

CAPÍTULO 1

Agricultura Irrigada no Cerrado: oportunidades e desafios

Lineu Neiva Rodrigues

Daniel Althoff

Níckolas Castro Santana

Diego Bispo dos Santos Farias



Fotos: Fabiano Bastos (da esquerda para a direita - 1 e 2); Leo Miranda (da esquerda para a direita - 3 e 4) e Paulo Lanzetta (primeiro plano).

1.1 Introdução

Em um mundo onde o clima é cada vez mais incerto e a água e o alimento, indispensáveis para a vida, estão mais escassos, as oportunidades para o crescimento da tecnologia da irrigação são inúmeras. Os desafios, em grande parte, estão em entender as novas demandas de uma sociedade cada vez mais dinâmica e com interesses diversos. Segurança hídrica e alimentar devem fazer parte de qualquer política de estado que vise ao desenvolvimento e ao bem-estar de sua população.

Neste contexto, a oportunidade é a irrigação e o desafio é ter um olhar sistêmico para um sistema complexo, entendendo que o futuro da irrigação dependerá da nossa habilidade de usá-la de maneira que ela continue a trazer importantes benefícios para a sociedade, com custos econômicos e ambientais cada vez mais aceitáveis.

As primeiras informações sobre a irrigação foram registradas há mais ou menos 6 mil anos, na Mesopotâmia, região que hoje compreende o Iraque e parte do chamado Crescente Fértil. Colonos construíram canais e desviaram a água do Rio Eufrates para suas plantações, iniciando a história da prática da irrigação no mundo (Roux, 1993).

A irrigação transformou a terra e a sociedade como nenhuma outra atividade havia feito até então. Aquela ação viabilizou uma produção confiável de alimentos e possibilitou que parte das pessoas pudessem trabalhar em atividades diferentes da agricultura. Similarmente, têm-se registros de outras sociedades em regiões diferentes do planeta que foram dependentes da irrigação, como os Vales do Rio Indo, no Paquistão, do Rio Amarelo, na China, e do Rio Nilo, no Egito. Posteriormente, há evidências de culturas que cresceram com base na irrigação em várias partes do mundo, como, por exemplo, no México e na costa do Peru (Hoffman et al., 2007).

A irrigação é uma tecnologia fundamental para o desenvolvimento sustentável da agricultura no Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, com área de aproximadamente 200 milhões de hectares, represen-

tando 24% do território brasileiro (Figura 1.1). Apenas o Distrito Federal está inteiramente inserido no Cerrado. Os estados com maior porcentagem de Cerrado em seus territórios são Goiás, com 98% e Tocantins, com 91%, enquanto os estados Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Pará, Piauí e São Paulo possuem, respectivamente, 37%, 62%, 54%, 18%, 65%, 0,7%, 52% e 18% de suas áreas inseridas nesse bioma.



Figura 1.1. O bioma Cerrado e sua localização em relação aos demais biomas no território brasileiro.

Fonte: IBGE (2021).

A localização do Cerrado e o seu padrão geomorfológico o tornam um dos principais pilares da hidrogeografia brasileira, dada a sua distribuição de águas para diversas bacias brasileiras e da América do Sul (Sano et al., 2019). Grande parte dos rios que abastecem os biomas brasileiros tem suas nascentes localizadas no bioma Cerrado.

Grande parte da produção brasileira de alimentos vem da região do Cerrado. Uma das razões do sucesso da agricultura no Cerrado está associada a uma longa estação chuvosa, que, em geral, ocorre entre os meses de outubro a abril, o que possibilita que se tenha até duas safras em uma mesma estação (Spangler et al., 2017). Outro ponto evidente é a disponibilidade de água nessas regiões. Além disso, a região apresenta um elevado potencial para expansão de suas áreas irrigadas (Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2014).

O atendimento ao crescimento da demanda por alimentos pode ocorrer por meio da expansão da área plantada e/ou por meio do aumento do rendimento das culturas (Pradhan et al., 2015). No período entre 1985 e 2005, a produção global de alimentos cresceu 28%. Desse total, apenas 8% resultou da expansão da área plantada e o restante, 20%, decorreu do aumento da produtividade (Foley et al., 2011).

