

Capítulo 2

Resiliência de sistemas de integração lavoura-pecuária a veranicos na região Central de Minas Gerais

Daniel Pereira Guimarães
Paulo Emílio Pereira de Albuquerque
Elena Charlotte Landau
Ramon Costa Alvarenga
Gabriel Ribeiro Brandão



Foto: Daniel Pereira Guimarães

Introdução

As excelentes condições edáficas e climáticas dos Cerrados permitiram a rápida expansão da agropecuária nacional, fazendo com que o setor agrícola tenha grande contribuição no produto interno bruto do País e em sua pauta de exportações. A oferta hídrica proporcionada pelo regime de chuvas no Brasil permite que 92,5% das lavouras sejam cultivadas pelo uso de águas oriundas do ciclo hidrológico e apenas 7,5% sejam dependentes do aporte de água de irrigação (Agência Nacional de Águas, 2020), enquanto, de acordo com Mantovani et al. (2012), a metade dos alimentos produzidos no mundo depende do uso da irrigação. Por outro lado, a incidência de chuvas de altas intensidades e altas temperaturas e radiação solar são fatores que contribuem para a degradação dos solos e a consequente perda de produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários. De acordo com Santos e Martins (2016), a agricultura constitui uma ação de alto risco, com sérias consequências para a sociedade e reflexos na segurança alimentar e na área econômica. As perdas relacionadas aos riscos climáticos são provocadas por vendavais, chuvas de altas intensidades, alagamentos, geadas, granizos, altas temperaturas e, principalmente, pela ocorrência de períodos de estiagens durante o crescimento das culturas, denominados de veranicos.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (Zarc), instrumento orientador das épocas mais adequadas para o plantio das principais culturas agrícolas no Brasil, tem como base a disponibilidade hídrica durante as fases críticas de crescimento que correspondem ao florescimento e ao crescimento dos frutos. Essa metodologia vem sendo aprimorada desde a elaboração do primeiro zoneamento agrícola realizado no Brasil, em 1995 (Steinmetz; Silva, 2017). A análise do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (Isna) trata exatamente da ocorrência de estiagens durante a estação chuvosa, ou seja, dos veranicos. Melo et al. (2020) mostram a importância de incluir outras fases do crescimento das culturas nas análises de riscos climáticos. Monteiro et al. (2019) apontam que a deficiência hídrica responde pela explicação de 83% das variações de produtividade da soja na região Sul do Brasil.

A disponibilidade hídrica dos solos depende também das características inerentes ao solo, como textura, profundidade, teor de matéria orgânica e cobertura da superfície. Santos (2017) mostra o impacto da cobertura morta de

palhada de cana-de-açúcar em decomposição sobre a temperatura e umidade de diferentes tipos de solo em São Paulo, SP. A adoção dos sistemas de plantio direto na palha trouxe expressivos ganhos em produtividade e na sustentabilidade ambiental da agricultura brasileira.

Sistemas de produção agrícola sustentáveis, resistentes às adversidades climáticas e altamente produtivos são fundamentais para garantir a segurança alimentar no futuro tendo em vista a expansão populacional do planeta para cerca de 9,7 bilhões de indivíduos em 2050, de acordo com as projeções feitas pela Organização das Nações Unidas (ONU). Na área agrícola, foram observados grandes avanços nesse sentido com o uso de plantas de cobertura do solo e o uso de plantio direto na palha. Ainda existem grandes áreas de pastagens degradadas no Brasil, locais onde os avanços são menos proeminentes. A implantação das áreas de pastagens na região dos Cerrados foi feita sem levar em conta muitos critérios técnicos. De acordo com Kichel et al. (2019), foram estabelecidas em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, sendo usados, em muitos casos, solos marginais e inadequados para o uso agrícola. De acordo com a FAO (Bruinsma, 2003), as áreas de pastagens correspondem ao dobro das áreas destinadas à agricultura e culturas permanentes e são responsáveis por grandes impactos ambientais, como o desflorestamento, especialmente na América Latina, a degradação dos solos em função do sobrepastoreio, o aumento da desertificação, a redução da biodiversidade, o aumento da poluição e a emissão de gases de efeito estufa. Carvalho et al. (2017) informam que 80% das pastagens cultivadas no Brasil encontram-se degradadas, ou seja, incapazes de suprir os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais nos sistemas de produção agropecuários. Com a utilização de geotecnologias, Andrade et al. (2016) mostram que em Minas Gerais cerca de 2 milhões de hectares de áreas de pastagens apresentam tendências de aumento nos processos de degradação. Broom (2019) mostra a grande importância do uso de sistemas agropastoris no aumento da produtividade, redução da área plantada, melhoria no conforto animal e ganhos na sustentabilidade ambiental. Gontijo Neto et al. (2018) citam ainda melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, redução dos custos de produção, otimização do uso de máquinas, implementos, insumos e mão de obra, redução no uso de agroquímicos, melhoria na qualidade da água e recarga

do lençol freático, fixação do carbono no solo e menor emissão de gás metano de origem animal.

Este capítulo tem o objetivo de avaliar o impacto causado pela incidência de veranicos sobre o desempenho de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), em Sete Lagoas, Minas Gerais, com relação à temperatura, à evapotranspiração, à disponibilidade hídrica e à análise de riscos climáticos.

Caracterização do local

Com o objetivo de buscar mais conhecimentos sobre os consórcios de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), a Embrapa Milho e Sorgo vem conduzindo diferentes arranjos experimentais desde 2005, na cidade de Sete Lagoas, MG. O estado de Minas Gerais é o principal produtor leiteiro e detém o quarto maior rebanho bovino do País. O clima local e predominante em quase toda a região dos Cerrados é classificado, de acordo com a classificação de Köppen, como *Aw* – Tipo *A*: megatérmico (tropical úmido) – com temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C e subtipo *w* – inverno seco e chuvas máximas de verão (Macena et al., 2008). A área experimental foi instalada em Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa e relevo suavemente ondulado.

