

Impactos da deficiência hídrica e de altas temperaturas na produtividade da soja no estado do Paraná, safra 2018/2019



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
22

**Impactos da deficiência hídrica e de altas
temperaturas na produtividade da soja
no estado do Paraná, safra 2018/2019**

Sergio Luiz Gonçalves

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n,
acesso Orlando Amaral
Distrito da Warta, Londrina, PR
C.P. 231, CEP 86001-970
Fone:3371-6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja

Presidente
Ricardo Vilela Abdelnoor

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
Alvadi Antonio Balbinot Junior, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Claudine Dinali Santos Seixas, José Marcos Gontijo Mandarin, Liliane Márcia Mertz-Henning, Mariangela Hungria da Cunha, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi.

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall' Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Beatriz Soncela

Foto da capa
Sergio Luiz Gonçalves

1ª edição
PDF digitalizado (2019)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Soja

Gonçalves, Sergio Luiz

Impactos da deficiência hídrica e de altas temperaturas na produtividade
da soja no estado do Paraná, safra 2018/2019 / Sergio Luiz Gonçalves –
Londrina: Embrapa Soja, 2019.

PDF (23 p.) : il. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja,
ISSN 2178-1680 ; n.22).

1.Soja. 2.Deficiência hídrica. 3.Clima. I.Título. II.Série.

CDD 633.34

Sumário

| | |
|------------------------------|----|
| Resumo | 5 |
| Abstract | 6 |
| Introdução..... | 7 |
| Material e Métodos | 8 |
| Resultados e Discussão | 10 |
| Considerações finais | 23 |
| Referências | 23 |

Impactos da deficiência hídrica e de altas temperaturas na produtividade da soja no estado do Paraná, safra 2018/2019

¹Sergio Luiz Gonçalves

Resumo – O presente trabalho resume as condições edafoclimáticas durante a safra de soja 2018/2019 no estado do Paraná enfatizando os principais problemas climáticos ocorridos nos diferentes ambientes de produção e seus impactos sobre a produtividade da cultura. Nas regiões de menor altitude (na faixa de 400 m) localizadas no oeste, noroeste e parte da região norte, foram registradas reduções de distribuição hídrica, com elevação de temperaturas, tanto diurnas quanto noturnas e que causaram impactos negativos na produtividade da soja, com reduções de produtividade de até 37% com relação à safra anterior (2017/2018). Tais impactos foram mais significativos nas áreas cujos solos são de textura média/arenosa. No sul do estado, com maior altitude (acima de 800 m), a redução de chuvas foi menor, as temperaturas mais amenas, incluindo temperaturas diurnas e noturnas, houve um impacto menor na produtividade das lavouras, cuja redução foi de apenas 3% com relação à safra anterior. O trabalho evidencia a importância dos ambientes de produção, destacando que a altitude e a temperatura, além da disponibilidade hídrica, foram os componentes mais diretamente relacionados à produtividade. É importante enfatizar, ainda, que o conhecimento das condições edafoclimáticas de cada região e a definição da época de semeadura que propicia a maior probabilidade da distribuição hídrica ideal durante o ciclo da cultura são fundamentais para o sucesso do cultivo da soja ou de qualquer outra espécie agrícola.

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Impacts of water deficit and high temperature on soybean yield during 2018/2019 growing season, in the state of Paraná, Brazil

Abstract – This paper summarizes the edaphoclimatic conditions for soybean during the 2018/2019 growing crop in the state of Paraná, emphasizing the main climatic problems that occurred in the different production environments and their impacts on crop yield. In the low altitude regions (in the 400 m range) located in the west, northwest and part of the northern region reductions in water distribution were observed, with both daytime and nighttime temperature increases that negatively impacted soybean yield, with reductions of up to 37% compared to the previous season (2017/2018). These impacts were more significant in areas with medium/sandy soils. In the south of the state, with higher altitude (above 800 m), the reduction of rainfall was lower, the day and night temperatures were milder, and the negative impacts on crop productivity were smaller (only 3%) compared to the previous crop. This paper emphasizes the importance of production environments highlighting that altitude and temperature, as well as water availability were the components most directly related to productivity. The regions had their situation aggravated or softened according to the soil texture. It is also important to point out that knowledge of the soil and climatic conditions of each region and the definition of the sowing time to provide the highest probability of optimal water distribution during the crop cycle are fundamental for the success of soybean or any other agricultural species.

Introdução

O Paraná destaca-se como o segundo produtor brasileiro de soja, tendo produzido, na safra 2017/2018, 19,1 milhões de toneladas, correspondendo a 16,7% da produção nacional. Contudo, na safra 2018/2019, a produção de soja no Paraná foi de 16,25, uma quebra equivalente a 2,9 milhões de toneladas, correspondente a 66% da quebra da safra brasileira neste ano (Conab, 2019). A soja é cultivada no período primavera-verão, em diferentes condições edafoclimáticas. Nesse período, a distribuição hídrica é, de modo geral, suficiente para atender às necessidades da cultura em todo o estado.

Geograficamente, o Paraná localiza-se numa região de transição climática, havendo uma grande variabilidade nos fatores climáticos, entre eles a distribuição hídrica e as temperaturas, principalmente em períodos do ano como o outono-inverno. Outra questão importante é que a soja é cultivada em áreas que variam desde 300 até 1100 metros de altitude, que impõe grande variação de temperaturas, tanto diurnas quanto noturnas. No verão, a variabilidade climática é menor. No entanto, mesmo nessa estação, é possível a ocorrência de irregularidades na distribuição hídrica, com alternância de períodos muito chuvosos com períodos secos. Isso pode acarretar prejuízo a várias culturas, entre elas a soja, havendo possibilidades de deficiência hídrica em períodos críticos do desenvolvimento das plantas, como nos estádios fenológicos de florescimento e desenvolvimento dos grãos, principalmente entre o início do mês de novembro até o final de fevereiro, quando toda a área cultivada está no campo. Segundo Farias et al. (2007), a necessidade total de água para a cultura da soja fica entre 450 a 800 mm durante todo o ciclo. Isto é variável com as condições de clima, manejo, ciclo da cultivar, profundidade do perfil do solo, entre outros. Além disso, a distribuição hídrica irregular traz influências negativas com relação à produtividade. Nas fases críticas do início de florescimento até o completo enchimento dos grãos, as necessidades hídricas da soja giram ao redor de 120 a 300 mm (Farias et al., 2007).