No período entre 1970 e 2013, a produção brasileira de grãos teve uma expansão de quase oito vezes, resultante dos ganhos contínuos de produtividade, em razão da incorporação de novas tecnologias ao processo produtivo (Embrapa, 2014). Embora não seja uma tecnologia nova, a irrigação tem se modernizado constantemente, contribuindo efetivamente para os ganhos observados na produtividade e para a redução no uso de insumos básicos, como, por exemplo, os recursos hídricos.

Relatório da FAO (2011) indica que a irrigação tem contribuído de maneira significativa para aumentar a produção e a produtividade agrícola em escala global. Na Índia e na China, por exemplo, de 1964 a 1997, a produção triplicou principalmente em razão de investimentos em irrigação e de medidas adotadas para aumentar a produtividade do uso da água e da terra.

O desenvolvimento sustentado da agricultura no Cerrado passa, em grande parte, por um crescimento sustentável da irrigação nessa região. Esse crescimento necessita vir respaldado por um planejamento estratégico de médio e de longo prazo, em que a irrigação seja incluída nas políticas de estado de segurança hídrica e energética.

Em virtude da sua importância, cada vez mais estratégica, tem-se observado um crescimento contínuo da agricultura irrigada no Cerrado, que possui cerca de 60% da irrigação praticada no Brasil (Brasil, 2014) e 80% dos pivôs centrais (Althoff; Rodrigues, 2019). Considerando um crescimento médio de 56 mil hectares por ano, estima-se que, em 2050, a área irrigada poderá atingir até 3 milhões de hectares, podendo impactar a dinâmica de uso de água na região.

A intensificação sustentável da agricultura no Cerrado é considerada uma das principais estratégias para reduzir desequilíbrios nesse ecossistema. Nesse contexto, a agricultura irrigada é uma das tecnologias mais promissoras, sendo necessário conciliar a sua expansão com a disponibilidade de recursos hídricos, em especial, nas regiões que já se encontram em situação de escassez hídrica (Rodrigues, 2017).

Por outro lado, já se observa um aumento no número de disputas pelo uso de recursos hídricos em regiões do Cerrado, principalmente naquelas regiões em que a expansão de áreas irrigadas se deu com pouco planejamento e pouco uso de informações hidrológicas (Pousa et al., 2019). Além disso, estudos considerando diferentes projeções das mudanças climáticas apontam diversos riscos para o desenvolvimento socioeconômico de regiões do Cerrado. Entre os impactos esperados, pode-se citar o aumento da temperatura e a redução da precipitação (Chou et al., 2014), o prolongamento da estação seca (Pires et al., 2016) e a redução da vazão disponível em cursos d'água (Oliveira et al., 2017).

Considerando o atual cenário de uso da água e a tendência de aumento das disputas pelo uso de recursos hídricos, é necessário que haja um planejamento adequado do crescimento da agricultura irriga-

da na região, sendo fundamental que se tenha informações técnicas suficientes para subsidiar esse planejamento.

A agricultura irrigada agrega benefícios importantes à agricultura no Cerrado, propiciando a verticalização da agricultura, ganhos em produtividade, estabilidade na produção e a viabilização da agricultura durante todo o ano. Ela, no entanto, é altamente intensiva no uso de recursos hídricos, principalmente no período seco (abril a setembro). Assim, caso não seja adequadamente planejada e gerenciada, a expansão da agricultura irrigada poderá agravar ainda mais as disputas pelo uso de água em regiões do Cerrado.

Melhorar a eficiência de irrigação é uma estratégia que pode contribuir para aumentar a viabilidade econômica e a sustentabilidade ambiental da agricultura irrigada (Zhang et al., 2004; Mo et al., 2005; Levidow et al., 2014; Bastiaanssen; Steduto, 2017). Adicionalmente, considerando o atual cenário de uso da água no Cerrado e a tendência de aumento de conflitos por esse recurso, torna-se importante produzir mais com o uso de quantidades cada vez menores de água, e, para isso, é fundamental avaliar e aperfeiçoar ferramentas que possam contribuir para o uso eficiente de água.

