a entrada de carne contaminada em alguns países (Santurio, 2000). Outra micotoxina com efeito indireto é aflatoxi-

na M1. Animais que consomem alimentos contaminados com aflatoxinas B1 e B2 excretam no leite, na urina e carnes, as aflatoxinas M1 e M2 (resultantes da hidroxilação das aflatoxinas B1 e B2) (Sakata et al., 2011; Chiavaro et al., 2001).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 25% das culturas no mundo são contaminadas por micotoxinas anualmente, resultando em perdas de 1 bilhão de toneladas de alimentos e derivados (World Health Organization, 1991). Algumas estimativas apontam que os prejuízos causados por micotoxinas podem chegar a 5 bilhões/ano no Canadá e nos Estados Unidos, sem incluir, nesses valores, os impactos nas culturas e saúde humana e animal (Schmale III; Munkvold, 2018). No Brasil, as informações sobre prejuízos causados por micotoxinas ainda são escassas, porém, estima-se que 40% do nosso milho esteja contaminado.

O clima e o manejo das lavouras podem favorecer a síntese de micotoxinas. Assim, a mitigação do problema deve ser iniciada no campo, sendo importante considerar a prevalência de fungos, as culturas em sucessão, a época de plantio, a época de colheita, a fertilidade de solos, a resistência genética e o controle biológico como fatores que devem compor a recomendação visando reduzir a contaminação (Silva et al., 2018a).

A legislação mundial sobre micotoxinas está cada vez mais rígida e, em função dos níveis de contaminação, pode haver prejuízos enormes na comercialização de milho, tanto local como internacional. Os limites máximos tolerados (LMTs), nos diversos tipos de alimentos para cada micotoxina, são regulamentados por legislação específica de grupos (União Europeia) ou países de forma individual. Por causa do fator de saúde humana e animal nas cadeias envolvidas na produção de alimentos é de extrema necessidade que esse tema seja prioritário visando melhorar a qualidade dos alimentos, garantir a segurança alimentar no Brasil e a competitividade no mercado nacional e internacional (Silva et al., 2018b).

O sistema de produção de grãos no Brasil é muito mais intenso e diversificado quando comparado ao de outros países, possibilitando o semeio de mais de uma cultura na mesma época e áreas adjacentes. Esta situação ocorre com milho, trigo e sorgo na região de cerrados. Essas culturas são suscetíveis a espécies de *Fusarium* em comum, como *F. graminearum*, que produz a micotoxina zearalenona, e *F. verticillioides*, que produz fumonisinhas no milho e no sorgo. A incidência de zearalenona é mais comum em trigo que em milho e sorgo. Com o aumento das áreas com três culturas no cerrado, o inóculo dos fungos tende a aumentar, podendo favorecer o aumento de zearalenona em milho e sorgo e de fumonisinhas em milho e sorgo (Silva et al., 2018b). O monitoramento dos sistemas de produção em que o milho é inserido, e suas variáveis nas diferentes regiões do Brasil, deve ser estratégia para prever os riscos de aumento e contaminação por micotoxinas.

Outro desafio se refere ao uso do milho para produzir etanol. Com o incentivo e aumento de produção de etanol de grãos de milho no Brasil, o DDGS (*dried distillers grain and solubles*), subproduto do processo de extração do álcool, usado como suprimento proteico e energético na alimentação animal, poderá aumentar a incidência de micotoxinas na alimentação animal. Na extração de etanol de milho, para cada tonelada seca de grãos, 460

L de etanol são obtidos, gerando 380 Kg de DDGSs. O DDGS é, portanto, um subproduto que pode gerar valor agregado à produção de etanol no Brasil. Porém, nos DDGSs, pode haver a concentração das micotoxinas, de forma que haverá impacto para a comercialização e o uso desse subproduto na alimentação animal. Nos Estados Unidos, estima-se que o impacto para a indústria de suínos seja da ordem de 18 milhões de dólares ao ano por causa da presença de fumonisinas nos DDGS (Schmale III; Munkvold, 2018). Pela produção de etanol de milho ser recente no Brasil, as informações sobre micotoxinas em DDGS são escassas e representarão um desafio para pesquisa visando a mitigação das contaminações para o uso do subproduto na alimentação animal.

A busca por métodos analíticos rápidos e de baixo custo para detecção e quantificação das micotoxinas é atualmente uma necessidade crescente, pois a certificação, fiscalização e as pesquisas sobre o tema dependem de maior eficiência, menor tempo e redução dos custos de análises para que o País avance em estratégias de mitigação e se mantenha competitivo e tenha reconhecimento em nível mundial por disponibilizar alimentos de qualidade e com valor comercial.

5.2. Pragas

Os desafios para manejo de insetos-pragas na cultura do milho se renovam com o avanço das tecnologias para controle e com o avanço do cultivo da segunda safra no País. Isso porque muitos dos problemas de pragas do milho são oriundos do que chamamos de “ponte verde”, que nada mais é do que a presença de plantas hospedeiras dos insetos-pragas durante todo ano. Essa é uma condição peculiar dos sistemas tropicais de cultivo do Brasil, onde é possível fazer duas e até mesmo três safras consecutivamente na mesma área. Assim, a infestação de pragas se torna cada vez mais preocupante.

Em função das características típicas da produção de milho, é possível dividir o desafio para o manejo de pragas na cultura do milho em dois grupos de insetos.

5.2.1. - Lagartas

A lagarta-do-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)) é a principal praga em lavouras de milho no Brasil e ocorre em todas as regiões onde o milho é cultivado. Mais de 100 espécies de plantas são listadas como hospedeiras. Dentre essas espécies há algumas de grande importância econômica, tal como milho, algodão, arroz e sorgo, além de inúmeras plantas daninhas, como capim-pé-de-galinha e sorgo selvagem e outras. A polifagia dessa praga potencializa seu potencial destrutivo, uma vez que durante todo o ano existem plantas hospedeiras no campo.

Embora a principal preocupação seja a desfolha que as lagartas causam no estágio vegetativo em lavouras de milho, onde os danos são em torno de 40% da produção, as injúrias na planta podem ocorrer em todo o ciclo, seja reduzindo o estande na fase inicial, seja atacando espigas no final do ciclo. Um aspecto agravante para o manejo da praga é a velocidade com que a evolução da resistência à tecnologia Bt tem ocorrido no campo. Em pou-

co mais de 10 anos de uso da tecnologia Bt no milho, essa praga já apresenta resistência para duas das cinco proteínas disponíveis no mercado, e vem mostrando falhas de controle para outras duas proteínas em várias regiões do País. Assim, apenas uma das proteínas Bt disponíveis nas tecnologias comerciais ainda não apresentou indícios de quebra. Outra dificuldade do manejo da lagarta no milho está no hábito dela de ficar escondida dentro do cartucho da planta, o que torna seu controle com inseticidas químicos convencionais um desafio extra.

5.2.2. - Sugadores

A importância dos insetos sugadores tem crescido em função do aumento do plantio segunda safra e da dificuldade de manejo das lavouras cultivadas em sucessão.