Bases de dados climatológicos

A Estação Climatológica Principal de Sete Lagoas pertence à rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, órgão oficial da meteorologia no País. A estação convencional, operada manualmente, foi instalada nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, Minas Gerais, coordenadas geográficas 19°29'4,37" latitude S e 44°10'25,66" longitude W e altitude de 755 m. A estação convencional operou desde 3 de maio de 1926, sendo que a partir de abril de 2016 foi substituída pela estação meteorológica de superfície automática com as coordenadas geográficas 19°27'18,69" latitude S, 44°10'22,89" longitude W e altitude de 728 m. Nas estações convencionais, as variáveis atmosféricas registradas pelos sensores são: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, insolação e direção e velocidade do vento. Nas estações automáticas é avaliada a

incidência de radiação solar ao invés do número de horas de brilho solar (insolação). A caracterização climática de Sete Lagoas envolveu a série histórica de 90 anos entre 1930 e 2020.

Climatologia e riscos climáticos

A série histórica permitiu a determinação das normais climatológicas de chuva, temperatura, umidade relativa para análises de tendências futuras. Determinaram-se também as normais de evapotranspiração potencial ou de referência calculadas pelo método de Penman Monteith (Allen et al., 1998), Equação 2.1:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \lambda \frac{900}{(T + 273)} U_2(es - ea)}{\Delta + \lambda (1 + 0,34U_2)} \quad (2.1)$$

em que

ET_o = evapotranspiração de referência (mm d^{-1}).

R_n = saldo de radiação na superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

G = fluxo de calor sensível no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

T = temperatura média do ar a 2 m do solo ($^{\circ}\text{C}$).

U_2 = velocidade do vento a 2 m (m s^{-1}).

es = pressão de saturação de vapor (kPa.),

ea = pressão parcial de vapor (kPa).

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

λ = coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

A caracterização dos veranicos não tem um padrão definido. Magalhães et al. (2019) e Nogueira (2019) usaram como critério o número de dias consecutivos sem a ocorrência de chuvas ou com precipitações inferiores a 2 mm dia^{-1} , de acordo com os conceitos adotados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) (Moreira, 2018). Gaia et al. (2017) e Jacondino et al. (2018) consideram precipitações nulas ou inferiores a 1 mm dia^{-1} . Silva e Rao (2002), analisando a probabilidade da ocorrência de veranicos no Ceará, adotaram a ausência de chuvas ou incidência de precipitações inferiores a 5 mm durante o decêndio. Santos e Ferreira (2016) optaram por caracterizar a

duração dos veranicos tendo como base o número de dias em que a precipitação foi inferior à metade da evapotranspiração ocorrida.

Os impactos ocasionados pelos períodos de estiagens (veranicos) durante a estação chuvosa na agricultura variam em função da água disponível no solo anteriormente à ocorrência do fenômeno, condições atmosféricas reinantes, capacidade de retenção de água pelos solos (textura, profundidade), cultura agrícola e fase de crescimento.

A adaptação da planilha de irrigação desenvolvida por Albuquerque (2007) para a avaliação do balanço hídrico diário das culturas traz uma nova abordagem ao conceito de veranico na agricultura. O balanço hídrico leva em consideração a disponibilidade hídrica em relação à estiagem tendo em consideração fatores como chuva efetiva (realmente internalizada no solo), capacidade de retenção da água no solo (CAD), evapotranspiração real (ET_r) e potencial ou máxima (ET_c), demanda hídrica em função do tipo de cultura e fase de crescimento. Embora a planilha de manejo de irrigação (Albuquerque, 2007) tenha sido criada para o cálculo de lâminas de irrigação, há também indicação de déficits de água no solo, caso a irrigação não seja realizada no dia indicado, ou há indicação de excessos (água acima da capacidade de campo), caso seja aplicada água excessiva de irrigação ou de precipitação pluviométrica. Também com essa planilha é possível verificar a evapotranspiração real, condição que ocorre em situação de déficit de água no solo. Com isso, pode-se calcular o I_{sna} , que é a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima da cultura (ET_r/ET_c). No presente estudo, foi condicionado que, quando o armazenamento de água no solo estivesse abaixo de 35% da CAD, havia limitação sobre a evapotranspiração máxima da cultura de tal forma que $ET_r < ET_c$ linearmente até o esgotamento quase total da água no solo na profundidade efetiva do sistema radicular (Z_{max}).

O coeficiente de cultivo (K_c) do sistema de integração lavoura-pecuária teve como base uma adaptação dos resultados obtidos por Fietz et al. (2019) para o consórcio de milho safrinha com braquiária em Dourados, MS. As tendências de variação do K_c ao longo do ciclo das culturas consorciadas e a transformação de informações obtidas em intervalos de cinco dias para estimativas diárias de demanda hídrica foram obtidas pelo ajuste da função de

densidade probabilística de Weibull de dois parâmetros, dada pela Equação 2.2:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad (2.2)$$

em que

$f(x)$ = variabilidade do coeficiente de cultivo ao longo do ciclo.

x = tempo decorrido após a semeadura (dias).

b = parâmetro referente à taxa de expansão (escala) da distribuição probabilística.

c = parâmetro referente à forma (inflexão) da distribuição probabilística.

e = base do logaritmo neperiano.

A partir das informações da evapotranspiração potencial de Penman Monteith e da incidência de chuvas na área experimental, foi possível determinar o Isna para as diferentes fases de crescimento do sistema consorciado com o uso da planilha de irrigação.