Frente ao paradigma de que aumentar a produção de alimentos implica no aumento da demanda de água, um recurso escasso e estratégico para toda a economia brasileira, a agricultura será cada vez mais pressionada a aumentar a eficiência do uso de seus insumos.

A agricultura irrigada, por sua vez, tem ainda o desafio de melhorar a eficiência de uso de dois insumos estratégicos para a sociedade: água e energia. Além disso, a cada dia, fica mais clara a premissa de que, para compatibilizar o aumento da produção com as demandas ambientais, será necessário embasar os processos produtivos em inovação e uso de tecnologias (Rodrigues; Domingues, 2017).

1.2 Polos de irrigação

Em 25 de abril de 2019, a portaria nº 1.082, criada pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), estabeleceu a iniciativa de polos de produção irrigada que é integrada às ações de implementação da política nacional de irrigação. A iniciativa é uma estratégia do MIDR para alavancar a agricultura irrigada, envolvendo participações de organizações de produtores até as diversas esferas do governo.

Até o mês de março de 2024, o MIDR já havia reconhecido 12 polos de irrigação, em oito estados. Os seguintes foram implantados:

- a) Minas: Polo de Irrigação Sustentável do Noroeste de Minas.
- b) Rio Grande do Sul: Polo de Agricultura Irrigada da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria e Polo de Irrigação Noroeste Gaúcho.
- c) Goiás: Polo de Irrigação Sustentável do Vale do Araguaia e Polo de Irrigação do Planalto Central de Goiás.
- d) Mato Grosso: Polo de Irrigação Sustentável do Sul de Mato Grosso, Polo de Agricultura Irrigada Araguaia-Xingu, Polo de Irrigação Sustentável do Meio Norte de Mato Grosso.
- e) São Paulo: Polo de Irrigação do Sudoeste Paulista.
- f) Espírito Santo: Polo de Agricultura Irrigada do Norte Capixaba.
- g) Rio Grande do Norte: Polo de Irrigação Sustentável do Oeste Potiguar.
- h) Bahia: Polo de Irrigação Oeste da Bahia.

A Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) denomina também as regiões com grandes concentrações de irrigação de “polos de irrigação” e destaca 28 polos ativos de irrigação no Brasil (Agência Nacional de Água, 2021). Esses polos são áreas especiais de gestão de recursos hídricos para a agricultura irrigada em escala nacional.

Esse mesmo estudo mostrou que em 15 desses polos de irrigação há a predominância do sistema de irrigação tipo pivô central em cultivo de grãos. A maior parte desses polos está localizada no Cerrado (12 polos nacionais de pivôs centrais), que concentra 64% (735 mil hectares) de área equipada por esse sistema de irrigação.

Na Figura 1.2, apresenta-se os polos de irrigação que estão presentes no Cerrado. Excetuando-se o polo Javaés/Formoso (arroz inundado), nos demais, o sistema predominante é o pivô central. Entre os polos presentes no Cerrado, o que possui maior área irrigada é o Guaira/Miguelópolis com 23% do território irrigado.