No grupo dos sugadores, os percevejos oriundos das lavouras da soja cultivada na primeira safra são considerados pragas iniciais de extrema importância na lavoura do milho, neste sistema de produção. A principal espécie é o barriga-verde (*Dichelops* spp.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). Esse percevejo ocorre nas lavouras de soja, sem ser considerado praga-chave naquela cultura. Contudo, com a colheita da soja e o posterior plantio do milho, os percevejos migram para a lavoura subsequente, onde sugam as plântulas e injetam toxinas. Essas toxinas causam deformações nas plantas de milho, que podem se tornar improdutivas. As injúrias causadas por essa praga são importantes até 21 dias após a germinação da lavoura. Após esse período, a planta cresce e torna-se resistente à praga, porém, muitas vezes os danos são sentidos na redução do potencial produtivo da lavoura.

O segundo desafio entre os insetos sugadores é a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). O cultivo de milho na primeira e segunda safras, em muitas regiões do País, permite uma ponte verde, para populações dessa praga. Além disso, a introdução de milho RR, com resistência a herbicida glifosato, resultou em dificuldade no controle de plantas tiguera, como é chamado o milho voluntário que fica nas lavouras durante todo o ano. Essas alterações nos sistemas de cultivo favoreceram o crescimento populacional da cigarrinha, que é transmissora persistente de doenças causadas por fitoplasmas e espiroplasmas que atuam nos vasos condutores da planta (floema), causando, de maneira geral, enfraquecimento da planta e redução da produção. Podem ser sumarizadas várias espécies de pragas que ocorrem nas lavouras de milho no País e que apresentam suas particularidades e dificuldades próprias no controle, cujo monitoramento e atenção na vigilância não devem ser negligenciados.

Nesse contexto, implementar estratégias de manejo integrado de pragas que combinem vários métodos de controle, como o manejo da paisagem agrícola (cultural), controle biológico, resistência de plantas, uso de tecnologia Bt, controle químico, etc., torna-se um desafio que norteia a pesquisa, sobretudo porque respostas sustentáveis e duradouras não vêm do uso exclusivo e inconsequente de nenhuma das medidas supracitadas.

Estratégias de manejo adequado de pragas têm sido substituídas por aplicações calendarizadas de inseticidas químicos que, por serem feitas sem parâmetros técnicos, somente têm aumentado o problema de resistência das pragas com inseticidas, levando ao uso cada vez maior desses produtos. O controle biológico com uso de entomófagos e bioinseti-

cidas tem sido foco da pesquisa da Embrapa há várias décadas, para aportar soluções sustentáveis e viáveis para o produtor rural.

5.3. Plantas invasoras

Com o advento da biotecnologia, o manejo de plantas daninhas na cultura do milho passa por um processo de transformação. O cultivo do milho resistente ao glifosato vem ganhando cada vez mais adeptos dentro do setor produtivo. No inverno de 2018, foram vendidos 5.872.707 sacos de sementes de milho com tecnologia RR, representando 49,6% das vendas na segunda safra (Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas, 2018). A tecnologia é predominantemente utilizada em pacotes tecnológicos que utilizam estaqueamentos com eventos Bt (ocorrência em 91,6% das sementes com RR, de acordo com a Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas (2018)). Este cenário tem ocasionado mudança nas estratégias de manejo de plantas daninhas. Novos desafios, como o controle de plantas voluntárias e o aumento da frequência de espécies tolerantes e biótipos resistentes a glifosato, têm ocasionado perdas de rendimento ao setor produtivo.

O controle de plantas voluntárias de milho resistente ao glifosato (GR) tem se destacado como um sério problema em muitas áreas de produção de grãos. O fluxo irregular de germinação dos diferentes tipos de perdas de colheita associado à adoção de estratégias de controle inadequadas tem contribuído para manutenção de ponte verde e perdas de rendimento na cultura de interesse econômico semeada em sucessão (Silva et al., 2018a). A manutenção de plantas de milho voluntário pode favorecer a ocorrência de pragas específicas, como da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), e acelerar o processo de quebra de resistência das tecnologias Bt.

O cultivo em sucessão de culturas GR como soja-milho safrinha tem contribuído para o aumento da pressão de seleção de espécies tolerantes e biótipos resistentes ao glifosato. Este fato tem ocasionado aumento no custo de produção das lavouras e perdas de rendimento econômico no setor produtivo. Estima-se que a resistência de plantas daninhas ocasione prejuízos superiores a R\$ 9 bilhões anuais à cadeia produtiva da soja (Adegas et al., 2017). O aumento da incidência de espécies tolerantes e biótipos resistentes têm estimulado empresas do setor agropecuário no desenvolvimento de tecnologias que envolvem o estaqueamento de 'novos' genes de resistência a herbicida nas culturas. Desta forma, é fornecida uma estratégia de manejo simplista ao produtor, que visa vender um pacote com soluções já formatadas adaptadas ao portfólio de herbicidas da detentora da tecnologia.

A fim de se estabelecer programas de manejo mais sustentáveis, deve-se priorizar estratégias que integrem diferentes métodos de controle. Este fato contribuirá para a redução do aumento da frequência de espécies tolerantes e biótipos resistentes e para o melhor posicionamento dos herbicidas e das novas tecnologias nos sistemas de produção de grãos.

5.4. Manejo do solo

Para compreender melhor a importância da cultura do milho em relação a sistemas conservacionistas do solo, é importante entender a dinâmica do sistema de produção e as culturas que a compõe. Quando inserido no sistema plantio direto, em rotação com outras culturas produtoras de grãos ou mesmo em consorciação com gramíneas forrageiras tropicais, o milho proporciona benefícios na fertilidade química, física e biológica do solo, tanto pelo seu sistema radicular profundo e volumoso, como pela grande produção de massa seca da parte aérea, com alta relação carbono/nitrogênio (Resende et al., 2016), conferindo cobertura vegetal de lenta degradação, fator imprescindível para o sistema plantio direto.

De acordo com a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP), estima-se uma área de 33 milhões de hectares em plantio direto (Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, 2018). Porém, segundo essas estimativas, aproximadamente 20% deste total adotam realmente os três pilares do sistema, a destacar: não revolvimento do solo, cobertura permanente do solo e rotação de culturas. Em relação a este último item, durante o 16º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, realizado em agosto de 2018, as discussões se concentraram na rotação de culturas.

No que envolve diretamente a cultura do milho, a ausência de um planejamento para a adoção correta da rotação de culturas acarreta significativa perda de qualidade dos indicadores de solo, afeta diretamente na produtividade de todas as culturas que estão inseridas no sistema de produção. Ao analisar os dados de área cultivada de milho safrinha levantados pela Conab (2018a), 70% do milho produzido no Brasil encontra-se em cultivo após a colheita da soja. Excluindo a região Nordeste, pois seu semeio ocorre nos meses de janeiro e fevereiro em razão das condições climáticas, praticamente 60% do milho produzido no Brasil vem da época depois da oleaginosa. Pelos dados, 1/3 da área total de soja cultivada no Brasil recebe o milho na sequência. Somente no Estado do Mato Grosso, esta relação é de 45% e no Paraná esta relação é de 38% (Conab, 2018a). Especificamente no Mato Grosso, a sucessão soja-milho em quase metade da área cultivada com grãos infringe a base mais importante do sistema plantio direto, a rotação de culturas.