Caracterização e tendências climáticas

A análise de 90 anos da série histórica de variáveis meteorológicas permitiu estabelecer padrões e tendências das chuvas, temperatura e umidade relativa. As informações sobre a incidência de ventos são inconclusivas em função da falta de manutenção do anemômetro. A Figura 2.1 ilustra a ocorrência das chuvas em Sete Lagoas com base em três normais climatológicas, evidenciando não haver tendências de mudanças nos padrões de precipitação nos últimos 90 anos. A Figura 2.2 mostra a tendência de ocorrência de chuvas de altas intensidades. Verifica-se uma tendência de aumento na ocorrência de chuvas acima de 80 e 100 mm dia⁻¹ a partir da década de 1970.

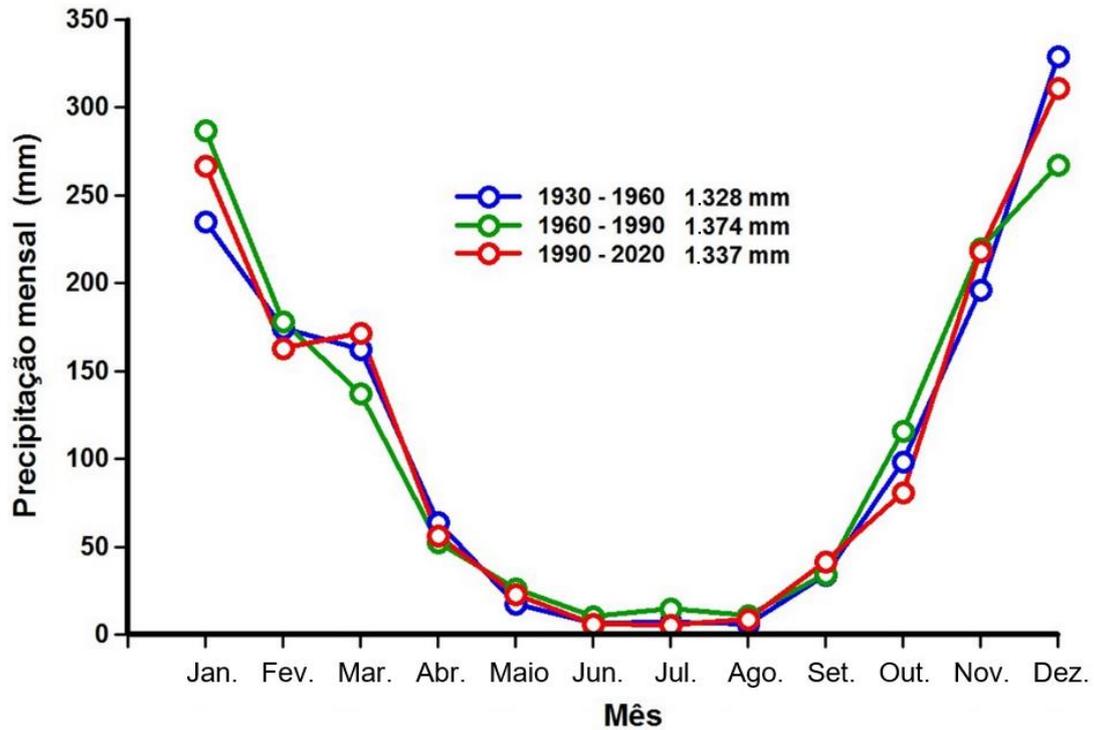


Figura 2.1. Normas de precipitações pluviométricas em Sete Lagoas nos últimos 90 anos.

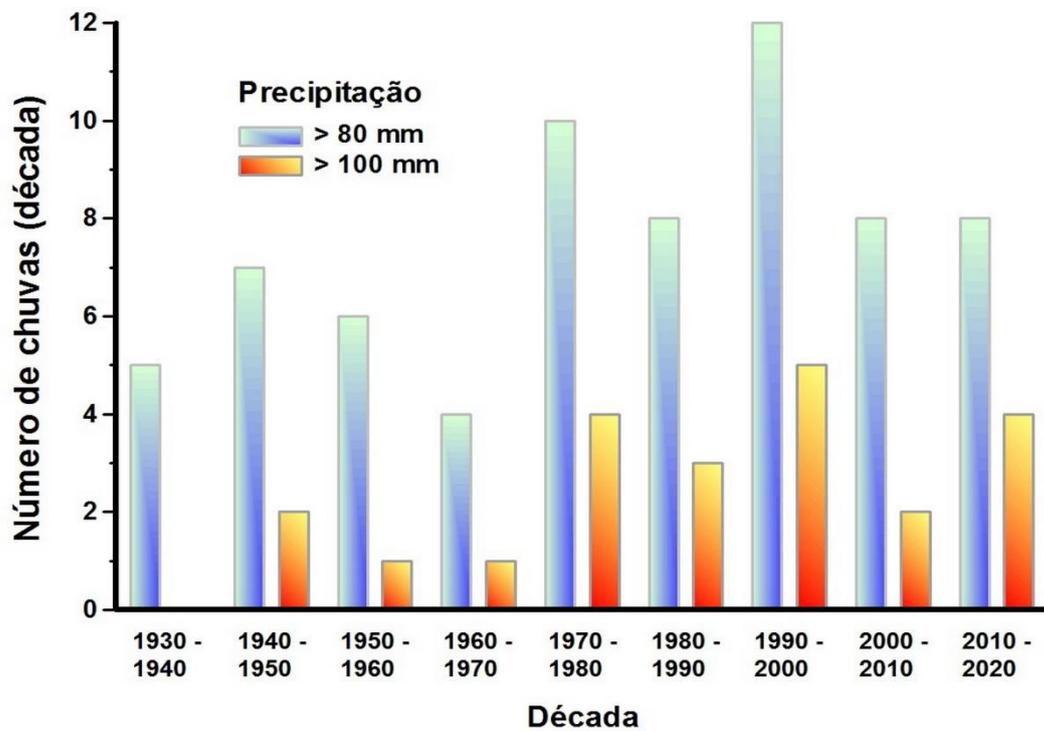


Figura 2.2. Ocorrências de precipitações diárias acima de 80 mm e 100 mm por década entre 1930 e 2020 no município de Sete Lagoas, MG.