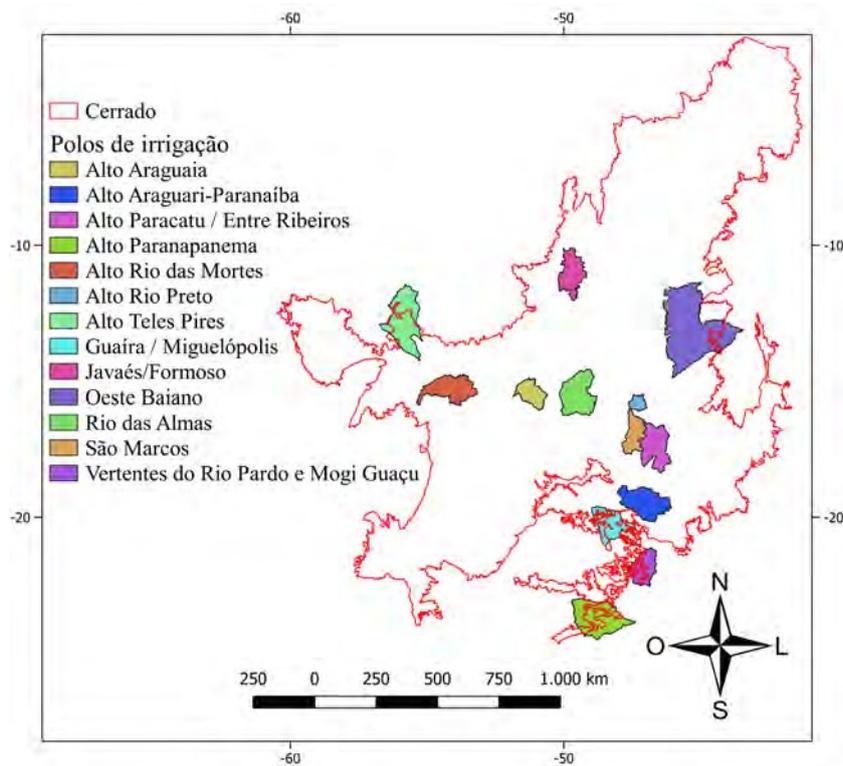


Figura 1.2. Polos de agricultura irrigada presentes no Cerrado.

Fonte: Elaborado a partir de dados da Agência Nacional de Águas (2021).

1.3 Marco legal

No Brasil, o marco legal para o desenvolvimento da irrigação teve início em 1979, com a promulgação da Lei 6.662, conhecida como Lei de Irrigação, que instituiu a Política Nacional de Irrigação.

Entretanto, a Lei 6.662 só foi regulamentada pelo Decreto nº 89.496, de 29 de março de 1984. Posteriormente, sofreu modificações pelos decretos 90.309, de 16/10/1984; 90.991, de 26/2/1985; e 93.484, de 29/10/1984, os quais foram revogados pelo Decreto nº 2.178, de 17/3/1997. Em 21 de maio de 1993, a Lei nº 8.657 foi promulgada, acrescentando parágrafos ao Artigo 27 da Lei de Irrigação. Porém, alguns dispositivos da Lei de Irrigação foram superados pela Constituição de 1988.

Em 11 de janeiro de 2013, foi promulgada a Lei nº 12.787, que estabelece o novo marco legal da Política Nacional de Irrigação.

1.4 Considerações finais

É sabido que a agricultura, especialmente a irrigada, tem passado por um profundo processo de transformação tecnológica. No contexto nacional, diversos fatores contribuem para seu desenvolvimento, como: (a) recursos humanos qualificados; (b) indústria competitiva e tecnológica; (c) leis de recursos hídricos consolidadas; (d) aprovação da Lei da Política Nacional de Irrigação; (v) disponibilidade de tecnologia; (vi) legislação ambiental clara.

Por outro lado, ainda existem desafios ao crescimento, como: (a) falta de visão estratégica de negócios em recursos humanos; (b) fragilidade institucional; (c) interferência política; (d) excesso de controle ambiental; (e) predominância da visão de obra sobre outras etapas nos projetos públicos de irrigação; (f) ausência de regulamentação da Lei de Irrigação.

A agricultura irrigada no Brasil, assim como em outros países, sempre enfrentará grandes desafios. Os irrigantes brasileiros, em geral, são reconhecidos pelo uso de tecnologias avançadas e pela preocupação com o ambiente, demonstrando estar preparados para enfrentar as incertezas do processo de produção de alimentos sustentáveis ambientalmente. No entanto, é importante ter em mente que vários fatores que influenciam no desenvolvimento da agricultura irrigada não dependem exclusivamente dos agricultores.

