



# AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

Políticas  
Públicas

Alysson Paolinelli  
Durval Dourado Neto  
Everardo Chartuni Mantovani  
ORGANIZADORES



ESALQ

USP



ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA DE  
IRRIGAÇÃO E  
DRENAGEM



# **Agricultura irrigada no Brasil: Políticas Públicas**

ISBN: 978-65-87391-21-2  
DOI: 10.11606/9786587391212

**Alysson Paolinelli  
Durval Dourado Neto  
Everardo Chartuni Mantovani  
(Organizadores)**

**Piracicaba, SP  
2022**



Reitor - Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-reitora - Profa. Dra. Maria Arminda do Nascimento Arruda



ESALQ

Diretor - Prof. Dr. Durval Dourado Neto

Vice-diretor - Prof. Dr. João Roberto Spotti Lopes

**Catálogo na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

---

Agricultura irrigada no Brasil: políticas públicas [recurso eletrônico] / organização de Alysson Paolinelli, Durval Dourado Neto e Everardo Chartuni Mantovani. - - Piracicaba : ESALQ; Viçosa : ABID, 2022

209 p. : il. (Cátedra Luiz de Queiroz)

ISBN: 978-65-87391-21-2

DOI: 10.11606/9786587391212

1. Agricultura irrigada - Brasil 2. Irrigação 3. Governança 4. Políticas públicas I. Paolinelli, A., org. II. Dourado Neto, D., org. III. Mantovani, E. C., org. IV. Título V. Série

CDD 631.7

---

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada





**Cátedra Luiz de Queiroz**  
**Conselho de Governança**

Durval Dourado Neto

João Roberto Spotti Lopes

Luiz Gustavo Nussio

Nelson Sidnei Massola Junior

Ruy de Araújo Caldas



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**ABID 2021/2023**

Presidente: Everardo Chartuni Mantovani (UFV)

Vice-presidente: Antonio Alfredo Teixeira Mendes (NDJ)

Diretores:

Durval Dourado Neto (Esalq/USP)

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima (Inovagri)

Denizart Pirotello Vidigal (Irrigazine-FIIB)

Ricardo Gava (UFMS)

Fernando Braz Tangerino Hernandez (Unesp)

Rodrigo Ribeiro Franco Vieira (Codevasf)

Lineu Neiva Rodrigues (Embrapa)

Catariny Cabral Aleman (UFV)

Maria Emília Borges Alves (Embrapa)

Flávio Gonçalves de Oliveira (UFMG)

### **Conselho Editorial**

Fabiana Lumi Kikuchi Hamada  
Marcela Almeida de Araujo  
Naila de Freitas Takahashi  
Veronica Marques Alves

### **Apoio Editorial**

Leandro de Souza Almeida  
Luciana Joia de Lima  
Sandra de Marchi Vello

### **Capa**

Hugo Arantes, Studio 1 Comunicação

### **Fotos da Capa**

1. Shutterstock; 2. Everardo Mantovani; 3. Shutterstock  
(da esquerda para direita)

### **Fotos da Contracapa**

Gerhard Waller, Divisão de Comunicação da Esalq/USP  
Quadros de autoria do professor Klaus Reichardt (Nikolaus)

### **Fotos dos Organizadores**

Abramilho; Gerhard Waller/DvComun/Esalq/USP; Everardo Mantovani

# CONSIDERAÇÕES SOBRE A OBRA "AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL" E O PROFESSOR ALYSSON PAOLINELLI, TERCEIRO TITULAR DA CÁTEDRA LUIZ DE QUEIROZ

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP), anunciou em 10 de outubro de 2017 a instalação da Cátedra Luiz de Queiroz, que foi aprovada por sua Congregação em 14 de setembro de 2017, iniciativa apoiada, nessa ocasião, pelo Instituto de Estudos Avançados (IEA) da Universidade de São Paulo (USP). A indicação do Conselho de Governança da Cátedra do eminente **Ex-Ministro Alysson Paolinelli** para ser o **Terceiro Titular da Cátedra Luiz de Queiroz (Ciclo 2020/2022)**, foi aprovada em reunião da Congregação em 28 de maio de 2020, com posse em 3 de junho de 2020 para um ciclo anual, sendo reconduzido para novo ciclo, até 2 de junho de 2022 (Portaria Interna Reitoria 215, de 26/04/21).

O Conselho de Governança da Cátedra Luiz de Queiroz é composto pelos seguintes membros: Durval Dourado Neto (Docente do Departamento de Produção Vegetal e Diretor da Esalq/USP), João Roberto Spotti Lopes (Docente do Departamento de Entomologia e Acarologia e Vice-Diretor da Esalq/USP), Luiz Gustavo Nussio (Docente do Departamento de Zootecnia da Esalq/USP), Nelson Sidnei Massola Junior (Docente do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da Esalq/USP) e Ruy de Araújo Caldas (Membro externo de notório saber).

A **Cátedra Luiz de Queiroz de Sistemas Agropecuários Integrados** é uma cadeira voltada para a discussão e realização de atividades abertas à participação de professores e estudantes de graduação e de pós-graduação da Instituição. Tem por finalidade promover reflexões e atividades interdisciplinares, em nível regional, nacional e internacional, sobre temas relativos ao desenvolvimento e sustentabilidade de Sistemas Agropecuários Integrados e suas aplicações com o ambiente e com a sociedade.

**Alysson Paolinelli** é Engenheiro Agrônomo formado em 1959 pela Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG). Especializou-se nos estudos sobre o potencial da região do Cerrado para a produção agrícola. Em 1971, assumiu a Secretaria de Agricultura de Minas Gerais. Foi ministro da Agricultura no período de 1974 a 1979. Nesse período, Paolinelli modernizou a Embrapa e promoveu a ocupação econômica do Cerrado.

Em 2006, indicado por Norman Borlaug, foi agraciado com o prêmio *World Food Prize* (equivalente ao Prêmio Nobel da alimentação), por liderar a implantação da Agricultura Tropical no Cerrado Brasileiro. Em agosto de 2017, recebeu a Medalha Luiz de Queiroz, e, em 2021 e 2022, foi indicado para o Prêmio Nobel da Paz, pelo seu legado em transformar o Brasil em potência mundial do agronegócio e no papel do País em alimentar pessoas no mundo todo.

Foi Diretor-Geral da ESAL (atual, UFLA). É presidente executivo da Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Abramilho), diretor da Verde AgriTech desde 2014 e presidente do Conselho Consultivo do Fórum do Futuro.

A principal temática desenvolvida na Cátedra Luiz de Queiroz (Ciclo 2020/2022) está voltada para projetos e propostas de políticas e ações públicas e privadas que organizem a atividade rural nacional de forma sustentável na Agricultura Irrigada, por meio de Sistemas Agropecuários Integrados no Brasil e tendo em vista sua inserção no agronegócio.

Quanto às Políticas Públicas na Agricultura Irrigada, o principal projeto a ser desenvolvido: Biomass Tropicais: [i] Caracterização da disponibilidade hídrica no Brasil, e [ii] desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil.

Quanto à Liderança Internacional (A5 - *Agricultural Academic Alliance*), a Cátedra visa colaborar com a consolidação da Aliança entre a Universidade de São Paulo (USP), por intermédio da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), *Wageningen University and Research (WUR)*, *University of California-Davis (UCDavis)*, *China Agricultural University (CAU)*, e *Cornell University* (melhores universidades de Ciências Agrárias do Mundo no ranking da editora *U.S. News and World Report 2016*), que tem por objetivo viabilizar a realização de programas acadêmicos internacionais de longa duração para atender as demandas do mundo nas áreas de Agricultura, Pecuária, Meio Ambiente e Segurança Alimentar.

Ao final do primeiro ciclo como Terceiro Catedrático, aos 121 anos do Aniversário da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, **Alysson Paolinelli** apresenta esta obra que agrega as principais lideranças da área de Agricultura Irrigada no Brasil.

**Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior**

Reitor da Universidade de São Paulo

3 de junho de 2022

## **ALYSSON PAOLINELLI: VIDA E OBRA E O SEU O LEGADO PARA PAZ**

O Ex-Ministro Alysson Paolinelli teve atuação de grande destaque em toda sua trajetória acadêmica e profissional.

Primeiro colocado no vestibular do Curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), foi o presidente do Centro Acadêmico daquela instituição, onde se graduou Engenheiro Agrônomo em 1959, como primeiro colocado e orador da Turma de Formandos. Foi Diretor da ESAL (hoje Universidade Federal de Lavras - UFLA) entre 1967 e 1971, onde lecionou Hidráulica, Irrigação e Drenagem por 11 anos.

Nesse período, aprendeu os fundamentos básicos da Academia: a essência do conhecimento científico é a sua aplicação prática, como preconizava Confúcio, com o intuito maior de transformar conhecimento em riqueza para melhoria da vida de todos, especialmente os menos favorecidos. Desde o início foi um líder independente que sempre cultivou a PAZ e norteou suas ações com base na CIÊNCIA.

Especializou-se nos estudos sobre o potencial da região do Cerrado para a produção agrícola e teve brilhante atuação na direção de órgãos públicos, criando e implantando programas e instituições de grande importância na agricultura.

Foi Secretário de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais de 1971 a 1974, quando criou o Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias de Minas Gerais (hoje Epamig).

De 1991 a 1998, novamente Secretário, criou e implantou o Instituto Mineiro Agropecuário (IMA), que coordena programas de defesa sanitária animal e vegetal, e de qualidade e certificação de produtos agropecuários.

Foi Ministro da Agricultura de 1974 a 1979. Nesse período, Paolinelli impulsionou a expansão da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), criou e implantou a Embrater (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural), e promoveu a ocupação econômica do Cerrado através do PRODECER, programa conjunto entre o Brasil e o Japão.

Posteriormente, atuou como presidente de várias instituições públicas e privadas, destacando-se o Banco do Estado de Minas Gerais (1979-1982), a Associação Brasileira de Bancos Comerciais Estaduais (Asbace) (1980-1982), a Fiat Allis Latino Americana (1982-1996 e 1998-2001), a Confederação Nacional de Agricultura do Brasil (CNA) (1988-1990), o Fórum Nacional de Agricultura (1992-1993) e a Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Abramilho) (2010-2015). Sempre apoiou o associativismo e o cooperativismo como formas de organização dos produtores rurais.

Atualmente, é presidente do Instituto Fórum do Futuro, que promove o desenvolvimento de uma agricultura tropical sustentável.

Ao longo de sua brilhante carreira recebeu diversos prêmios, condecorações e títulos honoríficos. Em âmbito nacional, destacam-se o Prêmio Frederico de Menezes Veiga (Embrapa, 1981), Professor Emérito (Universidade Federal de Lavras, 2006), Personalidade do Agronegócio (Associação Brasileira de Agronegócio, 2006), Ordem Nacional do Mérito Científico (Classe Grã-Cruz, 2008), Medalha dos 150 anos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2010) e Medalha Luiz de Queiroz (Esalq/USP, 2017). Também obteve amplo reconhecimento internacional.

O notável Alysson Paolinelli é praticante da agricultura mais moderna, a de baixo carbono, tendo obtido o reconhecimento por lideranças de todas as tendências ideológicas. São várias as homenagens a ele feitas por membros dos mais diversos partidos no âmbito do Parlamento brasileiro, bem como - e principalmente - de inúmeras instituições acadêmicas. Isso acontece não só por Paolinelli ter sido um técnico que valorizou a agricultura brasileira, mas por ter colocado em prática políticas que instrumentalizaram sustentavelmente o combate à fome no Brasil e no mundo.

Sua atuação política no debate Constituinte redundou na Constituição Federal de 1988, primando, sempre, por liberdade e igualdade a todos os brasileiros.

Alysson Paolinelli, por meio de emendas ao anteprojeto da Constituição no âmbito da Subcomissão da Política Agrícola e Fundiária e da Reforma Agrária da Assembleia Nacional Constituinte, propôs que a ordem econômica e social tivesse que propiciar o desenvolvimento nacional e a justiça social com base nos princípios da liberdade de iniciativa; da propriedade privada dos meios de produção; da valorização do trabalho; da função social da propriedade e da igualdade de oportunidades.

Segundo Paolinelli, a função social da propriedade é cumprida quando propicia o bem-estar de todos que dela dependem; mantém níveis satisfatórios de utilização e eficiência; e assegura a conservação dos recursos naturais e justas relações de trabalho.

Suas ideias e propostas, que podem ser revisitadas nos arquivos da Assembleia Nacional Constituinte, contribuíram sobremaneira para o perfil final da Carta Magna cidadã de 1988, equacionando o embate que existe entre igualdade e liberdade. O Estado tem de intervir para produzir condições de igualdade; para regular as oportunidades; para torná-las acessíveis a todos os seres humanos, independentemente de sua cor, origem, gênero ou condição social. Sem descurar, por outro lado, da liberdade, da ideia de Estado que prima pelas liberdades individuais.

Quando Ministro da Agricultura entre 15 de março de 1974 a 15 de março de 1979, consolidou a Embrapa como empresa de pesquisa e promoveu o desenvolvimento rural brasileiro com base na ciência, tecnologia e inovação, bem antes de que a Constituição de 1988 estabelecesse que ao Estado cabe promover e incentivar o desenvolvimento científico, a pesquisa, e a capacitação, tendo em vista o bem público e o progresso da nação.

Sob a inspiração de Paolinelli, as instituições de Pesquisa, como universidades, empresas estaduais e a Embrapa, desenvolveram sistemas de produção específicos ao ambiente de produção tropical, viabilizando a exploração racional do Cerrado, otimizando a utilização dos recursos naturais, insumos agrícolas, mão-de-obra, terra e capital, o que resultou na expansão da produção sustentável de alimentos para parcela significativa da população mundial.

Não seria possível o desenvolvimento da agricultura e pecuária na savana brasileira sem as iniciativas do Ministro Alysson Paolinelli.

Não foi por acaso, portanto, o reconhecimento dado a ele, diante da grandeza de seus projetos e ações: foi agraciado, em 2006, com o prêmio *World Food Prize*, o equivalente ao Nobel da alimentação, por liderar a implantação da Agricultura Tropical Sustentável no Cerrado Brasileiro. Esse prêmio é dado a pessoas, independente de raça e gênero, que ajudaram consideravelmente a população a melhorar a qualidade, quantidade ou disponibilidade de alimentos no mundo.

Em 2019 foi nomeado Embaixador da Boa Vontade do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA).

Em 2020, Alysson Paolinelli se tornou o Terceiro Titular da **Cátedra Luiz de Queiroz de Sistemas Agropecuários Integrados** (Ciclo 2020/2022), uma cadeira voltada para a

discussão e realização de atividades abertas à participação de professores e estudantes de graduação e de pós-graduação da USP, coordenada por uma personalidade de notório saber. Tem por finalidade promover reflexões e atividades interdisciplinares, em nível regional, nacional e internacional, sobre temas relativos ao desenvolvimento e sustentabilidade de Sistemas Agropecuários Integrados e suas aplicações com o meio ambiente e com a sociedade

Em 2021 e 2022, ALYSSON PAOLINELLI foi indicado pela Universidade de São Paulo, por intermédio da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", para o Prêmio Nobel da Paz, pelo seu legado para promoção da PAZ através da oferta de alimentos em nível global: não haverá PAZ enquanto houver FOME.

Transformou o Brasil, da condição de importador de alimentos em 1970, em potência mundial do agronegócio que viabilizou o Brasil alimentar mais de 10% da população mundial e de liderar como Terceiro Catedrático da Esalq/USP o Projeto Biomas, que procura estruturar um planejamento estratégico para prover a produção de alimentos para mais 1 bilhão e cento e vinte milhões de pessoas em 2050, sempre tendo como alicerce de seus programas a ciência, a tecnologia, a sustentabilidade e a inovação.

Alysson Paolinelli é, enfim, um líder brasileiro provedor da PAZ em nível MUNDIAL, tanto no PASSADO com o desenvolvimento da Agricultura Sustentável no Cerrado preservando a Amazônia, como no PRESENTE e no FUTURO liderando o Projeto Biomas na Academia como Terceiro Titular da Cátedra Luiz de Queiroz.

**Roberto Rodrigues  
Durval Dourado Neto**



## CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE ESTE LIVRO

A coleção de cinco livros da **OBRA** intitulada **AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL** é a Edição Revisada e Atualizada dos livros “Diferentes abordagens sobre Agricultura Irrigada no Brasil: História, Política Pública, Economia e Recurso Hídrico”, e “Diferentes abordagens sobre Agricultura Irrigada no Brasil: Técnica e Cultura”, cujos títulos são:

- Agricultura Irrigada no Brasil: história e economia
- Agricultura Irrigada no Brasil: políticas públicas
- Agricultura Irrigada no Brasil: recursos hídricos e sustentabilidade
- Agricultura Irrigada no Brasil: ciência e tecnologia
- Agricultura Irrigada no Brasil: inovação, empreendedorismo e sistemas de produção

Este **LIVRO** intitulado **Agricultura Irrigada no Brasil: políticas públicas** foi organizado em 11 **CAPÍTULOS**, 209 páginas (além de outras 26 páginas na parte pré-textual), contemplando 27 **AUTORES** de diferentes instituições públicas e privadas, assim discriminados:

**CAPÍTULO 1. A sustentabilidade da agricultura irrigada com base nos aspectos legais** por *Alessandra Terezinha Chaves Cotrim Reis*

**CAPÍTULO 2. Políticas públicas voltadas à agricultura irrigada sustentável** por *Ana Maria Soares Valentini, Amarildo José Brumano Kalil, Luciano Baião Vieira e Paulo Afonso Romano*

**CAPÍTULO 3. As políticas públicas e o desenvolvimento da indústria de irrigação no Brasil (a partir do ano de 2000)** por *João Rebequi*

**CAPÍTULO 4. Certificação na agricultura irrigada como incentivo ao uso racional e eficiente da água** por *Maria Emília Borges Alves e Vagney Aparecido Augusto*

**CAPÍTULO 5. A conversão de sistemas de irrigação em projetos públicos de irrigação da Codevasf: protocolo Mandacaru** por *Frederico Orlando Calazans Machado*

**CAPÍTULO 6. Escassez hídrica e o desenvolvimento econômico no setor agropecuário** por *Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima*

**CAPÍTULO 7. Potencial da adoção da agricultura irrigada no Brasil** por *Durval Dourado Neto, Pedro Alves Quilici Coutinho, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Marcela Almeida de Araujo, Arthur Nicolaus Fendrich, José Lucas Safanelli, Rodrigo Fernando Maule, Ana Letícia Sbitkowski Chamma, Thiago Henriques Fontenelle e Frederico Cintra Belém*

**CAPÍTULO 8. Análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada: aplicação em políticas públicas** por *Rodrigo Fernando Maule, Durval Dourado Neto, Klaus Reichardt, Marcela Almeida de Araujo, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto e Simone Beatriz Lima Ranieri*

**CAPÍTULO 9. Análise territorial da conectividade no meio rural visando a automação remota de sistemas de irrigação** por *Durval Dourado Neto, Rodrigo Fernando Maule, Klaus Reichardt, Arthur Nicolaus Fendrich, Marcela Almeida de Araujo e Simone Beatriz Lima Ranieri*

**CAPÍTULO 10. Agricultura irrigada: estratégias para o desenvolvimento sustentável do Brasil** por *Mariane Crespolini dos Santos, Gustavo dos Santos Goretti, Frederico Cinta Belém, Liciano Alice Nascimento Peixoto e Lineu Neiva Rodrigues*

**CAPÍTULO 11. Contribuição técnica, social e econômica dos perímetros públicos de irrigação para otimização de recurso hídrico** por *Athadeu Ferreira da Silva*

Esta coleção de livros é parte de uma importante estratégia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) que integra anualmente ao seu corpo técnico científico uma personalidade com especiais serviços prestados ao Brasil como Titular da Cátedra Luiz de Queiroz. No Ciclo 2020/2022, o Ex-Ministro Alysso Paolinelli é o Terceiro Titular da Cátedra Luiz de Queiroz de Sistemas Agropecuários Integrados.

A importância do trabalho do Ex-Ministro Alysso Paolinelli para agricultura irrigada brasileira é inquestionável, inicialmente como professor da área na antiga Escola Superior de Agricultura de Lavras (Esal), hoje Universidade Federal de Lavras (Ufla), e posteriormente como Secretário de Agricultura do Estado de Minas Gerais, Ministro da Agricultura, inúmeros outros cargos na iniciativa pública e privada e uma incansável participação em eventos técnicos. Neste sentido, foi proposta a elaboração desta obra como uma das atividades do Ex-Ministro Alysso Paolinelli.

A agricultura irrigada é uma das principais estratégias brasileiras para garantir o aumento da produção de alimentos com **sustentabilidade**: (i) **social** com a geração de inúmeros empregos diretos e indiretos, (ii) **ambiental** com a área adicional irrigável de cerca de 15 Mha, no período de 30 anos, não necessitar o desmatamento de novas áreas (“desmatamento zero”), e (iii) **econômica** devido ao aumento da produção e, conseqüentemente, da renda no campo, na agroindústria e na área de serviços. O mundo demanda, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que o Brasil produza alimento para cerca de 2,7 bilhões de pessoas (de um total 9,8 bilhões de pessoas – população mundial) em 2050, sabendo que atualmente produz para cerca de 1,5 bilhões (de um total 7 bilhões de pessoas – população mundial).

As publicações técnicas são muito importantes para o desenvolvimento da agricultura irrigada porque subsidiam e norteiam ações da iniciativa pública e privada, pelo fato dos profissionais desses setores apresentarem soluções eminentemente técnicas, com base científica, e que representam os atuais valores da sociedade, visando transformar conhecimento em riqueza em benefício de todos os segmentos da sociedade. Para representar a visão da SOCIEDADE BRASILEIRA, foram convidados os profissionais que apresentaram contribuições nos diferentes capítulos desta OBRA.

Esta obra foi lançada nas comemorações do aniversário (3 de junho de 2022) de 121 de anos da Esalq/USP, motivo pelo qual a contracapa deste livro foi contemplada com as fotos (fotógrafo Gerhard Waller, DvComun/Esalq/USP) dos quadros de autoria do talentoso pintor Nikolaus (pseudônimo do Professor Dr. Klaus Reichardt): o **‘retrato de dentro para fora’** do Portal Monumental da Esalq/USP retrata como a Esalq/USP se relaciona com sociedade e o **‘retrato de fora para dentro’** do Portal Monumental da Esalq/USP retrata a visão da sociedade concernente à Esalq/USP. O Portal Monumental da Esalq/USP foi revitalizado após mais de 60 anos de inatividade e reinaugurado no dia 3 de junho de 2021 juntamente com a publicação da primeira edição desta obra.

Assim, os organizadores agradecem de forma muito especial às contribuições dos autores, que não mediram esforços para escrever um pouco da experiência de cada um, para esta importante obra da área de agricultura irrigada.

**Durval Dourado Neto**  
**Everardo Chartuni Mantovani**

## OS AUTORES

**1. Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto.** Engenheiro Agrônomo e Doutor em Ciências (USP), Pós-doutor (CNPq). Atua nas áreas de planejamento do uso da terra e modelagem espacial com ênfase em produção agropecuária, desenvolvimento rural e meio ambiente. No Grupo de Políticas Públicas da Esalq/USP (GPP) coordena a concepção de soluções em políticas públicas através de análise de dados e geotecnologias.

**2. Alessandra Terezinha Chaves Cotrim Reis.** Possui graduação em Ciências Biológicas, Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Mestrado e Doutorado em Botânica, Pós-Doutorado com enfoque na Implementação do Código Florestal Brasileiro Lei 12.651/2012 e do Decreto Florestal Estadual 15.180/2014 e o Programa de Regularização Ambiental (PRA) em áreas de Cerrado na Bahia, Brasil. Atualmente é Consultora de Sustentabilidade

**3. Amarildo José Brumano Kalil.** Engenheiro Agrônomo e Mestre pela UFV. Atuou junto à Seapa (Superintendente de Planejamento, Gestão e Finanças; Assessor técnico especial em agricultura irrigada; e Secretário de Estado Adjunto). Funcionário da Emater-MG desde 1985 (Coordenador técnico estadual, Diretor Presidente e atualmente é Coordenador Técnico Regional em Viçosa-MG).

**4. Ana Letícia Sbitkowski Chamma.** Engenheira Sanitarista e Ambiental (UFES), Mestre em Agronomia, área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas (Esalq/USP). Atua na área de planejamento do uso da terra e análise de dados ambientais. Possui experiência em geoprocessamento, levantamento e organização de dados.

**5. Ana Maria Soares Valentini.** Secretária de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), de Minas Gerais. Engenheira Florestal (UFV) e produtora rural em Bonfinópolis (MG), tendo presidido a Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas (Irriganor). Participa, desde 1987, do Prodec - Programa de Desenvolvimento do Cerrado para ampliar. Integrou o projeto na Amazônia "Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais", coordenado pela fundação WWF (World Wide Fund for Nature). Em 2019, foi speaker do Fórum Internacional '10 Mulheres que Você Precisa Ouvir', promovido pela Federação das Mulheres Empresárias e Empreendedoras da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP) e foi a primeira mulher a assumir como secretaria de estado em toda história da SEAPA/MG.

**6. Arthur Nicolaus Fendrich.** Engenheiro Ambiental e Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Doutorando em Ciências Ambientais pela Université Paris-Saclay. Atua na área de modelagem matemática, geoprocessamento e desenvolvimento de ferramentas automatizadas para gestão de políticas públicas.

**7. Athadeu Ferreira da Silva.** Engenheiro Agrônomo UFLA (1975), Mestre (1989) e Doutor (1995) em Irrigação e Drenagem pela Esalq/USP. Funcionário da Codevasf (1976 - atual). Coordenador de Obras e Projetos da Codevasf. Atuação em Políticas de Públicas de Desenvolvimento Regional: Planos de Recursos Hídricos, Planos e Projetos de Revitalização de Bacias Hidrográficas; Gestão Hídrica; Programas de Irrigação e Drenagem. Membro do Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco; Conferências do Clima Eco 92 e Rio + 20; Fóruns Mundiais da Água Marselle/França (2012) e Brasília/DF (2018); Agenda 21 (1995).

**8. Durval Dourado Neto.** Engenheiro Agrônomo (1984) pela UFV, Mestre (Irrigação e Drenagem, 1989) e Doutor (Solos e Nutrição de Plantas, 1992) pela Esalq/USP e Pós-Doutor em física do solo e modelagem em agricultura pela Universidade da Califórnia (1993-1995). Professor Titular e Diretor da Esalq/USP. Coordenador do Grupo de Políticas Públicas (GPP/Esalq/USP) para o desenvolvimento de inteligência estratégica e espacial no apoio à decisão da interface agricultura e meio ambiente. Atua em modelagem de sistemas agrícolas.

**9. Frederico Cintra Belém.** Analista de Infraestrutura do Ministério da Economia desde o ano de 2010 e lotado atualmente no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Engenheiro Agrônomo pela Universidade de Brasília - UnB, Especialista em Irrigação e Gestão dos Recursos Hídricos. Atuou no cargo de Coordenador-Geral de Agricultura Irrigada do Ministério do Desenvolvimento Regional de janeiro de 2019 a setembro de 2020. Especialização em Gestão de Agronegócios, Especialização em Administração Pública, Especialização em Gestão Ambiental, e Curso de Aperfeiçoamento em Planejamento Estratégico. Atualmente está como Coordenador-Geral de Irrigação e Drenagem no MAPA e tem como atribuição a responsabilidade pela implementação da Política Nacional de Irrigação, Lei 12.787/2013 e seus instrumentos.

**10. Frederico Orlando Calazans Machado.** Engenheiro Agrônomo e Mestre em Fitotecnia pela Universidade de Brasília; Pós-Graduado em Análise de Sistemas pela Universidade Católica de Brasília; MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada pela FGV/Eco Business School e em Gestão Pública FUNDACE/Codevasf, é analista em desenvolvimento regional da Codevasf desde 2001, tendo atuado no período de 2007 a 2017 como Secretário Executivo da Área de Irrigação.

**11. Gustavo dos Santos Goretti.** Engenheiro Agrônomo, atualmente é diretor substituto do Departamento de Produção Sustentável e Irrigação do MAPA sendo responsável pelo tema de agregação de valor aos produtos agropecuários, fomento à agroindústria e indicação geográfica onde também foi Coordenador-Geral de Irrigação e Drenagem. Exerceu o cargo de assessor técnico da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA, nas questões relacionadas à água, irrigação, reúso de água e meio ambiente.

**12. João Rebequi.** Executivo do Agronegócio com mais de 25 anos atuando em multinacionais do setor agrícola. Atualmente Vice-Presidente Regional para América Latina na Valmont Industries (NYSE:VMI) residindo em Nebraska desde 2017.

**13. José Lucas Safanelli.** Engenheiro Agrônomo (UFSC), Doutor em Agronomia (Esalq/USP). Tem experiência na aplicação de geotecnologias e ciência de dados em estudos de agricultura e ambiente. Atua em projetos de mapeamento, modelagem e monitoramento agrícola.

**14. Klaus Reichardt.** Engenheiro Agrônomo (1963) e Doutor em Agronomia (1965) pela Esalq/USP. Livre Docência em Física e Meteorologia (1968), Ph.D. em Ciência do Solo (1971), Universidade da Califórnia (EUA) e Professor Titular em Física e Meteorologia (1981). Professor Sênior junto ao Cena/USP (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) e orientador no curso de Fitotecnia da Esalq/USP. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física de Solos.

**15. Liciana Alice Nascimento Peixoto.** Engenheira ambiental pela Universidade do Estado do Pará, especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Faculdade Estácio de Sá. Possui experiência no licenciamento ambiental, logística e controle de qualidade da cadeia de suprimentos na exportação de alimentos, análise técnica de projetos de lei, coautoria de programas federais e materiais técnicos da gestão pública nacional, edição de resoluções em conselhos nacionais.

**16. Lineu Neiva Rodrigues.** Pesquisador na área de recursos hídricos e irrigação da Embrapa Cerrados. É mestre e doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa e pós-doutor pela Universidade de Nebraska-EUA, Lincoln, em Engenharia de Irrigação e Manejo de Água. Foi consultor da Organização dos Estados Americanos e pesquisador visitante na Universidade da Califórnia-EUA, Davis. Foi presidente da Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia e Conselheiro titular do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

**17. Luciano Baião Vieira.** Engenheiro Agrônomo (UFV, 1974). Mestre (Engenharia Agrícola, UFRV, 1982). Doutor em Agronomia - Universidad Politécnica de Madrid Espanha (1992) e Pós-doutorado na Área de Mecanização Agrícola, na University of Kentucky EUA (2007). Professor do DEA-UFV de 1974 a 2009. Chefe do DEA-UFV 1993-1996, Diretor do CENTEV-UFV 2001-

2002, Pró-Reitor de Extensão e Cultura UFV 2003-2004, Diretor Geral do Campus da UFV de Rio Paranaíba 2008-2013 e Assessor Especial da SEAPA MG – 2018 até o momento.

**18. Marcela Almeida de Araujo.** Economista, Mestre em Agronomia e doutoranda em Economia Aplicada (Esalq/USP). Atua em projetos ligados a análise de políticas públicas e desenvolvimento rural sustentável. Tem experiência com gestão de projetos, levantamento de dados primários, sistema de informações espaciais, modelagem econômica e de sistemas agrícolas.