Desde o final do ano de 2018 até o início de 2019, a distribuição hídrica no Paraná apresentou uma variabilidade maior que em anos anteriores, tendo ocorrido um volume de chuvas aquém daquele considerado normal. Além disso, foi comum a ocorrência de temperaturas acima da faixa ideal em períodos críticos do desenvolvimento da soja. De modo geral, o momento de maior deficiência hídrica ocorreu entre o início de novembro até o início de

fevereiro. Nas regiões onde a cultura da soja estava no campo nos momentos mais críticos coincidindo com períodos prolongados de deficiência hídrica e altas temperaturas, ocorreram quedas significativas de produtividade, em comparação com a safra anterior (2017/2018).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar as principais condicionantes climáticas ocorridas no Paraná, na safra 2018/2019, especificamente nos períodos de maior anormalidade, descrevendo os seus impactos sobre a produtividade da soja.

Material e Métodos

Utilizou-se um modelo de balanço hídrico climatológico para estimativas de deficiência hídrica no solo, na camada estimada a ser explorada pelo sistema radicular de uma cultura, para períodos decendiais, utilizando-se a metodologia de Thornthwaite e Matter (1955) e calculados em planilha eletrônica, conforme Rolim et al. (1998). Assim, partindo-se de dados de temperatura e chuva, foi realizado um balanço hídrico, que possibilita a visualização das entradas e saídas de água num local, num dado momento do ano. Com isto, puderam ser verificados os períodos de déficit e os de superávit hídrico ao longo do tempo, tornando-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica de um local ao longo do ano. Os dados meteorológicos utilizados foram os da série de dados de estações automáticas do INMET (Tabela 1), obtidos para todo o Paraná (em 20 locais) e uma estação auxiliar em São Paulo, para o período de 1º de setembro de 2018 até 31 de março de 2019.

Utilizou-se, também, a base de dados do portal Climate-data.org (2019), que fornece dados oriundos de um modelo climático, com dados de aproximadamente 220 milhões de pontos e estações meteorológicas espalhadas pelo mundo. Tal base foca o período de 1982 a 2012, sendo atualizada periodicamente, tendo sido utilizada neste trabalho pela disponibilidade de dados médios históricos coincidentes com os locais da série de dados do INMET e a complementariedade com os dados do INMET. Com base nesses dados foi possível a realização de um balanço hídrico histórico e outro especificamente para o período da safra de verão 2018/2019. Esta base de dados permitiu também, o estudo das variações das temperaturas verificadas no mesmo período. Entre 1º de novembro e 10 de fevereiro foi identificado como sendo o período mais seco da safra em todo o estado, sendo o escolhido para os principais cálculos deste trabalho.

Tabela 1. Localização das estações meteorológicas do INMET e as regiões do estado do Paraná de consideração dos dados.

| Local | Latitude | Longitude | Altitude (m) | Região |
|-------------------------|----------|-----------|--------------|--------------------|
| Avaré (SP) | -23.1 | -48.94 | 776 | Norte |
| Campina da Lagoa | -24.57 | -52.8 | 598 | Centro-Oeste/Oeste |
| Castro | -24.78 | -49.99 | 994 | Sul |
| Cidade Gaúcha | -23.35 | -52.93 | 366 | Noroeste |
| Clevelândia | -26.41 | -52.34 | 966 | Sudoeste/Sul |
| Dois Vizinhos | -25.69 | -53.09 | 546 | Sudoeste |
| Foz do Iguaçu | -25.6 | -54.48 | 225 | Oeste |
| General Carneiro | -26.39 | -51.35 | 1009 | Sul |
| Icaraíma | -23.39 | -53.63 | 381 | Noroeste |
| Inácio Martins | -25.56 | -51.07 | 1209 | Sul |
| Japira | -23.77 | -50.18 | 593 | Norte |
| Joaquim Távora | -23.5 | -49.94 | 513 | Norte |
| Laranjeiras do Sul | -25.36 | -52.39 | 835 | Sul |
| Marechal Cândido Rondon | -24.53 | -54.01 | 392 | Oeste |
| Maringá | -23.4 | -51.93 | 549 | Norte/Noroeste |
| Nova Fátima | -23.41 | -50.57 | 664 | Norte |
| Nova Tebas | -24.43 | -51.96 | 656 | Centro-Oeste |
| Paranapoema | -22.65 | -52.13 | 309 | Noroeste/Norte |
| Planalto | -25.72 | -53.74 | 399 | Sudoeste |
| Ventania | -24.28 | -50.21 | 1093 | Sul |

Fonte : INMET (2019)

Os dados de produção e produtividade de soja foram obtidos junto à Secretaria de Agricultura do Paraná, por meio do Departamento de Economia Rural - DERAL, que faz a estimativa de safra oficial para o estado, utilizando-se a atualização de 20 de maio de 2019 (Paraná, 2019). O DERAL, por sua vez, também faz um comparativo da produtividade ocorrida nas duas últimas safras, indicando os percentuais de redução de produção e produtividade por região. No final dos cálculos por local foi feito um balanço hídrico regional, pela síntese dos dados das estações meteorológicas existentes dentro de cada região, sendo que em algumas delas foi necessária a utilização dos dados meteorológicos da região vizinha mais próxima.

Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra a espacialização das 6 regiões produtoras de soja no Paraná, já estabelecidas pelo SEAB/DERAL, considerando dados de produção e produtividade.