A Figura 1, extraída de Kappes (2013), demonstra como foi possível a evolução do sistema de sucessão soja-milho safrinha no Estado do Mato Grosso. Ressalta-se que tal ilustração pode ser extrapolada para outras regiões que utilizam o mesmo sistema de cultivo, considerando, obviamente, as condições climáticas das regiões para semeadura de ambas as espécies. O melhoramento da soja ao longo das últimas décadas, buscando precocidade, aliado ao hábito de crescimento indeterminado, provocou também uma antecipação na época de semeio em quase 50 dias quando comparada à época de 1985/1990 (Figura 1). Em 30 anos, as cultivares de soja que possibilitaram o avanço da área cultivada com a safrinha de milho reduziram o ciclo em aproximadamente 40 dias. Já o milho pouco evoluiu em termos de ciclo de desenvolvimento para a adequação desta sucessão após a soja, muito embora haja consenso que, em razão da época de semeadura ocorrer próxima ao final do período de verão, só podem ser utilizadas cultivares de ciclo precoce. Assim, haverá maio-

res chances de fornecimento de água via precipitação na época de maior exigência da planta (florescimento).



Figura 1. Evolução tecnológica do cultivo da soja e do sistema de sucessão com o milho safrinha no Estado de Mato Grosso.

Fonte: Kappes (2013).

Embora o cultivo em safrinha mostre evolução nas regiões onde é possível este tipo de cultivo, questões relacionadas ao manejo do solo estão sendo pouco observadas. Duarte e Kappes (2015) mencionam que as condições de mercado, principalmente do milho, muitas áreas sob este sistema de sucessão de culturas há mais de dez anos, a ausência de rotação de culturas e a calendarização da semeadura ao longo do ano agrícola para permitir condições apropriadas de cultivo para as duas culturas têm agravado o problema de plantas daninhas, em especial pelo uso repetitivo e constante de cultivares RR. Além disso, existe a “ponte verde” entre as duas lavouras (soja-milho), que aumenta o potencial de inóculo de doenças e mantém por maior período de tempo o ciclo das principais pragas das culturas, aumentando o custo do manejo fitossanitário, e levando a uma degradação do sistema plantio direto, em especial os teores de matéria orgânica do solo.

Esta degradação estrutural do solo, principalmente na questão da fertilidade química e biológica, tem sido levantada pela comunidade científica brasileira como um dos responsáveis pela estagnação da produtividade da soja no Estado do Mato Grosso, como é possível observar no Gráfico 8. O Circuito Tecnológico Etapa Milho, ação realizada pela Aprosoja MT em parceria com a Embrapa, constatou, na safrinha de 2017, cobertura vegetal insuficiente sobre o solo em mais de 60% dos 289 talhões amostrados (Embrapa Milho e Sorgo, dados não publicados).

No caso do milho, a variação da produtividade está relacionada muito mais às condições climáticas que ocorrem nos períodos críticos para a safrinha, em especial florescimento e enchimento de grãos, que comprometem a produtividade do cereal (Ramos, 2018).

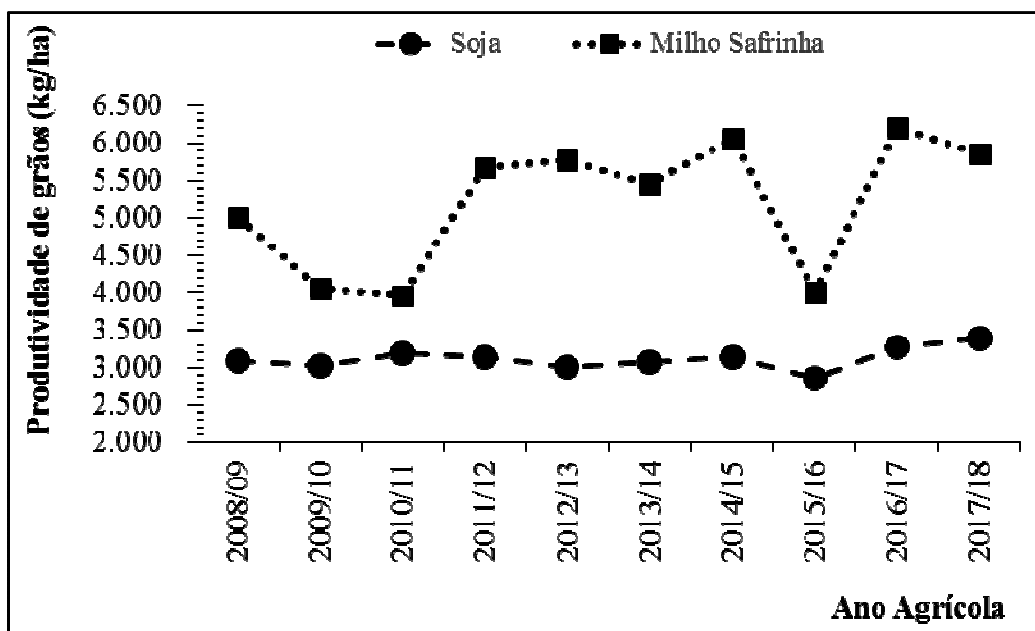


Gráfico 8. Variação da produtividade da soja e do milho safrinha entre os anos agrícolas 2008/09 até a safra 2017/18 para o Estado do Mato Grosso.

Fonte: Conab (2018b).

Em levantamento realizado em 2017 na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, a equipe da Embrapa Milho e Sorgo analisou as informações repassadas pelos produtores rurais, sobre questionamentos a respeito do manejo do solo. Nesse levantamento, 89% dos produtores informaram que fazem plantio direto, porém, ao serem questionados na sequência sobre o intervalo com que revolvem o solo, 58,2% realizam ao menos uma operação de preparo a cada 5 anos. O problema nas áreas de milho é tão grande que, analisando 44 talhões durante esta pesquisa, a equipe constatou que 90,7% do total apresenta pouca ou nenhuma cobertura vegetal sobre o solo. A gravidade da situação é ainda mais significativa entre os produtores de leite, que cultivam duas safras consecutivas de milho para produção de silagem (Resende et al., 2017).

Assim, dada a gravidade da sucessão soja-milho safrinha em regiões que adotam este sistema de cultivo, ou mesmo a sucessão de cultivos de milho sequenciais para produção de silagem, é iminente a pesquisa adaptativa de sistemas produtivos envolvendo a cultura do milho em rotação, sucessão e/ou consórcio que possibilite a melhoria da fertilidade do solo, um dos pilares da produção agrícola. Há de se respeitar os cenários econômicos que permeiam os processos de tomada de decisão que envolvem a sequência de cultivos nas diferentes regiões produtoras de milho. Porém, face ao cenário atual, é premente a validação regional de alternativas com sistemas produtivos em que o milho seja inserido seguindo os conceitos de conservação do solo e otimização dos recursos naturais para maximização do potencial produtivo.