**19. Maria Emília Borges Alves.** Pesquisadora da Embrapa Cerrados, Engenheira Agrícola (UFLA/1996), mestre em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem (UFLA/1999), especialista em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos (CEFET-MG/2004), doutora em Meteorologia Agrícola (UFV/2009) e pós-doutorado desenvolvido na Embrapa Milho e Sorgo. Atuação nos setores privado e público com Engenheira Agrícola, nas áreas de Irrigação e Agrometeorologia.

**20. Mariane Crespolini dos Santos.** Gestora Ambiental pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Mestre e Doutora em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas. Foi pesquisadora no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Atualmente é Diretora do Departamento de Produção Sustentável e Irrigação na Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

**21. Paulo Afonso Romano.** Engenheiro Agrônomo pela UFV, Diretor do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, desde 2019. Atualmente membro do Fórum do Futuro; Secretário Adjunto da SEAPA/MG, 2006-2014; Secretário de Recursos Hídricos do MMA, 1995-1998; Dep. Federal (MG), 1991-1994; Presidente da CAMPO (coordenador do Prodecer - Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados), 1979-1991; Secretário Executivo do MAPA, 1974-1979 (Gestão Alysson Paolinelli); Secretário Adjunto SEAPA/MG, 1971-1974.

**22. Pedro Alves Quilici Coutinho.** Engenheiro Agrônomo pela Esalq/USP. Atua em projetos voltados ao desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao meio rural. Possui experiência em geoprocessamento, modelagem espacial e análises estatística de dados.

**23. Rodrigo Fernando Maule.** Engenheiro Agrônomo e Doutor pela Esalq/USP. Atua em projetos de desenvolvimento e avaliação de políticas públicas relacionados a agricultura e desenvolvimento rural, sendo responsável pela gestão de projetos no Grupo de Políticas Públicas da Esalq/USP (GPP).

**24. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima.** Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem pela Esalq/USP com estágio sanduíche em Córdoba - Espanha no IAS/CSIC e pós-doutorado na Universidade da Califórnia, Davis. Foi professor de Irrigação do Instituto CENTEC e criador do Laboratório de Irrigação acreditado pelo INMETRO. Foi um dos fundadores do Instituto INOVAGRI e atualmente é Secretário Executivo do Agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho do Estado do Ceará - SEDET.

**25. Simone Beatriz Lima Ranieri.** Engenheira Agrônoma (Esalq/USP). Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental, Doutora e Pós-Doutora em Agronomia (USP). Experiência nas áreas planejamento do uso da terra e avaliação de impactos de empreendimentos. No Grupo de Políticas Públicas da Esalq/USP (GPP) coordena a frente dos projetos voltados ao desenvolvimento rural sustentável.

**26. Thiago Henriques Fontenelle.** Geógrafo e mestre pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Especializado em dinâmicas urbano-ambientais e gestão do território pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Atuou como analista em geoprocessamento no IBGE. Atua desde 2012 como especialista em recursos hídricos da ANA, na Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, em especial na elaboração e na

coordenação de planos de recursos hídricos e em estudos setoriais sobre usos consuntivos da água.

**27. Vagney Aparecido Augusto.** Especialista em recursos hídricos com foco em águas subterrâneas, recursos minerais, geotecnologias, políticas públicas e gestão. Prestou consultorias em diversos temas e atua como pesquisador (doutoramento) junto ao Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências da UNB - Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Graduado em Geologia pela UFC (2003), mestre em Recursos Minerais pela Unicamp (2006) e MBA em Gestão Econômica de Recursos Minerais pela BI International Brasil/EUA (2014).

## ORGANIZAÇÃO



**ESALQ**

**USP**



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

## Apoio



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES

MINISTÉRIO DO  
DESENVOLVIMENTO  
REGIONAL

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO





# PREFÁCIO

A população do planeta cresce cada vez mais e, com ela, a demanda por alimentos. Seremos 9,7 bilhões de pessoas em 2050 – 10,9 bilhões em 2100. Todos países buscam interna e externamente soluções para esta demanda e as soluções variam, conforme suas condições econômicas, produtivas e ambientais.

O Brasil mudou sua posição no comércio mundial de alimentos diametralmente desde o final da década de 80. De importador de alimentos, ele passou a atuar em posição de importância no fornecimento de alimentos, fibras e bioenergia. Nosso país possui potencial para alcançar patamares ainda maiores de produção e produtividade, em níveis ótimos de sustentabilidade. Tais avanços foram resultado de uma série de fatores adotados em conjunto, como políticas públicas de incentivo e investimentos em pesquisa e inovação, tendo o crescimento da agricultura irrigada como fator essencial para esta mudança de posição no comércio internacional.

A irrigação é capaz de proporcionar o aumento na produção, produtividade, estabilidade e rentabilidade de alimentos, sem a necessidade de abertura de novas áreas de produção, com forte impacto positivo na área social, ampliando oportunidades de empregos diretos e indiretos de forma estável e levando crescimento econômico para regiões menos desenvolvidas. Dessa forma, considera-se a irrigação como uma tecnologia estratégica para o crescimento e desenvolvimento da agropecuária brasileira e mundial, pois contribui para a adaptação da agropecuária à mudança do clima, e garantia de produção de inúmeras culturas agrícolas, promovendo segurança alimentar.

Assim sendo, esforços têm sido feitos por parte do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para traduzir a Política Nacional de Irrigação (PNI), Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, cujo objetivo é incentivar a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade em bases ambientalmente sustentáveis em programas, projetos e ações. Cita-se, por exemplo, o reconhecimento dos sistemas irrigados como Sistemas, Práticas e Processos de Produção Sustentáveis pelo Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (ABC+), visando a redução da vulnerabilidade dos sistemas produtivos aos períodos de seca e o risco de perda de safra por eventos climáticos extremos.

Os próximos passos para o avanço da PNI são melhorias na governança e na integração entre os setores social, governamental, produtivo e de usuários. Uma vez que os conflitos geram riscos, e que estes são refletidos econômica e socialmente, a condução das políticas públicas relacionadas à da agropecuária brasileira têm uma alta responsabilidade para que o país alcance patamares cada vez mais altos na agropecuária sustentável.

**Frederico Cintra Belém**

Coordenador-Geral de Irrigação e Drenagem  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



# AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

## Políticas Públicas

### SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>		
<b>1</b>	<b>A sustentabilidade da agricultura irrigada com base nos aspectos legais</b>	<b>1</b>
	<i>Alessandra Terezinha Chaves Cotrim Reis</i>	
	Resumo	1
1.1	Introdução	1
1.2	A sustentabilidade da agricultura irrigada com base nos aspectos legais	1
1.3	O Estado da Bahia: região Oeste	7
1.4	Considerações finais	11
	Referências	11

<b>CAPÍTULO 2</b>		
<b>2</b>	<b>Políticas públicas voltadas à agricultura irrigada sustentável</b>	<b>15</b>
	<i>Ana Maria Soares Valentini, Amarildo José Brumano Kalil, Luciano Baião Vieira e Paulo Afonso Romano</i>	
	Resumo	15
2.1	Introdução	16
2.2	Panorama retrospectivo global	16
2.3	Antecedentes no Brasil	18
2.4	Política de agricultura irrigada harmonizada ao meio ambiente	18
2.5	Conservação e reservação de água na agricultura irrigada	21
2.6	Renovação do marco institucional e legal	22
2.7	Concepção e estruturação dos instrumentos e mecanismos de gestão	23
2.8	Plano de irrigação e uso múltiplo de água nas bacias hidrográficas do RS	32
2.9	Plano de irrigação nas bacias hidrográficas do MS	33
2.10	Licitação dos planos do CE, PE, BA e ES	33
2.11	Colaboração e cooperação federativa na consolidação da política de agricultura irrigada	33
2.12	Perspectiva da política de Agricultura Irrigada harmonizada à área ambiental	35
2.13	Considerações finais	39
	Referências	39

### CAPÍTULO 3

<b>3</b>	<b>As políticas públicas e o desenvolvimento da indústria de irrigação no Brasil (a partir do ano de 2000)</b>	<b>41</b>
	<i>João Rebequi</i>	
	Resumo	41
3.1	Introdução	41
3.2	A indústria de irrigação	41
3.3	A Flexibilização na formalização do crédito rural	43
3.4	O grande <i>boom</i> : o subsídio através das taxas	45
3.5	A irrigação no centro da discussão das políticas públicas agrícolas	47
3.6	A indústria de irrigação nos próximos 20 anos	48
3.7	Considerações finais	49
	Referências	49

### CAPÍTULO 4

<b>4</b>	<b>Certificação na agricultura irrigada como incentivo ao uso racional e eficiente da água</b>	<b>51</b>
	<i>Maria Emília Borges Alves e Vagney Aparecido Augusto</i>	
	Resumo	51
4.1	Introdução	51
4.2	Uso eficiente da água na agricultura irrigada	52
4.3	Incentivos ao uso eficiente da água na agricultura irrigada	54
4.4	Certificação: conceito geral	55
4.5	Certificação para agricultura irrigada	57
4.6	Iniciativas nacionais de certificação para agricultura irrigada	58
4.7	Exemplos internacionais de certificação aplicada à agricultura irrigada	60
4.8	Modelos de certificações do setor agropecuário	62
4.9	Diretrizes básicas para certificação na agricultura irrigada	64
4.10	Considerações finais	66
	Referências	67

### CAPÍTULO 5

<b>5</b>	<b>A conversão de sistemas de irrigação em projetos públicos de irrigação da Codevasf: projeto Mandacaru</b>	<b>71</b>
	<i>Frederico Orlando Calazans Machado</i>	
	Resumo	71
5.1	Introdução	71
5.2	Mapa estratégico do Ministério da Integração Nacional	72
5.3	Projeto Mandacaru	73
5.4	Protocolo Mandacaru	79
5.5	Avaliação dos resultados	80
5.6	Replicação para novos projetos	84
5.7	Desafios e oportunidades	87
5.8	Considerações finais	88
	Referências	88

## CAPÍTULO 6

<b>6</b>	<b>Escassez hídrica e o desenvolvimento econômico no setor agropecuário</b>	<b>91</b>
	<i>Sílvia Carlos Ribeiro Vieira Lima</i>	
	Resumo	91
6.1	Introdução	91
6.2	Contextualização	92
6.3	Ações estratégicas para o setor de agronegócio no estado do Ceará	95
6.4	Considerações finais	97
	Referências	97

## CAPÍTULO 7

<b>7</b>	<b>Potencial da adoção da agricultura irrigada no Brasil</b>	<b>99</b>
	<i>Durval Dourado Neto, Pedro Alves Quilici Coutinho, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Marcela Almeida de Araujo, Arthur Nicolaus Fendrich, José Lucas Safanelli, Rodrigo Fernando Maule, Ana Letícia Sbitkowski Chamma, Thiago Henriques Fontenelle e Frederico Cintra Belém</i>	
	Resumo	99
7.1	Introdução	99
7.2	Metodologia	100
7.3	Resultados	108
7.4	Considerações finais	113
	Referências	116

## CAPÍTULO 8

<b>8</b>	<b>Análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada: aplicação em políticas públicas</b>	<b>119</b>
	<i>Rodrigo Fernando Maule, Durval Dourado Neto, Klaus Reichardt, Marcela Almeida de Araujo, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Pedro Alves Quilici Coutinho e Simone Beatriz Lima Ranieri</i>	
	Resumo	119
8.1	Introdução	119
8.2	Agricultura irrigada no Brasil	121
8.3	Potencial de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil	122
8.4	Modelo de análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada	122
8.5	Análise territorial e políticas públicas	130
8.6	Aperfeiçoamento de variáveis da metodologia de análise territorial para a expansão da agricultura irrigada	131
8.7	Necessidade de irrigação: principal mês de semeadura para as culturas de interesse em nível municipal	137
8.8	Área irrigável	140
8.9	Considerações finais	142
	Referências	142

## CAPÍTULO 9

<b>9</b>	<b>Análise territorial da conectividade no meio rural visando a automação remota de sistemas de irrigação</b>	<b>145</b>
	<i>Durval Dourado Neto, Rodrigo Fernando Maule, Klaus Reichardt, Arthur Nicolaus Fendrich, Marcela Almeida de Araujo e Simone Beatriz Lima Ranieri</i>	
	Resumo	145
9.1	Introdução	145
9.2	Análise territorial da conectividade no meio rural visando a automação remota de sistemas de irrigação de pivô central	145
9.3	Análise territorial visando a cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação nas áreas com sistema de irrigação do tipo pivô central com vistas à automação	151
9.4	Análise territorial para a expansão da agricultura irrigada e para caracterização da cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação direcionada em políticas públicas	154
9.5	Análise territorial visando a cobertura de banda larga (telefonia móvel 4G) nas áreas com sistema de irrigação do tipo pivô central com vistas à automação remota	155
9.6	Qualidade da cobertura 4G: modelos de Friis e ITM	156
9.7	Áreas com pivô central e qualidade da cobertura 4G pelo modelo ITM	162
9.8	Análise territorial para a expansão da agricultura irrigada e para caracterizar a cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação direcionada em políticas públicas	167
9.9	Considerações finais	172
	Referências	173

## CAPÍTULO 10

<b>10</b>	<b>Agricultura irrigada: estratégias para o desenvolvimento sustentável do Brasil</b>	<b>177</b>
	<i>Mariane Crespolini dos Santos, Gustavo dos Santos Goretti, Frederico Cintra Belém, Liciane Alice Nascimento Peixoto e Lineu Neiva Rodrigues</i>	
	Resumo	177
10.1	Introdução	177
10.2	Tendências globais e o planejamento necessário	178
10.3	Estratégias brasileiras para garantir a segurança alimentar	181
10.4	Potencial de crescimento da agricultura irrigada	183
10.5	Mitos e verdades	185
10.6	Desafios e Estratégias para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada	185
10.7	Considerações finais	190
	Referências	191

<b>CAPÍTULO 11</b>		
<b>11</b>	<b>Contribuição técnica, social e econômica dos perímetros públicos de irrigação para otimização de recurso hídrico</b>	<b>197</b>
	<i>Athadeu Ferreira da Silva</i>	
	Resumo	197
11.1	Introdução	197
11.2	Caracterização e contextualização	198
11.3	Contribuições praticadas: métodos de trabalhos, geração e demonstração de tecnologias, treinamentos e capacitações realizadas	198
11.4	Considerações finais	202
	Referências	202
	<b>HOMENAGEM (João Neli Menezes Regis)</b>	205
	<b>Relação de Autores, Capítulos e E-mails</b>	207
	<b>Os Organizadores</b>	209



# CAPÍTULO 1

## 1 A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA IRRIGADA COM BASE NOS ASPECTOS LEGAIS

*Alessandra Terezinha Chaves Cotrim Reis*

### Resumo

Sobre os aspectos legalidade e sustentabilidade o Brasil torna-se o grande diferencial para o mundo, não somente em números de produção e produtividade, mas também por possuir uma legislação rígida e robusta, quando comparada a outros países. Esta condição, o coloca em destaque na produção internacional, trazendo a evidência a sustentabilidade social, econômica e ambiental conduzida no campo. A legislação brasileira, traz entre outros assuntos, informações e normas sobre o uso e ocupação do solo e da água, conservação da vegetação nativa e dos serviços ecossistêmicos, gestão de resíduos e dos recursos naturais, essenciais para a manutenção da sustentabilidade a longo prazo. Sobre este aspecto, a demanda mundial crescente por alimento, requer aumento na produção, produtividade e competitividade no mercado, e a expansão da agricultura irrigada vem como uma alternativa importante, para redução da pressão sobre a abertura de novas áreas, quando pensada de maneira precisa, eficiente e integrada, tendo como premissa o uso equitativo e racional dos recursos hídricos em diferentes bacias hidrográficas, essencial para a manutenção produção a longo prazo e a sustentabilidade *lato sensu* nas diferentes atividades conduzidas no empreendimento rural.

### 1.1 Introdução

O Brasil vive um momento decisivo em políticas públicas, associado a mudanças de paradigmas em diferentes áreas, em especial nas ciências que tem refletido no atual sistema agrícola do país, trazendo maior eficiência, munindo o campo de conhecimento, inovação e transferência de tecnologia. Associado ao avanço conduzido em áreas rurais, a legislação brasileira, tem trazido ao longo dos anos a mais segurança jurídica, essencial a atividade rural, sem, contudo, deixar lacunas no que diz respeito a sustentabilidade conduzida nos sistemas produtivos.

### 1.2 A sustentabilidade da agricultura irrigada com base nos aspectos legais

Sobre os aspectos legalidade e sustentabilidade o país torna-se o grande diferencial para o mundo, não somente em números de produção e produtividade, mas também por possuir uma legislação rígida e robusta, quando comparada a outros países. Esta condição, ao longo dos anos, tem colocado o país em destaque na produção internacional, trazendo em evidência para as ações no campo, no que se refere principalmente a sustentabilidade social, econômica e ambiental, tendo estas como ferramentas prioritárias e essenciais para a manutenção e expansão da atividade em áreas rurais, associando a conservação e a utilização racional dos recursos naturais em diferentes regiões.

Entre os diversos avanços e tecnologia conduzidos em campo, o requisito legal traz lastro e segurança jurídica para o setor rural conforme previsto na Constituição da República Federativa do

Brasil de 1988, e na Lei Complementar 140 de 8 de dezembro de 2011, que fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição

Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Assim, o arcabouço legal (Federal, Estadual e Municipal) extenso e rígido tem lastreado todas as ações no empreendimento rural, não somente no que se refere ao cumprimento legal, mais principalmente com a adoção de boas práticas agrícolas tem promovido em curto, médio e longo prazo a sustentabilidade *lato sensu* nas diferentes atividades conduzidas no campo. O conjunto de legislação nacional, traz entre outros assuntos, informações e normas sobre o uso e ocupação do solo e da água, conservação da vegetação nativa e dos serviços ecossistêmicos, gestão de resíduos e dos recursos naturais, que juntos tem corroborado as incitativas e ações de inovação e tecnologia, conduzidas nos empreendimentos rurais em diferentes regiões no Brasil.

Seguindo a perspectiva de normativas sobre o uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos em áreas rurais, o marco regulatório brasileiro é eclético com diferentes vertentes, trazendo por vezes dificuldade de interpretações técnica e jurídica. Entre as normas nacional que também rege outras normativas, para os Estados e os municípios, essenciais para a condução da Agricultura Brasileira destaca-se: (i) A Lei Federal 6.938 de 31 de agosto de 1981 que dispõe entre outros fatores sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, por meio da criação de sistemas e entidades para articular e dar suporte institucional e técnico para a gestão ambiental no país, tornando mais efetiva a atuação do Estado; (ii) a Lei Federal 8.174, de 30 de janeiro de 1991 que dispõe sobre a Política Agrícola Brasileira; (iii) a Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (Política Nacional dos Recursos Hídricos) que estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH); (iv) a Lei Federal 11.284 de 2 de março de 2006 que dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, entre outros aspectos; (v) a Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal Brasileiro) que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2020) e do Programa de Regularização Ambiental (PRA), entre outras ferramentas importantes para o ordenamento do imóvel rural, hoje essencial para demonstrar as áreas consolidadas e conservadas no empreendimento rural; e (vi) a Lei Federal 12.787, de 11 de janeiro de 2013 (Política Nacional de Irrigação), trouxe incentivos importantes para agricultura brasileira, com foco na produção irrigada, condição que fomenta o aumento da produção agrícola no país.

Complementar a legislação acima, é importante destacar que o Decreto Federal 24.643, de 10 de julho de 1934 (Código das Águas), trouxe o primeiro olhar para o uso da água no Brasil, principalmente levando-se em consideração a uma demanda à época por energia elétrica e equidade sobre o consumo da água, além de definir as competências em relação a águas públicas de uso comum, trazendo a fiscalização e o controle da utilização, garantindo a autonomia dos entes federativos e concessões de uso para diferentes atividades, incluindo a agricultura. Assim, esta norma vem lastreado ao longo dos anos a legislação de recursos hídricos no Brasil, principalmente pelo seu olhar amplo e visionário, uma vez que há época da sua publicação.

A Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012, fundamental para o ordenamento das atividades do imóvel rural no Brasil, traz instrumentos importantes para demonstrar as áreas consolidadas (abertas) e conservadas no empreendimento rural. Através do CAR, ferramenta trazida por esta legislação, o país dispõe de uma ferramenta *online* de acesso público, que traz uma análise sobre o uso e ocupação de terras no Brasil. De acordo com dados da Embrapa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018) a atividade rural (lavoura,

pastagens e florestas plantadas), o setor agropecuário, ocupa uma área de cerca de 30,2% do território brasileiro, e a partir dos dados do CAR, a pesquisa da Embrapa Territorial quantificou a dimensão territorial da contribuição dos produtores rurais brasileiros à preservação ambiental. De acordo com os resultados deste estudo, no interior dos imóveis rurais a preservação é em torno de 25,6 %, ou seja, 218 milhões de hectares, área que equivalente à superfície de 10 países da Europa; ainda, os resultados trazidos nesse estudos indicam que, quando os números da adesão ao CAR, acumulam as áreas Unidades de Conservação e outras áreas protegidas e preservadas tem-se um total de 66,3% de áreas preservadas e/ou conservadas no território brasileiro; as demais áreas mencionadas no estudo, equivalente a 3,5%, do território e são destinadas a infraestrutura em diferentes regiões do Brasil.

Corroborando com as informações da Embrapa, dados e informações a adesão ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), publicados (<http://www.car.gov.br/#/>), demonstram o número expressivo de áreas conservadas em diferentes regiões do Brasil, conforme previsão legal em Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal, incluindo os excedentes de vegetação nativa que podem ser destinadas a Cotas de Reserva Ambiental (CRA's), Servidão Ambiental, entre outros atributos, essenciais para manutenção dos serviços ecossistêmicos. Neste sentido, além da adequação no que se refere a manutenção e valorização da vegetação nativa em seu imóvel, diferentes aspectos voltados à conservação, à preservação, à gestão territorial, gestão dos recursos hídricos e eficiência no sistema produtivo tem sido busca constante do produtor rural para se atingir a sustentabilidade fundamental para a manutenção das diferentes atividades no empreendimento rural a longo prazo, que de maneira ampla vêm seguindo o lastro legal pela Lei Federal 6.938 de 31 de agosto de 1981 sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e suas regulamentações.

Desta maneira, as atividades conduzidas em áreas rurais no Brasil, ao longo dos anos, têm demonstrado um papel estratégico para elevação da qualidade ambiental em diferentes regiões, associando a sustentabilidade conduzida no campo, ao desenvolvimento econômico, contribuindo com a geração de emprego e renda, reduzindo as desigualdades, e de maneira ampla contribuindo para ampliar a segurança alimentar. Assim, sem dúvida, o setor agropecuário vem demonstrando, que o cumprimento legal associado a números expressivos de produção é imprescindível para a manutenção do equilíbrio da balança comercial do país e, conseqüentemente, para a estabilidade econômica brasileira.

O agronegócio é responsável por grande parte da economia do país, com números expressivos para o Produto Interno Bruto (PIB) e exportações, através da produção de diversos tipos de matérias-primas, conduzindo e representando diferentes setores da economia brasileira em diferentes escalas. Conforme dados da Conab (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020), apesar das adversidades climáticas decorrentes do fenômeno *La Niña*, a produção brasileira de grãos na safra 2021/2022 será 5% maior que a do período anterior (2020/2021); de e acordo com os dados da Companhia, os produtores devem colher cerca de 268,2 milhões de toneladas de grãos – cerca de 12,79 milhões de Toneladas a mais que as 255,41 milhões de toneladas da temporada passada. É importante destacar que a maior parte da produção de grãos do país concentra-se no Cerrado, contribuindo para colocar o Brasil como um dos maiores produtores de grãos do mundo.

É importante destacar que o aumento de produtividade associada à conservação de grandes remanescentes de vegetação nativa conforme previsão legal, deve-se principalmente à adoção de novas tecnologias que possibilitam a produção cada vez mais eficiente com diminuição de impactos e pressões sobre os recursos naturais. Assim, a intensificação produtiva em áreas rurais, tem sido promovida por meio de conhecimento, inovações e tecnologias agrícolas que aumentam rentabilidade e minimizam impactos ambientais.

O levantamento recente conduzido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), trouxe informações estratégicas para o planejamento do uso da água e o aperfeiçoamento de políticas agrícolas no país (entre 2013 e 2017), considerando diferentes aspectos incluindo risco produtivo, *deficits* hídricos, principais culturas em campo, na condução da agricultura de sequeiro sobre o ponto de vista regional. De acordo com dados deste trabalho, agricultura de sequeiro, que ocupa mais de 90% da área agrícola do país, poderia ser mais produtiva, não fosse o *deficit* hídrico anual de 37%, uma vez esta maneira de condução do plantio depende totalmente das chuvas e da água armazenada no solo, a qual está diretamente ligada ao manejo e a conservação deste. Colaborando com esta afirmativa, Mantovani *et al.* (2020b) destacam que na agricultura tropical os ciclos de produção são definidos pela disponibilidade hídrica, onde o processo de produção está acoplado a ocorrência das chuvas, que nem sempre ocorrem no momento e na quantidade certa.

Neste contexto, a agricultura irrigada vem como uma importante alternativa para o aumento de produção em áreas consolidadas no Brasil, reduzindo a pressão sobre a abertura de novas áreas, em regiões onde há disponibilidade de hídrica superficial e subterrânea. Ricci (2010) já destacava que a ampliação das áreas irrigadas é potencial redutora das pressões sobre a fronteira agrícola e os dados relativos ao aumento da produtividade, fundamentado na aplicação da irrigação, demonstra a necessidade de desenvolvimento e inserção efetiva de novas tecnologias no setor, tendo como objetivo a sustentabilidade dos recursos hídricos. Esta afirmativa também é corroborada com Salassier (2008) que descreve entre outros aspectos, que a irrigação possibilita altas produtividades e produtos de boa qualidade, e que a água utilizada em cada cultura, deve estar relacionada a espécie cultivada, estágio de desenvolvimento, tipo de solo e época de plantio. As afirmativas demonstram que o debate sobre a ampliação da agricultura irrigada é cada vez mais real e atual, tendo como premissa a autorização do uso da água, o uso racional da água, utilização de tecnologias cada vez mais eficientes, a fim de atender a especificidade de cada cultura diminuído e equalizado a utilização dos recursos hídricos, seguindo as normas trazidas pela Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que é a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e regulamentos específicos.

Seguindo esta perspectiva, diferentes autores destacam que o setor agrícola, ainda com demanda crescente de produção, é o maior demandante de água, fazendo referência a condução da irrigação aplicada em campo. Contudo, a elevação da produtividade e da competitividade no mercado, tem demonstrando que a expansão da agricultura irrigada vem como uma alternativa importante, quando pensada de maneira precisa, eficiente e integrada, tendo como premissa o uso equitativo e racional dos recursos hídricos em diferentes bacias hidrográficas do Brasil, essencial para a manutenção produção a longo prazo. Mantovani *et al.* (2020b) descrevem que a agricultura irrigada se coloca como uma opção importante para intensificar a produção e ampliar a produtividade de uma determinada área, associando a capacidade de investimento, disponibilidade de energia e principalmente da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, fazendo referência a importância da gestão, integração de informações e o monitoramento.

De acordo com Cavalcante (2020) a agricultura irrigada, principalmente em regiões com *deficit* hídrico, tem papel fundamental para o crescimento da produtividade, no desenvolvimento agrícola e socioeconômico, proporcionando o desenvolvimento de grandes polos de agronegócios no Brasil.

Corroborando com as ações afirmativas sobre a importância da agricultura irrigada Brasileira, em 2019 o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) propôs uma reconfiguração para a condução da Política Nacional de Irrigação, de modo a fazer com que a política pública alcançasse também os agricultores irrigantes em áreas privadas. Esta reconfiguração redirecionou o foco da Política Nacional de Irrigação, que passou a atender não

só as demandas dos projetos públicos de irrigação, mas também das áreas de irrigação privadas, instituindo assim os Polos de Agricultura Irrigada, tendo como foco levantamento de necessidades e melhoras contínuas, inclusive com investimentos regionais. Hoje o Brasil dispõe Polos de Agricultura Irrigada nos estados do Rio Grande do Sul, Goiás, Bahia e Mato Grosso, totalizando uma área irrigada superior a 650 mil hectares conforme dados de Leite *et al.* (2020). Assim, a implementação dos Polos de Irrigação do Brasil, vem de encontro a demanda urgente e crescente por produção e aumento de produtividade de alimentos, onde o debate e o fortalecimento de ações estruturantes para vem corroborar as ações conduzidas nas diferentes regiões, minimizando inclusive os efeitos das restrições climáticas.

De acordo com estudos conduzidos pela Agência FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2017) da Organização das Nações Unidas (ONU) se por um lado existe a preocupação com a disponibilidade da água, por outro existe a questão básica relacionada à necessidade de produzir alimentos, em maior quantidade e qualidade, e indica a necessidade de aumentar a atual produção de alimentos entre 60 e 70% até 2050 para atender à demanda crescente da população que irá superar os 9 bilhões de pessoas; e considerando as condições limitadas para expansão da área plantada, a FAO estima que 90% deste crescimento deverá vir do aumento da produtividade, em diferentes regiões do mundo. De acordo com Rodrigues e Domingues (2017) alguns fatores inerentes à agricultura moderna, contribuem para intensificar e ampliar as dificuldades associadas aos desafios de aumentar a produção para o patamar necessário, e destaca os fatores: (i) a redução da disponibilidade de terras aráveis; (ii) as assimetrias no crescimento populacional, na produção de alimentos e na oferta hídrica; (iii) a multifuncionalidade da agricultura; e (iv) as mudanças climáticas.

Assim, a produção de alimentos, em diferentes regiões, deve ser vista através de uma abordagem sistêmica que considere os aspectos legais, ações integradas de governança, aumento de produtividade e mitigação dos impactos ambientais. Corroborando com esta afirmativa, Rodrigues e Domingues (2017) descrevem que para que isto aconteça, é necessário intensificar a agricultura de maneira sustentável melhorando a eficiência dos sistemas agrícolas, tornando-os mais produtivos, sem perder de vista a resiliência dos sistemas naturais, e o aperfeiçoamento da produção, considerando ganhos de produtividade, mantendo claramente a presença dos fatores componentes do desenvolvimento sustentável.

Seguindo nesta perspectiva Mendes (2020) evidencia que ao longo dos anos o Brasil vem ocupando um espaço primordial no cenário internacional no que se refere ao fornecimento de insumos agropecuários para suprir uma demanda crescente por alimentos, através da utilização de conceitos e práticas agrícolas sustentáveis, com o foco no crescimento vertical da produção agrícola, através do desenvolvimento da agricultura irrigada no país, associando a indústria de equipamentos e suas responsabilidades socioambientais. Braga (2020) reitera a importância da contribuição das ciências e engenharia para o uso e manejo dos recursos hídricos, através do desenvolvimento de técnicas e tecnologia para a condução da agricultura irrigada e sua eficiência em sistemas de irrigação, incluindo os seus benefícios em regiões semiáridas, onde o clima é o grande diferencia na produção regional.