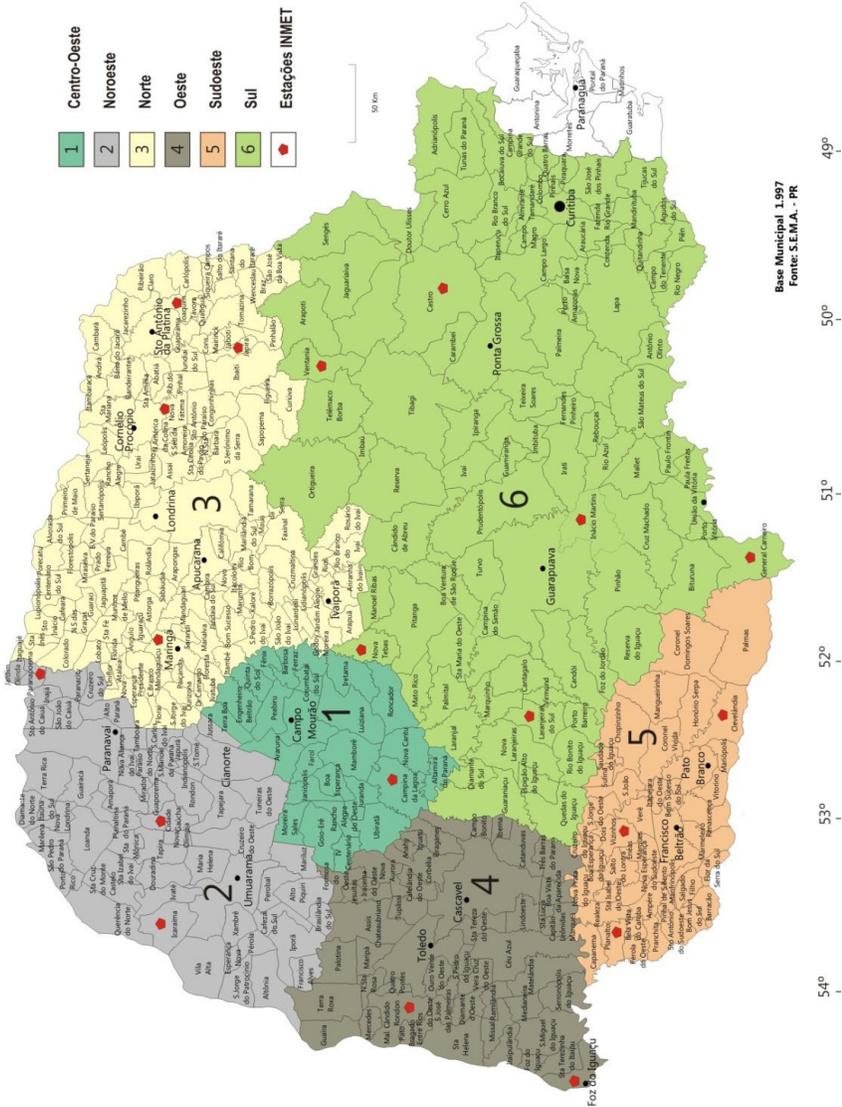


Figura 1. Regiões produtoras de soja no Paraná (DERAL/PR) e localização de estações meteorológicas do INMET, utilizadas na análise climática das condições vigentes na safra 2018/2019

Dentro de cada região, as condições climáticas e de produtividade da soja estão descritas a seguir:

1) Região 1 (centro-oeste): Para esta região foram utilizados os dados das estações meteorológicas do INMET localizadas em Campina da Lagoa e Nova Tebas. Entre 1º de novembro e 10 de fevereiro choveu uma média de 435 mm, significando 15% a menos de chuvas que as médias históricas. As temperaturas médias foram, no mesmo período, aproximadamente 3,0 °C acima da média histórica, contribuindo muito com perdas hídricas por evapotranspiração. As temperaturas mínimas ficaram na faixa de 23,6 °C. Dentro do período acima descrito, a distribuição hídrica ficou abaixo das médias históricas, especialmente em dezembro de 2018, quando choveu 28% a menos que o esperado (Figura 2).

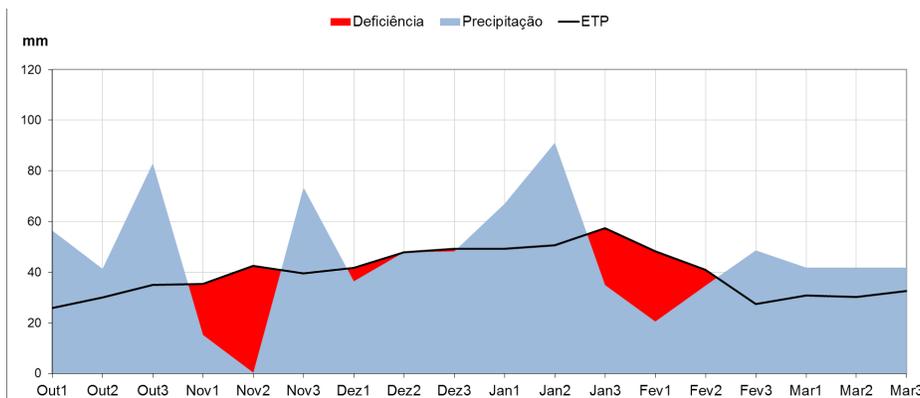


Figura 2. Síntese da oferta e da deficiência hídrica na Região 1 (centro-oeste), safra 2018/2019. (Fonte: INMET; estações meteorológicas de Campina da Lagoa e Nova Tebas, com dados climáticos de setembro de 2018 a março de 2019. Balanço hídrico adaptado de Rolim et al. (1998).