As variações das temperaturas máximas, médias e mínimas em Sete Lagoas são mostradas na Figura 2.3, e evidenciam tendências de aumentos ao longo do tempo. As temperaturas mínimas seguem padrões mais definidos de mudanças e variações ao longo dos meses, enquanto as temperaturas máximas apresentam maiores variabilidades mensais, indicando a ocorrência de eventos extremos. Essas tendências podem estar associadas às mudanças climáticas globais como a redução do albedo¹ em função da redução da cobertura vegetal e expansão das áreas urbanizadas. A análise das alterações nas temperaturas máxima, mínima e média ao longo de 90 anos mostrou que para todos os meses do ano existe uma tendência de aumento ao longo do tempo.

A Figura 2.4 mostra que existe uma tendência de redução da umidade relativa do ar em função do tempo.

¹ Albedo ou coeficiente de reflexão: medida de refletividade de uma superfície, indicadora da capacidade de absorção dos raios solares. Redução do albedo implica aumento da energia solar absorvida, contribuindo para o aumento da temperatura e amplificação das mudanças climáticas.

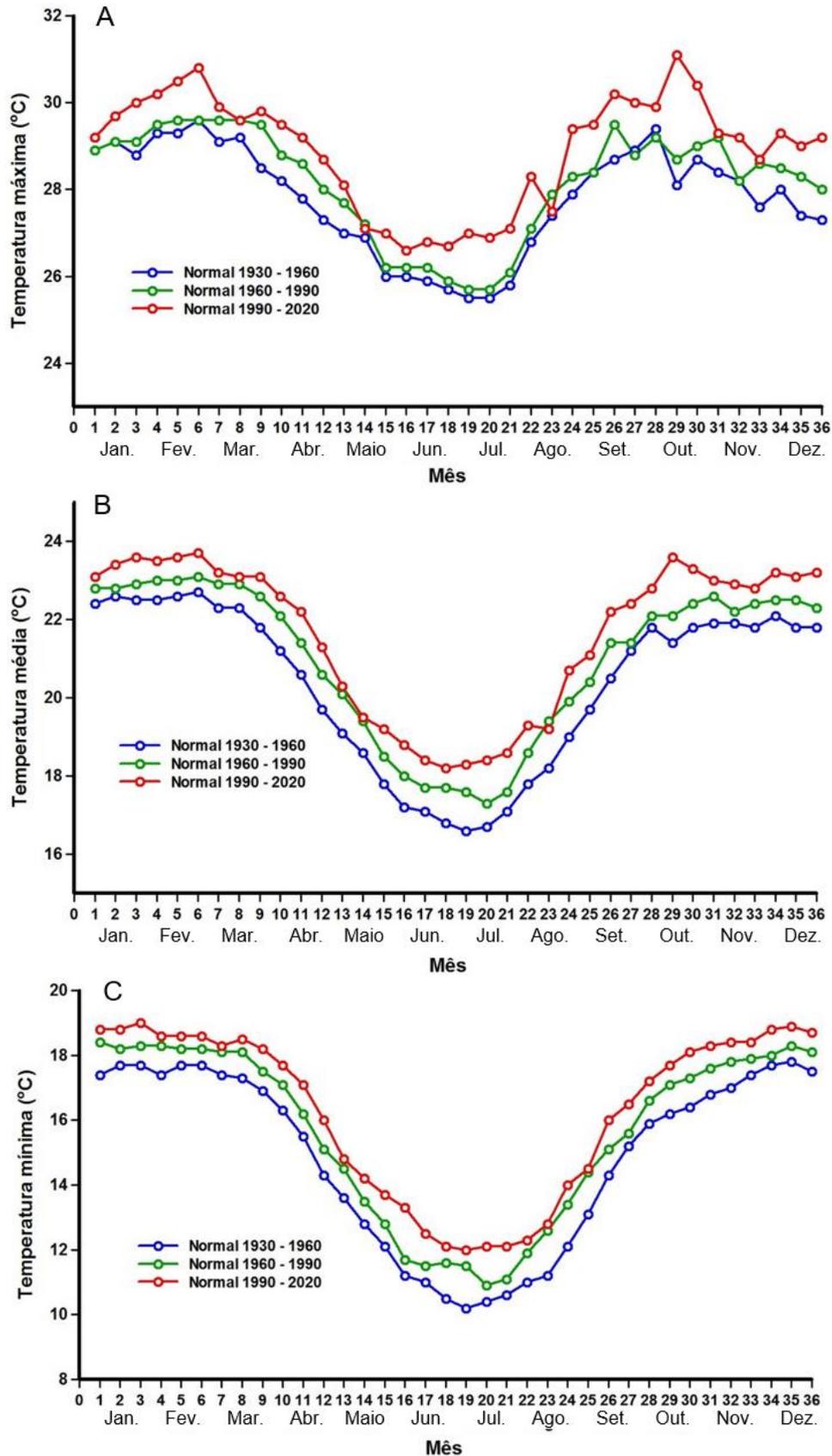


Figura 2.3. Tendências de variação das temperaturas máximas, médias e mínimas em Sete Lagoas em relação às normais climatológicas de 1930-1960, 1960-1990 e 1990-2020: (A) temperaturas máximas, (B) temperaturas médias e (C) temperaturas mínimas.