Conforme dados da Embrapa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2020a), a irrigação no Brasil representa entorno de 7 (sete) milhões de hectares, cerca de 3% da área plantada, e grande parte desta produção está localizada na região do Cerrado. Contudo, diversos estudos têm demonstrado que o potencial de irrigação no Brasil é de 61 milhões de hectares, sendo 38 milhões de hectares se forem levados em consideração apenas regiões com solo e relevo de alta e média qualidade, e descreve que 73% dos pivôs centrais do país estão localizados no Cerrado, com destaque para o município de Unai (MG), cidade no Brasil que tem o maior número de área irrigada (74 mil hectares), seguida por Paracatu (MG) e Cristalina (GO).

A região de Cerrado que compreende os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Matopiba), é considerada uma das grandes fronteiras agrícolas do mundo, representada por números expressivos de produtividade e produção, respondendo por grande parte da produção brasileira de grãos e fibras. Conforme dados da Embrapa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2020b) a atividade agrícola na região que contempla 73 milhões de hectares distribuídos em 31 microrregiões e 337 municípios tem se ampliado, destaca que até 2022, segundo projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), o Brasil plantará cerca de 70 milhões de hectares de lavouras, tendo a maior expansão da agricultura no Cerrado, com projeções da a região do Matopiba para um total de 10 milhões de hectares, o que representará 16,4% da área plantada e deverá produzir entre 18 a 24 milhões de toneladas de grãos, um aumento médio de 27,8%.

Desta maneira, a região do Matopiba, tem despontado nos cenários nacional e internacional, como uma grande oportunidade do desenvolvimento da agricultura em sustentável, trazendo a integração do cumprimento legal, eficiência, inovação e tecnologia, associada a adoção de boas práticas, conservação e recuperação de vegetação nativa, para suprir uma demanda importante do mercado, que tem apontado a importância da gestão integrada do uso e ocupação do solo compatibilizada com a conservação dos recursos naturais e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Neste contexto, e para atender uma demanda do mercado na produção de alimento, associando a sustentabilidade e equidade social e ambiental, Rodrigues (2020a) observa que são vários os desafios a serem enfrentados, não somente pelo produtor rural; e destaca a necessidade de uma gestão adequada, capaz de considerar as especificidades inerentes a cada setor e usuário, com integração efetiva das ações institucionais e das políticas públicas setoriais, exemplificando a necessidade da integração de ações voltadas a segurança alimentar, associado a segurança hídrica e energética. Assim, para isso aconteça, é necessário o atendimento da legislação da maneira integrada, tendo como premissa, que a água tem usos múltiplos, essencial para o desenvolvimento de diversas atividades, inclusive atividade econômica, que exige ações de governança, planejamento, gestão e monitoramento, essenciais para o seu uso equitativo e racional. Ainda, de acordo com Rodrigues (2020b), o desenvolvimento de uma agricultura sustentável passa, necessariamente, pelo uso sustentável dos recursos hídricos, que, por sua vez, depende de uma gestão que incorpore os usos múltiplos da água e considere os fundamentos e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, fortalecendo os mecanismos que contribuem para aumentar a oferta hídrica na bacia hidrográfica, entre esses, os sistemas de conservação de solo, que estão em constante adaptação e evolução, e apresentam o maior potencial de contribuição para os recursos hídricos em termos de sua qualidade e quantidade, destacando os mecanismos destinados ao controle da erosão, dessalinização, redução da evaporação e aumento da infiltração e da capacidade de retenção da água no solo.

É importante destacar que no Brasil, colaborando com as informações trazidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos, a Política Nacional de Irrigação, regida pela Lei 12.787 de 11 de janeiro de 2013, tem como priorização a modernização e avanço da agricultura irrigada, associando e demonstrando a importância da preservação dos recursos hídricos e o uso sustentável, para as atividades atuais, garantindo os usos para as gerações futuras. Assim, considerando o lastro legal e diferentes estudos conduzidos, a ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2020) descreve as vantagens do uso da irrigação: (i) aumento de produtividade da ordem de duas a três vezes em relação a agricultura de sequeiro; (ii) elevação da renda do produtor rural e redução nos riscos de produção; (iii) utilização do solo durante todo o ano com até três safras anuais; (iv) modernização dos sistemas de produção estimulando a introdução de novas tecnologias; (v) aumento da oferta e da regularidade de alimentos; e (vi) maior viabilidade para a criação de polos agroindustriais e abertura de novos mercados.

Desta maneira, diversos estudos procuram abordar a importância da água e seus usos múltiplos, destacando que a água possibilita equalizar a produção agrícola em diferentes regiões do Brasil, e a agricultura irrigada pode se tornar uma alternativa importante em regiões com restrições pluviométricas, entretanto há disponibilidade hídrica superficial e/ou subterrânea. Contudo, para a condução da agricultura irrigada é necessário aplicar uma visão ampla do sistema hídrico, tendo como enfoque prioritário a bacia hidrográfica, e suas restrições, considerando que algumas regiões se encontram críticas no que se refere ao uso e ocupação do solo e disponibilidade hídrica.

A condição essencial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no país, e sua segurança a longo prazo, está associada a um conjunto de políticas públicas que permitam a integração de informações e atos normativos, associados a diferentes instituições, com fomento ao setor, condições também fomentadas na Política Nacional de Irrigação e na Política Nacional de Recursos Hídricos.

Entre os instrumentos importantes na condução da agricultura irrigada no Brasil tem o cumprimento de uma legislação extensa sobre o uso dos recursos hídricos relacionada principalmente a Outorga de uso da água, Licenciamento ambiental, cumprimento de condicionantes descritas em Portarias dos atos autorizativos, regularização de intervenções em Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal, entre outros fatores, que atendem a especificidade de cada empreendimento rural.

Assim, para garantir melhorias na irrigação no Brasil, é imprescindível o entendimento que a utilização dos recursos hídricos em diferentes projetos e programas de irrigação dependerá de prévia Outorga de uso de água, concedida por órgão federal, estadual ou distrital, conforme previsto em legislação ambiental vigente, associado a gestão e monitoramento dos recursos hídricos, tendo como premissa os usos múltiplos e equitativo da água.

### **1.3 O estado da Bahia: região oeste**

A condução das diversas atividades no empreendimento rural no Estado da Bahia, assim como em diferentes regiões no Brasil é caracterizada por um marco regulatório complexo e robusto. Considerando a diversidade legal que permeia a condução das atividades rurais, e a equidade no uso dos recursos naturais, destaca-se: (i) Lei Estadual 6.855 de 12 de maio de 1995 que dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências; (ii) Lei Estadual 10.431 de 20 de dezembro de 2006 que dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia e dá outras providências; (iii) Lei Estadual 10.432, de 20 de dezembro de 2006 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências; (iv) Lei Estadual 11.612 de 8 de outubro de 2009 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências; (v) Lei Estadual 12.377 de 28 de dezembro de 2011 que altera a Lei 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade, a Lei 11.612, de 8 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e a Lei 11.051, de 06 de junho de 2008, que Reestrutura o Grupo Ocupacional Fiscalização e Regulação; (vi) Lei Estadual 13.547 de 14 de dezembro de 2016, que institui o Programa de Regularização Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado da Bahia, altera dispositivos da Lei Estadual 10.431, de 20 de dezembro de 2006, e da Lei 11.612, de 8 de outubro de 2009, bem como revoga a Lei 11.478, de 1 de julho de 2009; e (vii) Lei Estadual 13.223 de 12 de janeiro de 2015 que Institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências.

A legislação acima mencionada, traz amplo entendimento e normas voltadas a sustentabilidade conduzida em campo, em especial o ordenamento territorial, áreas consolidadas, áreas nativas, recursos hídricos e uso e ocupação do solo. Entre os avanços trazidos pela legislação ambiental a implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) obrigatório para áreas rurais, vem como uma ferramenta importante de monitoramento de planejamento do imóvel, obrigatória adesão pelos proprietários rurais.

O Estado da Bahia tem uma área passível de adesão ao Cadastro de 29.581.747 hectares (ha), e de acordo com dados da base Sicar (2021) a área total cadastrada é de 28.624.522,86 hectares, o que representa 784.388 imóveis cadastrados, nos diferentes biomas de Cerrado, Catinga e Mata Atlântica. A região Oeste da Bahia, um dos maiores polos de produção de grãos e fibra do Brasil, possui uma área de 9,1 milhões de hectares localizadas no Cerrado; destes, 3,1 milhões de hectares se encontram consolidados para diferentes usos, sendo 2,5 milhões de hectares destinados a produção conforme dados da Aiba (ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA, 2020a) com uma produção (soja, milho e algodão) demonstrada na Safra 2020/2021 de 6,7 milhões de toneladas de grãos, e 315@/hectare, respectivamente.

Atualmente, dos 2,5 milhões de hectares consolidados e destinados à produção na região oeste da Bahia, indicam que ao longo dos últimos 30 anos a região vem crescendo de maneira significativa. Estes dados são comprovados pelos números públicos do Produto Interno Bruto (PIB) e do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios da região. De maneira paralela, os números da adesão ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) indicam que a produção vem alinhada com a manutenção de áreas conservadas, preservadas e/ou em processo de recuperação, as quais se encontram em propriedades privadas e equivale a cerca de 4,5 milhões de hectares distribuídos em Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e outros remanescentes com vegetação nativa. Estas informações de maneira integrada, vem garantindo a sustentabilidade, em uma vez que estamos falando de uma das regiões mais promissoras do país, e uma das mais ativas fronteiras agrícolas do mundo.

Considerando a sua localização no Cerrado, a região tem merecido o olhar especial no que se refere a diferentes aspectos, entre estes, o potencial agrícola, produção, produtividade, recursos hídricos, diversidade, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Estas condições, também permitido que a região tenha a atenção especial de instituições de pesquisa, regulação, crédito, inovação e tecnologia, que juntas tem trazido um olhar sistêmico para a região, demonstrada, por exemplo, com a criação em 2019 do primeiro Polo de Irrigação do Nordeste do Brasil, que tem o objetivo de fortalecer a atividade agrícola regional, com vistas na sustentabilidade, ampliando o desenvolvimento estruturado da região, que envolve 17 municípios da região, trazendo benefícios diretos e indiretos para o setor agrícola como um todo.

De acordo com dados da Aiba (ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA, 2020b) a agricultura praticada na região, segue o cenário nacional com 92% da área em regime de sequeiro, onde os índices pluviométricos norteiam a produção. A área irrigada, representada por 8% de toda área ocupada em áreas privadas e públicas, tendo sido praticada essencialmente em áreas do Cerrado nas Bacias Hidrográficas dos Rios Grande, Corrente e Carinhanha.

Assim às condições climáticas, os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), condições dos solos e do relevo, a pesquisa e o uso da tecnologia tem contribuído para o desenvolvimento da agricultura na região, especialmente a agricultura irrigada, a qual é precedida de Outorgas de uso da água para usos superiores a 0,5l/s, que é ato autorizativo que garante a disponibilidade hídrica para usos múltiplos e equaliza as vazões dos cursos d'água da região, entre outras autorizações essenciais para a operação de um empreendimento rural

De maneira complementar, conforme estabelecido em legislação do Estado da Bahia, as análises das solicitações de Outorgas têm o lastro legal em Lei e regulamentos próprios, e considerando que Aquífero Urucuia se encontra em grande proporção na região oeste da Bahia, as Outorgas de uso da água seguem um rito específico, incluindo as normativas trazidas pela Instrução Normativa INGA 15 de 18 de março de 2010 (BAHIA, 2010), sobre perfurações, vazões previstas e distanciamento em se tratando de outorgas subterrâneas, precedidas de Autorização de Perfuração de Poços (APPO); as demais captações superficiais, intervenção em curso d'água e lançamento de efluentes, seguem rito específico para as concessões de Outorgas e dispensas de uso da água.

Estudos recentes conduzidos por Mantovani *et al.* (2020 a,b), demonstram a possibilidade do incremento da produção irrigada na região, tanto na agricultura empresarial quanto familiar, contudo fica evidenciado que o crescimento ocorra de maneira sustentável, com governança, eficiência nos sistemas produtivos e o monitoramento contínuo. Os resultados destes estudos, trazem informações cada vez mais precisas sobre a região, no que se refere a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea (do aquífero Urucuia), histórico de ocupação, taxa anual de recarga, profundidade do lençol freático associado a distintas estratégias de captações subterrâneas.

Além do cumprimento da legislação, é imprescindível a adoção de práticas conservacionistas de todos os recursos envolvidos no processo produtivo e essenciais para a manutenção das atividades no campo, a exemplo de: manejo e conservação do solo e da água, preservação, recuperação e/ou restauração de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal, além de adoção de programas voltados a conscientização. Estas ações em conjunto, promovem benefícios coletivos e garantem a sustentabilidade do agronegócio em diferentes regiões.

Considerando a importância das ações de sustentabilidade na região, partindo sempre do Princípio da Precaução, a Associação dos Agricultores e Irrigantes da Bahia (Aiba) em parceria com a Associação Baiana dos Produtores de Algodão (Abapa) tem conduzido diversas iniciativas que hoje são referência no Brasil, entre estas, destaco: (i) a criação do Centro de Apoio a Regularização Ambiental, que orienta o agricultor sobre as questões ambientais legais do empreendimento rural; (ii) condução do Projeto de Identificação, Preservação e Recuperação de Nascentes e Veredas; e (iii) e a pesquisa sobre o Potencial Hídrico do Oeste da Bahia. Estas ações em conjunto, têm promovido e demonstrado a importância da integração do conhecimento técnico-científico, associado ao cumprimento legal e adoção de boas práticas agrícolas são ferramentas essenciais para se atingir a sustentabilidade no campo.



**Figura 1. Região Oeste da Bahia. (Acervo Fotográfico da AIBA)**



**Figura 2. Região Oeste da Bahia III. (Acervo Fotográfico da AIBA)**

## 1.4 Considerações finais

O fomento à pesquisa e à inovação, com o uso da tecnologia, tem garantido ao longo dos anos os números expressivos de produção e de produtividade gerados pela agricultura conduzida em diferentes regiões do Brasil, em especial a região oeste da Bahia. Esta atual condição, indica que a eficiência na produção associada ao cumprimento legal tem sido a grande chave para o sucesso no campo. De maneira paralela, as ações conduzidas no Oeste da Bahia, corroboram informações da FAO no que se refere ao desenvolvimento agrícola cada vez mais sustentável, associada ao esforço contínuo para ampliar a segurança alimentar, tendo como premissa o compromisso de uma produção cada a vez mais equitativa e justa, considerando que o Brasil tem uma legislação ambiental rígida e bastante complexa quando comparada com outros países do mundo.

O desafio de desenvolver a produção cada vez mais sustentável tem exigido não somente o cumprimento da legislação, mas também a adoção de diversas estratégias e políticas públicas, que permeiam a geração, adoção e difusão de tecnologias adequadas, associadas a estruturação de sistemas de informações e monitoramento cada vez mais integrados e eficientes, tendo a gestão dos recursos hídricos fundamentada em uma abordagem multidisciplinar e visões dos diferentes setores e usuários, considerando sempre os usos múltiplos da água e a segurança hídrica.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**, 2020. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. **Informe AIBA & ABAPA**, 2020a. Disponível em: <https://aiba.org.br/wp-content/uploads/2020/12/Informe-AibaAbapa-Novembro.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2020.
- ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. **Produtores rurais defendem agricultura irrigada para impulsionar produtividade com uso sustentável das terras do Oeste da Bahia**, 2020b. Disponível em: <https://aiba.org.br/noticias/produtores-rurais-defendem-agricultura-irrigada-para-impulsionar-productividade-com-uso-sustentavel-das-terras-do-oeste-da-bahia/>. Acesso em: 4 mar. 2020.
- BAHIA. **Instrução Normativa 15 de 18 de março de 2010**, 2010. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/legislacao-ambiental/instrucoes-normativas/instru-o-normativa-ing-n-15>. Acesso em: 23 out. 2020.
- BAHIA. Lei Estadual 10.431 de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a política de meio ambiente e de proteção à biodiversidade do estado da Bahia e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2006. Disponível em: [http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei%2010431\\_2006.pdf](http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei%2010431_2006.pdf). Acesso em: 11 jul. 2020.
- BAHIA. Lei Estadual 10.432 de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2006. Disponível em: <https://governo-ba.jusbrasil.com.br/legislacao/85401/lei-10432-06>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- BAHIA. Lei Estadual 11.612 de 8 de outubro de 2009. Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2009. Disponível em: [http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei\\_11612%5B1%5D.pdf](http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei_11612%5B1%5D.pdf). Acesso em: 4 mar. 2020.
- BAHIA. Lei Estadual 12.035 de 22 de novembro de 2010. Altera dispositivos da Lei 11.612, de 8 de outubro de 2009, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, o sistema estadual de

gerenciamento de recursos hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2010. Disponível em:

<http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/LEI%20N%C2%BA%2012.035%20DE%2022%20DE%20NOVEMBRO%20DE%202010.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

BAHIA. Lei Estadual 12.377 de 28 de dezembro de 2011. Altera a Lei 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a política estadual de meio ambiente e de proteção à biodiversidade, a Lei 11.612, de 8 de outubro de 2009, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e a Lei 11.051, de 6 de junho de 2008, que reestrutura o grupo ocupacional fiscalização e regulação. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2011. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/LEI%20N%C2%BA%2012.377%20DE%2028%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

BAHIA. Lei Estadual 13.223 de 12 de janeiro de 2015. Institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2015. Disponível em: <https://aiba.org.br/wp-content/uploads/2014/10/LEI-N-13-233-PSA.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

BAHIA. Lei Estadual 13.547 de 14 de dezembro de 2016. Institui o Programa de Regularização Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado da Bahia, altera dispositivos da Lei Estadual 10.431, de 20 de dezembro de 2006, e da Lei 11.612, de 8 de outubro de 2009, bem como revoga a Lei 11.478, de 1 de julho de 2009. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 2016. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=333527>. Acesso em: 4 mar. 2020.

BAHIA. Lei Estadual 6.855 de 12 de maio de 1995. Dispõe sobre a política, o gerenciamento e o plano estadual de recursos hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 1995. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/LEI6855.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

BRAGA, M.B. **Sustentabilidade da Irrigação no Brasil**, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164936/1/Sustentabilidade-e-horticultura-254-271.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2020.

BRASIL. Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Coleção de Leis do Brasil -1934**, v.4, p.679, 10 jul. 1934. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 28 set. 2020.

BRASIL. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, p.1, 28 mai. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. Lei 12.787 de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nos 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, p.4, 14 jan. 2013. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm). Acesso em: 23 out. 2020.

BRASIL. Lei 140 de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**, seção 1, p.1, 9 dez (publicação original), seção 1, p.2, 12 dez. 2011 (retificação). 2011. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm). Acesso em: 23 out. 2020.

BRASIL. Lei 6938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **DOFC** de 2 set. 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 20 out. 2020.

CAVALCANTE, K.L. **A nova política nacional de irrigação (Lei 12.787/2013) e o desenvolvimento sustentável na agricultura**, 2020. Disponível em: [http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO\\_EV126\\_MD1\\_SA8\\_ID2833\\_12082019215248.pdf](http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA8_ID2833_12082019215248.pdf). Acesso em: 2 ago. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Bahia, Brasil. **Boletim das Safras de Grãos**: 1995/2020. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 out. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Matopiba, 2020b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/perguntas-e-respostas> Acesso em: 1 dez. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesquisa e setor produtivo discutem a agricultura irrigada no Brasil**, 2020a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/54297801/pesquisa-e-setor-produtivo-discutem-a-agricultura-irrigada-no-brasil> e <https://www.youtube.com/watch?v=ginkY0mfsCo&feature=youtu.be>. Acesso em: 27 dez. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa. **Síntese ocupação e uso das terras no Brasil**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/car/sintese>. Acesso em: 23 out. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The future of food and agriculture** - Trends and challenges. Rome, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2020.

LEITE, A.F.G.; BELEM, F.C.; XAVIER, R.M.; ARAÚJO, W.O. **Polos de agricultura irrigada**: uma proposta de reconfiguração da política nacional de irrigação no país. Disponível em: <https://aiba.org.br/wp-content/uploads/2020/07/AibaRural-Edi%3%a7%3%a3o-16-Vers%3%a3o-Digital-final.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

MANTOVANI, E.; COSTA, M.H.; NEALE, C.; SILVA JUNIOR, A.G.; MARQUES, E.A.; CARDOSO, G. **Sistema integrado de monitoramento dos recursos hídricos**: solução para expansão sustentável da irrigação. 2020b. Disponível em: <https://aiba.org.br/wp-content/uploads/2020/09/AibaRural-Edicao-17-Digital.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.

MANTOVANI, E.; SILVA JUNIOR, A.G.; COSTA, M.H.; MARQUES, E.A.; CARDOSO, G.; PRUSKI, F.F. **Potencial hídrico da região oeste da Bahia**: Relatórios. 2020a. Disponível em: <https://aiba.org.br/potencial-hidrico-relatorios/>. Acesso em: 4 dez. 2020.

MENDES, A.A. O novo papel da indústria de equipamentos na agricultura irrigada. In: RODRIGUES, L. N.; ZACCARIA, D. **Agricultura Irrigada, um breve olhar**, 337p. 2020. Disponível em: [Lineu-Ebook-AgriculturaIrrigada-um-breve-olhar-VF \(1\).pdf](#). Acesso em: 4 dez. 2020.

RICCI DOS SANTOS, R. **Irrigação como alternativa de sustentabilidade agrícola e ambiental**, 2010. Disponível em: [http://uniesp.edu.br/sites/\\_biblioteca/revistas/20180403121217.pdf](http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20180403121217.pdf). Acesso em: 25 out. 2020.

RODRIGUES, L. **Intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas**, 2020b. Disponível em: [https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/intensificacao-e-sustentabilidade-dos-sistemas-de-producao-agricolas/-/asset\\_publisher/MpEPEYHn8qxt/content/lineu-neiva-rodrigues?inheritRedirect=true](https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/intensificacao-e-sustentabilidade-dos-sistemas-de-producao-agricolas/-/asset_publisher/MpEPEYHn8qxt/content/lineu-neiva-rodrigues?inheritRedirect=true). Acesso em: 28 dez. 2020.

RODRIGUES, L. **Mitos e Fatos na agricultura irrigada** (Parte III), 2020a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55110512/mitos-e-fatos-na-agricultura-irrigada-parte-iii>. Acesso em: 28 dez. 2020.

RODRIGUES, L.; DOMINGUES, A.F. **Agricultura Irrigada desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**, Brasília, Inovagri, 327p., 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168474/1/Agricultura-Irrigada.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2020.

SALASIER, B. **Impacto Ambiental da irrigação no Brasil**, 2008. Disponível em: [https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/imagens/winotec\\_2008/winotec2008\\_palestras/Impacto\\_ambiental\\_da\\_irrigacao\\_no\\_Brasil\\_Salassier\\_Bernardo\\_winotec2008.pdf](https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf). Acesso em: 23 out. 2020.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro Ambiental Rural - CAR**. 2020. Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/> e <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 27 dez. 2020.

# CAPÍTULO 2

## 2 POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À AGRICULTURA IRRIGADA SUSTENTÁVEL

*Ana Maria Soares Valentini, Amarildo José Brumano Kalil, Luciano Baião Vieira e Paulo Afonso Romano*

### Resumo

A irrigação é uma das técnicas mais antigas das atividades humanas. Surgiu por volta de 4.000 a.C. Às margens dos rios Tigres e Eufrates. O uso da água na produção se tornou tão importante que essas civilizações passaram a se chamar "civilizações hidráulicas" onde suas organizações tinham dependência econômica dos rios que as margeiam. A agricultura é estratégica para qualquer país, portanto cabe alguma regulação do Estado no caso da agricultura irrigada o controle se dá mais efetivamente sobre a água. Para alimentar os 9 bilhões de habitantes em 2050 somente será possível se se ampliarmos significativamente a área irrigada no mundo. Com a irrigação é possível produzir 2,7 vezes mais em mesma área sendo possível realizar duas ou mais safras por ano com a mesma infraestrutura. No Brasil que possui considerável dotação de recursos hídricos ainda não usa seu potencial. Iniciativas governamentais foram tomadas desde o império e durante o período republicano foram criados o DNOCS a Codevasf E uma série de programas e projetos. Vários perímetros irrigados foram implantados pelo Brasil com ênfase no Nordeste, alguns lograram êxito e outros não. É importante ressaltar que a agricultura irrigada privada evoluiu por conta própria excetuando - se alguns programas de incentivo (Provarzeas, Proni) e hoje é responsável por mais de 96% da área irrigada no país. Portanto é fundamental para a manutenção e ampliação dessa participação a reservação de água para regularização das vazões. Infelizmente é nesse quesito que se encontra um conflito de décadas entre os agricultores e o meio ambiente, portanto há que acrescentar mais ciência, inteligência e bom senso no processo de formulação e gestão. E principalmente, mais diálogo. Qualquer política ambiental ou agrícola passa pela implementação local e participação direta dos atores territoriais. Os processos de utilização dos recursos pelos agricultores seriam sempre determinantes na conservação ou degradação do meio ambiente. Para trazer e dar oportunidade para a parceria do poder público com os agricultores foram implementados alguns Planos de Agricultura Irrigada (MG, RS, MS) como pilotos, porém carecem de apoio para se tornarem perenes. Uma novidade no Plano Diretor de MG foi a concepção dos territórios da Agricultura Irrigada que passaria ser a unidade de planejamento como espaços comuns de colaboração nesse caso adotou-se a sub-bacia hidrográfica unidade básica. Neste contexto houve a estruturação do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) que faz diagnóstico da sub-bacia permitindo a pactuação entre os integrantes do Território da Agricultura Irrigada. Com base no ZAP e com a pactuação entre os atores no Território é possível elaborar o Plano de Adequação Socioeconômica e ambiental que tem como objetivo central levar aquela bacia à agricultura sustentável. Os demais Planos seguem em linhas gerais esses princípios levando em conta as características específicas de cada Estado. Para consolidação da Agricultura Irrigada no Brasil terá que organizar o compromisso de produzir com responsabilidade e preceitos da sustentabilidade aproveitando o potencial da Agricultura Irrigada.

## 2.1 Introdução

A irrigação é uma das mais antigas atividades da humanidade. Surgiu por volta de 4000 a.C. na Mesopotâmia às margens dos rios Tigres e Eufrates (atual Turquia, Iraque e Síria); no rio Nilo, no Egito; Indo e Ganges, na Índia e Amarelo e Yang-Tsé na China. Tornou-se, à época, fator decisivo no desenvolvimento destas regiões.

## 2.2 Panorama retrospectivo global

Mesmo com técnicas rudimentares, esses povos conseguiam produzir para sua população, garantindo segurança alimentar, além de comercializar os excedentes, com países vizinhos, o que proporcionou lucros para formar e manter grandes cidades e impérios por milênios.

Segundo Karl August Wittfogel (1957), essas civilizações hidráulicas, que eram a expressão das culturas antigas, da Mesopotâmia e do Egito, estão relacionadas ao sistema concebido na hipótese causal hidráulica (a teoria da hipótese causal hidráulica de Wittfogel apareceu em 1957, no livro *Oriental Despotism: A Comparative Study of Total Power*, e até hoje aparece nos manuais didáticos de história como o fator que explica o desenvolvimento das sociedades antigas do Oriente Próximo. No entanto, vários questionamentos têm sido colocados nas últimas décadas, em especial depois que novas escavações arqueológicas mostraram que a forma como Wittfogel interpretou artefatos e sítios urbanos não estava totalmente correta) e no modo de produção asiático. Essa hipótese explicaria a organização social e econômica dessas civilizações (a falta de conhecimento prevaleceu, muitas vezes, levando à perda de áreas produtivas pela salinização dos solos) baseadas na dependência econômica dos rios que as margeiam.

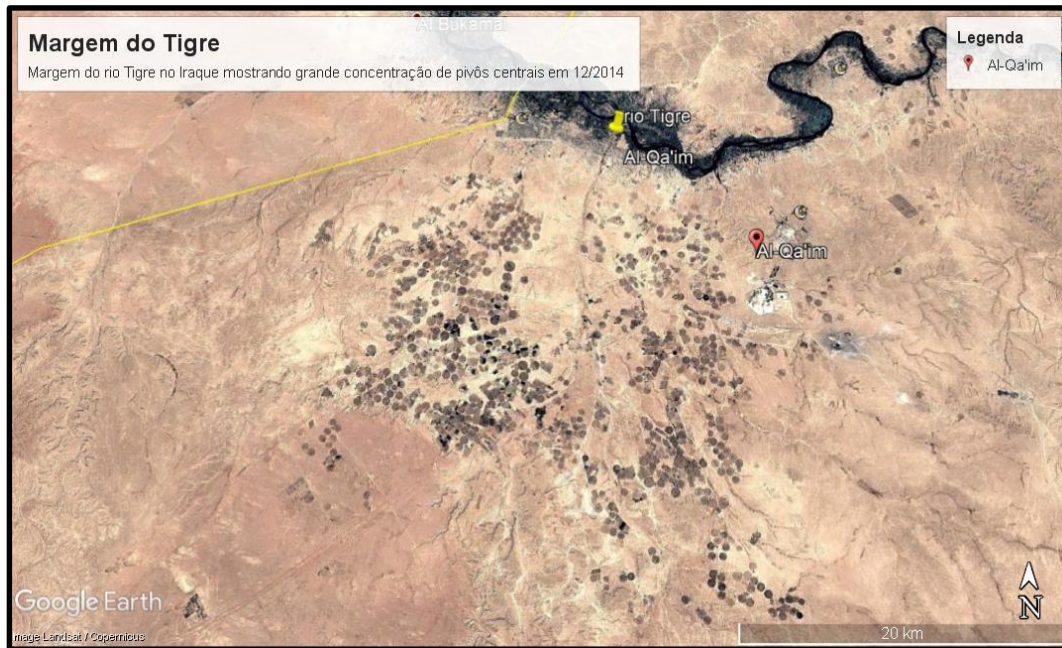
Essas regiões são ainda grandes produtoras de alimentos e fibras através da agricultura irrigada.

O crescimento das populações não mais permite que essas áreas sejam suficientes para garantir a segurança alimentar dos países. Eles são obrigados a comprar alimentos no mercado internacional, principalmente China e Índia; com populações de mais de 1 bilhão de habitantes cada.

Desde sua origem, a agricultura irrigada tem o controle do Estado, seja ele de que filosofia for. Como a Agricultura será sempre estratégica em qualquer país e, portanto, terá alguma regulamentação do Estado, principalmente no que se refere à água. São áreas onde a regulamentação técnica do Estado é legítima e aceita pela sociedade.

Com o passar dos tempos, a situação foi se modificando e a geopolítica mundial incorporou outras prioridades, com a agricultura ficando em segundo plano. Entretanto, se os demais setores entram em colapso, as *commodities* agrícolas se valorizam gerando inflação no mundo inteiro. A produção de alimentos, fibras e energia limpa foi, é e será essencial para a humanidade.

Segundo dados da Organização Mundial para a Alimentação e a Agricultura – FAO (UN DESA, 2009), em 2050 o mundo terá em torno de 9 bilhões de habitantes, representando quase 25% de acréscimo à população atual. Adicionalmente, haverá aumento da renda, pelas mudanças na produtividade em segmentos das populações da Índia e da China, principalmente.