A menor disponibilidade hídrica de novembro e dezembro, coincidindo com lavouras em períodos críticos como o florescimento e a formação de grãos trouxe consequências negativas nas produtividades das lavouras, principalmente naquelas semeadas em setembro. O município referência da região é Campo Mourão. Nesta região, segundo Paraná (2019), foram cultivados, na safra 2018/2019, 680 mil ha de soja, representando 12% da área cultivada no estado. Enquanto a produtividade média da safra 2017/2018 foi de 3492 kg/ha, em 2018/2019 caiu para 2800 kg/ha tendo havido uma redução de 20%.

2) Região 2 (noroeste): Para esta região foram utilizados os dados das estações meteorológicas do INMET localizadas em Cidade Gaúcha, Icaraíma, Maringá e Paranapoema. Entre 1º de novembro e 10 de fevereiro choveu uma média da 366 mm, significando 23% a menos de chuvas que as médias históricas, em toda a região. Porém, o mês de dezembro foi o mais crítico, quando choveu apenas 68 mm, significando apenas 45% do esperado. O balanço hídrico síntese do ocorrido na região está apresentado na Figura 3.

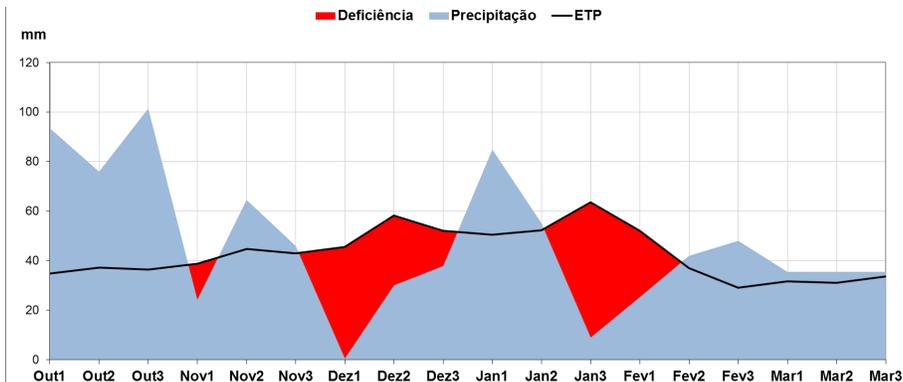


Figura 3. Síntese da oferta e da deficiência hídrica na Região 2 (noroeste), safra 2018/2019. (Fonte: INMET; estações meteorológicas de Icaraíma, Cidade Gaúcha, Maringá e Paranapoema, com dados meteorológicos de setembro de 2018 a março de 2019. Balanço hídrico adaptado de Rolim et al. (1998).

As temperaturas médias foram, no mesmo período, aproximadamente 3,0 °C acima da média histórica, enquanto que as mínimas ficaram ao redor de 25,51 °C. Os solos predominantes em grande parte da região são aqueles de textura média/arenosa, com menor capacidade de retenção de água, principalmente quando não são utilizadas medidas protetivas do solo como plantio direto, plantas de cobertura ou sistemas de integração lavoura-pecuária. Este cenário de menor disponibilidade hídrica, temperaturas mais elevadas e textura do solo contribuiu muito para perdas de água pela alta demanda hídrica da atmosfera. O municípios de referência da região são Paranavaí e Umuarama. Nesta região, segundo Paraná (2019), foram cultivados, na safra 2018/2019, 225 mil ha de soja, representando 4% de toda a área da cultura no estado. A produtividade média da safra 2017/2018 foi de 3461 kg/ha, enquanto que em 2018/2019 caiu para 2174 kg/ha, havendo uma redução de 37%.

3) Região 3 (norte): Pela classificação do DERAL, esta é a principal região produtora de soja do Paraná, totalizando 1.530.530 hectares nesta última safra, representando 28% de toda a área cultivada no estado. Para esta região foram utilizados os dados das estações meteorológicas do INMET localizadas em Japira, Joaquim Távora, Nova Fátima, Paranapoema e Maringá, no Paraná e Avaré, em São Paulo. Nesta região, como nas demais, foram identificados períodos de deficiência hídrica entre o início de novembro a meados de fevereiro (Figura 4).

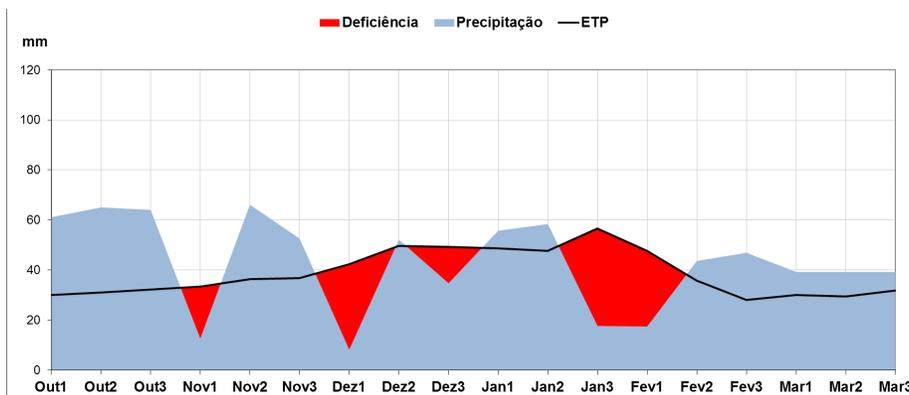


Figura 4. Síntese da oferta e da deficiência hídrica na Região 3 (norte), safra 2018/2019. (Fonte: INMET; estações meteorológicas de Paranapoema, Maringá, Japira, Nova Fátima e Joaquim Távora no Paraná e Avaré em São Paulo, com dados de setembro de 2018 a março de 2019. Balanço hídrico adaptado de Rolim et al. (1998).