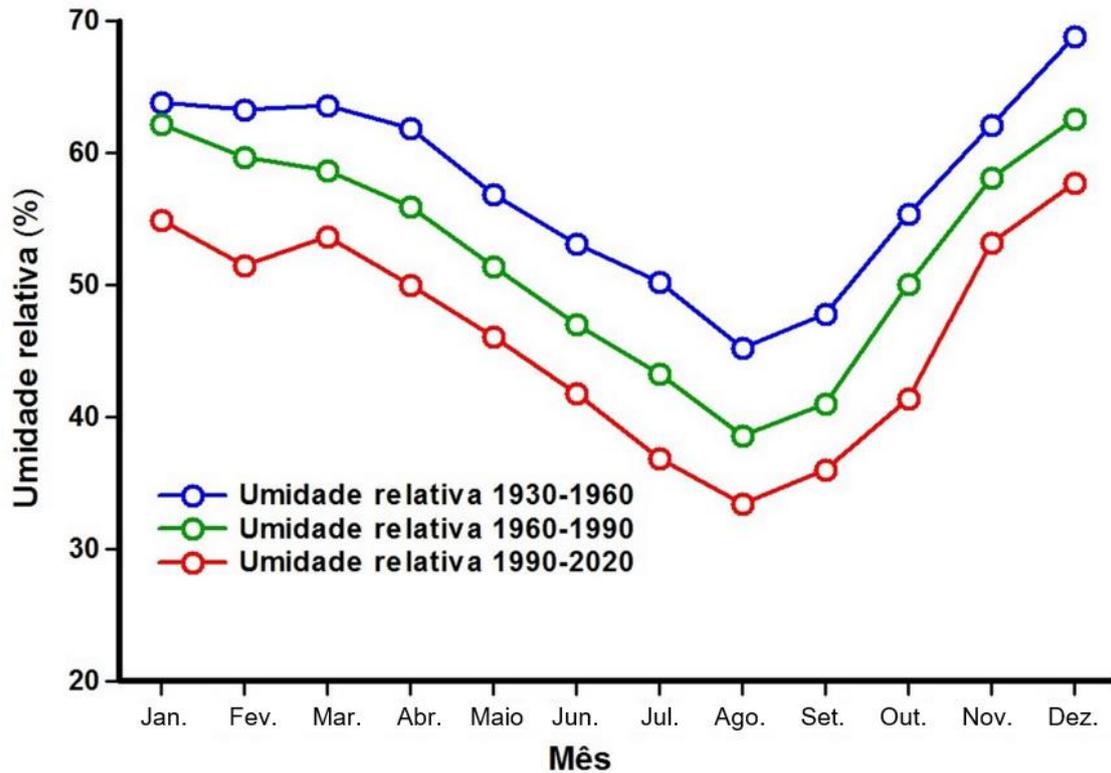


Figura 2.4. Tendências de alterações na umidade relativa do ar em Sete Lagoas, MG.

Coeficiente de cultivo

A interpretação dos resultados referentes à determinação do coeficiente de cultivo de milho consorciado com braquiária de Fietz et al. (2019) mostrou que os valores obtidos para o ano de 2017 ficaram muito abaixo do esperado para os períodos relativos a 55 dias, 65 dias e 75 dias após a semeadura, além de grande variabilidade nas tendências da distribuição. A determinação dos valores diários do coeficiente de cultivo foi efetuada pelo ajuste da distribuição probabilística de Weibull (Figura 2.5) com a inclusão do valor assintótico, sendo dada pela Equação 2.3:

$$Kc = \theta \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (2.3)$$

com os seguintes resultados de ajuste não linear:

$$\theta = 145,9175$$

$$b = 88,2244$$

$$c = 1,7027$$

$$R^2 = 0,7707$$

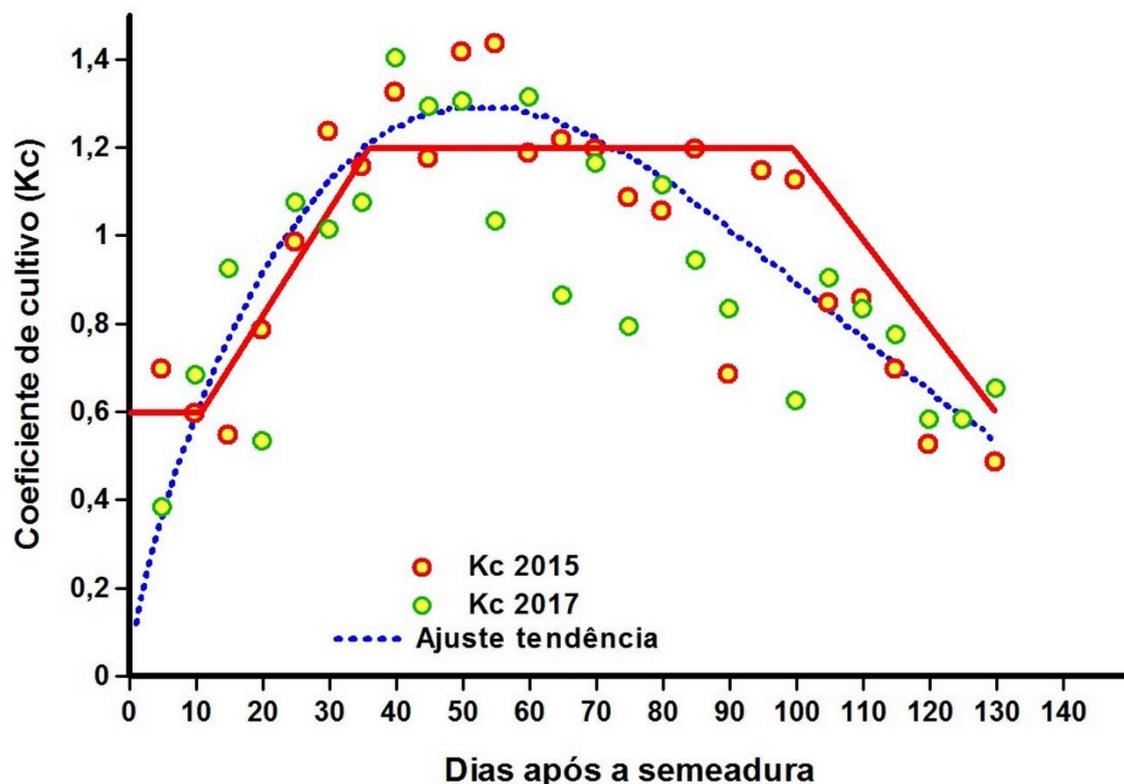


Figura 2.5. Ajuste da função de densidade probabilística de Weibull na tendência de variação do coeficiente de cultivo do milho consorciado com braquiária determinado por Fietz et al. (2019).

Veranicos e Índice de Satisfação da Necessidade de Água

A determinação do balanço hídrico diário durante o ciclo do cultivo consorciado em sistema de ILP permitiu identificar o número de dias em que o sistema de produção passou por estresse hídrico ocasionado pelo não suprimento hídrico requerido pelas plantas em função das estiagens. Nesse procedimento, os primeiros dias após o início da estiagem não são computados na duração do veranico, uma vez que a determinação de seu início se dará a partir do momento em que a oferta hídrica será inferior à demanda das culturas. O estabelecimento da data final do estresse hídrico ocorrerá quando a reposição da água no solo pela incidência de chuvas for suficiente para suprir a demanda nas fases de crescimento das plantas. Em 90 anos de observações, durante o período da estação das chuvas que se estende de outubro a março e de acordo com a metodologia adotada, foram registrados 146 veranicos com durações entre 10 e 15 dias (1,6 por ano), 52 com durações entre 15 e 20 dias (0,6 por ano) e 39 com durações superiores a 20 dias (0,3 por ano). A Figura 2.6 mostra a nítida

tendência dos maiores riscos de ocorrência dos veranicos no início e final da estação chuvosa. O mês de dezembro e o primeiro decêndio de janeiro não registraram ocorrências de veranicos com durações superiores a 20 dias. Para a interpretação da figura, ressalta-se que a data final de ocorrência do veranico corresponde a seu período de ocorrência.

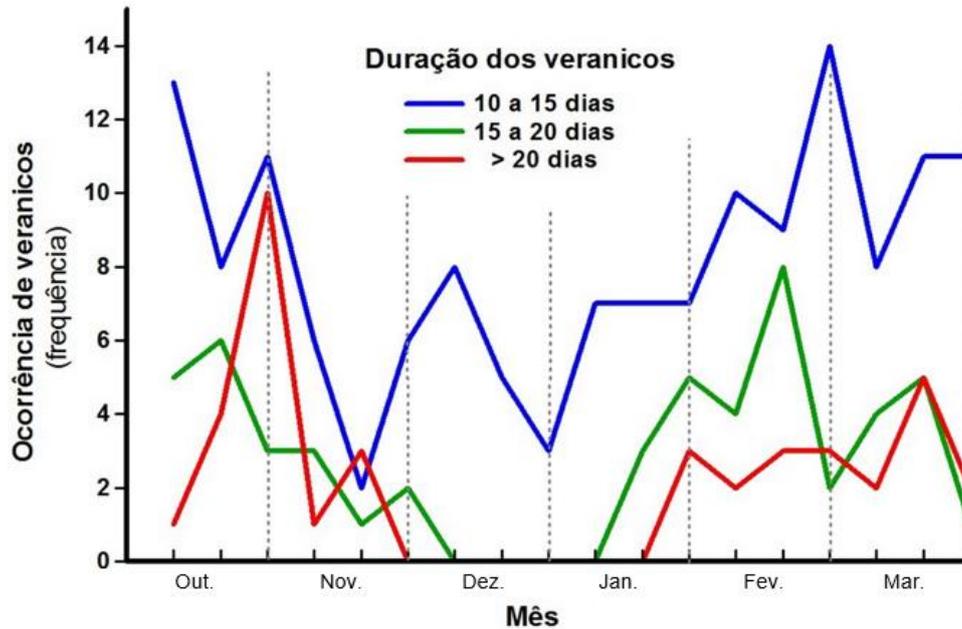


Figura 2.6. Frequências de ocorrência de veranicos em Sete Lagoas, MG, durante 90 anos.

As tendências de variação do suprimento hídrico para as fases de crescimento e reprodutiva do milho são apresentadas na Figura 2.7. Esses resultados evidenciam uma maior variabilidade da disponibilidade hídrica durante a fase reprodutiva. Durante 90 anos, foram observados 82 casos em que a fase de crescimento teve suprimento hídrico ($Isna > 0,6$) adequado para os requerimentos da cultura, representando 91% dos casos. Para a fase reprodutiva ocorreram 66 casos (73%) em que o suprimento hídrico foi adequado, em consonância com as indicações do Zarc. A maior variabilidade dos valores de $Isna$ na fase crítica de exigência hídrica indica o acerto na seleção da fase reprodutiva como principal elemento de discriminação para o estabelecimento de riscos climáticos.