**Figura 1. Concentração de Pivôs às margens do rio Tigre no Iraque (GOOGLE EARTH, 2014).**



**Figura 2. Famoso delta do rio Nilo, área com grande concentração de agricultura irrigada no Egito (GOOGLE EARTH, 2020).**

Com a população e renda adicionais amplia a demanda, dentre outros produtos e serviços, de mais alimentos que os hoje produzidos. Além de mais quantidade, espera-se melhor qualidade nos alimentos. O desafio só poderá ser atingido com o uso da agricultura irrigada, mobilizando técnicas e processos já dominados. Eles permitem aumentar em até 2,7 vezes a produção em uma mesma área, proporcionando mais de uma safra por ano, com a mesma infraestrutura instalada (estradas, máquinas e equipamentos de irrigação, terras, etc.). No Brasil, país de clima tropical, é possível realizar até 3 safras por ano utilizando, além da

água na irrigação, variedades precoces, máquinas e equipamentos adaptados, agricultura de precisão, entre outros processos que aumentam a produtividade.

### **2.3 Antecedentes no Brasil**

A considerável dotação de recursos hídricos, em águas superficiais e subterrâneas no País, não se alinhou a momentos institucionais de forte apoio à agricultura irrigada, com políticas públicas ativas de promoção e incentivo à atividade. Embora muitas vezes o governo perceba o potencial, como na clássica ideia de resolver o problema da pobreza nordestina, desde o império, por essa via. Em 1877 disse o imperador: "Não restará uma única joia na Coroa, mas nenhum nordestino morrerá mais de fome".

São célebres as citadas palavras e a partir delas iniciaram-se ações para mitigar o drama da região durante os últimos vinte anos imperiais. O senado do império até discutiu a transposição de águas do São Francisco. Entretanto, apenas no período republicano é que se institucionalizou a Inspeção de Obras contra a Seca que antecedeu como seu embrião, ao Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS). A realização das obras resultou, muitas vezes, em descaminhos também denominados como indústria "da seca".

O contexto da gestão das obras hídricas, no plano federal, levou à consagração pela legislação brasileira da competência sobre irrigação ao Ministério do Interior e seus sucessores, no caso atual, o Ministério do Desenvolvimento Regional. Separou-se a política de irrigação da política agrícola. Apenas durante o governo da Nova República (1986/1990), essa configuração foi alterada, havendo a estruturação do Ministério Extraordinário da Irrigação. Buscou-se atualizar e modernizar as explorações agrícolas dos projetos/perímetros do Nordeste, através do Programa de Irrigação do Nordeste - PROINE. Houve também avanço considerável no apoio ao crescimento da irrigação fora do Nordeste, através do Programa Nacional de Irrigação (PRONI).

Em meio a oscilações institucionais, alguns projetos foram se consolidando no Nordeste. Entretanto, foram preservados resquícios do clientelismo e assistencialismo que caracterizaram a seleção dos irrigantes em muitos projetos. A própria legislação consagrou o assistencialismo como método, facilitando a entrega de lotes a produtores sem preparo, na exploração e gestão das parcelas nos perímetros irrigados. Embora a intenção e o propósito pudessem ser nobres, os resultados quase sempre eram negativos ou nulos, com implicações conhecidas, a exemplo da salinização dos solos e outros fatores de degradação dos projetos. O círculo vicioso se complementa com a gestão dos órgãos públicos encarregados pelos projetos sendo feita por indicações políticas, sem compromisso com resultados e até vinculada ao uso eleitoral das obras; quase sempre mais caras e demoradas do que o necessário e razoável.

A busca por melhorias nos perímetros públicos destaca o trabalho desenvolvido por Eliseu Alves, como presidente da Codevasf, aumentando a produtividade das lavouras, bem como focalizando o mercado das exportações de frutas, hortaliças, legumes e flores como um dos maiores potenciais econômicos do Nordeste. Registro marcante nesse trabalho foi a publicação, em 1989, do Livro Frutas Brasileiras – Exportação (os estudos foram realizados pela Hecta Consultoria e Administração Ltda. sob a coordenação e com a participação do próprio Eliseu Alves, nos trabalhos. Naquele momento a Codevasf estava sob gestão do Ministério da Agricultura sendo o livro apoiado também pelo BNB e Ministério da Fazenda) avaliando e estruturando o potencial do Nordeste exportar, anualmente, um bilhão de dólares em frutas frescas. Depois, foi gradativamente sendo consolidado o viés exportador da região sob a liderança do Vale do São Francisco, depois da construção de modelo nacional capitaneado pela Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco (VALEXPORT) constituída por lideranças locais apoiadas pela Codevasf.

O processo de transformação levou a novos formatos de gestão dos projetos, seja pela emancipação ou pela transferência de gestão a distritos de irrigação (o estudo original de organização dos distritos de irrigação, ainda na gestão Eliseu Alves na Codevasf, viabilizou a estruturação do Distrito de Irrigação do Jaíba-MG, como modelo para outros perímetros públicos, e abriu a discussão sobre gestão privada no setor) iniciando-se discussões sobre concessões, permissões de serviços públicos e, posteriormente, parcerias público-privadas.

A modernização incluiu esforços regionais para consolidar Polos Agroindustriais no Nordeste. Resultam de polarização, efetivada pelo BNB e pelo ETENE, nos trabalhos técnicos denominados "Estudos sobre a agroindústria no Nordeste", no ano de 1990. No volume V, apresentam-se a caracterização e a hierarquização de polos agroindustriais. Alguns deles, especialmente o polo Petrolina/Juazeiro, começaram a entregar resultados incentivando a que em fins dos anos 90, tenham aparecido esforços governamentais marcantes para transformar potenciais nordestinos em renda e emprego.

Destaca-se a formulação Programa de Apoio e Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada do Nordeste (PADFIN) instituído pelo decreto de 26 de setembro de 1997. A inovação essencial trazida pelo PADFIN foi a operacionalização da aplicação do inciso V, do artigo 1º da Lei 9074 de 7 de julho de 1995, que instituiu as concessões no setor da hidroeletricidade e trouxe a mesma hipótese desestatizante para os perímetros de irrigação e barragens.

A proposta básica que instruiu o processo de tramitação e assinatura do decreto do PADFIN menciona (às páginas 25 a 32) o Novo Modelo de Irrigação, desenvolvido pelo Grupo de Trabalho da Câmara de Políticas Regionais (SEPRE/MPO, SPA/MPO, SPA/Mapa, SPI/MICT, SRH/MMA), com apoio do BID e foco na desestatização. Foram publicados os estudos correspondentes ao mencionado novo modelo: (i) a importância do agronegócio da irrigação para o desenvolvimento do Nordeste; (ii) estado da Arte Nacional e Internacional do Agronegócio da Irrigação 2000; (iii) modelo geral para a otimização e promoção do agronegócio da irrigação; e (iv) modelo específico para a otimização e promoção do Projeto de Irrigação Salitre, em Juazeiro/BA. Embora a busca por caminhos que facilitem a transferência de perímetros públicos para a gestão privada fosse consenso, a operacionalização nunca é simples, sendo quase sempre adiada.

Outro destaque a mencionar refere-se à inflexão na visão do País sobre sua dotação hídrica. Embora sempre estivesse presente uma perspectiva de abundância, a estruturação do então Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MARHAL) apontou outras necessidades. Seja de regulação adequada ou de estratégias para enfrentamento da escassez de água, ainda pontual em locais de uso intensivo e concorrente entre setores. A inclusão dos recursos hídricos no nome do Ministério sinalizou a disposição das autoridades em melhorar a gestão deste bem estratégico, organizando-se na estrutura ministerial a Secretaria de Recursos Hídricos-SRH.

A SRH, logo no início, cuidou de ter uma perspectiva de solução para nítidos problemas referentes à degradação ambiental em bacias hidrográficas. Com o apoio de consultores externos, mobilizados pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), realizou a formulação do Programa de Conservação e Revitalização dos Recursos Hídricos das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Buscou retomar a tradição ambiental da agricultura, expressa nos trabalhos de gestão integrada de microbacias hidrográficas. No contexto do Paraná, os trabalhos de gestão das microbacias, feitos por redes de atores territoriais, conseguiram a recuperação ambiental de áreas degradadas; eliminando-se voçorocas e/ou obtendo-se a volta da água a locais onde já não era mais encontrada.

No plano institucional, a regulação do uso da água era arcaica. Vinha de situação atribuída à crise econômica, do final do século XIX e início do século XX, explicada pela

mudança no modelo econômico, de agrário para industrial, exigindo maior utilização de energia elétrica. Neste panorama foi publicado, em 10 de julho de 1934, o Decreto 24.643, que aprovou o Código de Águas Brasileiro. Na prática, o setor elétrico dava sozinho as cartas na utilização de águas. No governo a responsabilidade era do Departamento Nacional de Água e Energia (DNAE) do Ministério das Minas e Energia.

O então Secretário (a nomeação de Paulo Afonso Romano agregou capacidade de negociação. Em conjunto com o então Ministro do Gustavo Krause, os dois organizaram equipes, no governo e no parlamento, mobilizando o apoio necessário à promoção das mudanças na legislação hídrica mesmo contrariando o setor elétrico) da recente SRH, com apoio e participação do Ministro (MARHAL), logrou mobilizar esforços no parlamento para votar a nova legislação dos recursos hídricos que aguardou décadas pela modernização. Negociou-se a aprovação da Lei 9433, dita das águas, em janeiro de 1997 trazendo no bojo aperfeiçoamento na regulação. Posteriormente, a SRH implementa novo mecanismo de gestão, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), instituída pela Lei 9984 de 17 de julho de 2000, para operacionalizar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

## **2.4 Política de agricultura irrigada harmonizada ao meio ambiente**

Em boa medida, mesmo com ações pontuais ao longo do tempo, pode-se afirmar que a agricultura irrigada privada, fora do Nordeste, evoluiu por conta própria, praticamente sem apoio do Estado. Excetuam-se os esforços do Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (Provarzeas) (Decreto 86.146 de 1981) e posteriormente, do Programa Nacional de Irrigação (Proni) (1986), dirigido às demais regiões (sul, sudeste, centro-oeste e norte), uma vez que o Nordeste já estava atendido pelo Proine. Embora não se possa debitar apenas aos desígnios institucionais a baixa performance brasileira no uso da irrigação e na promoção da agricultura irrigada, este aspecto é essencial. São conhecidas as instituições existentes em outros países para impulsionamento do setor, com estruturas ministeriais ou semelhantes. São mecanismos permanentes capacitados tecnicamente, mobilizando recursos internos dos países e de financiamentos externos.

A busca por novos patamares de aproveitamento do potencial existente no Brasil foi marcada pela organização, pelo MI e Mapa, do Seminário Nacional "Agricultura Irrigada e o Desenvolvimento Sustentável", realizado no auditório Nereu Ramos da Câmara dos Deputados, em maio de 2009. Os organizadores do seminário deram foco à sustentabilidade ambiental como âncora da expansão possível e desejável nas áreas irrigadas. Trata-se de materializar proposições e conclusões expressas no Relatório Brundtland, intitulado "Nosso Futuro Comum". Destaque-se a participação diferenciada do Brasil, nas formulações e concepções contidas no relatório, através de contribuições relevantes do saudoso professor Paulo Nogueira Neto, da Universidade de São Paulo (USP).

A realização do Seminário Nacional representou a retomada no processo de exame estratégico da Agricultura Irrigada, tanto por congregar os Ministérios da Integração Nacional e da Agricultura, como por mobilizar a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e outros órgãos técnicos. Além de abrangência técnica, nas proposições de palestrantes e participantes, houve a instalação do "Fórum Nacional da Agricultura Irrigada", embrião do mecanismo de governança setorial público-privado. Houve vigorosa participação de pessoas e instituições no evento como nas edições posteriores do Fórum Nacional.

Em face do interesse demonstrado e do planejamento prévio à realização, os trabalhos mereceram continuidade, através de formulações congruentes com a expectativa de construção e explicitação do novo marco conceitual consagrando o compromisso com o Desenvolvimento Sustentável. As próprias notas do relator do evento já contemplam indicações e observações sobre ajustes necessários nas políticas públicas e nos processos

produtivos da AI: (i) apontam desperdício: o Brasil é o País que mais desperdiça água, não sabendo utilizar a água de que dispõe. Desperdiça porque não armazena a chuva, deixando que se escoe sem transformá-la em produção, emprego e renda. Enquanto o escoamento superficial é em média mundial, de 38% de toda a água precipitada em forma de chuva, no Brasil chega a ultrapassar 50%. A agricultura pode guardar até 35 vezes o volume de água dos rios e represas do País, e (ii) mencionam gargalo: apesar do êxito da agricultura, alicerçado nos resultados de pesquisa da Embrapa, até então não temos o desenho de uma agricultura tipicamente tropical (o ex-Ministro Alysson Paolinelli tem mencionado e advogado o caráter tropical da agricultura. Com a formulação dos Planos de AI – MG, RS e MS – o MI investiu na estruturação da política renovada pelo novo marco conceitual e atualização legal. Mesmo instituída na nova Lei, sua continuidade administrativa ainda carece de manter o planejamento de forma duradoura, permanente), com uso sistemático da irrigação. Falta desenhar o modelo de agricultura de caráter contínuo ao longo de todo o ano, com irrigação, o que implica em alterar as rotinas da pesquisa, extensão rural, crédito, tributação e logística.

Os limites do presente não permitem discutir com profundidade o relacionamento entre Agricultura Irrigada e Meio Ambiente, contemplado nas notas do relator, referidas. Entretanto, é possível concluir que a regulação ambiental em vigor, embora nova, já requer aprimoramento. A experiência ainda amadurece mesmo que já ofereça opções. A situação piora em face de limitações técnicas em muitos dos organismos ambientais, contribuindo para a manutenção de posturas e regras que funcionam como freio à expansão da agricultura irrigada.

A evolução esperada nos procedimentos e requisitos de regulação no acesso à água é no sentido de que os mesmos sejam mais práticos, fazendo exigências que garantam sustentabilidade para o processo e não a virtual proibição do uso. Essa é representada pela enorme dificuldade, de grande parte do público interessado, em obter as licenças necessárias (outorga de água e licenciamento ambiental) aos empreendimentos.

Há localidades em que as assimetrias na distribuição das outorgas chegam a chamar a atenção em função da disparidade dos acessos a água em função do maior poder econômico e político de alguns dos usuários que têm condições de contratar consultorias especializadas nesses tipos de processos, conseguindo assim o acesso mais rápido.

A consolidação do novo marco conceitual com a sustentabilidade ambiental, permeando os processos, passa pela concepção de novas possibilidades, nos regulamentos públicos, para que as vedações sejam modificadas abrindo soluções ambientalmente efetivas e economicamente viáveis.

Há que acrescentar mais ciência, inteligência e bom senso no processo de formulação e de gestão. E, principalmente, mais diálogo.

## **2.5 Conservação e reservação de água na agricultura irrigada**

A natureza territorial da agricultura pode ser constatada na presença marcante dos agricultores ao longo do espaço. Indiferente do quadro institucional em que esteja organizada a gestão de determinado local, a presença de técnicos dos organismos oficiais é restrita e ocasional. A gestão efetiva no dia a dia fica sob a responsabilidade dos agricultores em suas propriedades. Qualquer política ambiental ou agrícola passa pela implementação local e participação direta dos atores territoriais.

Os processos e formas de utilização dos recursos pelos agricultores serão sempre determinantes na conservação ou degradação ambiental. A experiência do Paraná, que chegou a conviver com imensas voçorocas e escassez de água resultantes de degradação ambiental, é exemplar. O trabalho coletivo foi essencial para superar os problemas. Inúmeros

financiamentos que o Estado obteve nos projetos Paraná Rural, foram essenciais para manter a política pública de forma permanente. O trabalho de redes de atores (agricultores, prefeituras, governo do Estado, polícia, assistência técnica e outras partes interessadas) possibilitou a recuperação ambiental. Ficou evidenciado que não adianta um agricultor fazer terraços, bacias de contenção e outras práticas para evitar as enxurradas e a erosão se os vizinhos nada fizerem. Além do trabalho individual na propriedade, é necessário o trabalho de todos na bacia hidrográfica; seja na sub-bacia ou num trecho dela.

A estratégia está descrita nos projetos de gestão integrada de microbacias através do apoio de vários projetos "Paraná Rural" financiados ao Estado, ora pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) ora pelo Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). Em avaliações posteriores realizadas pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), "os custos por ha recuperado situam-se na ordem de 32 dólares, quando a experiência mundial descrita, pelo BIRD, fala em números próximos de 150 dólares norte-americanos por hectare".

Além da experiência paranaense, merece menção destacada os trabalhos que se realizam sob orientação da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas. A disseminação de barraginhas permite evitar o escoamento superficial, contribuindo para a conservação da água e dos solos. O custo de implantação é muito baixo. Há experiência mostrando o potencial de transformar o próprio clima (a fazenda de Alysson Paolinelli, em Baldim MG, mostra o potencial de reservação e armazenamento de água no próprio solo, através de barraginhas. Elas estão combinadas com sistemas de manejo e processos produtivos sustentáveis, como os Sistemas Agroflorestais – Lavoura, Pecuária e Floresta, por exemplo. A combinação de boas práticas transformou a propriedade, de área sem água, em unidade produtiva com água), da área em foco, com o efeito continuado da gradativa ampliação da reservação de água no solo ensejada pelas citadas barraginhas, em combinação à prática de processos produtivos adequados e sistemas de produção consistentes com a busca da sustentabilidade no processo.

A estruturação do setor, muitas vezes, requer que a guarda de água seja feita em represas maiores, exigentes em investimentos vultosos em obras e licenciamento ambiental, sofisticado e caro. Essa reservação de volumes grandes de água, muitas vezes, sequer chega a ser examinada por organismos ambientais em razão de restrições nos regulamentos públicos. É um dos caminhos que remete a água ao mar, sem uso. A reservação de água e a sua conservação quando a chuva cai, é essencial à estruturação da agricultura irrigada, de natureza tropical, caráter permanente e funcionamento o ano inteiro.

A reserva de água é uma pauta incontornável para os irrigantes, seja através de soluções individuais ou em ações coletivas nas sub-bacias. A estruturação de soluções mais definitivas vai requerer que se reconstrua a institucionalidade e a operacionalidade da governança territorial. A então SENIR/MI renunciou à interlocução com as principais representações do setor, tomando medidas unilaterais que desativaram o Fórum Nacional de Agricultura Irrigada.

## **2.6 Renovação do marco institucional e legal**

Houve inflexão na atuação do então MI que buscou construir uma abordagem mais inclusiva, do ponto de vista institucional, levando a discussões que integraram técnicos de vários organismos públicos e representações dos agricultores irrigantes. Houve também interação com professores, pesquisadores e representações da indústria de equipamentos para irrigação. Antes mesmo da realização do mencionado Seminário Nacional, de maio de 2009, buscavam-se participação e propostas para atualizar o marco institucional e legal do setor. Encontrava-se no MI equipe formada pelo então Ministro Ciro Gomes, defensor de atuação conjunta e integrada entre Mapa e MI, com vistas a evitar que as imperfeições no marco

institucional pudessem prevalecer. Tanto que procurou o Ministro da Agricultura, Roberto Rodrigues, para organizarem atuação conjunta na matéria.

Depois da saída de ambos do governo, o processo de modernização institucional prevaleceu na pauta de negociações, entre técnicos e executivos governamentais, empresários e o parlamento; construindo-se conjuntamente projeto de Lei para renovar a política de agricultura irrigada e seus instrumentos. Tudo no contexto de um MI atento ao papel de outras partes interessadas.

Destaque-se que as próprias notas do relator do Seminário Nacional, já mencionadas, registram a expectativa de aperfeiçoamento institucional e compartilhamento das decisões, entre público e privado:

É possível que o Conselho previsto no Projeto de Lei que se encontra em tramitação na Câmara dos Deputados seja uma solução compatível. Porém há de se estudar as prerrogativas e condições materiais de existência desse Conselho para ele se credenciar como instância apropriada (informação pessoal)<sup>1</sup>.

Durante o próprio Seminário, o então presidente da Câmara Michel Temer, presente, mencionou que a proposta de nova lei da irrigação estava em condições de ser votada rapidamente. Não ocorreu com a velocidade anunciada, mas foi aprovada em janeiro de 2013, a Lei federal 12.787, fixando novo marco institucional para projetos, além de elencar os elementos constitutivos da nova política. Destaque-se a relevância dos aspectos de sustentabilidade do processo e da integração com outras políticas setoriais, conforme expresso no artigo 3º, como princípios:

I - Uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação; e, II - integração com as políticas setoriais de recursos hídricos, de meio ambiente, de energia, de saneamento ambiental, de crédito e seguro rural e seus respectivos planos, com prioridade para projetos cujas obras possibilitem o uso múltiplo dos recursos hídricos (BRASIL, 2013).

O texto da Lei 12.787 consolidou o novo marco conceitual que o “Seminário Nacional Agricultura Irrigada e o Desenvolvimento Sustentável” explicitou. Não cabe mais falar de agricultura irrigada fora do contexto da sustentabilidade ambiental do processo. Entretanto, ainda não há condições nos órgãos ambientais para eles serem parceiros, contribuindo com soluções de eficácia econômica e ambiental. Ainda prevalece, muitas vezes, uma visão distorcida da agricultura irrigada como problema, olvidando-se do seu papel relevante nas funções econômica e ambiental. Em outras palavras, predomina a cultura política do comando e controle na área ambiental, em detrimento da valorização do produtor como gestor do espaço rural, inclusive para efeitos de cuidados com o meio ambiente.

## **2.7 Concepção e estruturação dos instrumentos e mecanismos de gestão**

Antes que a própria Lei 12.787 viesse definir, formalmente, os contornos da nova política, o MI começou a trabalhar na busca de criar as condições necessárias para o projeto de novo marco legal ser implementado. No contexto, negociações pós Seminário Nacional foram conduzidas com vistas a operacionalizar diretrizes e premissas do novo marco conceitual, num Plano Diretor de Agricultura Irrigada, em Minas Gerais.

Considerou-se a tradição de planejamento existente no Estado, bem como de iniciativas congruentes com o novo marco conceitual, já em desenvolvimento; a exemplo do “Projeto de

<sup>1</sup> Notas do Relator Mauro Márcio de Oliveira.

Adequação Socioeconômica e Ambiental das Propriedades Rurais” baseado na metodologia ISA (Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas). Afinal, toda propriedade rural é um agroecossistema. Daí estimular o uso do bom senso junto com as técnicas.

Ademais, começar a formulação e implementação do novo marco conceitual por Minas Gerais, aproveita a oportunidade de aprender sobre legislação ambiental e respectivo aparato de gestão, construídos no Estado. Em Minas, a Lei 13.199/1999 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos completou, em janeiro de 2020, vinte e um anos de existência. Seus fundamentos deixam claras opções para as políticas públicas necessárias à agricultura irrigada.

O exame da lei mineira sobre recursos hídricos evidencia restrições e salvaguardas ao uso da água, embora também aponte soluções. Sua operacionalidade incorpora decretos e normas infralegais, cujo conjunto, somado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos e aos Comitês de bacias hidrográficas, estabelece a estrutura legal e institucional da gestão dos recursos hídricos.

As políticas públicas voltadas para essa área, inclusive de agricultura irrigada, devem seguir todas as diretrizes das Leis das águas, federal e estadual. Ou seja, a União pode e deve apoiar os Estados e até liderar o processo. Entretanto, ela não possui mandato sobre a legislação estadual e respectivas normas e regulamentos complementares. É essencial que a coordenação necessária se faça pelo entendimento e colaboração mútuos. Assim, embora os impactos econômicos da irrigação sejam às vezes, aferidos através de enfoques regionais; a exemplo da citada regionalização dos polos agroindustriais do Nordeste, não há como fugir dos Planos Estaduais de Agricultura Irrigada. Os Planos são, portanto, instrumentos de coordenação intersetorial necessários nos Estados à implementação da nova política de agricultura irrigada, instituída pela Lei 12.787 de 2013, em cumprimento de seu artigo 5º, inciso I.

O novo marco conceitual para além da citada institucionalização na legislação, carecia do suporte metodológico de instrumentos operacionais de apoio à sua implementação. Exige formular Planos nos Estados, associando e integrando a atividade ao Desenvolvimento Sustentável, na forma indicada na nova Lei.

### **2.7.1 Plano diretor de agricultura irrigada de MG**

O planejamento da implementação da política de agricultura irrigada, através de Planos Estaduais de Agricultura Irrigada, iniciou-se antes mesmo da aprovação da lei que os institucionalizou. Os planos, por uma parte, operacionalizam a diretriz de pensar globalmente e agir localmente. Por outro lado, respeitam o fato de a União Federal não possuir território próprio. Os Estados são os titulares, das competências legais e aparatos administrativos da gestão territorial, fornecendo bases e contornos das regras do jogo na agricultura irrigada.

A colaboração mútua entre Estado e Ministério na formulação do PAI-MG incluiu apoio técnico e financeiro do MI, através do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) (PCT-BRA/IICA Agricultura Irrigada em Cenários Sustentáveis). No próprio edital da licitação, que selecionou os responsáveis pelo projeto, consta tratar-se de modelo a ser replicado em outros Estados, exigindo-se a explicitação de metodologias que tornassem a decisão do MI viável. Com novas diretrizes, SENIR/MI revisou a tradição até então vigente, de financiar planos acadêmicos ao feitiço das grandes consultoras de engenharia, tanto em razão deles serem caros como demorados (em seminário público realizado na CNA, autoridades do RS informaram que no momento em que o Rio Grande do Sul discute financiamento para formulação do Plano local - Plano de Irrigação e Usos Múltiplos nas Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul - PIUMA, tiveram aprovada a realização do Plano, com custo estimado em 650 mil reais, quando haviam apresentado ao MI, proposta na ordem de 11,5 milhões de reais). No formato tradicional, o período da formulação era longo, implicando ultrapassar,

muitas vezes, o prazo governamental usual de quatro anos. Assim, o governo do Estado acabava antes do Plano ficar pronto. Os prazos exigidos e o orçamento definido na licitação do PAI-MG, exigiram que as formulações fossem curtas em tempo. Deveriam ser aproveitados dados existentes de estudos anteriores e, especialmente, os resultantes da integração do planejamento da agricultura irrigada com os Planos Estaduais de Recursos Hídricos.

Por outra parte, a SEAPA-MG enxergava como fator mais restritivo à expansão e crescimento da agricultura irrigada, o acesso à água. Para discutir e encontrar soluções, a realização do PAI-MG incorporou e aproveitou dados e conclusões do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-MG). Sendo a formulação conduzida na mesma escala, permitiu a integração e a compatibilização entre os dois instrumentos (PAI-MG e PERH-MG), bem como ter sintonia com o Zoneamento Econômico e Ecológico. Como a água é recurso de suma importância para vários setores (abastecimento humano, saneamento básico, indústria, mineração, hidroenergia, esporte, agricultura irrigada e meio ambiente) os trabalhos foram realizados em sintonia e atuação conjunta de Seapa e Semad.

Mesmo havendo disposição e interesse da SEMAD em realizar a gestão da concessão e renovação das outorgas de água, em tempos hábeis e oportunos, ela não conseguia fazer a entrega tempestiva das licenças. No período de formulação do PAI-MG existia, em tramitação no IGAM/SEMAD, volume da ordem de 150 mil processos associados à outorga da água. Esse enorme volume de processos torna virtualmente impossível, finalizar a tarefa, gerando pressão política permanente sem mudar a realidade.

O processo de formulação agregava, além do Estado, representações dos produtores, de instituições técnicas, consultores e o do próprio MI. As questões tratadas estavam sintonizadas com as reais necessidades dos produtores e do próprio Estado. Tanto que o PAI-MG foi formulado durante o primeiro mandato do Governador Antônio Anastasia, no segundo semestre de 2010. Reeleito, o governador incluiu o Plano e suas diretrizes na Lei Delegada 180, de janeiro de 2011.

Objetiva-se encontrar soluções que pudessem equacionar e resolver a trava ambiental para permitir a expansão da atividade. Vale sugerir a leitura, pelo menos, da Síntese Executiva publicada pelo MI em articulação com o Estado: Minas, Agricultura e Água - Desafios e Oportunidades da Mudança Climática, da Segurança Alimentar e da Renda dos Produtores.

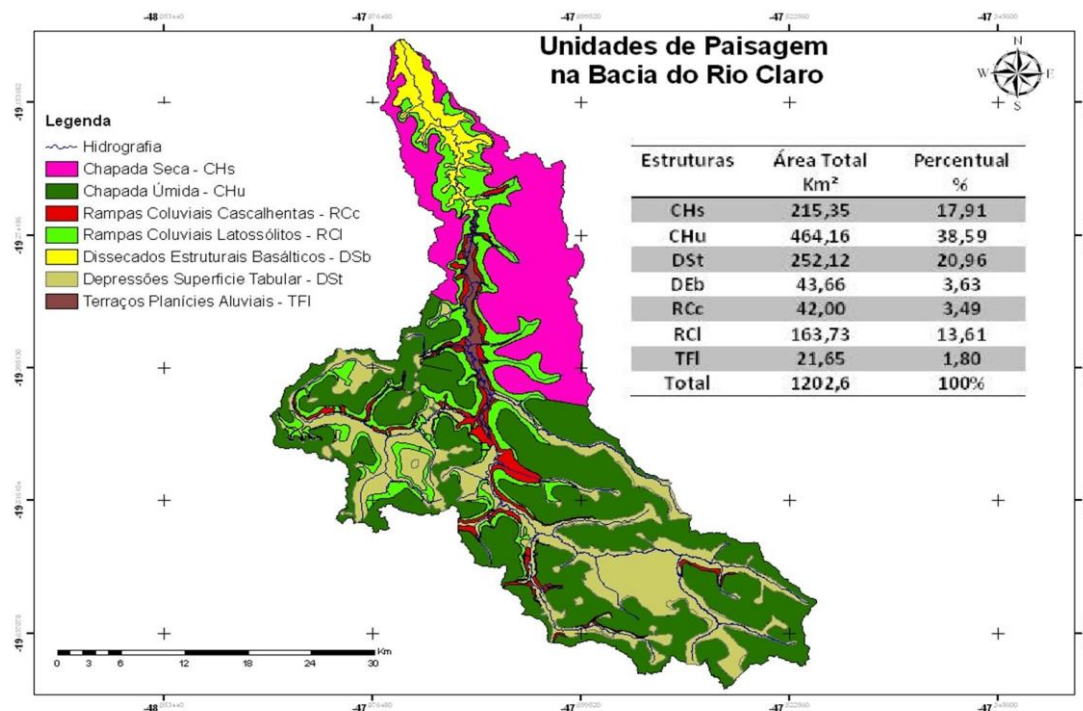
### **2.7.1.1 Territórios de agricultura irrigada em MG**

A gestão territorial da agricultura irrigada de Minas foi equacionada na formulação e estruturação dos territórios de agricultura irrigada. Foram concebidos para incentivar e organizar espaços comuns de colaboração, entre os agricultores com senso de pertencimento ao espaço definido. Busca-se a gestão da sustentabilidade do processo em cada área individual e no conjunto ou sub bacia. Apresenta-se, como exemplo de informação trabalhada na estruturação do TAI do Paranaíba, (a estruturação do TAI do Paranaíba respondeu a demandas de associações de uso da água e da própria Federação dos Cafeicultores do Cerrado à SEAPA. Buscava-se solução para problemas recorrentes na concessão e renovação de outorgas pela SEMAD), as unidades de paisagem de uma de suas sub-bacias. Por uma parte, conhecer e interpretar as unidades de paisagem na bacia do Rio Claro (Figura 3) é essencial na gestão integrada do espaço.