5.5. A safrinha invertida no Rio Grande do Sul

A área plantada com milho no Rio Grande do Sul sofreu quedas constantes nos últimos dez anos, perdendo quase 50% do espaço na última década. Neste período, a área cultivada com milho verão foi ocupada pela soja, movimento semelhante ao restante das áreas produtoras no Brasil. O principal fator responsável por este cenário é o valor pago pela saca de soja no mercado interno e externo. Assim como nas demais regiões, esta mudança no sistema produtivo, em que o milho não é a cultura que remunera no verão em comparação à soja, tem causando grande preocupação entre pesquisadores e técnicos da assistência rural, principalmente em relação à retirada do milho verão dos sistemas de produção na região Sul do Brasil.

Uma alternativa que vem ganhando espaço em algumas regiões do Rio Grande do Sul é a segunda safra de soja, denominada regionalmente de *safrinha invertida*. Essa prática está se concretizando na região noroeste do estado e próximo ao vale do Rio Uruguai, na região norte. Essas regiões apresentam características climáticas diferenciadas, como inverno pouco rigoroso e pouca ocorrência de geadas e de baixa intensidade, associados a chuvas regulares durante todo o ano.

Os agricultores dessas regiões estão apostando em duas safras no mesmo verão, antecipando o semeio do milho, que em algumas situações é feito em julho, com colheita programada para janeiro, seguida da semeadura da soja que vai ser colhida em abril. Muitos agricultores que utilizam essa prática estão tão satisfeitos com os resultados que os investimentos em sistemas de irrigação estão crescendo, visando garantir maiores rendimentos com soja segunda safra.

A segunda safra de soja no Rio Grande do Sul já é uma realidade. Não há ainda números oficiais sobre área total cultivada, produtividades médias, cultivares mais adaptadas e melhor época de semeadura, obrigando o próprio agricultor a fazer os testes, buscando essas informações a cada safra. Nesse sentido, pesquisadores estão iniciando os estudos mais detalhados desse sistema, para determinar qual a forma mais efetiva de garantir a sustentabilidade deste sistema de cultivo. O caminho para a segunda safra de soja não tem volta e não demorará muito para ser oficializado por órgãos competentes. Do ponto de vista técnico, o cultivo de milho e em sucessão a soja é vantajoso, pois se trata de gramínea e leguminosa e nesse caso a soja pode se beneficiar da palhada do milho, viabilizando, de maneira mais efetiva, o sistema plantio direto.

Por não ser reconhecida por instituições como IBGE e Conab e pela semeadura da soja na época relatada não estar incluída no zoneamento agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), a lavoura de soja cultivada na segunda safra não está coberta pelo seguro agrícola, ficando todos os riscos por conta do agricultor.

A pesquisa está diante de um grande desafio. Há necessidade de estudos que comprovem a eficiência do sistema e definam informações técnicas sobre a melhor época de semeadura, desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, a melhor combinação de ciclo

milho x soja, manejo adequado do solo, entre outros desafios. Essas respostas poderão dar mais segurança e direcionamento ao agricultor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

a. Entre as safras de 2000/01 e de 2017/18, a produção mundial de milho passou de 591 milhões para 1,076 bilhão de toneladas (+82%), por causa principalmente do uso do cereal como ração animal para a produção de frangos e suínos, assim como o uso para produção de etanol nos Estados Unidos. A crescente demanda mundial por proteína animal sustentará o estímulo ao crescimento da produção de milho nos próximos anos.

b. Assim como no resto do mundo, o milho é também é uma cultura estratégica para o Brasil. Cultivado em rotação, sucessão e consórcio, graças à ampla plasticidade e adaptabilidade das cultivares disponíveis no mercado, apresenta produtividades na safrinha iguais ou superiores à época de cultivo no verão. A região Sul, face às características de solo, clima e altitude, apresenta produtividades superiores a 12.000 kg ha⁻¹. Em contrapartida, na região Nordeste, pelas condições climáticas e estratégias de manejo diferentes das regiões tradicionais de cultivo, a produtividade está abaixo da média nacional.

c. A produção do milho em sucessão a soja, no inverno, viabilizou o aumento da área plantada e da produção do cereal no Brasil. Contudo, esse processo também facilitou o aparecimento e a proliferação de novas pragas e doenças, que têm se mostrado um grande desafio à pesquisa agrícola. Além disso, a sucessão soja-milho safrinha tem acarretado problemas para o manejo do solo, em especial para o sistema plantio direto, com diminuição gradativa da matéria orgânica do solo, reciclagem de nutrientes e diminuição da atividade biológica.

d. A origem de muitos dos problemas e desafios tecnológicos defrontados pelos sistemas produtivos de milho decorre da falta de adesão a princípios fundamentais de boas práticas agrícolas. Assim, a solução de muitos problemas apresentados passa pela educação e pelo comprometimento dos produtores e das empresas do setor agrícola em relação às boas práticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L.; KARAM, D.; SILVA, A. F.; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 132).

AGUIAR, F. M.; LANZA, F. E.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; LANA, U. G. P.; GUIMARÃES, E. A.; GOMES, G. R.; COTA, L. V. First report of *Phaeocystostroma ambiguum* causing maize stalk rot in Brazil. **Plant Disease**, v. 100, n. 12, p. 2528, 2016.

ALIM, M.; IQBAL, S. Z.; MEHMOOD, Z.; ASI, M. R.; ZIKAR, H.; CHANDA, H.; MALIK, N. Survey of mycotoxins in retail market cereals, derived products and evaluation of their dietary intake. **Food Control**, v. 84, p. 471-477, 2018.

AMARAL, K. A. S.; NASCIMENTO, G. B.; SEKIYAMA, L.; JANEIRO, V.; MACHINSKI JÚNIOR, M. Aflatoxinas em produtos a base de milho comercializados no Brasil e riscos para a saúde humana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 336-342, 2006.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS. **Milhostat**. Disponível com acesso fechado em: <<http://apps.agr.br/milhostat/>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BITTENCOURT, A. B. F.; OLIVEIRA C. A. F.; DILKIN, P.; CORRÊA, B. Mycotoxin occurrence in corn meal and flour traded in Sao Paulo, Brazil. **Food Control**, v. 16, n. 2, p. 117-120, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF, c2003. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 11 nov. 2018.

CARSON, M. L. Yield loss potential of Phaeosphaeria leaf spot of maize caused by Phaeosphaeria maydis in the United States. **Plant Disease**, v. 89, p. 986-988, 1991.

CHIAVARO, E.; DALL'ASTA, C.; GALAVERNA, G.; BIANCARDI, A.; GAMBARELLI, E.; DOSSENA, A.; MARCHELLI, R. New reversed phase liquid chromatography method to detect aflatoxins in food and feed with cyclodextrins as fluorescence enhancers added to the eluent. **Journal of Chromatography A**, v. 937, p. 31-40, 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras**. Disponível em: <<https://www.Conab.gov.br/info-agro/safra/serie-historica-das-safra>>. Acesso em: 21 nov. 2018a.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos**. Disponível em: <<https://www.Conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 21 nov. 2018b.