Neste período choveu uma média de 375 mm, significando 24% a menos de chuvas que as médias históricas, em toda a região. Devido ao tamanho e representatividade da região ocorreu uma variação de períodos chuvosos com períodos secos em vários pontos. De modo geral, o mês de dezembro foi o mais crítico, tendo chovido apenas 95 mm, o que representou aproximadamente 63% das chuvas esperadas. As temperaturas médias, foram, no mesmo período, aproximadamente 2,7 °C acima da média histórica. As mínimas, por sua vez, ficaram na média de 23,78 °C. Porém, nesta região, os solos predominantes são de textura argilosa, com maior capacidade de retenção de água. Assim, apesar da diminuição de chuvas e das perdas hídricas por evapotranspiração, os déficits ocorridos no solo foram um pouco menores que na região noroeste. Este comportamento pode ser observado quando se avalia a queda na produtividade nas safras 2017/2018 e 2018/2019. Enquanto a

produtividade média da safra 2017/2018 foi de 3442 kg/ha, em 2018/2019 caiu para 2866 kg/ha, havendo, no geral, uma redução de 17%.

Em função da maior área de produção de soja nesta grande região as produtividades foram mais variáveis. O núcleo regional de Apucarana, por exemplo, registrou queda de produtividade com relação ao ano anterior de apenas 8%. Ressalta-se que nesta região os solos são argilosos, com altitude acima de 700 m, com menor amplitude de temperaturas. Nos outros pontos as quedas de produtividade foram maiores, sendo de 17% em Cornélio Procopio; 16% em Ivaiporã; 11% em Jacarezinho; 15% em Londrina. As maiores quedas de produtividade dentro da região norte ocorreram na sub-região de Maringá, localizada numa altitude menor, onde existem muitas áreas com predominância de solos de textura média/arenosa, tendo ocorrido uma diminuição de produtividade de 27%.

4) Região 4 (oeste): Para esta região foram utilizados os dados das estações meteorológicas localizadas em Foz do Iguaçu, Planalto, Marechal Cândido Rondon e Campina da Lagoa. Entre 1º de novembro e 10 de fevereiro choveu uma média de 405 mm, significando 26% a menos de chuvas que as médias históricas, em toda a região (Figura 5). Porém, houve forte deficiência hídrica nos meses de novembro e dezembro, quando choveu apenas 168 mm, significando apenas 56% das chuvas esperadas. Isto coincidiu com os períodos mais críticos do desenvolvimento das plantas de soja, prejudicando lavouras nos estádios de florescimento e enchimento de grãos, principalmente para aquelas semeadas mais cedo, no mês de setembro, como já descreveram Gonçalves e Foloni (2019).

As temperaturas médias, foram, no mesmo período, aproximadamente 2,0 °C acima da média histórica, enquanto que as mínimas ficaram na faixa de 24,44 °C. Os municípios de referência da região são Cascavel e Toledo. Nesta região foram cultivados, na safra 2018/2019, 1.013.511 ha de soja, representando 19% da área de soja de todo o estado. A produtividade média da safra 2017/2018 foi de 3464 kg/ha, enquanto que em 2018/2019 caiu para 2590 kg/ha, havendo uma redução de 25%. No entanto, dentro desta região, em função de diferentes épocas de semeadura e diferenças de relevo, as quedas de produtividade foram diferenciadas, ficando ao redor de -15% em Cascavel, região com altitude próxima a 600 m. Na região de Toledo, por sua vez, e nas proximidades do lago de Itaipu e vale do Iguaçu, com altitudes

inferiores a 400 m, a época de semeadura muito cedo expôs as plantas à forte deficiência hídrica e ao calor nos momentos mais críticos, observando-se então perdas mais severas ficando na faixa de 36%.

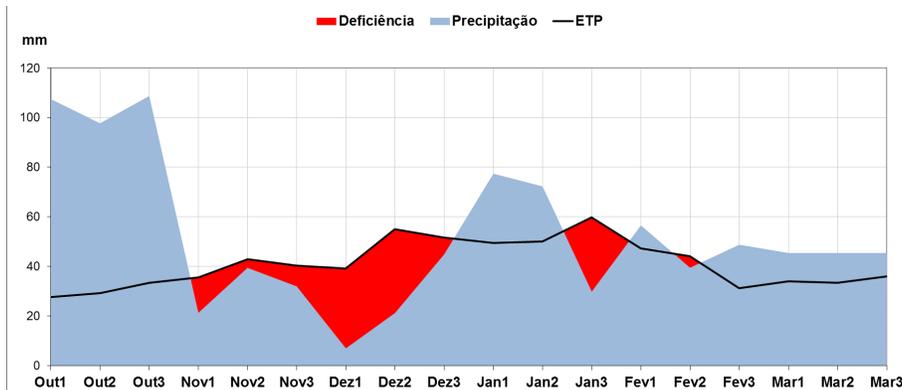


Figura 5. Síntese da oferta e da deficiência hídrica na Região 4 (oeste), safra 2018/2019. (Fonte: INMET; estações meteorológicas de Campina da Lagoa, Foz do Iguaçu e Marechal Cândido Rondon e Planalto, com dados de setembro de 2018 a março de 2019. Balanço hídrico adaptado de Rolim et al. (1998).

5) Região 5 (sudoeste): Para esta região foram utilizados os dados das estações meteorológicas localizadas em Planalto, Dois Vizinhos e Clevelândia. Entre 1º de novembro e 10 de fevereiro choveu uma média da 449 mm, significando 25% a menos de chuvas que as médias históricas, em toda a região. Porém, o mês de dezembro foi o período mais prolongado de deficiência, quando choveu apenas 36% do esperado inicialmente, principalmente nas sub-regiões de menor altitude, de Planalto e Dois Vizinhos. As temperaturas médias foram, no mesmo período, aproximadamente 2,7 °C acima da média histórica. As temperaturas mínimas ficaram, na média, ao redor de 22,76 °C. No entanto, nas regiões mais baixas de Planalto e Dois Vizinhos, ela ficou em torno de 23,76 °C, enquanto que em Clevelândia, localizada em maior altitude ficou em torno de 20,75 °C, com influência na produtividade. A síntese regional do balanço hídrico está na Figura 6.