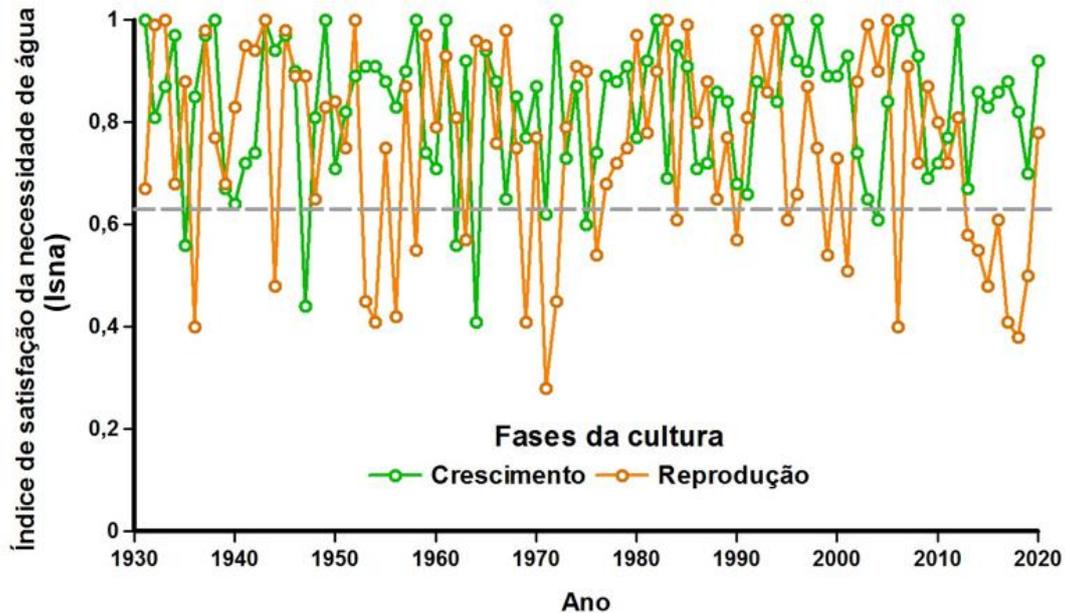


Figura 2.7. Simulação dos Índices de Satisfação da Necessidade de Águas (Isna) para o cultivo de milho consorciado com braquiária entre 1930 e 2020 em Sete Lagoas, MG.

Os anos mais críticos para o cultivo de milho/braquiária em Sete Lagoas ocorreram entre 2010 e 2020 sendo que em 7 anos os valores de Isna ficaram abaixo de 0,65. Durante os 90 anos analisados, ocorreram 13 casos em que os valores de Isna foram inferiores a 0,50, sendo que quatro casos ocorreram nos últimos cinco anos. A menor disponibilidade hídrica do solo durante a fase reprodutiva do milho ocorreu na estação chuvosa entre os anos de 1970 e 1971, quando o suprimento hídrico foi 28% do demandado pela cultura.

Índice de Satisfação da Necessidade de Água versus Produtividade

A Unidade de Referência Tecnológica (URT) de ILPF foi implantada na Embrapa Milho e Sorgo em 2005 (Alvarenga et al., 2007). Os sistemas de consórcio agricultura-pastagens envolvem cultivos rotacionados visando à produção de grãos (milho, soja e sorgo) em consórcio com forrageiras (*Brachiaria* spp. e *Panicum* spp.), conforme Alvarenga et al. (2018). A comparação das produtividades obtidas nos cultivos consorciados de milho e forrageiras é apresentada na Figura 2.8.

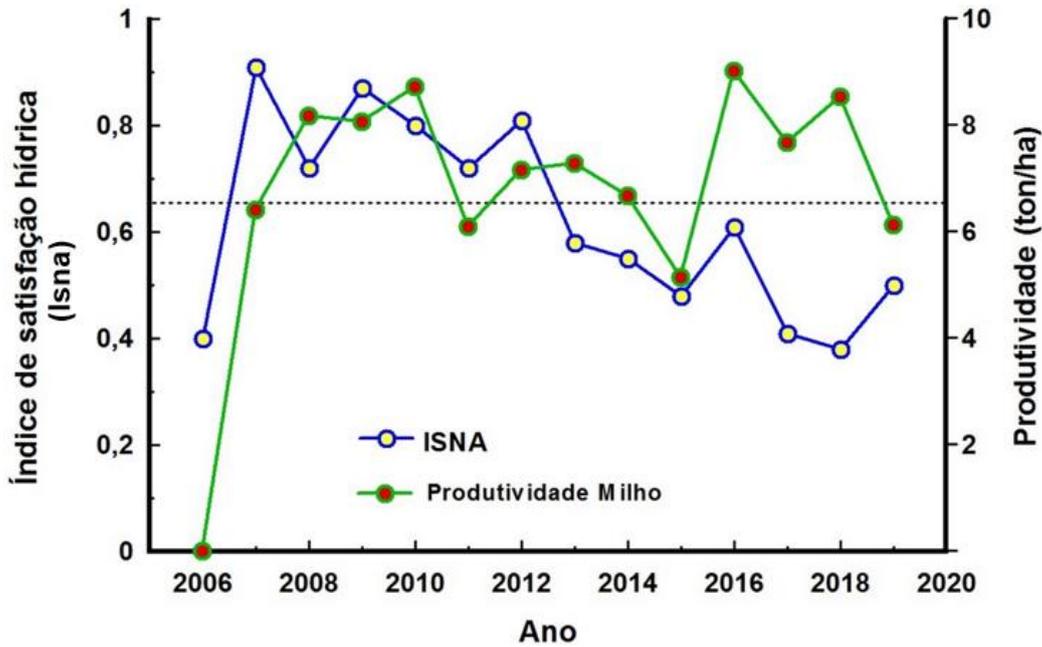


Figura 2.8. Variações temporais do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (Isna) e a produtividade do milho consorciado com pastagem em Sete Lagoas, MG.