A manutenção de uma agricultura sustentável no Cerrado é estratégica para o Brasil. Neste contexto, o fortalecimento da irrigação é essencial, pois a irrigação contribui para o desenvolvimento social e econômico do país, com a geração de empregos estáveis e duradouros, além de reduzir as pressões sobre áreas de vegetação nativa, uma vez que as áreas irrigadas podem produzir até três vezes mais que a de sequeiro, além de trazerem maior rentabilidade aos produtores. A irrigação traz vários benefícios, tais como:

<p>1. Produção</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Produtividade média: três vezes maior que a de sequeiro, podendo, em algumas culturas, como o arroz, chegar até seis vezes. b. Estabilidade: reduz a variabilidade anual da produção, pois reduz os efeitos da variabilidade e das mudanças climáticas. c. Oportunidade: viabiliza a produção de certas culturas, como, por exemplo, as hortaliças. d. Efetividade: viabiliza a produção durante todo o ano, inclusive no período seco, e em regiões com baixa disponibilidade hídrica. e. Qualidade: garante mais qualidade ao produto, aumentando o seu valor agregado.
<p>2. Geração de emprego</p>	<p>Geração de dois a seis empregos por hectare na cadeia.</p>

3. Desenvolvimento social	Em 2019, o valor da produção irrigada foi igual a R\$ 55 bilhões, aumentando o produto interno bruto e contribuindo para reduzir a pobreza.
4. Meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> a. Redução da demanda por abertura de novas áreas para produção de alimentos. No mundo, são 300 milhões de hectares preservados. b. Aumento do sequestro de carbono.

O objetivo de produzir mais alimentos deve ser visto dentro de uma abordagem mais ampla, considerando os aspectos de sustentabilidade ambiental, ou seja, buscando produzir mais alimentos com melhor qualidade e com menores impactos aos recursos naturais. O desafio técnico será produzir tecnologias para garantir segurança alimentar e nutricional para a população sem aumentar os impactos negativos da agricultura ao meio ambiente (Rodrigues; Domingues, 2017).

O Brasil possui uma forte rede de instituições de pesquisa capaz de gerar tecnologias que contribuam para a produção sustentável de alimentos. Assim, os principais desafios da agricultura irrigada brasileira não são tecnológicos. Para que a agricultura irrigada possa se consolidar, utilizando plenamente todas as vantagens da tecnologia disponível, é preciso garantir aos irrigantes as bases para o seu desenvolvimento, ou seja, é preciso que ele tenha segurança ambiental, hídrica, energética e jurídica para o seu negócio.

Se existe tecnologia disponível, o que tem dificultado o desenvolvimento da agricultura irrigada?

Barros et al. (2009) fizeram um amplo levantamento de informações, entrevistaram atores dos diferentes segmentos da agricultura irrigada e identificaram um conjunto de temas relacionados às causas da baixa utilização do potencial das áreas irrigáveis do País:

- Energia elétrica e agricultura irrigada: disponibilidade, qualidade e custo de energia elétrica.

- Pesquisa, tecnologia e assistência técnica para a agricultura irrigada: o acesso limitado ao conhecimento aplicado à irrigação foi apontado como elemento relevante para os elevados custos de produção da agricultura irrigada. A baixa oferta de cursos direcionados às técnicas de irrigação, a inexistência de assistência técnica em alguns estados ou sua oferta deficiente em outros acabam contribuindo para uma utilização ineficiente das técnicas e sistemas de irrigação existentes.
- Gestão de recursos hídricos: a agricultura irrigada é atividade altamente intensiva no uso de recursos hídricos. A abordagem de usos múltiplos da água, preconizada na visão estratégica do estudo de planejamento territorial, requer uma atuação integrada dos diversos setores que concorrem pelo seu uso – consumo humano, produção e energia. O adequado tratamento das questões relacionadas ao uso da água em projetos de irrigação, como a obtenção de outorgas e a concorrência com outros usos, exige atenção para atuação convergente dos atores para sua melhor utilização.
- Crédito e incentivos financeiros para agricultura irrigada: a inexistência de linhas de crédito adequadas aos prazos de maturação dos projetos da agricultura irrigada. O seguro rural não é adaptado à agricultura irrigada, fazendo-se necessário o desenvolvimento de instrumentos específicos de seguro e crédito.
- Papel das instituições públicas e privadas no desenvolvimento da agricultura irrigada: a falta de coordenação entre as instituições, à baixa efetividade de coordenação e a defasagem da legislação relativa ao tema. É necessário coordenar as ações interministeriais e promover uma política mais atrativa aos investimentos privados.
- Infraestrutura complementar para a agricultura irrigada: a agricultura irrigada precisa de infraestrutura mínima para se desenvolver. É imprescindível uma logística que permita a produção, o armazenamento e o escoamento da safra das áreas cultivadas,