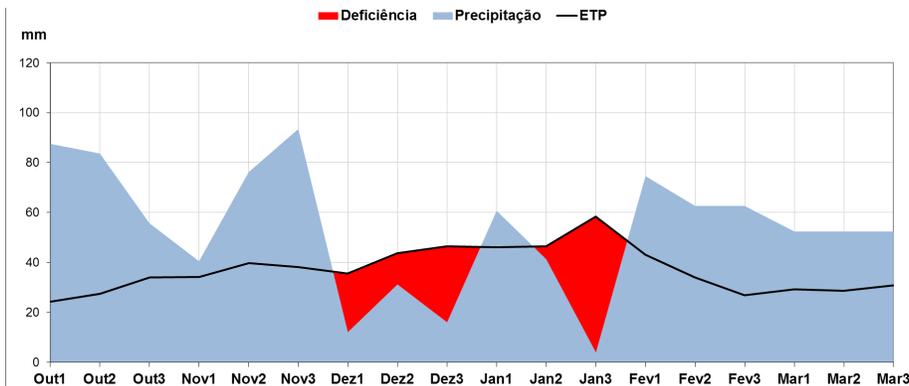


Figura 6. Síntese da oferta e da deficiência hídrica na Região 5 (sudeste), safra 2018/2019. (Fonte: INMET; estações meteorológicas de Clevelândia, Dois Vizinhos e Clevelândia, com dados de setembro de 2018 a março de 2019. Balanço hídrico adaptado de Rolim et al. (1998).

Os municípios de referência da região sudoeste são Francisco Beltrão e Pato Branco. Nela foram cultivados, na safra 2018/2019, 584.800 mil ha, representando 11% da área de soja do Paraná. A produtividade média em 2017/2018 foi de 3734 kg/ha, enquanto que em 2018/2019 caiu para 3247 kg/ha, havendo uma redução de 13%. Em função das diferenças de ambientes de produção dentro da região, em Francisco Beltrão as quedas de produtividade ficaram ao redor de -18%. Esta queda de produtividade pode ser melhor explicada pelos dados colhidos nas estações meteorológicas de Planalto e Dois Vizinhos, mais próximas a Francisco Beltrão, onde foram registrados índices de deficiência hídrica e temperaturas mais elevados do que em Clevelândia, mais próxima a Pato Branco, que teve queda de produtividade da soja de apenas 9%. A menor queda de produtividade em Pato Branco demonstra a estreita relação do ambiente de produção nas produtividades das culturas.

6) Região 6 (sul): Pela classificação do DERAL, esta é a segunda maior região produtora do Paraná com 1.405.151 hectares nesta última safra, representando 26% de toda a área de soja cultivada no estado. Para esta região foram utilizados os dados das estações meteorológicas localizadas em Castro, Ventania, Inácio Martins, Laranjeiras do Sul, Clevelândia e General Carneiro. Nesta região, como nas demais, foram identificados períodos de deficiência hídrica entre o início de novembro e meados de fevereiro, porém

em menor intensidade. Neste período choveu uma média da 490 mm, significando apenas 8% a menos de chuvas que as médias históricas, em toda a região. Com a distribuição hídrica ocorrida não foram verificados períodos prolongados de deficiências importantes, com três ou mais decêndios muito secos, por exemplo, como pode ser visualizado na Figura 7.

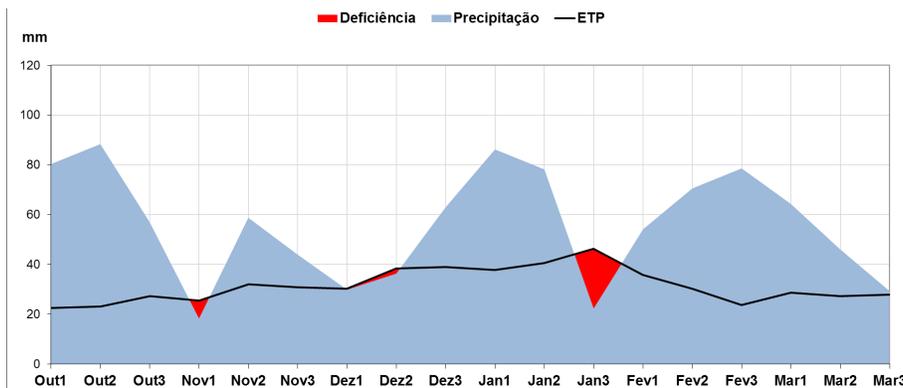


Figura 7. Síntese da oferta e da deficiência hídrica na Região 6 (sul), safra 2018/2019. (Fonte: INMET; estações meteorológicas de Castro, Clevelândia, General Carneiro, Inácio Martins, Laranjeiras do Sul e Ventania, com dados de setembro de 2018 a março de 2019. Balanço hídrico adaptado de Rolim et al. (1998).

Mesmo assim, a distribuição hídrica não foi uniforme em toda a região, havendo pontos onde a deficiência hídrica foi ligeiramente maior que em outros. As temperaturas médias foram, no mesmo período, aproximadamente 2,0 °C acima da média histórica. As temperaturas mínimas foram as mais baixas, considerando todas as regiões, ficando, na média, em 20,39 °C. Os solos predominantes são de textura argilosa, com maior capacidade de retenção de água e muitas áreas produtoras da região estão situadas acima de 800 m de altitude. De modo geral, as reduções de produtividade foram menores que em todas as outras regiões. Aqui a produtividade média da safra 2017/2018 foi de 3617 kg/ha, enquanto que em 2018/2019 caiu para 3507 kg/ha, havendo, no geral, uma redução de apenas 3%. Devido ao tamanho da região, a irregularidade da distribuição hídrica, como em outras, trouxe variabilidade na produtividade. No núcleo regional de Laranjeiras do Sul, por exemplo, houve redução de produtividade com relação ao ano anterior, de 8%. As quedas de produtividade em outros pontos foram de 3% na sub-região de Curitiba, 5%

em Ponta Grossa e 4% em Guarapuava. Nesta região, observou-se também, um aumento de produtividade com relação ao ano anterior, como a que foi verificada no núcleo regional de União da Vitória (+1%) e em Irati com um aumento na produtividade em 7%.