CONTINI, E.; GAZZONI, D.; ARAGÃO, A.; MOTA, M.; MARRA, R. **Complexo soja**: caracterização e desafios tecnológicos: parte 1. Brasília, DF, Embrapa, 2018. 35 p. (Desafi-

os do Agronegócio Brasileiro). Nota técnica. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/0/COMPLEXO+SOJA++Caracteriza%C3%A7%C3%A3o+e+Desafios+Tecnol%C3%B3gicos/709e1453-e409-4ef7-374c-4743ab3bdcd6>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

CONTINI, E.; PENA JÚNIOR, M.; VIEIRA, P. A. Seca norte-americana: preços agrícolas e implicações para o Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 85-97, jan./mar. 2013.

COSTA, R. V. da; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Doenças. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1).

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V. **Evolução dos sintomas da mancha-branca no campo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017a. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 229).

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; AGUIAR, F. M. Manejo de doenças na cultura do milho. In: KAPPES, C. (Ed.). **Boletim de pesquisa 2017/2018**: soja, algodão, milho. Rondonópolis: Fundação MT, 2017b. p. 274-309.

CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/cultivos>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

DUARTE, A. P.; KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agronômicas**, n. 152, p. 15-18, 2015.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO. **Evolução área do sistema plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

FERREIRA, P.; QUEIROZ, V. A. V.; CONCEIÇÃO, R. R. P.; MIGUEL, R. A. Incidência de aflatoxinas e fumonisinas em produtos de milho consumidos no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 54-60, 2013.

FIRRÃO, G.; ANDERSEN, M.; BERTACCINI, A.; BOUDON, E.; BOVÉ, J. M.; DAIRE, X.; DAVIS, R. E.; FLETCHER, J.; GARNIER, M.; GIBB, K. S.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E.; HARRISON, N.; HIRUKI, C.; KIRPATRICK, B. C.; JONES, P.; KUSKE, C. R.; LEE, I. M.; LIEFTING, L.; MARCONE, C.; NAMBA, S.; SCHNEIDER, B.; SEARS, B. B.; SEEMÜLLER, E.; SMART, C. D.; STRETEN, C.; WANG, K. 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 54, p. 1243-1255, July 2004.

GASQUES, J. G.; SOUZA, G. da S. e; BASTOS, E. T. Tendências do agronegócio brasileiro para 2017-2030. In: RODIGUES, R. (Org.). **Agro é paz**: análises e propostas para o

Brasil alimentar o mundo. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2018. p. 31-68.

GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Alterações na fotossíntese e na transpiração de folhas de milho infectadas por *Phaeosphaeria maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 209-215, 2001.

KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOARES, L. M. V. Incidência de fumonisina B1, aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 516-521, 2006.

HERMANN, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E.; NOLL, I. B. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 7-10, jan./mar. 2006.

HUSSEIN, H. S.; BRASSEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. **Toxicology**, v. 167, p. 101-134, 2001.

KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados. **Estabilidade e produtividade**: anais. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

LANZA, F. E.; LAÉRCIO, L.; RODRIGO, R. V.; QUEIROZ, V. A. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; SOUZA, A. G. C. de; FIGUEIREDO, J. E. F. Prevalence of fumonisin-producing *Fusarium* species in Brazilian corn grains. **Crop Protection**, v. 65, p. 232-237, 2014.

LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F.; MENDES, S. M.; SOUZA, A. G. C. Aplicação foliar de fungicidas e incidência de grãos ardidos e fumonisinas totais em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 638-646, 2016.

LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V.; FIGUEIREDO, J. E. F.; SILVA, D. D.; QUEIROZ, V. A. V.; GUIMARÃES, E. A.; COTA, L. V. Symptomatology associated with fungal incidence and fumonisin levels in corn kernels. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, p. 304-308, 2017.

LEE, I. M.; DAVIS, R. E.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E. Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. **Annual Review of Microbiology**, v. 54, p. 221-255, 2000.

LEITE JR., R. P.; CUSTÓDIO, A. A. P.; MADALOSSO, T.; ROBAINA, R. R.; DUIN, I. M.; SUGAHARA, V. H. First report of the occurrence of bacterial leaf streak of corn caused by *Xanthomonas vasicola* pv. *vasculorum* in Brazil. **Plant Disease**, v. 103, n. 1, p. 145, 2019. Disponível em: <<https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-06-18-1100-PDN>>. Acesso em: 16 out. 2018.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, N. C.; KAWAGUCHI, I. T.; BERGUER, G. U.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferência e con-

trole de milho voluntário tolerante ao glifosato na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 340-347, 2016.

MACHINSKI JR, M.; VALENTE SOARES, L. M. Fumonins B1 and B2 in Brazilian corn-based food products. **Food Additives and Contaminants**, v. 17, p. 875-879, 2000.

MARTINS, C.; RICARDO ASSUNÇÃO, R.; CUNHA, S. C.; FERNANDES, J. F.; JAGER, A.; PETTA, T.; OLIVEIRA, C. A.; ALVITO, P. Assessment of multiple mycotoxins in breakfast cereals available in the Portuguese Market. **Food Chemistry**, v. 239, p. 132-140, 2018.

MAZIERO, M. T.; BERSOT, L. S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 89-99, 2010.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MIRANDA, R. A. de; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. de O.; OLIVEIRA, A. P. de. A influência da soja na área de plantação do milho safrinha: um estudo de painel. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde, MT. **Anais**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011. p. 113-118.

MIRANDA, R. A. de; LÍCIO, A. M. A.; PURCINO, A. A. C.; PAULINELLI, A.; PARENTONI, S. N.; DUARTE, J. de O.; GONTIJO NETO, M. M.; LANDAU, E. C.; QUEIROZ, V. A. V.; OLIVEIRA, I. R. de. **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 102 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 168).

MUNKVOLD, G. P.; DESJARDINS, A. E. Fumonins in maize: can we reduce their occurrence? **Plant Disease**, v. 81, n. 6, p. 556-565, June 1997.

NAULT, L. R. Evolution of insect pest: maize and leafhopper, a case study. **Maydica**, v. 35, p. 165-175, 1990.

OECD-FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026**. Paris: OECD Publishing, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en>. Acesso em: 13 jan. 2018.

OLDENBURG, E.; HÖPPNER, F.; ELLNER, F.; WEINERT, J. *Fusarium* diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. **Mycotoxin Research**, v. 33, n. 3, p. 167-182, 2017.

OUESLATI, S.; BERRADA, H.; MANES, J.; JUAN, C. Presence of mycotoxins in Tunisian infant foods samples and subsequent risk assessment. **Food Control**, v. 84, p. 362-369, 2018.

PERAICA, M.; RICHTER, D.; RAŠIĆ, D. Mycotoxicoses in children. **Arhiv za Higijenu Rada Toksikologiju**, v. 65, p. 347-363, 2014.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho no Brasil**: a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 223).

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil**: safra 2016/2017. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 28 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 202).

PIÑEIRO, M. S.; SILVA, G. E.; SCOTT, P. M.; LAWRENCE, G. A.; STACK, M. E. Fumonisin levels in Uruguayan corn products. **Journal of AOAC International**, v. 80, n. 4, p. 825-828, 1997.