O primeiro cultivo de milho teve perda total em função da alta deficiência hídrica durante a fase de florescimento e enchimento de grãos. Nessa safra, o valor do Isna foi de 0,4, ou seja, a água disponível no solo foi suficiente para atender apenas 40% da demandada pelas plantas. Durante as seis safras subsequentes, as condições climáticas foram favoráveis, sendo que o Isna teve variações entre 0,72 e 0,91, representando baixos riscos de perdas pela deficiência hídrica. A partir de 2013, a região sofreu fortes impactos pela ocorrência dos veranicos, e o Isna foi similar ao ocorrido durante a perda total da produtividade no primeiro ano de cultivo do sistema consorciado. No entanto, as produtividades do milho não foram impactadas pela baixa disponibilidade hídrica indicada na modelagem do balanço hídrico. Análises complementares poderão contribuir para explicar esses resultados, como as alterações na capacidade de retenção de água em função do aumento nos teores de matéria orgânica e estrutura dos solos, o aumento da profundidade efetiva das raízes em função da contribuição das forrageiras para melhoria da aeração e do teor de matéria orgânica no perfil do solo, a redução das perdas de água pela cobertura morta e a melhoria da fertilidade nas camadas mais profundas do solo.

Considerações finais

O presente capítulo chegou às seguintes conclusões:

- Não existem evidências de alterações na precipitação pluviométrica em Sete Lagoas nos últimos 90 anos.
- As chuvas de altas intensidades, correspondentes a volumes de 80 a 100 mm dia⁻¹, tendem a apresentar aumentos de incidência ao longo do tempo.
- As temperaturas mínima, média e máxima apresentam tendências de aumentos ao longo dos últimos 90 anos. As variações nas temperaturas mínimas apresentam tendências mais definidas enquanto maiores variabilidades são observadas nas temperaturas máximas.
- A umidade relativa do ar apresenta tendência de redução ao longo do tempo.
- A ocorrência de veranicos em Sete Lagoas tem maior incidência no início e final da estação chuvosa. O mês de dezembro tem a menor incidência de veranicos, sendo que em 90 anos não foram registrados veranicos com durações superiores a 15 dias de acordo com a metodologia adotada.
- Para plantios no início de novembro, o suprimento hídrico determinado pelas chuvas em plantios consorciados milho/forrageiras é menos crítico durante a fase de crescimento do que durante a fase de florescimento e enchimento dos grãos.
- As estiagens na última década provocaram altos índices de riscos de deficiência hídrica para a agricultura de sequeiro em Sete Lagoas, MG.
- A produtividade do milho consorciado com forrageiras foi pouco impactada pela ocorrência de altos riscos climáticos acarretados pela ação dos veranicos na última década. Esses resultados podem estar relacionados com as melhorias trazidas pelo sistema de produção agrícola.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017)**. Brasília, DF, 2020. 63 p.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES D.; SMITH. M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; LOPES, L. S. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 237).

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária**: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93).

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. de D.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia: recuperação de pastagens no cerrado. **Agroanalysis**, v. 10, p. 30-33, 2016.

BROOM, D. M. Land and water usage in beef production systems. **Animals**, v. 9, n. 6, article 286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9060286>.

BRUINSMA, J. (ed.). **World agriculture**: towards 2015/2030: an FAO perspective. London: Earthscan Publications; Roma: FAO, 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **PUBVET**, v. 11, n. 10, p. 947-1045, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045>.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L.; CECCON, G. Demanda hídrica e coeficientes de cultivo de milho safrinha consorciado com braquiária. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 325-330, 2019.

GAIA, C. D. C.; MARTINS, C. G. D.; TAVERNY, A. S.; ARAÚJO, M. S.; COSTA, E. F. N.; SOUZA, R. O. R. M. Ocorrência de veranicos em Paragominas-PA, Brasil. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2017.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do cerrado. **Informações Agrônomicas**, n. 161, p. 9-21, mar. 2018.

JACONDINO, W. D.; CONRADO, H.; NASCIMENTO, A. Análise de veranicos intensos na região sul do Brasil e condições sinóticas associadas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, p. 337-389, 2018.

KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ZIMMER, A. H.; SOARES, C. O.; ALMEIDA, R. G. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF**: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 49-58.

MACENA, F. A.; ASSAD, E. D.; STEINKE, E. T.; MÜLLER, A. Clima do bioma cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2, p. 93-148.

MAGALHÃES, A. J. S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; NUNES, F. T.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S.; SOMBRA, S. S. Veranicos no Brasil: observações e modelagens (CMIP5). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, p. 597-626, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786344072>.

- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed. atual. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- MELO, A. C. A.; NOBRE JÚNIOR, A. A.; SILVA, F. A. M.; ABREU, L. M. Zoneamento de risco climático para cultivo da soja no Cerrado. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 1, p. 26-36, jan./fev. 2020. DOI <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i1.8249>.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; CUADRA, S. V.; BARIONI, L. G.; NAKAI, A. M.; MACIEL, J. R.; OLIVEIRA, A. F.; VICTORIA, D. C. Estudo de caso de um Zoneamento Agrícola de Risco da Produtividade Climática (ZARCPro). **Agrometeoros**, v. 27, n. 1, p. 1-8, 2019.
- MOREIRA, L. G. **Ocorrências de veranicos e seus efeitos sobre o cultivo do consórcio feijão caupi–capim (*Panicum maximum*) sob dosagens de esterco bovino**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- NOGUEIRA, D. B. **Aptidão edafoclimática do milho de sequeiro em diferentes cenários de pluviometria no estado do Ceará**. 2019. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- SANTOS, A. K. B. **Dinâmica da temperatura e umidade do solo sob diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em decomposição**. 2017. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **GeoTextos**, v. 12, n. 1, p. 233-265, 2016.
- SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, ano 25, n. 3, p. 73-94, 2016.
- SILVA, F.; RAO, T. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 453-459, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000300010>.
- STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. **Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 312).