A metodologia utilizada neste trabalho tem limitações e pode ser considerada uma aproximação, mostrando tendências do que efetivamente ocorreu no Paraná, em termos de distribuição hídrica e variações de temperatura, na safra 2018/2019 e as suas consequências sobre a produtividade da soja. A limitação de dados meteorológicos permitiu apenas que pudessem ser feitos balanços hídricos climatológicos para poucos locais. As condições regionais foram obtidas pela junção e sínteses da distribuição hídrica dentro das regiões, sendo que houve necessidade da utilização dos dados de algumas estações meteorológicas auxiliares, localizadas mesmo fora da região em estudo. No entanto, mesmo com as limitações impostas pela ausência de dados em muitos pontos, foi possível verificar a redução de distribuição hídrica e elevação das temperaturas nas diferentes regiões do estado. O período focado pelo estudo, como já foi especificado, foi de setembro de 2018 a março de 2019. Porém, como a distribuição hídrica ficou mais irregular em todo o estado entre novembro e meados de fevereiro, tal período foi o escolhido para os principais cálculos. Além disso, foram focados também os subperíodos mais críticos dentro de cada grande região, que estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2. Síntese das condições climáticas e das reduções de produtividade nas regiões produtoras de soja do estado do Paraná, na safra 2018/2019.

| Região | Redução de chuvas de 01/nov. a 10/fev. | Período mais crítico | Redução de chuvas no período mais crítico | Temp. acima da média no período mais crítico | Temp. mín. (média) de 01/nov. a 10/fev. | Altitude média ² | Redução da produtividade ³ |
|--------------|--|------------------------|---|--|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| | (%) | - | (%) | (°C) | | (m) | (%) |
| Centro Oeste | 15 | Dezembro | 28 | 2,7 | 23,36 | 627 | 20 |
| Noroeste | 23 | Dezembro | 55 | 3,2 | 25,51 | 401 | 37 |
| Norte | 24 | Dezembro | 37 | 3,1 | 23,78 | 567 | 17 |
| Oeste | 26 | Nov. e Dez. | 44 | 1,9 | 24,44 | 403 | 25 |
| Sudoeste | 25 | Dezembro | 64 | 2,1 | 22,76 | 637 | 13 |
| Sul | 8 | Dez 2 e 3 ¹ | 41 | 2,4 | 20,39 | 1071 | 3 |

¹Segundo e terceiro decêndios de dezembro.

²Altitude média da localização das estações meteorológicas utilizadas para a região.

³Reduções de produtividade com relação à safra de 2017/2018, para a safra 2018/2019 (DERAL/PR).

Foi possível observar que ocorreu uma diminuição na disponibilidade hídrica acima de 20% nas regiões noroeste, norte, oeste e sudoeste. Apenas no centro-oeste e no sul, ela ficou abaixo dos 20%. Porém, de modo geral, o período mais crítico com relação à deficiência hídrica em todo o Paraná foi o mês de dezembro, com exceção do sul, quando tal deficiência ocorreu em apenas dois decêndios do mês. Por outro lado, na região oeste, além de dezembro, também o mês de novembro foi bastante seco, mostrando o mais longo período de deficiência ocorrido no estado, quando o solo ficou em deficiência por aproximadamente 60 dias.

As temperaturas médias nos períodos mais críticos de deficiência hídrica sempre estiveram acima das médias históricas, em torno de 2,0 a 3,0 °C, o que contribuiu para as perdas hídricas por evapotranspiração, principalmente quando este período de déficit foi mais prolongado. Foi possível verificar também, diferenças nas temperaturas mínimas nas diferentes regiões.

As Figuras 8 e 9 ilustram, de modo geral, o cenário descrito acima, de lavouras com deficiente formação de grãos, que foram comuns em várias regiões do estado.

Foto: Sergio Luiz Gonçalves



Figura 8. Vagem de soja com deficiente formação de grãos, em área de Marechal Cândido Rondon, oeste do Paraná, na safra 2018/2019.

Foto: Sergio Luiz Gonçalves



Figura 9. Amostra de soja com deficiente formação de grãos, coletada em área de Entre Rios do Oeste, oeste do Paraná, na safra 2018/2019.

Além da redução das produtividades, causadas pela redução hídrica e aumento das temperaturas, outro efeito danoso foi a inerente queda de qualidade dos grãos, estendendo os prejuízos também ao setor industrial. Isto porque estresses, como por exemplo, seca e altas temperaturas podem ocasionar a formação de grãos pequenos, enrugados, descoloridos e imaturos de coloração esverdeada, contribuindo para a elevação dos custos de produção de óleo (Mandarino, 2012).

Diversos fatores podem interferir na produtividade das culturas agrícolas. Fertilidade e manejo dos solos e a sua capacidade de retenção de água, as boas práticas agrícolas, como o controle de pragas e doenças, entre outros, que são fatores controláveis. Contudo, outros fatores, como as condições climáticas têm importância fundamental, porém, com o agravante de não serem controláveis. São decisivos para a obtenção de elevados patamares de produtividades a radiação solar, as temperaturas predominantes e a disponibilidade hídrica. A radiação solar é responsável pelo processo de fotossíntese, pelo qual as plantas acumulam reservas, ocorrendo durante o dia. No entanto, o processo de respiração consome parte dos fotoassimilados, pelo

aumento das atividades enzimáticas, sendo que tal processo é potencializado por altas temperaturas, principalmente à noite. Como a planta só faz fotossíntese de dia, altas temperaturas noturnas contribuem para o aumento do processo respiratório, que consome parte da energia acumulada de dia pelo processo fotossintético (Taiz; Zeiger, 2010).