POLLACK, J.; WILLIAMS, M. V.; MCELHANEY, R. N. The comparative metabolism of the mollicutes (*Mycoplasmata*): the utility for taxonomic classification and the relationship of putative gene annotation and phylogeny to enzymatic function in the smallest free-living cells. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 23, n. 4, p. 269-354, 1997.

RAMOS, A. A. A Evolução dos sistemas de produção de grãos: do monocultivo aos sistemas integrados de produção. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. Disponível em: <http://www.abms.org.br/eventosanteriores/cnms2018/CNMS2018_livro_palestras.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2018.

RESENDE, A. V. de; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C. dos; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agrônomicas**, n. 156, p. 1-19, dez. 2016.

RESENDE, A. V. de; SILVA, A. F. da; PASSOS, A. M. A. dos; SILVA, D. D. da; LANDAU, E. C.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C. dos; OLIVEIRA, I. R. de; PIMENTEL, M. A. G.; GONTIJO NETO, M. M.; MIRANDA, R. A. de; MENDES, S. M.; SOUSA, G. F. de; SILVA, M. A.; BORBA, M. G. de; SANTOS, P. R. **Circuito Grãos de Minas**: percepções técnicas preliminares sobre a conjuntura da produção de grãos na região de Patos de Minas-MG, 2017. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017. 33 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 211).

SAKATA, R. A. P.; SABBAG, P. S.; MAIA, J. T. L. S. Ocorrência de aflatoxinas em produtos alimentícios e o desenvolvimento de enfermidades. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1477-1498, 2011.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2000.

SCHMALE III, D. G.; MUNKVOLD, G. P. **Mycotoxins in crops: a threat to human and domestic animal health.** Disponível em: <https://www.academia.edu/10729995/Mycotoxins_in_Crops_A_Threat_to_Human_and_Domestic_Animal_Health>. Acesso em: 21 nov. 2018.

SCUSSEL, V. M. **Micotoxinas em alimentos.** Florianópolis: Insular, 1998.

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de grãos.** Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. p. 675-804.

SHURTLEFF, M. C. **Compendium of corn diseases.** 2. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1986. 105 p.

SILVA, A. F.; ADEGAS, F. S.; CONCENÇO, G. Characterization of emergence flows of volunteer corn as function of the type of harvest grain loss. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 258-267, 2018a.

SILVA, D. D.; AGUIAR, F. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. Molicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução? In: MEDEIROS, F. H. V.; PEDROSO, L. A.; GUIMARÃES, M. de R. F.; SILVA, B. A. A. de S. e; ALMEIDA, L. G. F. de; SILVA, F. de J.; SILVA, R. L. M. da; FERREIRA, L. C.; PEREIRA, A. K. M.; COUTO, T. B. R.; GOMES, V. A.; MEDEIROS, R. M.; VEIGA, C. M. de O.; SILVA, M. de F.; FIGUEIREDO, Y. F.; GATTI, G. V. N.; NICOLLI, C. P. (Ed.). **Novos sistemas de produção.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2017. cap. 4, p. 32-52.

SILVA, D. D.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. Importância das micotoxinas em sistemas produtivos de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras.** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018b. cap. 16, p. 435-462.

SILVA, A. F. da; KARAM, D. Tecnologia altera o manejo do milho. **Campo & Negócios**, v. 11, n. 125, p. 22-23, jul. 2013.

SOLFRIZZO, M.; AVANTAGGIATO, G.; VISCONTI, A. Rapid method to determine sphinganine/ sphingosine in human and animal urine as a biomarker for fumonisin exposure. **Journal of Chromatography B**, v. 692, p. 87-93, 1997.

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: 21 nov. 2018a.

USDA. United States Department of Agriculture. **World agricultural production.** Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>>. Acesso em: 21 nov. 2018b.

USDA. United States Department of Agriculture. **USDA Agricultural projections to 2027**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/projections/>>. Acesso em: 21 nov. 2018c.

USDA. United States Department of Agriculture. **Foreign agricultural service**: custom query. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 30 ago. 2018d.

WESTHUIZEN, L.; SHEPARD, G. S.; SCUSSEL, V. M.; COSTA, L. L. F.; VISMER, H. F.; RHEEDER, J. P.; MARASAS, W. F. O. Fumonisin contamination and *Fusarium* incidence in corn from Santa Catarina, Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5574-5578, 2003.

WHITCOMB, R. F.; CHEN, T. A.; WILLIAMSON, D. L.; LIAO, C.; TULLY, J. G.; CLARK, T. B.; BOVÉ, J. M.; MOUCHES, C.; ROSE, D. L.; COAN, M. E. *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: characterization of the etiological agent of corn stunt disease. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 36, n. 2, p. 170-178, 1986.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Mycotoxins**. Geneva, 1991. (Fact Sheet n° 5).

WORLD TRADE ORGANIZATION. **Statistical data sets**: metadada. Disponível em: <<http://stat.wto.org/StatisticalProgram/WSDDBStatProgramSeries.aspx?Language=E>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

Anexo 1

Sistemas Produtivos Regionais a partir de Estrutura de Custos

A.1. Estrutura de Custos para Primavera do Leste-MT

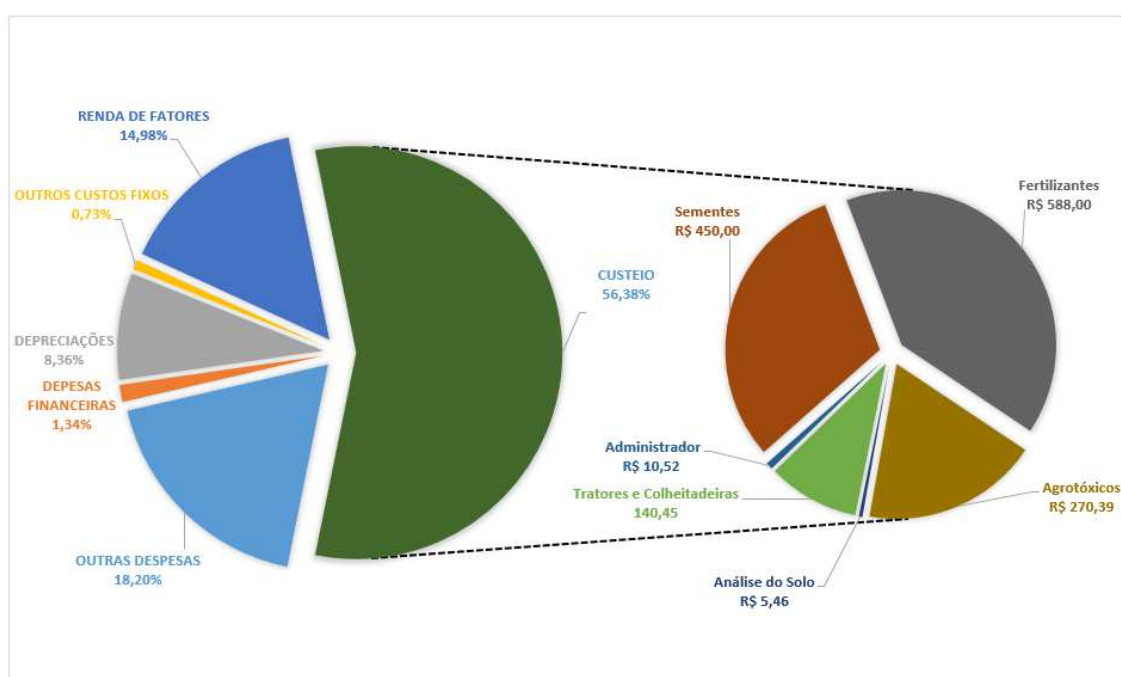


Figura 2. Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Milho – Plantio Direto – Alta Tecnologia – OGM – 2ª Safra 2018/2019, Primavera do Leste-MT
Fonte: Conab (2018). Elaboração ROB/SIRE/Embrapa.