De outro lado, o funcionamento de transposição no Rio Claro para o Rio Uberaba, para complementar e viabilizar o fornecimento de água à população de Uberaba, demonstra a complexidade das negociações exigidas dos agricultores irrigantes em áreas em que o uso múltiplo local (abastecimento humano) seja prioritário.

A responsabilidade na gestão territorial do conjunto de propriedades para garantir saúde ambiental e aumento na disponibilidade de água, naquele espaço, passa a ser coletiva e de interesse comum. Ou seja, o negócio ambiental do território é compartilhado entre os usuários e, como no caso mencionado do Rio Claro, exige organização, conhecimento, dados e capacidade de negociação. A atividade produtiva e comercial, de cada propriedade, é gerida por cada interessado, diretamente como é usual. Na evolução, a gestão comercial e produtiva pode ser objeto de ação conjunta e colaboração ao estilo de *clusters* ou aglomerações de empresas/produtores.

Além da observância às características citadas, foram determinantes na estruturação dos territórios, as seguintes considerações: (i) resgatar e ampliar o uso da tradição ambiental da agricultura mencionada no presente, (ii) incorporar ao processo a visão construída em Minas, dos agricultores serem responsáveis pela gestão dos espaços de suas unidades produtivas com apoio nos Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), e (iii) estruturar, nas sub bacias abrangidas pelo TAI, a conservação e gestão das águas e dos solos, das nascentes e da vegetação, numa lógica coletiva do território. Não apenas na individualidade da propriedade.



**Figura 3. Mapa de unidades de paisagem na bacia do Rio Claro.**

Na formulação da estruturação dos TAIs foi avaliada a dinâmica e a abrangência dos projetos desenvolvidos pela ANA, conhecidos como "Produtor de Água". Concluiu-se pela recomendação dos espaços respectivos terem tamanho, entre 70 mil e 150 mil hectares por projeto. Depois de examinar sugestões e propostas existentes, optou-se por utilizar experiência mineira e a solução que as autoridades ambientais do Estado implementaram na resolução de conflito entre usuários de água no Ribeirão Entre Ribeiros, no município de Paracatu (a entrega da gestão da água na sub bacia aos agricultores, pelo IGAM, em sintonia com o Ministério Público, exigiu a instalação de estações meteorológicas e outros equipamentos além de processos de gestão da água. Implementou-se, na prática, a outorga coletiva naquele Território). O Instituto de Gestão das Águas-IGAM, em articulação com o Ministério Público, entregou aos agricultores a gestão do espaço e a alocação de água, entre

eles, iluminando e fundamentando a organização do projeto de Territórios de Agricultura Irrigada.

Instituíram-se as bases da realização de outorga coletiva, por sub-bacia, com potencial para eliminar, ao longo do tempo, o trâmite de mais de 100 mil documentos por ano, relativos a pedidos novos ou renovação de outorga de água. A inovação institucional proposta permite a realização da gestão das águas, através de 600/700 sub bacias no Estado de Minas. Salvo em casos excepcionais, a maior parte do licenciamento ambiental dos empreendimentos de agricultura irrigada pode ocorrer no mesmo formato coletivo imaginado para as outorgas.

O fundamento essencial é o acompanhamento dos TAIs segundo indicadores e parâmetros previamente estipulados, sendo possível um indicador de síntese, focalizado no aumento ou diminuição na disponibilidade de água nas sub bacias. Essas medições, de interesse do estado e dos produtores, seriam realizadas apenas no exultório, nos períodos acordados. Aferir o volume e a qualidade da água em face do que tenha sido estabelecido, em regulamentação ou contrato de gestão territorial, é crítico para calibrar a gestão da concessão da outorga e/ou do licenciamento ambiental, coletivos.

Todo esse processo de construção do conhecimento da realidade de determinada sub-bacia e seus de atores locais/regionais constitui a oportunidade e o próprio caminho para a pactuação sobre a gestão do território microrregional e das respectivas unidades de produção. Seja pactuação para prevenir ou solucionar conflitos.

No interior do TAI ou da sub-bacia, sob gestão dos próprios agricultores, o uso e a distribuição da água são equacionados entre eles; instituindo-se as bases de mercados locais de água bruta. (há em tramitação no Senado Federal, proposta do Senador Tasso Jereissati, instituindo mercados de água. Na edição de 17.12.2020, o UOL noticia que estão sendo vendidas quotas de água numa das bolsas de valores norte-americana. Menciona que o índice Nasdaq Veles California *Water* (NQH2O) foi criado em 2018 pelas empresas Veles *Water* e *WestWater Research* em parceria com a Nasdaq). Valorizar a água é garantir sua conservação.

Os componentes essenciais dos Territórios de Agricultura Irrigada são: (i) Sub-bacia como Unidade de Gestão da AI; (ii) Norma de Gestão para os Empreendimentos de AI; (iii) Engenharia Econômica, Financeira e Jurídica; (iv) Competências para uma Cultura da Agricultura Irrigada; (v) Relatório de Sustentabilidade da Política; e (vi) Governança Territorial.

Sub-bacia como Unidade de Gestão da AI de forma institucionalizada, que permita integrar e agilizar todos os processos autorizativos da área ambiental. Estabelece condicionantes sistêmicas relacionadas à sustentabilidade da AI e leva em conta a mitigação dos seus riscos, ao tempo em que avalia suas contribuições socioambientais.

O potencial de ganhos na disponibilidade de água, através de sua conservação e dos solos, pode enfrentar limites que tornem necessária a reservação em barramentos ao longo da sub-bacia. Esse potencial de reservação de água deve ser fundamentado em estudos geológicos detalhados. O foco é orientar a localização, o financiamento e a realização das obras. Por outro lado, a pactuação entre os agricultores é essencial para o ajuste fino na distribuição de custos, seja em obras de reservação, seja na recuperação ambiental.

Neste contexto, nos trabalhos conjuntos de SEAPA-MG e SEMAD-MG, houve a estruturação do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) que faz diagnóstico da sub-bacia em estudo, permitindo a pactuação entre os integrantes do Território da Agricultura Irrigada (TAI) com vistas ao plano adequação socioeconômica e ambiental da área do TAI. O ZAP é uma metodologia que une o levantamento do uso da terra, balanço hidrológico e unidades de paisagem permitindo fazer a correlação entre eles dentro de um TAI, identificando a execução de ações nas fases seguintes:

Norma de Gestão para os Empreendimentos de AI, elaborada dentro dos requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para contribuir na melhoria da qualidade dos alimentos e obtenção de mercados, pela redução de atuais barreiras técnicas à exportação.

Instrumentaliza e orienta o processo de qualificação e certificação das cadeias produtivas, como forma de promover suas capacidades de integração, comunicação e negociação, bem como a certificação da Bacia como praticante de agricultura e pecuária sustentáveis.

Engenharia Econômica, Financeira e Jurídica: a complexidade dos processos e necessidades de determinado TAI, incluindo a composição dos seus integrantes, exige a escolha dos instrumentos e soluções institucionais mais adequados a cada tipo de situação. A estruturação de um grupo executivo como parte do processo de governança do PAI-MG pode ser implementada (na implementação do Plano de Metas, do presidente Juscelino Kubitschek, vários desses grupos executivos foram organizados, logrando muitos êxitos, a exemplo do grupo Executivo da Indústria Automobilística de sucesso inquestionável) apoiando a implementação de Planos de Adequação Socioeconômica e Ambiental de TAIs.

O grupo deverá cuidar de institucionalizar novas modalidades de amortização, manutenção e financiamento das infraestruturas públicas hidro agrícolas, sejam perímetros ou empreendimentos sociais (perímetros irrigados e barragens de uso coletivo e múltiplo), além de contribuir na definição de condicionantes ambientais exigidas nos licenciamentos de empreendimentos coletivos.

Competências para uma Cultura da Agricultura Irrigada: serão priorizadas as situações em que o uso das águas cria valor para as famílias sem deslocá-las de suas atuais produções. A referência é o alto Valor Básico da Produção por hectare por ano ( $VBP\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ) obtido na serra da Mantiqueira, onde não falta água.

Trata-se de desenvolver a cultura empreendedora, ou seja, o básico de qualquer competência: realizar um saber de maneira adaptada ao seu contexto. Permite que a cadeia produtiva se organize pautada em seu desempenho e em sua capacidade de identificar e corrigir as falhas. O baixo padrão de empreendimento explica, ao menos em parte, como a maior parte do valor agregado pelo café fica com os importadores, deixando para os nossos produtores e o País, parte diminuta.

Relatório de Sustentabilidade da Política: o intuito é caracterizar o negócio Agricultura Irrigada de maneira que possibilite a comparação e negociação com as outras categorias de usuários de água. Busca relações com as diretrizes gerais do governo e avalia o seu desempenho como Política de Estado.

A Governança Territorial em diversas escalas (TAI, Região, Estado e União) pode contribuir de forma relevante na estruturação, equacionamento da agricultura irrigada tropical, de caráter industrial e funcionamento permanente. O sistema de gestão e indicadores do PAI-MG contempla medições e avaliações econômicas e ambientais.

### **2.7.1.2 Contribuições da Embrapa e outros parceiros institucionais em MG**

A tradição em formulações e o desejo de solucionar os problemas em Minas fizeram com que se buscasse, além dos consultores supridos pelo IICA, participação de várias instituições técnicas. Mobilizaram-se a Empresa Mineira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), Empresa Mineira de Pesquisa Agropecuária (Epamig) e pessoal da própria Seapa-MG, além técnicos da SEMAD e do IGAM que se envolveram com os trabalhos. Ainda do Estado, estavam presentes professores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), bem como pessoal da Embrapa Milho e Sorgo com atuação ambiental reconhecida. Ao lado de técnicos, especialistas e pesquisadores

participaram representantes dos produtores, principalmente através de associações de uso da água.

No contexto, a Seapa-MG firmou convênio com a Embrapa, integrando a participação aos trabalhos do PAI-MG de cientistas e pesquisadores de sua sede e outros Centros, como a Embrapa CPAC, localizada em Planaltina, Embrapa Hortaliças na BR 060, em Brasília, e Embrapa Instrumentação de São Carlos. Aspectos associados à descontinuidade administrativa patrocinada pela Senir/MI, praticamente, impediram o exame e apropriação dos resultados da reflexão e trabalhos realizados em conjunto com a Embrapa.

### 2.7.1.3 Planos de adequação socioeconômica e ambiental e os indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas

Já foi registrado que o desenvolvimento dos Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas estava em curso quando se iniciou a formulação do PAI-MG.

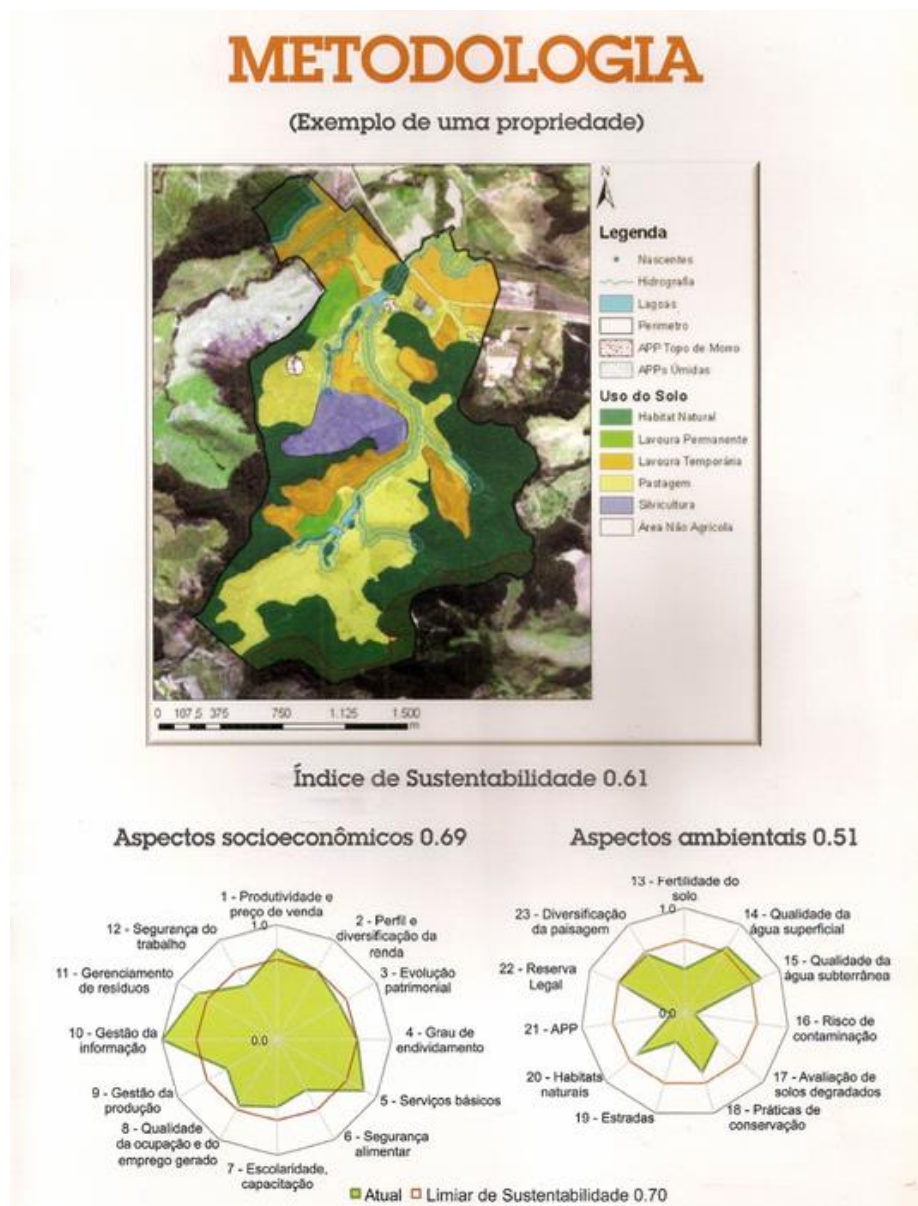


Figura 4. Metodologia para aferição do índice de sustentabilidade em propriedades rurais.

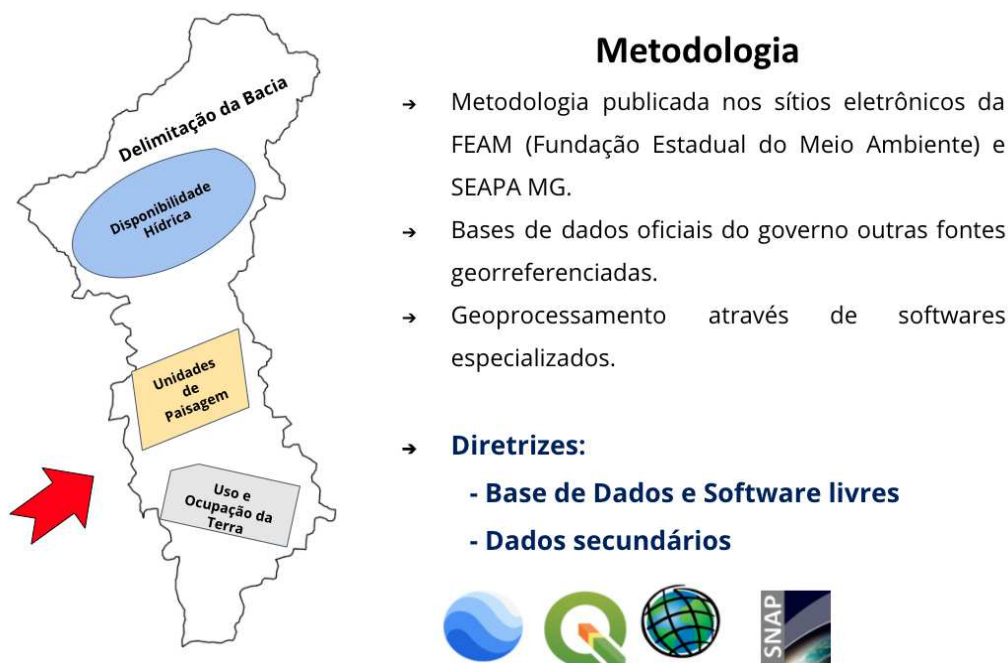
A participação de vários técnicos, pesquisadores e agricultores no processo permitiu o pleno conhecimento da utilidade da ferramenta, bem como do aprendizado da parte dos participantes do potencial de retorno do econômico e ambiental, do processo estruturado no ISA. Mesmo que ainda seja restrita a compreensão sobre a sustentabilidade, está claro para muitos, o avanço nas mudanças do clima com repercussões nas explorações agropecuárias.

A Figura 4 (Metodologia) descreve os aspectos avaliados nas propriedades onde são aplicados os indicadores e tomadas as medidas corretivas recomendadas.

Os indicadores de sustentabilidade permitem que Planos de Adequação Socioeconômica e Ambiental de TAIs, ou de outras naturezas de território, sejam elaborados com base em conhecimento empírico e não em impressões ou percepções. Trata-se de ir refinando os processos e métodos que permitam, cada vez mais, tratar de forma objetiva e operacional a sustentabilidade. A existência da ferramenta é um legado de Minas, perfeitamente customizável para outros Estados e realidades brasileiras. Registrar o sentido da Figura 4 mostra a natureza dos elementos avaliados e a possibilidade de medições programadas ao longo do tempo, permitindo avaliar a evolução se positiva ou negativa. A hipótese é ir gradativamente colocando as propriedades avaliadas na melhoria contínua.

#### 2.7.1.4 Zoneamento ambiental e produtivo em MG

Deve-se destacar o processo de desenvolvimento do Zoneamento Ambiental e Produtivo que reuniu, durante quase dois anos, grupo técnico de SEAPA-MG e SEMAD-MG, consultores e representantes técnicos de instituições públicas e do setor privado, já mencionadas. O foco na construção da ferramenta foi a integração entre as abordagens produtiva e ambiental facilitando trabalhos conjuntos de SEMAD e SEAPA.



**Figura 5. Detalhamento da metodologia do ZAP.**

As informações coletadas e tratadas (Figura 5) fornecem as diretrizes.

O conjunto de informações permite avaliar as ações necessárias e os custos, com vistas à Adequação Socioeconômica e Ambiental do espaço. O fato de serem oficiais os dados para a área produtiva (Seapa) e ambiental (Semad/Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM) amplia a credibilidade do ZAP.

No contexto, houve confluência na compreensão das ferramentas incluídas no ZAP como eixo da inovação institucional proposta, de mudar a concessão das outorgas individuais, para coletivas em sub-bacias. Ademais, consagra mecanismo de apoio à pactuação, entre os produtores de determinada sub-bacia. É a base para implementação do Plano de Adequação Socioeconômica e Ambiental do território respectivo. A pactuação é essencial por ajustar o formato de distribuição dos custos a incorrer nas adequações ambientais, tornando-se elemento essencial, na organização da engenharia financeira que vai sustentar o referido Plano de Adequação para garantir o aumento da disponibilidade de água na bacia.

O Zap facilita a universalização de métodos e processos transparentes. Como ferramenta tecnológica tem as seguintes premissas e características principais: (i) ter custo acessível; (ii) ser simples sem ser trivial; (iii) usar *softwares* livres e imagens de satélites gratuitas (Qgis; Imagens Sentinel); (iv) ser de livre acesso a todos, e (v) trabalhar com dados secundários.

Os métodos incorporados ao ZAP se baseiam em três abordagens: (i) exame sobre o uso da terra e do solo determinando com o detalhe possível, todas as áreas de pastagens; solos expostos; cobertura vegetal nativa; áreas de APP, áreas com culturas anuais, culturas perenes, irrigadas por pivô central e áreas urbanas; (ii) balanço hidrológico dentro da bacia verificando disponibilidade e uso por trecho de rio utilizando bases de dados da ANA em MG e do IGAM; e (iii) unidades de paisagem que verificam o maior ou menor potencial de uso de determinada área dentro do espaço territorial da sub-bacia.

Com o cruzamento das informações, é possível determinar quais são os problemas mais críticos do território e as melhores soluções. Pode-se chegar à avaliação dos recursos necessários para implementar as intervenções, como o eixo do Plano de Adequação Socioeconômica e Ambiental da bacia em foco.

No contexto de acesso à água, os trabalhos com o ZAP podem contribuir na organização da reservação de água, que inclua até mesmo a construção de barragens ao longo da sub-bacia. O foco é gerar capacidade de armazenar água suficiente para regularizar a vazão e disponibilizá-la para os usuários integrados à gestão da bacia. No conjunto, as proposições advindas do uso do ZAP são aderentes ao objetivo de aumentar a disponibilidade de água na bacia.

O ZAP nasceu como contribuição essencial para as diretrizes de ordenamento e organização territorial no marco das bacias hidrográficas com o objetivo juntar Semad e Seapa no encaminhamento de soluções territoriais e coletivas, aglutinando interessados, sob a coordenação e regulação públicas. Essa importante ferramenta de gestão pode ser aplicada nos processos de regularização ambiental, fundamentando ações no processo de evolução (Figura 6). É movimento coerente com as estratégias de sustentabilidade das bacias hidrográficas caracterizadas nas 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs) do Estado.

A relevância de um olhar prospectivo indicando processos de recuperação da bacia, com vistas até mesmo à futura certificação da sustentabilidade (entre os processos que estiveram em cogitação no período de construção da política de agricultura irrigada destaca-se a possibilidade de construir, no âmbito da ABNT, a normalização dos processos com vistas à certificação de sub-bacias), evidencia o potencial de uso conjunto da ferramenta pela área ambiental e por usuários de água, independente do setor. A evolução (Figura 6) permite a interação e o compartilhamento de soluções entre as partes interessadas.

Depois de ajustes técnicos e larga tramitação, o ZAP foi institucionalizado como ferramenta, pelo Decreto 46.650 de 19 de novembro de 2014, focalizando seu uso entre Semad e Seapa. Mesmo com a descontinuidade na política de agricultura irrigada do MI que

o gerou e a consequente redução das ações do PAI-MG, a metodologia continuou a ser aplicada no Estado. Pena que ainda não seja focalizada em cumprir sua função precípua, de avançar na atuação coordenada de Seapa e Semad, tornando a aplicação da lei ambiental mais próxima dos interesses coletivos e não da armadilha do controle pela punição ou da interdição administrativa do uso da água.



**Figura 6. Evolução Projetada para o processo do ZAP.**

## 2.8 Plano de irrigação e uso múltiplo de água nas bacias hidrográficas do RS

Paralelamente ao desenvolvimento do PAI-MG, alguns Estados se articularam com a então recém instituída Senir/MI. Sua estruturação ocorreu como parte do mesmo esforço de articulação e trabalho conjunto que resultaram na realização do Seminário Nacional - Agricultura Irrigada e o Desenvolvimento Sustentável e instalação do Fórum Nacional de Agricultura Irrigada durante o evento, bem como na aprovação posterior, pelo parlamento, da nova lei da agricultura irrigada.

Na busca por expandir a compreensão do novo marco conceitual, a Senir/MI orientava os Estados sobre o PAI-MG como modelo. No contexto, licitou, através do IICA e do mesmo PCT, a realização do Piuma-RS. A proposição de organizar a gestão da agricultura irrigada em bacias hidrográficas e foco nos usos múltiplos da água foi perfeitamente acolhida. Tanto que posteriormente as diretrizes e orientações do Piuma-RS foram incluídas na Lei Estadual 14328/2013, conferindo ao Plano o status de política pública local.

Deve-se registrar a concepção e início de implementação de Territórios de Agricultura Irrigada (Tiuma). Autoridades do RS e MG chegaram a iniciar, no âmbito da Cooperação Federativa que a Senir/MI coordenava, processo de harmonização da regulamentação técnica (outorga de água, licenciamento ambiental, regras fitossanitárias) vigente em ambos Estados. A saída da Senir/MI do processo significou a debandada da instituição promotora da política que se estruturava, deixando os Estados atônitos. Afinal, estavam programados entendimentos e troca de experiência sobre aspectos chave como cultivares, mercados para consolidar a colaboração tecnológica entre os Estados.

A posterior extinção da Senir/MI implicou na agregação das respectivas competências a outras estruturas, incluindo o atual Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Nessas instâncias sucessoras da Senir/MI ainda não se produziu a retomada da política de agricultura irrigada.

## **2.9 Plano de irrigação nas bacias hidrográficas do MS**

Na mesma linha de replicar os conceitos e métodos do PAI-MG, celebrou-se, em 12 de novembro de 2012, o Acordo de Cooperação Técnica com vistas à elaboração do PIB-MS. Compareceram à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Agrário, da Produção, da Indústria, do Comércio e do Turismo (Seprotur) e a Senir/MI. O citado PCT, vigente entre Senir/MI e IICA, licitou e contratou a realização dos trabalhos.

Mudanças administrativas no MI levaram à saída dos principais técnicos e dirigentes, resultando em imbrólio institucional que não tem permitido o uso das propostas contidas no PIB-MS, embora estejam alinhadas à consolidação de uma política para o setor no Estado. Formulado com foco na ampliação das disponibilidades hídricas, em sintonia com o PAI-MG - e Piuma-RS, o PIB-MS permanece hígido. Há avaliações de que ainda é pertinente à realidade local, inclusive em face do recente desastre pantaneiro. É uma opção de ação pelos atores das bacias hidrográficas na solução de problemas atuais no pantanal.

Ao mesmo tempo, a agricultura irrigada pode induzir e promover o aumento da produção, da renda e do emprego no Estado. Cita-se para exame e consideração o volume de emprego e investimentos gerados em novos projetos no Estado, em prosseguimento e decorrência do Plano Estadual para o Desenvolvimento Sustentável de Florestas Plantadas, que antecedeu ao PIB-MS.

## **2.10 Licitação dos planos do CE, PE, BA e ES**

A busca pela consolidação da Política de Agricultura Irrigada era prioridade no governo sob a liderança da Senir/MI, que seguia replicando nos Estados a metodologia e o processo desenvolvidos no PAI-MG. A concorrência 50/2013 licitou os planos de mais quatro estados. A manutenção de planejamento duradouro nos Estados, na forma estabelecida na nova Lei, reforça e orienta a mobilização dos atores, organizando o processo de expansão da atividade.

Aos Estados do Nordeste eles ensejam oportunidades ímpares na organização dos produtores, ensejando engenharia financeira com as obras hídricas disponibilizadas para a agricultura irrigada. Trata-se de permitir a saída da União das obras, transferindo a gestão às partes interessadas, ao tempo em que capitaliza a região com os investimentos já realizados pela União. O foco deve ser na organização de mecanismos de agregação nos moldes de empresas-âncora com funções semelhantes às das cooperativas e empresas integradoras no Sul do País, especialmente no acesso aos mercados.

Cabe destacar que o processo licitatório para os Planos (CE, PE, BA e ES) consumiu tempo na preparação de termos de referência, obteve sucesso alocando recursos necessários ao IICA para efetivar a contratação. As mudanças administrativas na SENIR turvaram o processo, cancelando a assinatura do contrato sem que se saibam os motivos.

## **2.11 Colaboração e cooperação federativa na consolidação da política de agricultura irrigada**

Ainda no movimento de buscar a consolidação da política de agricultura irrigada empreendida pelo MI no período 2009/2014, a Senir/MI licitou o estudo das Tendências e Oportunidades da Agricultura Irrigada. Com foco na integração a outras políticas governamentais, foram elaboradas notas técnicas: Apoio do Mapa do Desenvolvimento Sustentável da Agricultura Irrigada; A Política Nacional de Agricultura Irrigada e a Política Ambiental; Agricultura Irrigada e as Mudanças Climáticas; Estratégias de Planejamento da Agricultura Irrigada; Governança da Política Nacional de Agricultura Irrigada e de Territórios de Irrigação; Tecnologias Sociais e Segurança Alimentar; Defesa Agropecuária; Energia para

Irrigação no Brasil - elétrica, eólica, solar, de biocombustíveis e de combustíveis; Recursos Hídricos e Segurança Hídrica; Planos de Safra - A Ótica da Agricultura Irrigada e dos Mercados; O Brasil e o Comércio Agrícola Mundial: acesso a mercados.

A estratégia integrava e harmonizava políticas públicas pertinentes gerando sinergia com a de agricultura irrigada. Configurava e estruturava os elementos de que a SENIR/MI necessitava para exercer liderança na cooperação federativa com os Estados, buscando melhoria no marco regulatório.

A expansão buscada exige ações coordenadas entre Estados e União destacando-se a abertura e manutenção de mercados. Por um lado, a agricultura irrigada trabalha produtos com maiores limitações nas quantidades consumidas exceto as *commodities*. Por outra parte, os produtos são diferenciados e, cada vez mais, exigentes em capacitação tecnológica para produzir e vender sob marcas e selos de qualidade.

Outro registro a destacar no estudo foi a inclusão da Plataforma Informatizada da Agricultura Irrigada no escopo. A Senir buscou facilitar e institucionalizar as interações. A facilidade digital fomentava a Cooperação Federativa integrando processos produtivos e ambientais. As bases da interação foram previamente estruturadas construindo-se os *sites* de cada Plano/Estado. A visualização dos processos na Figura 7 - Logística de Rede deixa evidente o potencial de trabalho conjunto.



**Figura 7. Logística de Rede.**

O arranjo em Rede permite a interação entre Estados e respectivos Territórios Agricultura Irrigada abrigando o funcionamento de Fábrica de Projetos. A utilização de *softwares* compatíveis com os utilizados no Ministério do Meio Ambiente e Planos Estaduais de Recursos Hídricos facilitava aos grupos de locais diversos a trabalharem colaborativamente. Seja na gestão territorial ou na preparação de projetos para financiar ações, a logística de rede fortalece a governança do setor, ampliando a abrangência do Fórum Nacional de Agricultura Irrigada quando retomado.

São mecanismos para superar as reconhecidas dificuldades fiscais e penúria financeira, na maioria dos Estados pela mútua colaboração. Ademais, mesmo que a União Federal também padeça do mesmo mal, ainda há em seu âmbito, alguma margem de manobra. Sem falar que o aprofundamento na implementação da política de agricultura irrigada tende a expandir seu tamanho gerando renda, emprego e impostos, além de gradativo alívio fiscal pela desestatização e gestão privada de obras hídricas.

## **2.12 Perspectiva da política de agricultura irrigada harmonizada à área ambiental**

Avaliação atual da Esalq-GPP/FAO/MDR registra potencial superior a 50 milhões de hectares com solos e água disponíveis para irrigação. Um desafio para superação em décadas. Entretanto, o mesmo estudo enfatiza que a oferta de fatores, incluindo energias, estradas, mercado, etc. suportam afirmar a viabilidade de duplicação da atual área irrigada estimada em 7,3 milhões de hectares num prazo de dez anos. Aí está considerada a capacidade autodeclarada de oferta de equipamentos produzidos pela indústria nacional.

### **2.12.1 Políticas públicas voltadas para agricultura irrigada sustentável**

Os múltiplos usos da água geram necessidade de arbitragem do processo pelo Estado, defendendo o interesse comum. Há vários anos, o Brasil e outros países editaram leis, decretos e regulamentos públicos. Buscam garantir o acesso de todos ao recurso de forma equânime através de regras, cotas e outros parâmetros que controlam o uso. Não obstante, há a percepção de que a estruturação da legislação ambiental e da gestão de recursos hídricos nos Estados, ensejaram uma trava ambiental. Essa, pelo menos em parte, explica a situação atual de baixo uso do potencial brasileiro.