irrigadas ou não. Para tanto, o planejamento territorial em consonância com as ações interministeriais é de extrema importância.

Esses autores ainda identificaram fatores de contexto favoráveis e desfavoráveis que refletem os elementos fora da governabilidade ou abrangência do tema que podem influenciar positiva ou negativamente o desenvolvimento da agricultura irrigada.

Os fatores de contexto favoráveis foram: (a) demanda por alimentos de maior qualidade; (b) aumento da demanda mundial de alimentos; (c) maior nível de exigência pela preservação ambiental; e (d) agravamento de eventos climáticos extremos em função das mudanças climáticas.

Os fatores de contexto desfavoráveis identificados foram: (a) possibilidade de crise energética; (b) conflitos pelo uso da água; (c) limitação da expansão da capacidade de preservação de água; (d) legislação ambiental restritiva; e (e) custos crescentes de água, energia e outros insumos.

Os principais entraves para o desenvolvimento da agricultura irrigada não podem ser diretamente resolvidos pelo irrigante. Eles dependem muito mais de articulação e integração entre as instituições públicas e entre estas e as instituições privadas. Entre os principais entraves vale a pena destacar: (a) licenciamento ambiental; (b) reservação de água (barragens); (c) outorga do direito de uso de recursos hídricos; e (d) energia elétrica.

Rodrigues et al. (2017) destacam que a agricultura irrigada terá que se adaptar a uma sociedade cada vez mais dinâmica, exigente quanto à alimentação e quanto às questões sociais e ambientais. Nesse novo contexto, os autores apontam os seguintes grandes desafios: (a) institucionais – maior integração entre as instituições e suas ações; (b) políticos – maior integração entre as políticas setoriais e os respectivos planos, além de regulamentar a política nacional de irrigação; (c) ambientais – reduzir os impactos e contribuir para a sustentabilidade ambiental; (d) estruturais – desenvolver infraestrutura básica para

o desenvolvimento da agricultura irrigada nas diferentes regiões do país; (e) pesquisa – desenvolver pesquisas aplicadas, com foco nos reais problemas da agricultura; (f) capacitação – desenvolver estratégias adequadas de capacitação, atendendo às demandas dos diferentes clientes, buscando sempre apresentar o problema sob a ótica da bacia hidrográfica e fortalecer a extensão rural; (g) comunicação – desenvolver estratégias de comunicação, buscando atender às demandas dos diferentes nichos da sociedade; (h) técnicos – implementar técnicas que contribuam para aumentar a produtividade de uso da água, por meio do aumento do rendimento e a redução da quantidade de água utilizada; (i) tecnológicos – trabalhar para que as tecnologias sejam assimiladas e adotadas pelos produtores; (j) climáticos – desenvolver estratégias para enfrentar as variabilidades climáticas e reduzir o risco agrícola, por meio da melhoria da precisão das previsões, do desenvolvimento da agricultura com inteligência climática e de estratégias de adaptação às mudanças do clima.