A.2. Estrutura de Custos para Campo Mourão-PR

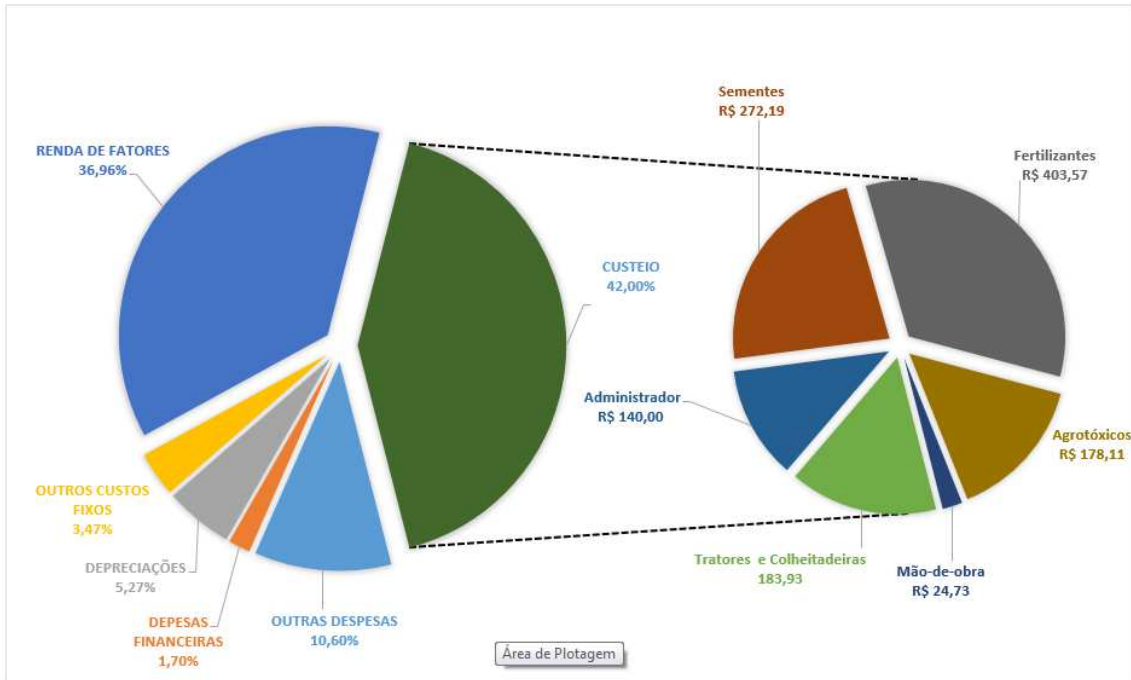


Figura 3. Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Milho – Plantio Direto – Alta Tecnologia – OGM – 2ª Safra 2018/2019, Campo Mourão-PR
 Fonte: Conab (2018). Elaboração ROB/SIRE/Embrapa.

A.3. Estrutura de Custos para Barreiras-BA

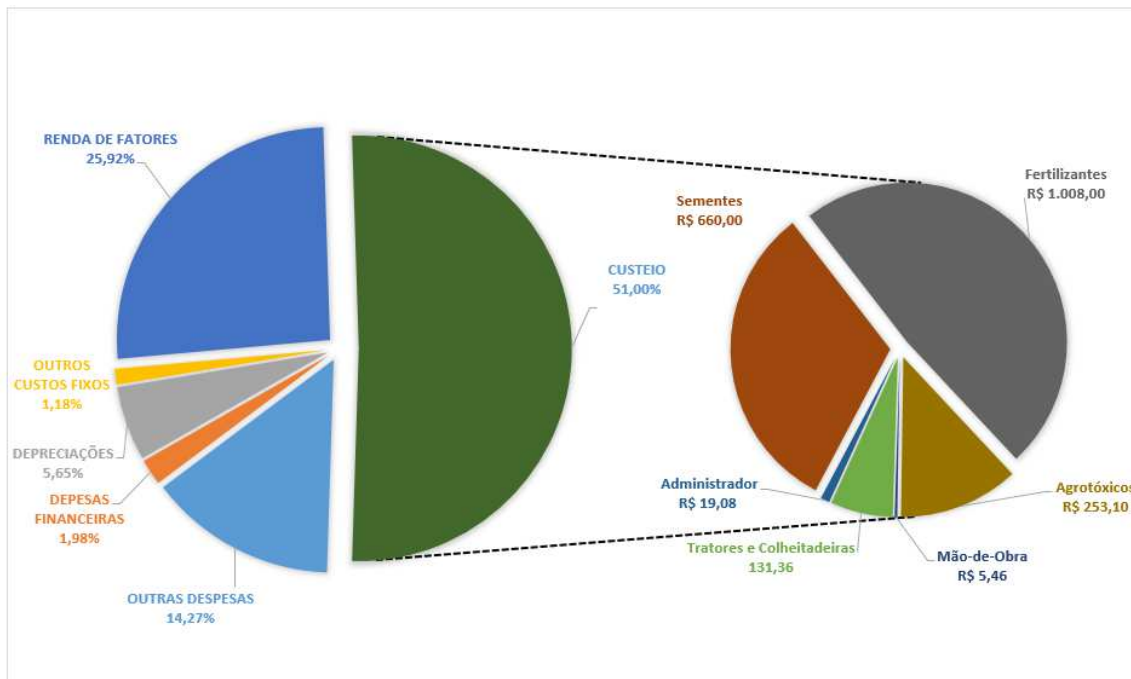


Figura 4. Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Milho – Plantio Direto – Alta Tecnologia – OGM – 2ª Safra 2018/2019, Barreiras-BA.
 Fonte: Conab (2018). Elaboração ROB/SIRE/Embrapa.