A Agricultura Irrigada depende de dois Ministérios no Governo Federal, MDR e Mapa. Pode ser uma vantagem, ou tornar-se uma desvantagem para o setor; sob dois comandos as coisas não fluem muito bem. Tanto, que ainda não se observam nas políticas Nacional e Estaduais das águas ações específicas voltadas à agricultura irrigada. A política precisa se tornar de Estado, sendo consolidada em mecanismos de governança, entre o público e o privado. São interconexões institucionais críticas ao funcionamento do conjunto.

A necessidade de estruturar e consolidar políticas específicas para o setor foi contemplada no citado estudo das tendências e oportunidades mencionado no item X do presente. Como o país cuidou do assunto de forma descontinuada é de grande relevância resgatar e consolidar o esforço de planejamento desenvolvido entre 2009 e 2014 referido ao longo do presente.

Embora seja percebida como a principal usuária e consumidora de recursos hídricos, pode demonstrar que água utilizada volta para o ciclo hidrológico. Dados, informações e conhecimento podem mudar a percepção de Agricultura Irrigada associada a situações impactantes, como erosão do solo e à poluição ambiental. A reputação deve ser alcançada, de forma ética, por meio da maximização do benefício líquido para a sociedade, sempre considerando custos e benefícios atuais e futuros.

### **2.12.2 Construção da agricultura irrigada tropical sustentável**

O propósito é sistematizar como atividade permanente ao longo do ano, em formato industrial. Exige atenção em todas as etapas envolvidas no processo, desde o planejamento, o projeto, da seleção das culturas à escolha das técnicas de produção, a instalação, operação e manutenção dos equipamentos no campo, além do manejo da própria água.

Na irrigação, o emprego de tecnologias avançadas como o uso de cultivares selecionados ou melhorados geneticamente, por exemplo, pode alcançar expressivos aumentos de produção e de produtividade. A seleção e a priorização de culturas a serem irrigadas também devem ser itens fundamentais para a tomada de decisão quanto ao uso dos recursos hídricos. Esses processos devem ser precedidos de rigorosa análise da relação custo-benefício, pois, além da água ser um recurso nobre e cada vez mais escasso, há no país potencial para aumento da produção e da produtividade da agricultura de sequeiro

(FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS, 2016), relacionada à produção de *commodities*, como a soja e o milho.

### 2.12.2.1 Bases e alicerces do avanço e aprendizados

Para contextualizar a agricultura irrigada brasileira no momento atual, devemos considerá-la a partir de grandes ciclos: cana-de-açúcar, borracha, algodão e principalmente do café, que foi o principal motor da economia brasileira. A década de 60 foi marcada por uma produção um pouco mais diversificada, típica de sequeiro, baseada no atendimento ao mercado interno, exceto o café. Ainda baseava a expansão dos plantios nas chamadas terra de cultura resultantes da supressão da Mata Atlântica. A busca era a produção. A agricultura da década de 60 para frente, experimentou pressão de forte na demanda pela intensificação da urbanização no país. Nos anos 70 o Brasil importava 30% dos alimentos que consumia. Foi marcante, também, o início da busca por produtos brasileiros, como no caso do Japão, pela necessidade de diversificar fontes de suprimento por razões geopolíticas. Inicia-se uma fase muito dinâmica, rica e complexa que requereu, ao mesmo tempo, a combinação da expansão da fronteira agrícola com a modernização da agricultura.

A introdução de áreas do bioma Cerrados, como a nova fronteira agrícola foi um marco. Por suas características de solo, naturalmente depauperado, exigia para sua mobilização como solo agrícola, altos investimentos além de boa gestão e tecnologia. Falava-se em: "recuperação dos cerrados" e "a agricultura dos cerrados, para ser viável, tem que nascer moderna". A palavra-chave era "produtividade". E nessa direção destaca-se o início da valorização da irrigação como estratégia para produzir maior quantidade, com segurança, na mesma área.

Nesse contexto foi criada e implementada a Embrapa, como coordenadora do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, comprovando a essencialidade do conhecimento científico como base para o desenvolvimento tecnológico.

Assim se desenvolveu o estágio atual de agricultura tropical liderada pelo Brasil. Impulsionado pelo movimento ambientalista, desde 1972, evoluiu o paradigma da sustentabilidade. O marco relevante no Brasil, foi a Rio 92, estabelecendo pactuação entre 156 países na Conferência Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Apesar da sustentabilidade ter como primeira motivação o componente de caráter ambiental, foram agregados dois outros elementos também mensuráveis: o social e o econômico. Dos anos 90 para cá, já existe aferição da sustentabilidade e rastreabilidade dos produtos, portanto, o conhecimento da origem e dos processos produtivos. Atualmente há intensificação tecnológica com georreferenciamento e mensuração da sustentabilidade como exigência de mercado.

A aferição da sustentabilidade com as ferramentas teóricas dos sistemas de gestão, ainda são pouco realizadas, por custo e complexidade. Contribuições compreensíveis, replicáveis e de baixo custo foram construídas e sintetizadas, na elaboração do Plano de Agricultura Irrigada em Minas Gerais- PAI. São consistentes, de baixo custo, amigáveis as importantes ferramentas de aferição de sustentabilidade em bases territoriais, a saber: ZAP - Zoneamento Ambiental e Produtivo, tendo uma sub-bacia como referência, e o ISA - Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas, aplicáveis às unidades produtivas/fazendas em que o proprietário deve ser considerado gestor do território.

Essas ferramentas inovadoras são extremamente práticas, facilitando ao produtor, ao mercado e à sociedade o acompanhamento do processo de produção e da gestão ambiental, seja ela de responsabilidade individual ou coletiva. Os parâmetros considerados podem ser aprimorados e customizados para formular indicação geográfica e outros procedimentos de valorização dos produtos de determinada região. São ferramentas fundamentais na qualificação e planejamento da gestão territorial.

A integração multiplica potencial das ferramentas que podem ser integradas a plataformas públicas a exemplo do PronaSolos (estruturada com dados do IBGE, CPRM, EMBRAPA e Mapa, entre outros, a plataforma sistematiza e disponibiliza sistema de informações relativo ao Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil, contendo também conhecimento sobre diferentes assuntos), recentemente disponibilizada, facilitando o acesso ao conhecimento regional. Reduz em muito o custo e melhora a velocidade de geração de novos mapas de situação do território. A partir desse diagnóstico e avaliação, são elaborados com experiências regionais e até locais, os planos de adequação socioeconômica e ambiental, eliminando as vulnerabilidades constatadas para ressaltar as potencialidades e propor soluções construídas com os gestores territoriais. Tais soluções também podem ser articuladas com demandas legais ou não, como é o caso do CAR - Cadastro Ambiental Rural, ou aquelas relacionadas à conservação e manejo da água e do solo, sequestro de carbono, relações trabalhistas, qualidade de gestão e outras.

São obviamente detalhes, mas fundamentais para assegurar a qualidade do planejamento e da gestão, seja para prevenir ou para resolver situações até mesmo de conflito, como é o caso, muito comum, relacionado ao uso da água. Em essência, ISA e ZAP são instrumentos que contribuem muito para o planejamento assegurando melhor uso dos recursos e mais efetiva gestão de território.

### **2.12.2.2 Consolidação da agricultura irrigada**

Muito embora já tenhamos grupos de produtores que trabalham com cultivos e processos desenvolvidos sob condições tropicais, ainda somos, em muitos casos, reféns da agricultura temperada originada na Europa e Estados Unidos. O aprofundamento e a sistematização do conjunto de formulações, da Senir/MI, no referido período de 2009/2014, combinados a alguns levantamentos e pesquisas expeditas de boas práticas de agricultura Irrigada, podem ensejar a organização e sistematização dos processos. O conjunto pode ser organizado na publicação de guias, textos e outros materiais, bem como disponibilizados em plataforma que facilite o acesso aos processos, facilitando a formulação e o financiamento de projetos.

Trata-se de organizar o compromisso de produzir com responsabilidade e preceitos de sustentabilidade aproveitando o potencial da agricultura irrigada no Brasil, considerando mais do que a existência de água, solo e clima favoráveis. A exploração adequada e duradoura é sustentável, incluindo práticas, atividades, interações e conceitos próprios, inerentes aos regimes intensivos de produção de custeio mais elevado, embora os custos gerem benefícios proporcionalmente maiores. Na expansão da agricultura irrigada, um dos focos serão os cerca de 55 milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014) já ocupados pela agricultura de sequeiro. Também deve-se olhar as áreas de pastagens, ocupando próximo de 160 milhões de hectares, dos quais cerca de 30 milhões, com algum grau de degradação. Ou seja, investir em agricultura irrigada sustentável não significa necessariamente buscar novas fronteiras agrícolas, ou desmatar áreas intocadas. Pelo contrário, significa, antes de mais nada, empregar novas tecnologias e intensificar a produção em áreas de agricultura e pecuária já existentes.

Outra possibilidade do Brasil é beneficiar-se das grandes áreas de afloramento de aquíferos no país, que podem, ao menos em tese, ser incorporadas ao processo produtivo. Ressalta-se que essas áreas são consideradas de alta vulnerabilidade natural e que esse cenário exige medidas severas e imediatas. Deve-se evitar que, a partir dessas áreas, ocorram comprometimentos na disponibilidade e/ou da qualidade das águas subterrâneas, o que deve ser evitado a todo custo quando se pratica agricultura sustentável (GOMES, 2008).

A sistematização da agricultura irrigada tropical referida deve juntar modernos processos tecnológicos que podem e que já estão sendo empregados para aumentar a eficiência de diferentes sistemas de produção irrigados, seja na agricultura convencional, no plantio direto, na fixação biológica de nitrogênio, na rotação de culturas, na agricultura orgânica, em sistemas de produção integrados, na integração lavoura-pecuária-floresta plantada (ILPF) e em sistemas agroflorestais. Com o aperfeiçoamento e aumento de eficiência das técnicas e dos processos de irrigação, mesmo em áreas atualmente já irrigadas, por meio da introdução de sistemas e métodos mais eficientes e tecnologias modernas para o manejo adequado da água e do solo, novas áreas poderão ser incorporadas ao processo produtivo sem necessidade de aumento da disponibilidade hídrica.

Entre as ferramentas que podem ser mobilizadas, na estruturação dessa expressão nacional de uma agricultura irrigada sustentável e competitiva além de descarbonizante, estão os instrumentos de medição e gestão desenvolvidos em Minas Gerais. Sejam os indicadores de gestão e acompanhamento das metas, incluídos no PAI-MG, sejam as ferramentas específicas desenvolvidas para viabilizar a gestão pública coordenada e integrada entre Seapa e Semad.

Destaca-se o Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) que, mesmo sem a prioridade e foco originais, continua sendo utilizado. Hoje já são quase 1 milhão de hectares levantados em 20 sub-bacias, em todas as regiões do Estado. São aplicações para várias finalidades mencionadas abaixo: (i) Conjunto de sub bacias em trecho do alto rio Doce. Elaborado pela Emater. Algumas ações estão sendo realizadas no contexto da recuperação do acidente, pelo IEF, Emater e os próprios técnicos da Fundação Renova; (ii) Conjunto das sub-bacias do baixo trecho da bacia do rio Carmo: elaborado pela Emater; (iii) Sub bacia do ribeirão Santa Juliana: elaborado por Paisagem Ambiental; (iv) Ribeirão Ipanema: elaborado pela Emater; (v) Sub bacia do rio Gualaxo do Norte: elaborado pela Emater. Custeado pela Fundação Renova. Algumas ações estão sendo realizadas no contexto de recuperação do acidente. Realizado pelo IEF, Emater e técnicos da Fundação Renova. Foi aplicado o ISA em 4000 propriedades bem como estruturado o Plano de Adequação Socioeconômica e Ambiental incluindo 150 propriedades atingidas pela lama; (vi) Rio Piranga: elaborado pela Emater; (vii) Rio do Peixe: elaborado pela EMATER; (viii) Rio Bagagem: elaborado por Paisagem Ambiental; (ix) Rio Manso: feito pelo Núcleo ICA – UFMG; (x) Conjunto de sub bacias do alto e médio rio Carmo: elaborado pela Emater, (xi) Ribeirão Brejão: elaborado por Paisagem Ambiental; (xii) Ribeirão Mandaguari: pertence à bacia hidrográfica do Rio Araguari, localizada nos municípios de Indianópolis e Nova Ponte. Elaborado por Paisagem Ambiental; (xiii) Ribeirão Santa Isabel: custeado pelo Sebrae + Prefeitura de Paracatu + Irriganor. Elaborado pela Fundação Brandt; (xiv) Entorno do Monumento Natural Estadual Serra da Piedade: elaborado por Seapa/Emater, Semad e Aderi (Agência de Desenvolvimento Integrado da PUC Minas). O estudo abrangeu uma área de 40 mil ha. Servirá para a elaboração do Plano de Manejo do Monumento Natural. Será usado também para o futuro Plano de Desenvolvimento de Base Conservacionista e Cultural da mesma Serra; (xv) Ribeirão das Almas: em Bonfinópolis de Minas. Será apresentado ao Comitê da Bacia no início de 2021. Realizado pelo Sebrae e INAES/FAEMG; (xvi) Rio Suaçuí Pequeno (Vale do rio Doce): Realizado pelo Sebrae e INAES/FAEMG em parceria com a Cenibra. Já está finalizado. As discussões foram para o início de 2021; (xvii) Ribeirão Entre Ribeiros - Paracatu. Em elaboração pelo INAES. Custeado pelo SEBRAE, Prefeitura de Paracatu e Irriganor. Será finalizado em dezembro de 2020; (xviii) Rio Picão e ribeirão dos Machados - Alto São Francisco. Projeto com apoio do Sindicato Rural de Bom Despacho, Prefeitura de Bom Despacho, Sebrae e Sicoob; (xix) Rio Grande, em Serra do Salitre e rio Buriti em Coromandel. Elaborado pelo INAES/FAEMG. Realização: Sebrae e Cerrado das Águas. Início em dezembro de 2020 e término previsto para maio/2021; e (xx) Ribeirão Feio, em Araxá. Elaborado pela Fazu. Início em novembro de 2020 e término previsto para março de 2021. Apoio do Sebrae.

### 2.13 Considerações finais

A compreensão e formatação do ZAP feitos no âmbito da consolidação da política nacional de agricultura irrigada sustentável ensejada pelo marco conceitual vigente, permite retomar a continuidade administrativa no esforço de planejamento da agricultura irrigada.

Embora o ideal seja trabalhar no sentido de retomar a implementação da política de agricultura irrigada concebida pela Senir/MI para ser harmonizada ao meio ambiente, a SEAPA tem buscado estruturar núcleos, em Universidades, permitindo formar potenciais aplicadores e usuários da metodologia. Eles foram designados Núcleos de Estudos e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP). Está implantado na Universidade Federal de Viçosa, nos Campus de Rio Paranaíba (Alto Paranaíba) e Viçosa (Zona da Mata); foi ampliado para a Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri e para o Instituto Federal do Sul de Minas, no campus de Machado. Importante ressaltar a replicabilidade deste mecanismo de cooperação, especialmente onde se assentam bases dos IF (Institutos Federais).

### Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Irrigação**: Uso da Água na Agricultura Irrigada. Brasília, 2017.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. Banco do Nordeste do Brasil. Ministério da Integração Nacional. Série: **Políticas e Estratégias para um novo Modelo de Irrigação**. 2001.
- BORGHETTI, J.R.; SILVA, W.L.C.; NOCKO, H.R.; LOYOLA, L.N.; CHIANCA, G.K. (Ed.). **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil**: Identificação de Áreas Prioritárias, Brasília, 243p., 2017.
- BRASIL. Decreto 86.149 de 23 de Junho de 1981. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional para Aproveitamento de várzeas Irrigáveis - PROVÁRZEAS NACIONAL. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, seção 1, p.11781, 24 jun. 1981.
- BRASIL. Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.470, 9 jan. 1997.
- BRASIL. Lei 9.984 de 17 de Julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, Entidade Federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.1, 18 jul. 2000.
- BRASIL. Lei 12.787 de 11 de Janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei 10.438 de 26 de abril de 2002; revoga as Leis 6.662 de 25 de junho de 1979, 8.657 de 21 de Maio de 1993, e os Decretos-Lei 2.032, de 9 de Junho de 1983, e 2.369 de 11 de Novembro de 1987; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.4, 14 Jan. 2013.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO FRUTAS BRASILEIRAS - EXPORTAÇÃO. Brasília, 352 p., 1989.
- FOLEGATTI, M.V.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M.; ZOLIN, C.A.; PAULINO, J.; VIDAS, N.B.; IZIDORO, R. **Panorama da Irrigação no Brasil**. Esalq/USP, 2010.
- GOELLNER, C.G. **O uso de água na agricultura**. Comitê de Gerenciamento da bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo, s.d.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. Ministério da Integração Nacional, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Seminário Nacional: Agricultura irrigada e Desenvolvimento Sustentável. Notas pessoais do relator, Mauro Márcio de Oliveira. Brasília, 15p., IICA, 2009.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. Ministério da Integração Nacional, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Minas, Agricultura e Água-Desafios da Mudança Climática, da Segurança Alimentar e da Renda dos Produtores. 20p. IICA.

LIMA, J.E.; FERREIRA, R.; CHRISTOFIDIS, D. **O Uso da Irrigação no Brasil**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretária Executiva de Apoio e Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada do Nordeste. Brasília, 148 p., 1998.

MINAS GERAIS. Lei 13.199 de 29 de Janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Minas Gerais Diário do Executivo**, p.3, col. 2, microfilme 572, 30 jan. 1999.

MINAS GERAIS. Lei Delegada 180 de 20 de Janeiro de 2011. Dispõe sobre a estrutura orgânica da Administração Pública do Poder Executivo do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Minas Gerais Diário do Executivo**, p.1, col. 1, 21 jan. 2011.

RODRIGUES, L.N.; DOMINGUES, A.F. INOVAGRI. **Agricultura irrigada: Desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**, Brasília, DF, 2017.

PLANO DIRETOR DE AGRICULTURA IRRIGADA DE MG. PAI-MG. Relatórios 1 e 6.

PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO AMBIENTAL, TERRITORIAL E PROTEÇÃO DE RECURSOS NATURAIS. **Reestruturação Hídrica e Gestão Compartilhada de Bacias Hidrográficas de Cristalina (GO)**, 31 p., 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Lei 14328 de 23 de Outubro de 2013. Institui a Política Estadual de Irrigação do Rio Grande do Sul, o Plano Diretor de Irrigação no Contexto dos Usos Múltiplos da água, o Conselho Gestor da Política Estadual de Irrigação e o Fundo Estadual de Irrigação, altera a Lei n.º 13.601, de 1 de janeiro de 2011, e revoga a Lei 13.063, de 12 de novembro de 2008. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, 25 out. 2013.

## CAPÍTULO 3

### 3 AS POLÍTICAS PÚBLICAS E O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE IRRIGAÇÃO NO BRASIL (A PARTIR DO ANO DE 2000)

*João Rebequi*

#### Resumo

Uma das grandes virtudes da irrigação brasileira é sua continua caminhada entre academia e mercado. Não há como negar esse processo de cooperação que ocorre dentro de universidades e empresas, formando docentes e profissionais qualificados para os desafios da agricultura nacional irrigada. Nesse capítulo, vamos analisar um pouco do que ocorreu na indústria nos últimos anos. A área irrigada cresceu substancialmente nos últimos 20 anos, praticamente dobrando a base irrigada nacional, permitindo que toda a indústria investisse no aumento da capacidade instalada. Sem indústria ativa produzindo equipamentos de irrigação, não haveria esse salto, portanto, ao analisar esse recorte de duas décadas, me proponho a analisar quais foram as principais políticas públicas que permitiram esse salto na perspectiva de mercado/indústria.

#### 3.1 Introdução

Ao analisar a evolução da irrigação no Brasil, faz-se necessário um olhar paralelo à indústria e seu desempenho em volumes, principalmente pela ótica do aumento da área irrigada. Novas tecnologias foram agregadas e os investimentos foram feitos pelos fabricantes para que essa área crescesse e se tornasse pujante no atual momento do Agronegócio. Talvez a Irrigação seja a única área em que haja uma verdadeira convergência entre o que se ministra no meio acadêmico e o mercado em si. Por este motivo, dentro desse livro, teremos abordagens acadêmicas e mercadológicas, como a que me proponho a fazer neste capítulo.

#### 3.2 A indústria de irrigação

O objetivo deste será analisar e estratificar como as políticas públicas afetaram essa indústria utilizando de dados compartilhados na associação de classe competente: Abimaq/CSEI. Através da visão mercadológica, bem como, com o olhar acadêmico pretende-se mostrar quais políticas públicas contribuíram e de que forma elas interferiram para que a área irrigada mais que dobrasse nos últimos 20 anos e gerasse uma maior maturidade a esta indústria. Maturidade que lhe permite hoje projetar quais as tendências e perspectivas próprias para os próximos 20 anos.

Criada em 1994, dentro da Abimaq, a Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação (CSEI), congrega mais de 30 indústrias e desde sua criação, dentre diversos objetivos, vem cumprindo um brilhante papel de convergir os interesses difusos do setor que mesmo tendo indústrias com diferentes métodos de irrigação, apresentam as mesmas dificuldades e os mesmos problemas. Estes devem ser endereçados as autoridades públicas de forma coesa e única, afinal o Brasil hoje pode ser considerado o celeiro do mundo, mas em termos de área irrigada ainda temos um longo caminho a ser percorrido. Disputamos com o México pela liderança em área irrigada na América Latina.

Como parte desse trabalho em defesa do setor, a câmara vem consolidando os dados de área irrigada promovidas por seus associados e aqui daremos o início dessa análise, pelo volume de incremento de área irrigada que os fabricantes vêm declarando anualmente desde 2000.

Muito importante destacar que esse dado vem da indústria associada a essa entidade de classe, portanto, aqui não se pretende analisar a assertividade em como a área irrigada brasileira deve ser mensurada, mas sim analisar como essa indústria que investe e gera empregos percebe dentro de sua associação, a evolução do setor.

**Tabela 1. Evolução da área irrigada anual (ha ano<sup>-1</sup>) de 2000 a 2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2021).**

Tipo	2000	2001	2002	2003	2004
Pivô Central	47.320	50.540	57.820	59.500	47.600
Carretel	25.000	29.000	30.000	30.000	22.500
Convencional	16.200	15.300	14.650	17.500	15.000
Localizada	30.000	33.000	37.000	40.000	38.000
Total (ha ano <sup>-1</sup> )	118.520	127.840	139.470	147.000	123.100
Total (ha)	3.068.480	3.196.320	3.335.790	3.482.790	3.605.890

\* Histórico até 1999: 2.949.960 ha.

**Tabela 2. Evolução da área irrigada anual (ha ano<sup>-1</sup>) de 2005 a 2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2021).**

Tipo	2005	2006	2007	2008	2009
Pivô Central	26.600	17.500	19.600	49.000	49.500
Carretel	21.000	30.000	30.000	30.000	25.000
Convencional	15.000	15.000	16.500	20.000	17.000
Localizada	35.000	30.000	40.000	47.000	40.000
Total (ha ano <sup>-1</sup> )	97.600	92.500	106.100	146.000	131.500
Total (ha)	3.703.490	3.795.990	3.902.090	4.048.090	4.179.590

**Tabela 3. Evolução da área irrigada anual (ha ano<sup>-1</sup>) de 2010 a 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2021).**

Tipo	2010	2011	2012	2013	2014
Pivô Central	52.000	57.750	84.000	126.000	102.000
Carretel	30.000	32.500	32.500	32.500	10.500
Convencional	25.000	29.500	35.400	40.710	28.497
Localizada	50.000	56.000	60.480	72.576	79.834
Total (ha ano <sup>-1</sup> )	157.000	175.750	212.380	271.786	220.831
Total (ha)	4.336.590	4.512.340	4.724.720	4.996.506	5.217.337

**Tabela 4. Evolução da área irrigada anual (ha ano<sup>-1</sup>) de 2015 a 2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2021).**

Tipo	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pivô Central	78.000	91.000	94.000	92.000	97.500	117.000
Carretel	6.000	18.000	14.000	13.750	12.500	16.250
Convencional	28.000	31.000	31.000	31.000	31.000	37.200
Localizada	75.000	75.000	64.000	64.000	68.500	78.775
Total (ha ano <sup>-1</sup> )	187.000	215.000	203.000	200.750	209.500	249.225
Total (ha)	5.404.337	5.619.337	5.822.337	6.023.087	6.232.587	6.481.812

Observa-se que desde 2000 a área irrigada brasileira mais que dobrou em 20 anos, segundo dados da indústria associada a Abimaq, ou seja, saltando de 3 milhões de hectares para mais de 6 milhões. Esse crescimento pode ser visto sob diversos ângulos, mas a prioridade será analisar esse grande aumento sob a ótica das principais políticas públicas que contribuíram para que este número tenha sido alcançado. Sob esta perspectiva, dividiremos em três estágios bem distintos as políticas que contribuíram para esse aumento: (i) flexibilização na formalização do crédito rural; (ii) o grande "boom" - o subsídio através das taxas; e (iii) a irrigação no centro da discussão das políticas públicas agrícolas.

Como atores do Agronegócio, sabemos que em termos mercadológicos, os produtores rurais baseiam suas decisões de investimentos em duas premissas fundamentais: preço de commodities/rentabilidade e disponibilidade de crédito. Obviamente, seria muito simplório neste trabalho olhar apenas como o ingresso do Finame-Moderinfra mudou a cara da indústria, sem analisar outros fatores que contribuíram para esse salto. Mais ainda, ficaria também a pergunta do que se pode esperar para os próximos 20 anos? Muito se fala ainda sobre o potencial, mas o que será efetivamente atingido, dependerá da indústria que se estabeleceu no Brasil e seus investimentos, e nesse contexto, as políticas públicas terão um papel fundamental. Seguimos para a análise dessas fases em maiores detalhes.

### 3.3 A Flexibilização na formalização do crédito rural

Analisar o resultado do Finame-Moderinfra na indústria de irrigação e de máquinas agrícolas em geral, em especial durante os anos de 2013-2014, quando as taxas de juros foram fortemente subsidiadas em relação aos juros oficiais e as taxas de inflação, tornaria a análise incompleta e superficial. De fato, houve uma transição da década de 90 para o ano 2000 em termos de políticas públicas em especial com relação ao crédito rural. Pode-se dizer que houve uma pavimentação para que o crédito rural se tornasse atrativo não somente no custeio, mas também para investimentos em bens de capitais.

Em 1965, a Lei 4829 sancionada pelo então presidente Castelo Branco institucionalizava o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), que conforme assenta Sergio Pereira Leite, "cumpru um papel fundamental na transformação da base técnica dos estabelecimentos agrícolas". De fato, quando falamos de políticas públicas, talvez aqui resida o grande marco em conjunto com o Decreto-Lei 167 de 1967, que dois anos depois tratou de assentar as regras de formalização desse crédito através de títulos de créditos próprios, os chamados Títulos de Crédito Rural. Em termos resumidos, o SNCR era constituído pelo Bacen e demais instituições financeiras (privadas, públicas e desenvolvimento) que instrumentalizavam as aplicações de recursos na Agricultura. Através de diversas outras regras normativas, que instituíam algumas obrigatoriedades, tais como a do famoso compulsório, que existe até hoje

e trata-se da obrigatoriedade que as instituições financeiras tinham em aplicar recursos em financiamentos agrícolas. Nesse momento, da criação desse regulamento jurídico, até meados da década de 1990, podemos perceber um foco na destinação dos recursos do Crédito Rural para o custeio e o investimento deixado em segundo plano.

Ocorre que, até a década de 1990, a indústria de irrigação e a mecanização agrícola brasileira caminhavam atrás em termos tecnológicos de mercados como Estados Unidos e Europa. Lembrança comum a quem atuava no final da década de 90, em multinacionais do setor de mecanização, e de que o Brasil ainda era um grande importador de soluções desenvolvidas para agricultura temperada do Hemisfério Norte e que muitos dos lançamentos eram também defasados em alguns anos em relação ao que se promovia naqueles países. Nesse momento, final da década de 90 e início dos anos 2000, houve diversos investimentos na indústria agrícola brasileira, incluindo a Irrigação, sendo que algumas organizações multinacionais da área de mecanização, percebendo a necessidade de fornecer junto com seus produtos uma solução financeira, estabeleceram suas próprias instituições financeiras focadas no Agronegócio. Esse novo cenário na oferta de bens de capitais agrícolas, fez com que houvesse uma acomodação fundamental nas regras do Crédito Rural no que tange a utilização dos títulos de crédito rural por parte das instituições financeiras. O processo tornou-se mais lógico e simples, o que facilitou o ingresso de capital privado e pavimentou o sucesso posterior do Finame-Moderinfra.

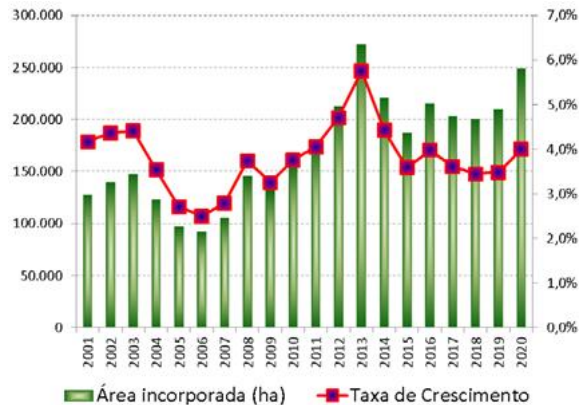
Um exemplo importantíssimo, dentre outros, foi em relação a forma como as garantias reais hipotecárias passaram a ser constituídas no início de 2000 para as instituições financeiras participantes do SNCR. Como dito acima, o sistema foi originalmente desenhado para ser mais acessível no custeio agrícola do que em investimento de longo prazo. Quando uma instituição financiava um projeto de investimento para um produtor rural, mesmo usando um dos títulos de crédito rural, como uma Cédula Rural Pignoratícia e Hipotecária, a constituição da hipoteca dependia ainda de uma escritura pública e de uma logística própria, o processo era extremamente dispendioso e tinha que ser assinado por um procurador da instituição pessoalmente no Cartório de Registro de Imóveis competente. Para quem atuava no Agronegócio neste período como eu, no departamento de formalização de uma instituição dedicada ao financiamento, tenho a lembrança clara de como funcionava o processo. Era complexo e burocrático, e questionável em termos de custos e logística operacional. Se não houvesse mudança alguma ficaria difícil imaginar um crescimento sustentável em financiamento sem a capacidade de processar as garantias reais. A Lei 6015/73 que regula os registros públicos, incluindo os de registro de imóveis, é complexa, mas por diversas vias, interpretações, sustação de dúvidas, regulamentos administrativos e pressão dos atores privados, no início da década de 2000 ficou claro que as Cédulas Rurais Pignoratícias e Hipotecárias tinham força registral como documento único, sem a necessidade de uma escritura apartada para registro. Isso mudou o jogo para as instituições financeiras financiarem com garantias reais hipotecárias.