A redução de água, inviabiliza o desenvolvimento normal das plantas, sendo que a disponibilidade hídrica só pode ser controlada quando a cultura é irrigada. A água no solo é fundamental para a implementação da cultura no campo e o desenvolvimento inicial das plantas. É mais importante ainda nos momentos de florescimento e formação de grãos, sendo pouco importante nos períodos próximos à colheita. Um dos fatores que podem ajudar a racionalizar a sua utilização é a definição da época de semeadura que, juntamente com o ciclo das cultivares, permite a coincidência dos períodos mais críticos, principalmente o de florescimento e enchimento de grãos, com o período de maior probabilidade de ocorrência de chuvas. Obtém-se assim, o melhor aproveitamento da distribuição hídrica naturalmente disponível. Tais aspectos são fundamentais para boas produtividades.

Na safra de 2018/2019, no entanto, a diminuição da oferta hídrica, juntamente com elevações de temperatura, ocorreu em momentos em que muitas lavouras estavam em períodos críticos em grande parte do Paraná. As épocas de semeadura antecipadas, como por exemplo, a de setembro, verificadas principalmente no oeste, coincidiram com o intenso calor e o prolongado déficit hídrico no solo em novembro e dezembro, que contribuíram decisivamente para as perdas ocorridas na região, principalmente nas áreas de menor altitude, próximas ao lago de Itaipu e vale do Iguaçu. O norte e o noroeste tiveram ofertas hídricas semelhantes, sendo as regiões onde as temperaturas médias foram as mais elevadas. Porém, as temperaturas mínimas no noroeste foram as mais elevadas do estado. As perdas de produtividade no norte foram menores, favorecido, provavelmente, pela menor intensidade do déficit nos períodos mais críticos, pelas temperaturas noturnas mais amenas que as do noroeste e pela maior capacidade de retenção de água dos seus solos argilosos. No noroeste, as perdas foram relativamente maiores porque houve uma junção de fatores negativos representados pela menor altitude, a elevação de temperatura verificada, incluindo as temperaturas noturnas e a predominância de solos de textura média/arenosa. Tais fatores juntos favoreceram muito as perdas hídricas. O resultado foi que, nesta região, ocorreram

as maiores quedas de produtividade do estado. Na região sul, a distribuição hídrica foi ligeiramente menor que aquela que ocorre normalmente e as temperaturas foram menos elevadas, incluindo as temperaturas noturnas, principalmente nas áreas de maior altitude. Tais fatores favoreceram a produtividade, que ficou próxima do que se esperava inicialmente. Nesta região, o sistema de cultivo exclui o milho safrinha (segunda safra) em função de baixas temperaturas. O sistema é composto pela soja e o trigo, sendo a soja cultivada numa época mais favorável, pela semeadura de outubro e novembro. O mesmo não acontece no oeste, onde existe uma pressão do cultivo da soja em setembro, o que nem sempre é o ideal, em função do posterior cultivo do milho em segunda safra. No centro-oeste e no sudoeste, os itens comentados acima ficaram em condição intermediária com relação aos fatores climáticos e à produtividade.

Pela síntese exposta na Tabela 2, as temperaturas mínimas foram menores nas regiões mais altas. Temperaturas mínimas estão associadas às temperaturas noturnas, uma vez que ocorrem principalmente em meio às madrugadas. O que se pode depreender das observações no campo e dados climáticos é que esse processo teve importância nas produtividades verificadas no Paraná juntamente com a restrição hídrica. É possível visualizar que nas regiões mais baixas do estado, numa faixa de altitude em torno de 400 m, como o oeste e o noroeste, ocorreram reduções de produtividade ao redor de 31%. Nas regiões um pouco mais altas, em torno de 600 a 700 m de altitude, como o centro-oeste, o sudoeste e o norte, as reduções de produtividade ficaram, na média, em 16%. Por fim, nas áreas do sul, localizadas em numa faixa de altitude mais elevada, entre 800 a 1000 m, a distribuição hídrica foi melhor, as temperaturas mais amenas e as reduções de produtividade foram de apenas 3%.

Considerações Finais

Existem vários fatores que influenciam diretamente na produtividade das lavouras. No entanto, as condições climáticas têm efeitos diretos no metabolismo das plantas, podendo influenciar negativamente na sua produção.

Além das questões relativas ao clima, este levantamento evidencia a importância dos ambientes de produção para a obtenção de elevadas produtividades ou o efeito do ambiente de produção na diminuição das variações climáticas. Altitude e temperatura, além da disponibilidade hídrica foram componentes diretamente relacionados à produtividade. Além disso, os solos tiveram uma participação importante, uma vez que, dependendo da sua textura, a região teve a situação agravada ou amenizada.

É importante enfatizar ainda, que o conhecimento das condições climáticas de cada região, dos seus solos e do ciclo das cultivares permite a definição da melhor época de semeadura, sendo este item fundamental para o aumento das probabilidades de sucesso no cultivo da soja ou de qualquer outra espécie agrícola.

Todo este cenário ajuda a entender a significativa redução na produção total paranaense de soja (Paraná, 2019), da ordem de 15%, que fora de 19 milhões de toneladas em 2017/2018 e caiu para 16 milhões de toneladas em 2018/2019.

Referências

- CLIMATE-DATA.ORG. **Base de dados climáticos para o estado do Paraná**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org>>. Acesso em: 31 mai. 2019.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, v. 6, safra 2018/19, n. 9 - nono levantamento, jun. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/grãos>>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 48).
- GONÇALVES, S. L.; FOLONI, J. S. S. **Perdas por deficiência hídrica em soja, nas regiões oeste do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul, safra 2018/2019**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 11 p. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 95).
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MANDARINO, J. M. G. **Grãos verdes: influência na qualidade dos produtos à base de soja - Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 5 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 90).

PARANÁ. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Departamento de Economia Rural (DERAL). **Estimativas de safra**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de culturas e de produtividade real e potencial. **Revista de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th. ed. Sunderland, MA: Sinauer, 2010. 782 p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology).