A.4. Estrutura de Custos para Unaí-MG

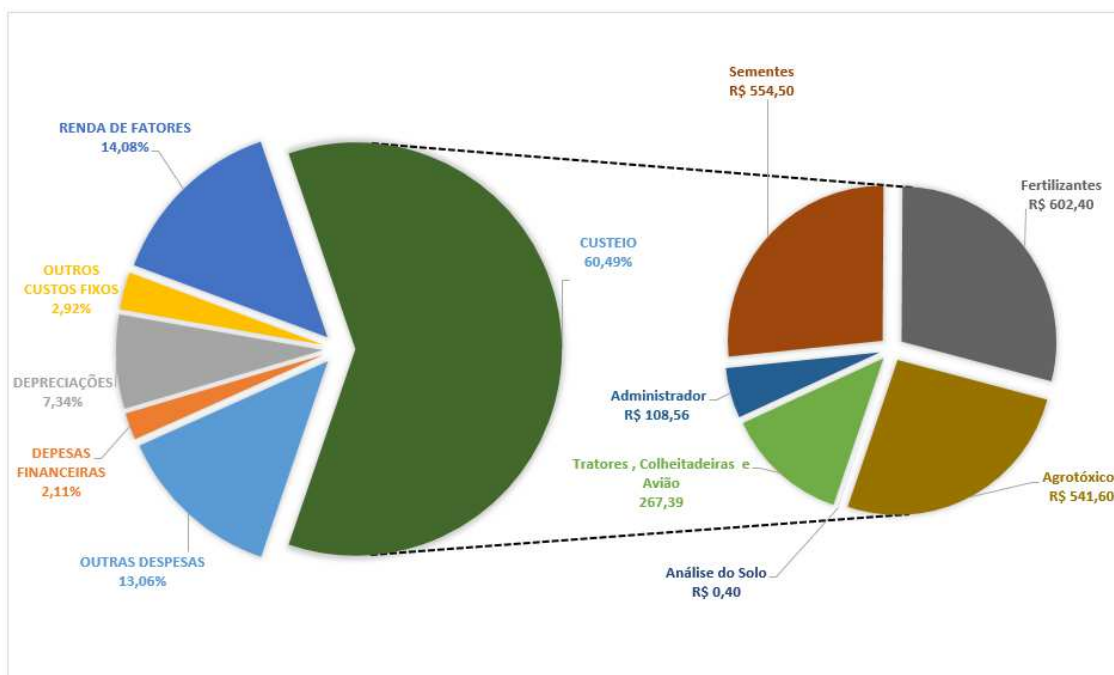


Figura 5. Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Milho – Plantio Direto – Alta Tecnologia – OGM – 2ª Safra 2018/2019, Unaí-MG.
 Fonte: Conab (2018). Elaboração ROB/SIRE/Embrapa.

A.5. Estrutura de Custos para Rio Verde-GO

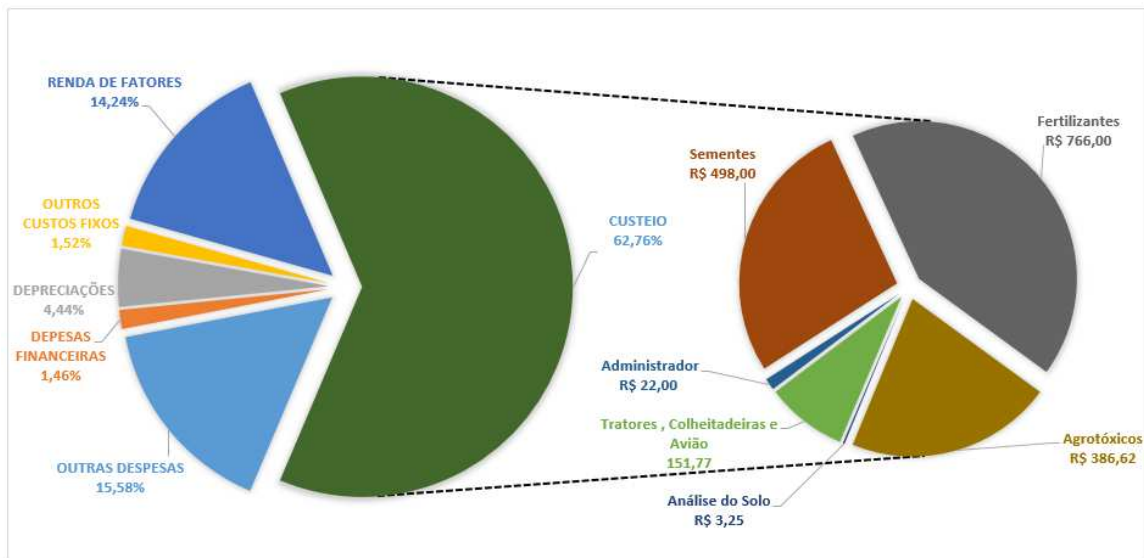


Figura 6. Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Milho – Plantio Direto – Alta Tecnologia – OGM – 2ª Safra 2018/2019, Rio Verde-GO. Fonte: Conab (2018). Elaboração ROB/SIRE/Embrapa.

A.6. Estrutura de Custos para Vilhena-RO

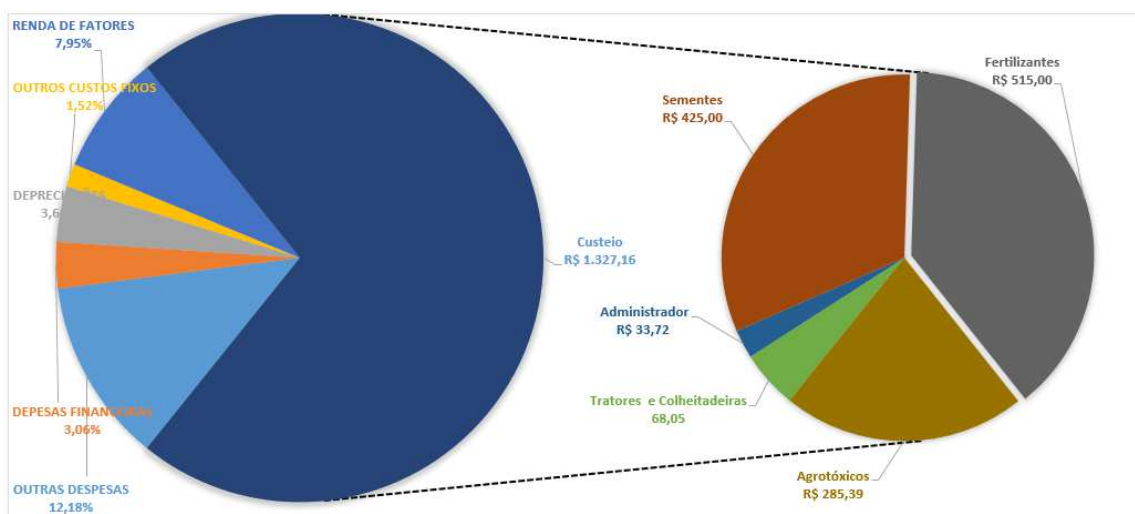


Figura 7. Estimativa dos custos de produção por etapa do processo produtivo. Milho – Plantio Direto – Alta Tecnologia – OGM – 2ª Safra 2018/2019, Vilhena-RO.
Fonte: Conab (2018). Elaboração ROB/SIRE/Embrapa.

[Dados de 2013 a 2017 em https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery) - Acesso Julho de 2018
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TM> de 2012 a 2017. Acesso em julho de 2018

Source: WTO statistics database /
<http://stat.wto.org/StatisticalProgram/WsdbExport.aspx?Language=E>