Essa flexibilização e maior entendimento da utilização dos títulos de crédito rural na indústria de bens de capital, em especial na irrigação, veio junto com o nascimento do Finame Moderinfra em 2001, gerido pelo BNDES e operado por agentes financeiros. O Finame como é conhecido nos dias de hoje trouxe uma maturidade para todos os "players" ou agentes da indústria no momento certo. O Brasil nitidamente iniciava uma transição de coadjuvante para ator principal da agricultura mundial e começávamos um século em que as políticas públicas agrícolas não seriam mais pensadas e desenhadas para o curto prazo (custeio), mas para o longo prazo (bens de capital e tecnologia) visando a colocar o país no lugar de destaque no cenário da produção mundial. Sem sombra de dúvidas, essa acomodação da instrumentalização dos títulos rurais pavimentou o *boom* que seguiria acompanhado de políticas voltadas para essa inserção.

### 3.4 O grande *boom*: o subsídio através das taxas

Não existem dúvidas para a indústria que nos anos de 2012-2014 concentraram os melhores anos em resultados e em expansão a área irrigada no Brasil. Trata-se da explosão desse potencial em termos de crescimento do Agronegócio de maneira geral, mas em especial para a Irrigação.

No gráfico a seguir (Figura 1), é possível observar a taxa e as áreas adicionadas a Irrigação no Brasil com base nos dados da Abimaq/CSEI com detalhes importantes a serem considerados.



**Figura 1. Evolução da área irrigada no Brasil no período de 2000 a 2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2021).**

A combinação de bons preços e a ampla oferta de crédito subsidiada, tornam o Finame-Moderinfra operacionalizado entre 2012 e 2014 como a política pública mais efetiva no crescimento da indústria de irrigação. O objetivo aqui não é a análise das questões políticas envolvidas nessa subvenção estatal em taxas para a aquisição de bens de capital, mas sim em como a indústria se transformou nesse ciclo, ficando mais madura e preparada para os desafios dos 20 anos subsequentes.

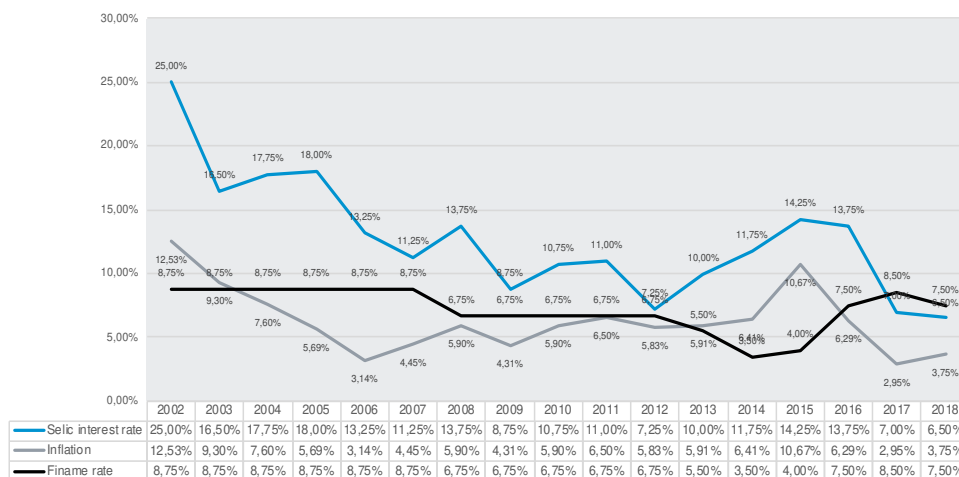
Importante ressaltar, que esse “boom” impulsionado pelo Finame não veio sozinho. São dois os fatores adicionais que mudaram o comportamento do consumidor de irrigação e impulsionaram a indústria. O primeiro foi uma mudança de mentalidade em relação a utilização da irrigação, onde até os anos 90, os usuários de irrigação eram dirigidos pela segurança da aplicação. Em suma os produtores rurais adquiriam os produtos de irrigação para ter um seguro contra a falta chuvas. Com o advento de novas tecnologias de manejo e irrigação de precisão, os usuários conseguiram além desta segurança e produtividade adicional uma vez que não dependiam mais das condições climáticas das suas regiões para que a aplicação de água fosse realizada no momento e na hora certa. Esse benefício tangível ainda é a mola propulsora do potencial de crescimento da Irrigação no Brasil.

O outro fator importante, relaciona-se as políticas públicas. Foi através do surgimento de políticas regionais, com caráter muito similar ao Finame-Moderinfra, com juros subsidiados e facilidades em pagamento, como carências de um ano para o pagamento do principal que a irrigação teve sua grande expansão por onde o Brasil produz suas commodities. Nesse sentido, talvez um grande exemplo de política pública regional que funcionou muito para o aumento de área irrigada foi o programa Mais Águas, Mais Renda no Rio Grande do Sul. Antes do programa, os gaúchos eram fortes na irrigação de arroz por flutuação, mas sem grande destaque em outros métodos mais eficientes e, após o programa implementado pelo governo regional, o estado entrou na lista dos maiores irrigantes nacionais.

Não menos importante do que os dois fatores acima citados, durante os anos 2000, houve também uma atenção especial da indústria para a Agricultura Familiar. Programas como o Pronaf, vieram na esteira de uma valorização na importância da mecanização e tecnologias embarcadas na agricultura familiar brasileira. A mesma lógica de subvenção na taxa de juros foi aplicada nos programas destinados a Agricultura Familiar alavancando o crescimento do Agronegócio brasileiro de maneira geral.

Retornando a análise do Finame e seu impacto na indústria, mesmo existindo desde 2001, e possível perceber através da Figura 2, como as correlações entre taxas de Finame versus Selic versus Inflação ditaram o crescimento da indústria a partir desse ano. Ficou nítido ao ponto que durante os anos que se seguiram as subvenções nas taxas, existia uma verdadeira euforia na renovação do plano, sempre entre os meses de maio e junho e especialmente durante as feiras agrícolas que acontecem anualmente também nesses meses, em particular na Feira *Agrishow*. A grande questão que circulava e pairava sobre a feira ano após ano era saber qual seria a taxa a ser utilizada no próximo plano agrícola. Foi um momento de grandes investimentos na capacidade instalada de produção da indústria nacional de irrigação, em todos os métodos. Todos os executivos, de empresas nacionais e multinacionais, investiram em suas estruturas deixando a base instalada para o crescimento futuro. Provavelmente aí reside a verdadeira grande contribuição do *Boom*, deixar a indústria madura e preparada para os próximos ciclos. Foi esta explosão que acabou criando condições e abrindo os caminhos para o crescimento também da irrigação no país.

Na Figura 2 a seguir podemos observar perceber claramente o comportamento e correlações das três taxas citadas acima. No ano de 2002 o programa apresentava taxas médias de juros para aquisição de produtos de irrigação menores que inflação acumulada, bem como a taxa Selic oficial. Entre 2013 e 2015, quando foi o momento de maior atratividade do programa, quando o subsídio para as taxas, deixou os juros mais baixos que a inflação e a Selic. De 2015 em diante, pela necessidade de ajuste fiscal, o tesouro nacional passou a não subsidiar as taxas de juros nas linhas destinadas ao financiamento agrícola, gerando uma acomodação natural na indústria a nova realidade.



**Figura 2. Taxas Selic, Inflação e Finame de 2002 a 2018 (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2021).**

Sabemos que o produtor rural é avesso, em linhas gerais, a financiamentos com taxas variáveis ou vinculadas a variação cambial. Essa mudança nas taxas de juros a partir de 2015, fez com que a indústria se adaptasse ao “novo normal”, gerando uma queda inicial na demanda, porém com o ingresso de novos players privados e uma clara mensagem ao mercado. Esta mensagem é de que as políticas de crédito rural para investimento

permaneceriam prioritárias, mas com taxas de mercado acima da inflação e Selic, o que foi totalmente absorvida pela indústria.

Hoje os produtores rurais e a indústria entendem já compreendem essa lógica de mercado e não esperam mais subsídios em taxas para investimento. Talvez hoje a grande necessidade da indústria e de quem investe no Agronegócio é ter regras mais claras e de longo prazo. Nosso caminho como nação em termos de políticas públicas deveria ser conduzido para o que há nos Estados Unidos, o *Farm Bill* que se trata de uma política de 5 anos, com regras mais claras do que as nossas para quem produz, investe e consome.

### **3.5 A irrigação no centro da discussão das políticas públicas agrícolas**

A terceira e última fase na análise das políticas públicas e seu efeito na indústria de Irrigação vem junto com a ampliação do crédito rural para investimentos em bens de capital. Trata-se de uma conscientização dos atores políticos da importância da irrigação no crescimento e segurança da produção nacionais, assim como, na preservação do meio ambiente. De 2000 para cá como mencionado anteriormente, a produção de normas reguladoras das políticas públicas agrícolas nacionais e regionais, visam ser mais racionais na sustentação do meio ambiente pensando no longo prazo, o que de forma indireta e direta beneficiam a irrigação.

Obviamente, o caminho da irrigação no que tange a políticas públicas é um pouco mais complexo e árduo, pois ainda existe muita confusão sobre a irrigação na população urbana e, toda vez que uma região no Brasil atravessa uma seca, por exemplo, normalmente a desinformação atribui esta responsabilidade à Agricultura. Nesse viés, ainda teremos que buscar melhorias, mas houve progressos importantes principalmente regionais, que já trabalham o tema das outorgas ambientais de forma diferenciada. Contudo, essa é a área que a indústria e irrigantes carecem de mais apoio das autoridades públicas no desenvolvimento de políticas para irrigação.

A Lei 12.651/12 instituiu o Novo Código Florestal brasileiro que nasceu sob a luz de modernizar a legislação brasileira e as políticas públicas para o Agronegócio, regulando diversos pontos sobre as águas superficiais e suas adjacências. Na sequência do novo regramento, foram lançados planos acessórios como o da Agricultura de Baixo Carbono (ABC), cujo caráter ambiental e de preservação se encaixa em vários pontos dentro de um projeto de irrigação. No entanto, em termos de políticas públicas, o grande destaque foi a promulgação da Política Nacional de irrigação em 2013. A Lei 12.787/13 substituiu a antiga política pública de irrigação de 1979.

Essa nova política, que hoje já não é mais tão nova assim, foi lançada com alguns pontos importantes e foi muito celebrada quando do seu lançamento em 2013. Havia uma expectativa, naquele momento de euforia da agricultura, que a nova política poderia ajudar a dobrar a área irrigada em 6 anos. Pois bem, já se passaram os seis anos e outros mais e a área irrigada não dobrou de lá para cá, porém, não podemos responsabilizar o novo plano nacional (Figura 1). Durante esse período segundo a indústria, a área cresceu cerca de 25%.

Muitos pontos da política ainda não saíram do papel, o que certamente facilitaria a vida do irrigante e da indústria. Um Conselho Nacional de Irrigação realmente atuante e um Sistema Nacional de Irrigação que permitisse um entendimento melhor das águas disponíveis para uso na irrigação tornariam o processo de outorgas mais rápido e sem a influência política que permeia diversas instituições no Brasil. Hoje o tema Irrigação em nível federal está inserido dentro do Ministério do Desenvolvimento Regional e não no Ministério da Agricultura. Existe um Conselho Nacional de Segurança Hídrica, porém não de Irrigação.

Fica a reflexão de que mais importante do que essas políticas acima, seja a forma como a Irrigação tem sido valorizado dentro dos órgãos federais. Isso é nítido no discurso de cada Ministro da Agricultura desse século que reforçam a importância da irrigação e desmistificam muitos mitos urbanos sobre a agricultura irrigada. Ainda temos um caminho pela frente, mas de fato a irrigação crescerá, a indústria estará preparada e as políticas públicas virão auxiliar esse crescimento.

### **3.6 A indústria de irrigação nos próximos 20 anos**

Não sou adepto de exercícios de futurologia, mas há alguns estudos muito sólidos que falam do potencial da agricultura irrigada brasileira. Conheço dois estudos, ambos falam de uma expansão considerável e grande que anima qualquer um na indústria. Porém apesar do entusiasmo natural eu sou conservador e, digamos que nos próximos 20 anos, a área será dobrada, ou seja, passará de 6milhoes para 12 milhões de hectares irrigados. Posso garantir que já estamos diante de um grande desafio, cujo apoio das autoridades no desenvolvimento de políticas públicas será fundamental.

Sejamos conservadores em nossa análise. Pois bem, esses 12 milhões em vinte anos representam uma média de 300 mil hectares irrigados por ano, nossa indústria já implementou 270 mil hectares de projetos de irrigação em 2013 e esse ainda é o recorde a ser batido. O Brasil nunca atingiu esse patamar. Como disse anteriormente, a indústria tem feito investimentos na capacidade produtiva instalada, mas serão necessários mais investimentos e com isso o aprimoramento de políticas públicas em áreas específicas.

Para dobrar novamente em 20 anos, temos que pensar em como criar uma lógica racional e nacional no processo ambiental de liberação de outorgas. Sabemos que dependendo do trajeto do rio, são necessárias tanto Outorgas Federais e Estaduais e a falta de uma uniformidade na esfera estadual torna o processo de outorgas em algumas regiões do Brasil penoso, fazendo com que os futuros irrigantes desistam do processo.

Há regiões que simplesmente as secretarias estaduais não se manifestam em 365 dias, tendo que os produtores rurais via mandado de segurança pedirem para manifestação do estado transcorrido o ano, para dizer um sim ou não. Na minha visão, essa lentidão se dá por várias razões. Uma delas é técnica ou a falta de preparo, pessoal e inventario de informações atualizadas, que é a realidade de muitas Secretarias Estaduais de Meio Ambiente. Porém outra, que a meu ver é pior e infelizmente ainda existe, onde em muitas regiões, dentro das próprias Secretarias Ambientais há uma ideologia errada sobre o produtor rural e seu papel na sociedade. Nesses lugares, quando um produtor rural quer virar um irrigante e pede uma licença ambiental, o processo é ainda mais lento e difícil.

Uma forma de resolver esses conflitos nos processos de outorgas estaduais, seria através da permanente atualização do inventario hídrico no país, tanto superficial quanto subterrâneo. O exemplo de Nebraska, onde resido há quase 4 anos, é virtuoso onde há um claro inventario híbrido do aquífero que permite utilização racional do uso agrícola. Nesse sentido iniciativas, como a liderada pelo Prof. Everardo Mantovani para mapear o inventario do Urucuia, que poderá trazer uma nova onda de investimentos e desenvolvimento para a região do Oeste Baiano é um excelente exemplo de como o sistema de liberação de outorgas pode ser aprimorado na prática.

Importante destacar, mesmo que na esfera da aspersão, o estado de Nebraska nos EUA tem cerca de 70 mil pivôs centrais instalados, enquanto o Brasil inteiro um pouco mais de 20 mil, isso dá a dimensão do tamanho da oportunidade que temos pela frente, se compararmos esse pequeno estado nos Estados Unidos com o potencial territorial brasileiro.

Outro ponto fundamental importante de ser revisto no plano das políticas públicas brasileiras para a agricultura é realmente uma transformação da mentalidade e cultural de

curto prazo em longo prazo. Isso poderia ser feito na mudança dos Planos Safra anuais para algo mais robusto de longo prazo. Um exemplo a ser referenciado e adotado como melhores práticas seria o *Farm Bill* norte americano. Como mencionado anteriormente essa política desenvolvida para cinco anos, foi feita para resistir intemperes políticos não tendo as eleições como uma variável a ser enfrentada pelo produtor rural, que já enfrenta tantas outras dificuldades e que pode gerar instabilidade para os que investem no setor, incluindo a indústria de irrigação.

### 3.7 Considerações finais

Por fim, observa-se que os últimos 20 anos foram desafiadores, para os que trabalham no Agronegócio, observa-se essas transformações e, como essas políticas afetaram a indústria de maneira geral. A questão agora é quanto deseja-se crescer na área irrigada nos próximos anos. Por exemplo, qual será a área irrigada do Brasil em 2040?

Mesmo seguindo na linha conservadora de crescimento ou de dobrar a área irrigada novamente, a indústria instalada está preparada e continuará investindo fortemente para atender essa demanda. Evidentemente o apoio dos agentes de estado, na criação de políticas públicas capazes de facilitar este crescimento como as referenciadas serão determinantes para que esses resultados sejam alcançados. Serão essas políticas “o fiel fundamental” dessa balança da agricultura sustentável, de se fazer mais, com menos.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação. CSEI. 2021. Disponível em: <http://www.camaras.org.br/site.aspx/Home-CSEI>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação. **Boletim Anual de área irrigada**. Abimaq, CSEI, 2019.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2021. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/moderinfra>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- BATTLES, R.W.; THOMPSON, R. **Fundamentals of agribusiness finance**. Ames: Iowa State University Press, 2001.
- BRASIL. Decreto-Lei 167 de 14 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre títulos de crédito rural e dá outras providências. **DOFC**, p.1841, 14 fev. 1967. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0167.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0167.htm). Acesso em: 15 mar. 2021.
- BRASIL. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, p.1, 25 mai. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 15 mar. 2021.
- BRASIL. Lei 12.787 de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre a política nacional de irrigação. **Diário Oficial da União**, p.4, 11 jan. 2013. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm). Acesso em: 15 mar. 2021.
- BRASIL. Lei 4.829 de 5 de novembro de 1965. Institucionaliza o crédito rural. **DOFC**, p.11465, 5 nov. 1965. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4829.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4829.htm). Acesso em: 15 mar. 2021.
- BRASIL. Lei 6.015 de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, p.13528, 31 dez. 1973. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6015compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6015compilada.htm). Acesso em: 15 mar. 2021.
- BUAINAIN, A.M.; LANNA, R.; NAVARRO, Z. (Ed.). **Agricultural development in Brazil: the rise of a global agro-food power**. New York: Routledge, 2019.

LEITE, S. (Org.). **Políticas públicas e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001.

MARINI, J.A. **Políticas públicas**: para a agricultura familiar amazônica e amapaense. Eletrônico E-book. 2015.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO RURAL. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/mais-água-mais-renda>. Acesso em: 15 mar. 2021.

VALENTE, P. **Financiamento de longo prazo**: um roteiro prático para BNDES, IFC, Finep e outras instituições. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

## CAPÍTULO 4

### 4 CERTIFICAÇÃO NA AGRICULTURA IRRIGADA COMO INCENTIVO AO USO RACIONAL E EFICIENTE DA ÁGUA

*Maria Emília Borges Alves e Vagney Aparecido Augusto*

#### Resumo

Processos de certificação são um tema atual, recorrente e uma tendência global na maioria os países e setores produtivos, incluindo a agricultura. Visa, essencialmente, avaliar o cumprimento de requisitos técnicos, ou boas práticas minimamente aceitáveis. A água é um insumo crítico para a produção de alimentos e tem alta relevância na garantia de segurança alimentar mundial. O uso racional e responsável deste insumo para agricultura, principalmente, para agricultura irrigada vem sendo questionado pela sociedade. A agricultura irrigada crescente no Brasil, necessita de grandes volumes de água e tem grandes potenciais de desenvolvimento econômico, fatos que reforçam a necessidade do uso racional e eficiente da água no setor. No Brasil, a certificação para agricultura irrigada está prevista em lei federal, mas aguarda regulamentação e outras definições. Neste capítulo, se faz uma revisão geral (nacional e internacional) sobre o tema e traz informações técnicas relevantes para o entendimento dos problemas envolvidos e prováveis direções da certificação na agricultura irrigada. Seguindo a presunção de ser um instrumento de incentivo do uso racional e eficiente da água.

#### 4.1 Introdução

A água é um insumo fundamental para a produção de alimentos e tem alta relevância na garantia de segurança alimentar mundial. A agricultura irrigada representa 20% do total de terras cultivadas e contribui com 40% do total de alimentos produzidos no mundo (BANCO MUNDIAL, 2020). Em nível global, devido ao crescimento populacional esperado, urbanização e mudanças climáticas, espera-se um aumento dos conflitos pelo uso da água, com impacto direto na agricultura e produção de alimentos. O aumento da população, com consequente aumento de consumo, combinado ao crescimento da renda da população mundial, estima-se que a produção agrícola precisará se expandir em aproximadamente 70% até 2050 (BANCO MUNDIAL, 2020).

Grandes mudanças na agricultura são esperadas em todos os países e precisarão ser acompanhadas por melhorias da eficiência no uso da água. Maximizar a eficiência do uso da água na agricultura, especialmente na agricultura irrigada, é essencial e dependerá, principalmente, da combinação de iniciativas (fora das fazendas) com incentivos apropriados que favoreçam investimentos nas fazendas objetivando aprimorar a gestão da água e solo.

Buscar soluções para problemas atuais e futuros exige uma reconsideração de como a água é gerida dentro setor agrícola e fora, no contexto geral da gestão dos recursos hídricos. Neste sentido, se insere o processo de certificação na agricultura irrigada como um instrumento de gestão para incentivar boas práticas de manejo. É importante que este instrumento que seja atrativo e possibilite melhorias no uso eficiente da água no campo, agregando valor à produção e reduzindo custos.

No geral, a implementação de instrumentos de gestão dos recursos hídricos é limitada por políticas públicas. Instituições públicas e privadas do setor (incluindo ministérios,

secretarias, agências, comitês de bacias, organizações de agricultores e outros usuários da água) dependem de um ambiente político e legal propício e das capacidades técnicas necessárias para desempenhar suas funções com eficácia. Os instrumentos de gestão devem ser amparados por leis e regulamentações específicas que visam garantir suas aplicações.

No Brasil, o amparo legal no âmbito federal sobre a utilização racional dos recursos hídricos é tratado na Lei das Águas (Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997), Art. 2, § II (BRASIL, 1997), e na Lei da Irrigação (Lei 12.787, de 11 de janeiro de 2013) no Art. 19. A Lei da Irrigação também definiu no Art. 5, § VIII, a certificação dos projetos de irrigação como instrumento da Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013). Dispondo sobre esse instrumento no Art. 19 com o seguinte texto:

Art. 19. Os projetos públicos e privados de irrigação e as unidades parcelares de Projetos Públicos de Irrigação poderão obter certificação quanto ao uso racional dos recursos hídricos disponíveis, incluindo os aspectos quantitativos e qualitativos associados à água e à tecnologia de irrigação. § 1º O Poder Executivo federal definirá o órgão público responsável pela certificação e disporá sobre normas, procedimentos e requisitos a serem observados na certificação e no credenciamento de entidades e profissionais certificadores, além da forma e periodicidade mínima de monitoramento e fiscalização dos projetos de irrigação. § 2º As unidades parcelares e projetos de irrigação certificados poderão obter benefícios, nos termos da lei.

Observa-se que nas leis vigentes, já citadas, não é utilizado o termo “uso eficiente” para os usos dos recursos hídricos e sim “uso racional”, termos que se confundem e se distinguem conceitualmente. Entretanto, aqui, assim como na interpretação da legislação referida, deve-se entender o termo “uso racional dos recursos hídricos” com ampla abrangência, seguindo o princípio do uso apropriado e proporcional às necessidades, otimizando, evitando perdas e desperdícios, garantindo a proteção e a sustentabilidade desses recursos, e sua existência para futuras gerações. O “uso racional” na prática é um termo mais amplo e envolve o “uso eficiente” como premissa. O “uso eficiente” está diretamente ligado à racionalidade e à produtividade. Refere-se ao ato de produzir corretamente, utilizando os recursos disponíveis da melhor forma possível e sem gastos excessivos. Dessa forma, é possível diminuir os custos, o tempo, as perdas e os desperdícios.

Quanto ao amparo legal, no Brasil, o uso racional e eficiente da água na agricultura irrigada já está previsto em leis federais e tem abrangência nacional. Entretanto, o processo de certificação para projetos de irrigação, seus procedimentos e requisitos estão pendentes de regulamentação, falta também a definição do órgão público responsável pela certificação. Com isso, também ficam pendentes o credenciamento de instituições certificadoras e profissionais certificados, atores fundamentais ao processo.

Neste contexto, este capítulo traz uma abordagem sobre o tema certificação para agricultura irrigada, abrangendo as particularidades do uso eficiente da água no campo, citando aspectos técnicos operacionais, variabilidades e dificuldades inerentes ao setor, modelos de certificação e suas particularidades, pontos e diretrizes orientativas em processos de certificação. Este capítulo visa ainda elucidar o ‘status’ atual deste tema na esfera nacional, no âmbito de política pública e reacender a discussão para os interessados e beneficiários do setor.

## **4.2 Uso eficiente da água na agricultura irrigada**

A eficiência do uso da água na agricultura irrigada é tema recorrente em diversos fóruns, sempre em busca do uso responsável dos recursos hídricos e da boa prática da

irrigação tecnificada. Na maioria desses debates, impera a necessidade de se criar mecanismos que venham a incentivar a adoção de técnicas e manejos que maximizem esta eficiência.

Atualmente, não é mais cabível falar em aumento de produção dissociado de termos como sustentabilidade, preservação e conservação de recursos naturais, eficiência na produção e otimização do uso da terra. Nesta esteira, a irrigação, tecnologia milenar, diga-se de passagem, surgiu com intuito de viabilizar a produção agrícola em regiões onde o suprimento de água pelas chuvas não é suficiente e, vem evoluindo, no sentido de otimizar a produção.

Entre o viabilizar e o otimizar a produção há muita ciência associada, que transformou a prática da irrigação antiga da simples aplicação de água às culturas em tecnologia de ponta. Atualmente, com as novas tecnologias, se almeja alcançar novos objetivos como a garantia de produção, aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos, uso controlado de insumos e outros ganhos. Bernardo *et al.* (2019), definem que a finalidade básica da irrigação é proporcionar água às culturas, de maneira a atender às exigências hídricas durante todo o seu cultivo, possibilitando altas produtividades e produtos de boa qualidade. Devendo a irrigação estar associada a outras práticas culturais para poder gerar os resultados esperados da agricultura irrigada, como variedades produtivas, adubações e tratos culturais apropriados.

A despeito dos benefícios gerados pela irrigação, há sérios problemas quanto aos impactos ambientais associados, mais especificamente, relacionado ao uso de água em excesso (BERNARDO *et al.*, 2019). A irrigação ineficiente e inadequada resulta em desperdício de água e energia, o que representa perda de recursos finitos que estão cada dia mais escassos (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Desta forma, Rodrigues *et al.* (2017) afirmam que o desafio da agricultura irrigada é a promoção do irrigar com qualidade. Isto quer dizer que deve ser buscado continuamente uma elevada eficiência e produtividade de uso das águas. A agricultura irrigada deve ser capaz de utilizar os recursos de forma eficiente, com mínimas perdas e deterioração da qualidade da água, isto é, sendo eficaz e de máxima produtividade.

**Tabela 1. Indicadores de eficiência de uso de água para sistemas de irrigação.**

<b>Método</b>	<b>Sistema de Irrigação</b>	<b>Eficiência de Referência (%)</b>
Superfície	Sulcos abertos	65
	Sulcos fechados ou interligados em bacias	75
	Inundação	60
Subterrâneo	Gotejamento subterrâneo ou enterrado	95
	Subirrigação ou elevação do lençol freático	60
Aspersão	Convencional com linhas laterais ou malha	80
	Mangueiras perfuradas	85
	Canhão autopropelido/Carretel enrolador	80
	Pivô central (fixo ou rebocável)	85
	Linear	90
Localizado	Gotejamento	95
	Microaspersão	90

Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019).

As métricas de eficiência do uso da água pela agricultura irrigada podem variar sob vários aspectos, tais como, entre sistemas e métodos de irrigação adotados (Tabela 1), entre regiões, em função do porte do estabelecimento e, por sua vez, do nível de investimento do empreendimento ou do tipo de cultura irrigada.

As variações inter-regionais muitas vezes se dão em função da maior ou menor disponibilidade de água da respectiva região. Em regiões com maior disponibilidade de água, há uma tendência à prática da agricultura irrigada com menor eficiência, influenciada pela chamada 'cultura da abundância' que traz a sensação de que não há necessidade de racionalizar ou, no mínimo, ser prudente com o uso da água. Em contrapartida, há regiões em que há conflitos e disputas pelo uso da água, seja pela escassez imposta pelas condições naturais e baixa pluviosidade ou pela demanda elevada e competição entre os múltiplos usuários, o que torna a busca por eficiência uma necessidade.

O aumento da eficiência não passa somente pela adoção de sistemas de irrigação mais eficientes, mas também, e principalmente, pela adoção de práticas de manejo que proporcionem o uso da água mais eficiente. Howell (2006), comenta que normalmente o manejo da irrigação é tão ou mais importante que a substituição de uma tecnologia por outra.

Nesta análise, o entendimento é que, ainda que existam tecnologias e equipamentos modernos, é fundamental que se tenha conhecimento sobre o tema e um grau de envolvimento dos irrigantes, gestores e técnicos sobre a importância e benefícios do incremento da eficiência do uso da água na agricultura irrigada. Que esta conscientização se dê pelos diversos motivos possíveis, seja pela importância da preservação e conservação dos recursos hídricos, seja pela economia gerada ao irrigante, ou mesmo para atender requisitos de mercado e comercialização de produtos, especialmente por parte dos mercados internacionais.

O fato é que, diante de tantas possibilidades e motivações, a adoção de boas práticas para uso eficiente da água não é amplamente adotada e este, ainda, é um tema para o qual se busca mecanismos que venham promover e incentivar sua adoção.

### **4.3 Incentivos ao uso eficiente da água na agricultura irrigada**

Os instrumentos de incentivo ao uso racional da água são oferecidos, em geral, por meio de políticas públicas e mecanismos de controle impostos pelos órgãos gestores dos recursos hídricos. No Brasil, do ponto de vista do uso racional da água, exigências legais e instrumentos de gestão, como a outorga de direito de uso de recursos hídricos, fomentam a sustentabilidade da atividade, o aumento da eficiência e a consequente redução do desperdício (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017).

Outras formas de incentivo vêm por meio de isenções fiscais ou de linhas de crédito específicas para a compra de equipamentos e reconversão para sistemas de irrigação mais eficientes, para aquisição de equipamentos de monitoramento climatológico. Exemplos dessas políticas vigentes estão o Programa de Incentivo à Irrigação e à Produção em Ambiente Protegido (Moderinfra), inserido no Plano Agrícola e Pecuário 2020/2021 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020), e o REIDI do Ministério de Desenvolvimento Regional (2020a).

Cabe dizer que as políticas citadas fomentam a agricultura irrigada, mas não trazem os aspectos do uso racional e eficiente da água como requisitos. Outras linhas genéricas de créditos existentes são os Fundos de Desenvolvimento Regional, da Amazônia (FDA), do Nordeste (FDNE) e do Centro-Oeste (FDCO) (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020b).

Diante da ausência de instrumentos de incentivo específicos, por vezes, já foi proposta a criação de programas destinados aos irrigantes que adotem práticas de manejo que preconizem a economia de água e energia. Seriam formas de reconhecer e 'premiar' usuários que voluntariamente praticassem sistemas produtivos responsáveis quanto ao uso da água. O 'prêmio' poderia ser isenção ou redução de um determinado imposto, ou descontos em pagamento pelo uso da água, ou aumento do prazo de vigência de outorgas, ou até redução de taxas de juros na aquisição dos novos créditos, entre outras possibilidades.