1.5 Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília, DF, 2021. 130 p.
- BARROS, D. S.; CAVALCANTI, A. A. P.; LUCIANO, A. A.; NAVARRO, A. A. de A. L.; BATTISTON, C. C.; ESPÍNDOLA, T. **Relatório final do modelo lógico: tema: agricultura irrigada**. [Brasília, DF]: MPOG/SPIE/NTIH/CGECRH, 2009.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; STEDUTO, P. The water productivity score (WPS) at global and regional level: Methodology and first results from remote sensing measurements of wheat, rice and maize. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 595–611, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.032>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Exportações do agronegócio sobem 6% em 12 meses e somam US\$ 102,14 bilhões**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://antigo.agricultura.gov.br/noticias/exportacoes-do-agro-em-12-meses-somam-us-102-14-bilhoes>. Acesso em: 18 maio 2020.
- CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C. P.; PILOTTO, I. L.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S.; SILVA, A.; RODRIGUES, D. C.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; MEDEIROS, G. S.; SIQUEIRA, G.; MARENGO, J. A. Assessment

of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 5, p. 512–527, 2014.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034**: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2014. 194 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108955/1/Documento-Visao-versao-completa.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.

FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)**: managing systems at risk. Rome, 2011. 285 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, p. 337-342, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature10452>. Acesso em: 22 nov. 2022.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Piracicaba, 2014.

HOFFMAN, G. J.; EVANS, R. G.; JENSEN, M. L.; MARTIN, D. L.; ELLIOTT, R. L. **Design and operation of farm irrigation systems**. 2nd edition. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 2007.

IBGE. **Malhas territoriais**. 2021. Disponível em: www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio. Acesso em: 31 out. 2022.

LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVIC, M.; SCARDIGNO, A. Improving water-efficient irrigation: prospects and difficulties of innovative practices. **Agricultural Water Management**, v. 146, p. 84-94, 2014.

MO, X.; LIU, S.; LIN, Z.; XU, Y.; XIANG, Y.; McVICAR, T. R. Prediction of crop yield, water consumption and water use efficiency with a SVAT-crop growth model using remotely sensed data on the North China Plain. **Ecological Modelling**, v. 183, n. 2-3, 301-322, 2005.

PIRES, G. F.; ABRAHÃO, G. M.; BRUMATTI, L. M.; OLIVEIRA, L. J.; COSTA, M. H.; LIDDICOAT, S.; KATO, E.; LADLE, R. J. Increased climate risk in Brazilian double cropping agriculture systems: implications for land use in Northern Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 228, p. 286-298, 2016.

POUSA, R.; COSTA, M. H.; PIMENTA, F. M.; FONTES, V. C.; BRITO, V. F. A.; CASTRO, M. Climate change and intense irrigation growth in western Bahia, Brazil: the urgent need for hydroclimatic monitoring. **Water**, v. 11, n. 5, p. 933, maio 2019.

PRADHAN, P.; FISCHER, G.; van VELTHUIZEN, H.; REUSSER, D. E.; KROPP, J. P. Closing yield gaps: how sustainable can we be? **Plos One**, v. 10, n. 6, e0129487, 17 June 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129487>. Acesso em: 22 nov. 2022.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (ed). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2017. 327 p.

RODRIGUES, L. N. Quantidade de água utilizada na agricultura irrigada: certezas e incertezas nas estimativas. **Item**, n. 114, p. 47-53, 2017.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, F. D.; CHRISTOFIDIS, D. Agricultura irrigada e produção sustentável de alimento. In: RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: INOVAGRI, 2017. p. 21-108.

ROUX, G. **Ancient Iraq**. 3. ed. East Rutherford, NJ: Penguin Books, 1993. 576 p.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; BEZERRA, A. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; SCHULER, J.; BOLFE, E. L. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818-828, 2019.

SPANGLER, K. R.; LYNCH, A. H.; SPERA, S. A. Precipitation drivers of cropping frequency in the Brazilian Cerrado: evidence and implications for decision-making. **Weather, Climate, and Society**, v. 9, n. 2, p. 201-213, 2017.

ZHANG, Y.; KENDY, E.; QIANG, Y.; CHANGMING, L.; YANJUN, S.; HONGYONG, S. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. **Agricultural Water Management**, v. 64, n. 2, p. 107-122, 2004.