Tais possibilidades vêm de encontro com as colocações de Bernardo *et al.* (2019) que comentam que um dos principais parâmetros de controle do impacto ambiental advindo da irrigação será, sem dúvida, uma política intensiva de melhoria do manejo da irrigação. Política esta que exigirá mais estudos, pesquisas e ações extensionistas sobre manejo da irrigação, passíveis tanto de premiação quanto de fiscalização. Nesta linha, Faggion *et al.* (2009) afirmam que, no Brasil, mesmo considerando a legislação existente, urge a iniciativa de realização de um trabalho com os diversos atores envolvidos, voltado ao uso eficiente da água para a produção agropecuária sustentável. Além disso, a produção sustentável é uma tendência global, onde a cada dia cresce o número de consumidores preocupados e exigentes quanto a racionalidade no uso dos recursos naturais e a qualidade dos alimentos. Isso está gerando barreiras e novas exigências nos mercados internacionais, levando a um reposicionamento mais sustentável dos setores produtivos.

Associada a ideia de premiação, como uma forma de estabelecer critérios para que ela ocorra, surge a proposição de se criar algo como um 'selo de qualidade' que certifique os irrigantes quanto ao nível de comprometimento na adoção de práticas para o aumento da eficiência, a exemplo de outros setores da economia em que certificações são mecanismos recorrentes para se garantir qualidade e eficiência de equipamentos e processos.

No próprio setor agropecuário, a certificação é muito praticada, especialmente para o atendimento ao mercado externo que valoriza e exige não apenas a qualidade dos produtos, mas condições dignas de trabalho e saúde dos trabalhadores nas propriedades rurais e agroindústrias, e respeito às leis ambientais vigentes. No entanto, dentre as inúmeras certificações existentes no Brasil, não se tem notícia de que alguma delas trate especificamente a questão da eficiência do uso da água na agricultura irrigada.

#### **4.4 Certificação: conceito geral**

A certificação é um mecanismo para verificar a conformidade de um produto, processo, serviço ou pessoas em relação aos critérios estabelecidos por normas, regulamentos técnicos ou competências. No Brasil, o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade é coordenado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) que utiliza de três mecanismos de verificação de conformidade: a certificação, a declaração da conformidade do fornecedor e a inspeção.

A certificação evidentemente é o mecanismo de verificação mais complexo dentre os citados. A certificação de produtos, processos, serviços, sistemas de gestão e pessoal é, por definição, realizada por terceira parte, isto é, por uma organização certificadora independente, acreditada pelo INMETRO, para executar a avaliação da conformidade de um ou mais destes objetos.

Ao acreditar um organismo de certificação, o INMETRO o reconhece competente para avaliar um objeto, com base em regras preestabelecidas. Acreditação é um processo de reconhecimento formal da competência dos Organismos de Avaliação da Conformidade exercidos exclusivamente por entidades reconhecidas nacionalmente e internacionalmente. No

Brasil, a única instituição habilitada para fazer a acreditação é o INMETRO (INTERNATIONAL ACCREDITATION FORUM, 2020).

De acordo com INMETRO, a certificação de conformidade induz à busca contínua da melhoria da qualidade. As empresas que se engajam neste movimento, orientam-se para assegurar a qualidade dos seus produtos, processos e serviços, beneficiando-se com a melhoria da produtividade e aumento da competitividade. A certificação é um indicador para os consumidores de que o produto, processo ou serviço atende a padrões mínimos de qualidade. Em relação às trocas comerciais, no âmbito dos blocos econômicos, é particularmente importante a certificação de conformidade. É cada vez mais usual o caráter compulsório da certificação para a comercialização de produtos que se relacionam com a saúde, a segurança e o meio ambiente. A livre circulação de bens e serviços só se viabiliza integralmente se os países envolvidos mantiverem sistemas de certificação compatíveis e mutuamente reconhecidos (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2020b). Assim, dentro do Sistema Brasileiro de Certificação (SBC) existem cinco diferentes tipos de certificação: (i) Acreditação: é o reconhecimento formal, concedido por um organismo autorizado, de que uma entidade tem competência técnica para realizar serviços específicos. O organismo de Acreditação do SBC é o INMETRO, cabendo às entidades por ele credenciadas a condução das atividades de certificação de conformidade e de treinamento de pessoas, (ii) Certificação de Conformidade: documento emitido pelo organismo de certificação, credenciado pela Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO, de acordo com as regras de um sistema de certificação e que atesta a qualidade de um sistema, processo, produto ou serviço. O documento é emitido com base em normas elaboradas por entidades reconhecidas no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro) ou com base em regulamentos técnicos emitidos por órgãos regulamentadores oficiais. A certificação de conformidade é um documento de espectro abrangente que pode certificar qualquer material, componente, equipamento, interface, protocolo, procedimento, função, método e atividade de organismos ou pessoas. As entidades ou empresas interessadas na certificação, no âmbito do SBC, devem procurar a orientação de um organismo de certificação credenciado pela Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO, (iii) Certificação Compulsória: a certificação compulsória é um serviço prestado pelo SBC aos órgãos regulamentadores oficiais. Deve ser executada com base no regulamento técnico indicado no documento que a criou e complementada por regra específica de certificação. Neste caso devem ser tomados como referência os modelos identificados pela Organização Internacional para Padronização (ISO/CASCO). A ISO/CASCO no Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A certificação compulsória dá prioridade às questões de segurança, de interesse do país e do cidadão, abrangendo as questões relativas aos animais, vegetais, proteção da saúde, do meio ambiente e temas correlatos, (iv) Certificação Voluntária: a certificação voluntária é decisão exclusiva do solicitante e tem como objetivo garantir a conformidade de processos, produtos e serviços às normas elaboradas por entidades reconhecidas no âmbito do Sinmetro. Portanto, a certificação voluntária deve ser executada com base nas normas brasileiras, regionais ou internacionais, dentro do conceito de níveis de normalização. Em situações específicas, normas estrangeiras e de consórcios podem também ser utilizadas, e (v) Avaliação do Fornecedor: as empresas e associações de classe que desejarem ter seus fornecedores certificados, incluindo requisitos adicionais próprios, devem utilizar os diversos organismos credenciados no âmbito do Sinmetro e utilizar metodologias, critérios e procedimentos compatíveis com aqueles estabelecidos no âmbito do SBC.

Para certificação de conformidade, o INMETRO desenvolveu vários modelos que são aplicáveis para diferentes níveis de verificação e fins. Dependendo do produto, do processo produtivo, das características da matéria prima, de aspectos econômicos e do nível de confiança necessário, entre outros fatores, determina-se o modelo de certificação a ser utilizado. Os modelos mais utilizados refletem o nível de verificação de mais simples para mais

abrangentes. Também se aplica essa certificação aos processos de sistema de gestão das empresas em relação a requisitos normativos. Neste caso, os sistemas clássicos são os de gestão da qualidade, certificados com base em critérios estabelecidos pelas normas ABNT (NBR/ISO). Por fim, existe ainda a certificação de pessoal que avalia as habilidades, os conhecimentos e as competências de algumas ocupações profissionais e pode incluir, entre outras, as seguintes exigências: (i) Formação: a exigência de certo grau de escolaridade visa assegurar um adequado nível de capacitação, (ii) Treinamentos: considera a carga horária e de programas de treinamento, estágios, participação em eventos como congressos etc., aos quais o profissional tenha sido submetido, (iii) Experiência Profissional: a experiência prática em setor específico permite maior compreensão dos processos envolvidos e identificação rápida das oportunidades de melhorias, e (iv) Habilidades e Conhecimentos Teóricos e Práticos: a capacidade de execução é essencial para atuar e desenvolver-se na atividade.

Os programas de certificação de pessoal normalmente estabelecem pré-requisitos aos profissionais candidatos à certificação, em termos de exigência de formação e experiência profissional mínima, podendo ser complementadas por exames teóricos ou práticos. Normalmente, exige-se do candidato com pouca formação maior experiência profissional e vice-versa. Os exames práticos são normalmente efetuados para avaliação das habilidades do profissional candidato.

#### 4.5 Certificação para agricultura irrigada

Como funcionaria a certificação visando a maximização de eficiência do uso da água pela agricultura irrigada? Seria este um instrumento efetivo neste sentido? Não há uma resposta direta e imediata para estas perguntas. Programas de certificação podem ser complexos e em se tratando de agricultura irrigada ainda há um bom número de variáveis técnicas que dificultam uma estruturação que seja viável.

Provavelmente, a principal variável a ser considerada no momento de estabelecer parâmetros para criação de mecanismos de incentivo é a escala. A eficiência do uso da água na agricultura irrigada a ser considerada pode ser do sistema de irrigação, do empreendimento, da fazenda, da bacia hidrográfica, e outras escalas, que podem dificultar a definição de parâmetros para os mecanismos de incentivo.

De acordo com Faggion *et al.* (2009), existem diversas alternativas ou técnicas de uso que possibilitam o alcance da sustentabilidade na disponibilidade de água para produção de alimentos. Tais medidas, em relação à propriedade agrícola, podem ser agrupadas em nível interno à propriedade (*on farm*), ou escala local e em nível externo à propriedade (*off-farm*). Os mesmos autores afirmam que situações ou problemas específicos ou particulares em nível local, regional ou nacional podem exigir soluções próprias. Reforçando a importância das peculiaridades locais, existem medidas de uso racional da água associadas a parcela agrícola para a preservação dos recursos hídricos disponíveis, como: a utilização de equipamentos projetados adequadamente; a oportunidade de oferta de água aos cultivos; o manejo adequado da água utilizada; e a utilização de procedimentos agrícolas que tornem todo o sistema produtivo técnica, econômica, ambiental e socialmente sustentável, como, por exemplo, medidas de conservação de solo e água, plantio direto, manejo apropriado, entre outros. Em nível nacional, regional e local, também há que considerar as peculiaridades culturais e sociais que contribuem para a legislação existente nesses níveis.

Esta última afirmação leva a destacar outra variável importante: as dimensões continentais do Brasil e, por sua vez, as variabilidades regionais. Critérios e parâmetros estabelecidos para a região sudeste não podem ser exatamente os mesmos estabelecidos para

a região norte. E, ainda, dentro de cada região, há que se observar as particularidades das bacias hidrográficas quanto a disponibilidade de água e criticidade.

Diante das inúmeras variáveis colocadas, com o intuito de obter subsídios e sugerir critérios para a criação de programa de certificação voltados para a agricultura irrigada, são apresentadas, a seguir, algumas referências de experiências nacionais e internacionais, modelos de certificação seguidos em diversas cadeias do setor agropecuário e, por fim, uma série de diretrizes que podem nortear as iniciativas que venham a incentivar o uso racional e eficiente da água na agricultura irrigada.

#### **4.6 Iniciativas nacionais de certificação para agricultura irrigada**

No Brasil, no âmbito federal, até a promulgação da Lei da Irrigação, em 2013, praticamente não existiram iniciativas governamentais ou políticas públicas que visem especificamente certificação para o setor da agricultura irrigada com fins de uso racional e eficiente da água.

Há relatos de um projeto da Agência Nacional de Águas (ANA) para formulação de um Programa para Certificação de Sustentabilidade do Uso da Água na Agricultura Irrigada que, em meados de 2001, foi conduzido, via Convênio com extinto Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade (IBQP). O projeto da ANA, junto ao IBQP, pretendia desenvolver um modelo de certificação para incentivar o uso racional da água desde sua captação até a aplicação nas culturas, e assim, atestar os agricultores que utilizavam boas práticas de irrigação. O processo de certificação priorizaria ações de gestão compartilhada dos recursos hídricos entre o setor público e os agricultores. Além disso, considerava aspectos de melhorias para os projetos de irrigação como: a definição de métodos de irrigação mais eficientes, capacitação dos usuários, definição de indicadores de eficiência, e autoavaliação dos usuários etc. O projeto teve uma experiência piloto na bacia do Rio Preto, afluente do Rio São Francisco, no Distrito Federal. No processo de mobilização da comunidade foram realizadas sete oficinas para envolver os agricultores na construção de um modelo de certificação. Os agricultores receberam instruções técnicas sobre os melhores métodos de irrigação e um panorama geral sobre agricultura irrigada no Brasil. Ao final dos trabalhos, 99% dos agricultores concluíram que existia desperdício de água na irrigação, e 97% afirmaram acreditar que a gestão da água poderia aumentar sua disponibilidade na bacia. Apesar dos resultados iniciais serem positivos, o projeto na bacia não prosperou e o programa previsto não foi implementado.

No final de 2013, após a promulgação da Lei da Irrigação (Lei 12.787, de 11 de janeiro de 2013), o Ministério da Integração Nacional (MI junto com o Ministério das Cidades passaram a integrar numa única pasta, o então denominado Ministério do Desenvolvimento Regional-MDR, conforme Decreto Presidencial 9.666 de 02/01/2019) por meio da extinta Secretaria Nacional de Irrigação (SENIR), apresentou a primeira idealização formal de um processo de certificação para o setor de irrigação, então denominada "Certificação da Agricultura Irrigada – Selo Azul da Irrigação". A proposta foi apresentada em forma de minuta de Decreto, e visava a regulamentação do Art. 19 da Lei 12.787/2013 que trata da certificação de projetos de irrigação.

Conforme a proposta, seria competência do próprio MI, em articulação com outros órgãos públicos no que couber, a responsabilidade pela certificação dos projetos de irrigação. O MI poderia dispor sobre normas, procedimentos e requisitos a serem observados na certificação e no credenciamento de entidades e profissionais certificadores, além da forma e periodicidade mínima de monitoramento e fiscalização dos projetos de irrigação. A certificação funcionaria a partir de um sistema nacional de banco de dados informatizado *online*, onde seria executado todo o cadastro de informações necessárias de forma auto declaratória pelo irrigante. A certificação seria em níveis de conformidades, onde o irrigante poderia estar 'conforme' ou 'não conforme' aos requisitos. O desenvolvimento desse Sistema Nacional de

Informações sobre Irrigação também está previsto na Lei da Irrigação no Art. 5, § II (Lei 12.787, de 11 de janeiro de 2013) como segundo instrumento da Política Nacional da Irrigação.

A certificação com o Selo Azul da Irrigação traria como benefícios aos irrigantes os seguintes pontos: menores taxas de juros e maiores prazos para financiamentos, prioridade de acesso aos créditos, redução do valor do seguro rural, maiores prazos das outorgas de recursos hídricos, e maiores períodos de uso de energia sob taxas reduzidas. O objetivo central desta certificação era obter dados para rastreabilidade das unidades irrigantes em nível nacional, como por exemplo um melhor dimensionamento dos usos dos recursos hídricos pelo setor, e assim, favorecer estudos estratégicos para o planejamento e implementação de políticas de desenvolvimento do setor (como crédito, difusão tecnológica, programas sociais etc.). A ideia do Selo Azul da Irrigação recebeu parecer jurídico favorável em 2014, entretanto ainda não se concretizou.

Em nível estadual, a Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande Sul, seguindo as premissas da Lei Federal da Irrigação (Lei 12.787, de 11 de janeiro de 2013) instituiu a Política Estadual de Irrigação (Lei Estadual 14.328, de 23 de outubro de 2013). Seu conteúdo segue integralmente as diretrizes da Lei Federal da Irrigação, onde se presume uso sustentável dos recursos hídricos para fins de agricultura irrigada e cria em nível de estado o processo de certificação para projetos de irrigação como instrumentos da política estadual. Apesar da agilidade do estado na tratativa do tema, seu processo de certificação segue os termos da Lei Federal da Irrigação, que, todavia, está pendente de regulamentação. Com isso, o processo de certificação no estado também não evoluiu.

O mesmo fato ocorrido no Rio Grande do Sul ocorreu mais tarde, em 2015, no Estado de Goiás, que instituiu a Política Estadual de Agricultura Irrigada (Lei Estadual 18.995, de 03 de setembro de 2015). Neste caso, o estado optou por não criar o processo de certificação como instrumento da política estadual. Entretanto, definiu que os projetos públicos e privados de irrigação e as unidades parcelares de projetos públicos de irrigação poderão obter certificação nos termos definidos pelo Poder Executivo Federal. Com isso, o processo de certificação estadual em Goiás também aguarda regulamentação federal do tema.

Ainda no âmbito estadual, durante crise hídrica em meados de 2016, no Estado do Espírito Santo, o governo emitiu uma portaria (Portaria Conjunta SEAMA/SEAG 6-R de 07 de junho de 2016) instituindo procedimentos e critérios para o requerimento e a obtenção de Certificado de Sustentabilidade quanto ao uso da água na irrigação. A portaria citada traz consigo, no Art. 1º, que a emissão de certificados de sustentabilidade é facultativa ao produtor rural, e que esse processo é parte inicial dos procedimentos de emissão da outorga do direito de uso da água, disponibilizado mediante assinatura de um termo de compromisso do interessado com o uso racional e eficiente da água, no âmbito da irrigação. No Art. 2º, informa que o Certificado de Sustentabilidade aplicar-se-á a todos os irrigantes que possuam sistema eficiente e racional quanto ao uso da água ou manifestem compromisso em implantá-lo futuramente. Também definido o entendimento legal dos termos eficientes e racional assim como segue:

Art. 2º Parágrafo único. Presume-se eficiente e racional quanto ao uso da água, o sistema de irrigação localizado, assim entendidos os sistemas de micro aspersão e de gotejamento, os quais aplicam a água em alta frequência e baixo volume, sobre ou abaixo da superfície do solo, ao pé da planta.

Em nenhuma etapa desse processo de certificação há indícios técnicos relativos ao uso eficiente da água, ou que tenha objetivos reais quanto aos parâmetros de sustentabilidade, preservação e conservação dos recursos hídricos. Isso fica mais evidente nos demais artigos da portaria, principalmente nos Art. 7 e 8, assim como seguem:

Art. 7º O Certificado de Sustentabilidade poderá ser utilizado, para fins de comprovação de sustentabilidade e regularização do uso eficiente da água para irrigação, em substituição provisória à outorga, em processos de certificação que visem à exportação do produto agrícola, de concessão de crédito rural e em casos de fiscalização de órgãos de públicos. Art. 8º O requerimento e a obtenção do Certificado de Sustentabilidade não desobrigam o requerente a solicitar a outorga do direito de uso da água, ficando esta sob sua responsabilidade. Parágrafo único. A obtenção da outorga do direito de uso da água acarretará na imediata extinção do Certificado de Sustentabilidade.

O processo de certificação no Estado Espírito Santo delega a um técnico parecerista, não necessariamente certificado para tal, a responsabilidade de definir o que é sustentável a partir de uma vistoria. Também não define claramente os parâmetros que embasam a decisão técnica quanto ao uso eficiente da água na agricultura irrigada. O texto integral desta Portaria traz a percepção que seus reais objetivos se referem basicamente a um trâmite legal administrativo. Onde os fins são de regularização provisória de pendências dos usuários irrigantes quanto aos aspectos de outorgas, facilitação de créditos e formalização dos aspectos de produção sustentável para exportação de produtos agrícolas.

Neste contexto, o tema certificação para 6 projetos de irrigação que visam o uso racional e eficiente dos recursos hídricos, no âmbito federal, apesar da previsão legal, continua pendente de regulamentação e implementação. Em nível estadual, o único exemplo se refere ao Estado do Espírito Santo. Assim, conclui-se que no Brasil, o processo de certificação para fins reais de uso racional e eficiente água para agricultura irrigada é inexistente. Cabe ao próprio setor e/ou interessados a busca ou promoção de iniciativas que favoreçam a formalização de processos de certificação para este fim. Afinal, o processo de certificação eventualmente pode trazer redução de custos, ganhos significativos de imagem, e/ou reconhecimento por parte da sociedade quanto ao uso da água para o setor da agricultura irrigada.

#### **4.7 Exemplos internacionais de certificação aplicada à agricultura irrigada**

No contexto internacional, os casos bem-sucedidos de certificação para agricultura irrigada são geralmente aplicados ao âmbito de certificação profissional. Onde associações, ou entidades privadas representativas do setor de irrigação se unem para construir processos de formação profissional mínima, normatização, especificações técnicas e regramentos gerais sobre equipamentos e projetos de irrigação. O objetivo central destas iniciativas é garantir que os profissionais certificados estejam aptos para elaboração, construção, manutenção ou auditoria de projetos de irrigação. Essas associações são responsáveis pelos cursos de formação, materiais didáticos, exames de certificação e todo controle dos profissionais e empresas certificados no mercado local. No geral, as associações exigem assinaturas de contratos para tornar-se membros dela com cobranças de anuidade e assinaturas de termos de responsabilidade técnica baseados em códigos de ética para o setor.

No Canadá, na província de British Columbia, o próprio setor privado por meio da IIABC (IRRIGATION INDUSTRY ASSOCIATION OF BRITISH COLUMBIA, 2010) iniciou seu Programa de Certificação em 1988. O objetivo deste programa é estabelecer padrões e critérios para projeto de irrigação em toda a indústria e promover profissionais que tenham alcançado um nível de competência. O Programa prevê 4 tipos de certificação que se desmembraram em áreas específicas dos projetos (residencial, comercial, agricultura e paisagístico) assim como seguem: Técnico de irrigação; Programador de Irrigação; Projetista de Irrigação; e Empresas Prestadoras de serviços de Irrigação.

A IIABC oferece todos os cursos de formação, treinamentos e certificação. Além disso, faz o controle dos profissionais certificados e empresas habilitadas para atividades de irrigação.

Importante observar que, esses tipos de associações privadas e suas certificações, no geral, estão objetivando excelência técnica dos profissionais e de seus projetos de irrigação. Não necessariamente, tem foco específico ao uso racional e eficiente da água nos projetos de irrigação. Na prática, o uso eficiente da água é uma premissa técnica para excelência dos projetos, mas os programas de certificação não fomentam a conservação ou proteção dos recursos hídricos. Afinal, essa não é sua missão ou motivação central de sua existência.

Nos EUA, o processo de certificação no âmbito federal ocorre de várias maneiras, inclusive sobre a tutela da Agência Federal de Proteção Ambiental (EPA - *Environmental Protection Agency*), que é encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente: ar, água e terra (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2020). EPA criou um programa nacional denominado *WaterSense*, um programa de parceria voluntária, simbolizado por um Selo *WaterSense* para todos os tipos de produtos e serviços que economizam água. Para serem certificados precisam usar 20% menos água, economizar energia e ter um desempenho tão bom ou melhor do que os modelos regulares. A EPA tem parceria com fabricantes, varejistas e distribuidores, construtoras, profissionais de irrigação e serviços públicos. O objetivo central deste programa é transformar o mercado geral de produtos e serviços que usam água, promover uma ética de eficiência hídrica para conservar os recursos hídricos, e reduzir os custos de infraestrutura de água e esgoto (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2020).

No contexto específico da irrigação, o programa *Water Sense* também reconhece outros programas de certificação para profissionais de irrigação que atendem aos critérios já definidos. As especificações abordam programas de certificação em três categorias: (i) Profissional de instalação e manutenção de irrigação: aplica-se a programas que certificam profissionais de irrigação que instalam novos sistemas de irrigação e/ou reparam e mantêm sistemas de irrigação existentes, (ii) Projetista de irrigação: aplica-se a programas que certificam profissionais de irrigação que desenvolvem o projeto de novos sistemas de irrigação e/ou modificações em sistemas de irrigação existentes, e (iii) Auditor de irrigação: aplica-se a programas que certificam profissionais de irrigação que avaliam o funcionamento adequado dos sistemas de irrigação existentes, realizam auditorias de água e recomendam calendários de irrigação.

Ainda nos EUA, no Estado do Texas, existe um processo de certificação denominado sistema de licenciamento para atuação profissional de irrigação (TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY, 2020). Uma pessoa não pode vender, projetar, instalar, manter, alterar, consertar, fazer manutenção ou inspecionar um sistema de irrigação, ou fazer consultoria dessas atividades, neste estado, a menos que a pessoa seja licenciada pela Agência Ambiental Estadual TCEQ (TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY, 2020). No Estado do Texas, essas licenças se aplicam aos profissionais e empresas, têm prazos de validade, e exigem cursos e exames para serem licenciados. Esse sistema tem amparo legal e funciona similar ao processo de obtenção de CNH (Carteira Nacional de Habilitação) no Brasil. Já no Estado da Virgínia, EUA, existem processos de certificações profissionais de irrigação similares aos do Canadá, onde associações privadas de irrigação assumem o papel de agentes certificadores. No caso da Virgínia, a *Irrigation Association* (2020) tem um programa de certificação para profissional de irrigação em cinco tipos: Técnico de irrigação; Projetista de Irrigação; Especialista em irrigação; Auditores de irrigação; Empresas Prestadoras de serviços de Irrigação.

Na Alemanha, existe a Global G.A.P/Spring que oferece certificação comercial internacional, atuam em nível de fazenda e visam especificamente certificar os seguintes pontos: conformidade legal de fontes de água e taxas de extração; monitoramento do consumo de água; impacto dos produtores na gestão sustentável de bacias hidrográficas;

melhores práticas em gestão de água; proteção de fontes de água; e medidas para demonstrar a melhoria contínua da gestão da água. O foco desta certificação Global G.A.P/Spring é o uso genérico da água na fazenda, não tem parâmetros específicos para agricultura irrigada. Eles também oferecem outras certificações com foco nas práticas produtivas das fazendas.

Nos EUA, no Canadá, na Austrália (*Irrigation Australia*), ou na Europa (*European Irrigation Association*), as associações privadas exercem um papel importante na qualificação e certificação profissional de irrigação. Entretanto, essas associações estão focadas na excelência técnica dos profissionais e seus projetos, e não trazem o uso racional e eficiente da água na agricultura irrigada como objetivos diretos. Já no caso da EPA, em âmbito federal, o programa voluntário *Water Sense* tem seus objetivos centrados na preservação e conservação de recursos hídricos.

Um exemplo interessante de certificação na América latina é praticado pela Autoridade Nacional de Águas do Peru (ANA/PE). Em 2015, a ANA/PE formalizou o Certificado Azul, que visa promover o uso sustentável dos recursos hídricos nos seus diferentes usos, dando às empresas a oportunidade de valorizar a responsabilidade hídrica nas suas atividades e processos, através da medição da 'Pegada Hídrica', um indicador que ajuda a identificar quanta água é utilizada na produção de um bem ou serviço. Qualquer empresa que cumprir as obrigações legais quanto ao uso da água pode se cadastrar para este reconhecimento. O registro é gratuito e voluntário. Para participar, os usuários devem seguir os seguintes passos: (i) Medição da pegada hídrica, usando as metodologias ISO 14046 ou equivalente ABNT NBR ISO 14046:2017, (ii) Cumprir o compromisso de execução de Projeto de Redução da Pegada Hídrica, e (iii) Cumprir o compromisso voluntário e irrevogável de implementar ações de melhorias na gestão dos recursos hídricos em uma bacia de influência do próprio usuário, denominado "Projeto de Valor Compartilhado na Água".

Depois de cadastradas, as empresas têm um ano para cumprir seus compromissos. A ANA/PE verifica o cumprimento e concede o Certificado Azul. Os principais benefícios que as empresas adquirem com a obtenção do Certificado Azul são: (i) reforça a sustentabilidade do negócio, (ii) aumenta a competitividade na prestação de serviços para com entes públicos, (iii) fortalece a imagem da empresa perante os clientes e fornecedores, (iv) reduz os custos operacionais de consumo de água, v) fortalece o relacionamento com as comunidades vizinhas, entre outros (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS/PERU, 2020).

Observa-se que casos específicos que atendam as particularidades do setor da agricultura irrigada, de forma governamental ou privada, ainda não foram identificados. As certificações existentes têm outros objetivos, e no geral focam na certificação de profissionais do setor. As agências reguladoras, nos exemplos citados, são as instituições que melhor se aproximam dos objetivos de uso eficiente da água na agricultura, ainda assim, dependem do envolvimento voluntário de todos os demais setores.

#### **4.8 Modelos de certificações do setor agropecuário**

A necessidade de se atestar a origem de produtos agropecuários e garantir a rastreabilidade dos processos de produção por meio da certificação, vem ganhando força nas últimas décadas em função da crescente exigência do consumidor por produtos de qualidade e pela garantia de origem desses produtos, englobando não apenas questões sanitárias como, também, de responsabilidade ambiental e social praticados ao longo do ciclo produtivo. Estas exigências são ainda maiores quando se trata de produtos para exportação.

Os consumidores dos países desenvolvidos têm buscado, cada vez mais, informações sobre a origem e o processo de produção dos produtos alimentícios. Outro fator que tem influenciado a busca pelas certificações de alimentos é a percepção dos governos e dos empresários dos países em desenvolvimento, de que essas certificações baseadas em critérios

ambientais e de segurança dos alimentos podem e, de certa forma, estão sendo usadas como barreiras não-tarifárias pelos países desenvolvidos para dificultar ou, até mesmo, impedir o acesso a seus mercados pelos produtos dos países em desenvolvimento (PINHEIRO; PINHEIRO, 2009). A partir dessas premissas, começaram a surgir uma série de normas e procedimentos internacionais e nacionais e, por consequência, os instrumentos para que a cadeia produtiva fosse certificada quanto ao cumprimento de tais normas.

Alguns setores se destacam quanto ao grau de exigência do mercado e, com isto, quanto a quantidade e aprimoramento das certificações a serem alcançadas, tendo como exemplo o setor de fruticultura, especialmente quanto às exportações de frutas frescas, que necessita atender um número considerável de normas, também a soja, o café, o setor florestal e a agricultura orgânica.

No caso de produtos frescos destaca-se a certificação Global G.A.P., que tem por objetivos responder a crescentes exigências relativas à segurança de alimentos e ambiental e definir normas de produção para o desenvolvimento das melhores técnicas de produção no setor de frutas, produtos hortícolas, áreas de jardinagem de viveiros, produção animal e aquicultura. A Global G.A.P. é compartilhada e aceita pelos principais grupos de distribuição europeus (GLOBAL, 2020).

Uma das certificações mais conhecidas para o setor florestal é a certificação FSC (*Forest Stewardship Council*), que é um sistema de garantia internacionalmente reconhecido, que identifica, através de sua logomarca, produtos madeireiros e não madeireiros originados do bom manejo florestal. Todo empreendimento ligado às operações de manejo florestal e/ou à cadeia produtiva de produtos florestais, que cumpra com os princípios e critérios do FSC, pode ser certificado (FOREST STEWARDSHIP COUNCIL, 2020).

No caso da cadeia produtiva da soja, com o intuito é gerenciar de forma adequada o vertiginoso crescimento do mercado mundial desta commodity e buscar uma abordagem mais sustentável dos sistemas produtivos, estão em vigência diversos padrões de certificação, bem como acordos e programas de boas práticas adotados individualmente por empresas e fornecedores, ou por um conjunto de entidades. Os programas vigentes se baseiam nas chamadas BPA (Boas Práticas Agrícolas) e englobam desde incentivos financeiros até parcerias com associações do setor, empresas de insumos e instituições públicas que definem os respectivos critérios a serem seguidos e os benefícios que poderão ser alcançados.

Além dos exemplos citados, dois casos emblemáticos de certificação vigentes no Brasil, são o Sistema de Produção Integrada e a Produção Orgânica, ambos geridos pelo Mapa. Estes dois casos, descritos sucintamente a seguir, têm mecanismos de funcionamento que podem servir como referência na estruturação de um programa de certificação para agricultura irrigada.

Programa coordenado pelo Mapa, em parceria com o INMETRO, o Sistema de Produção Integrada é focado na adequação dos processos produtivos para a obtenção de produtos vegetais e de origem vegetal de qualidade e com níveis de resíduos de agrotóxicos e contaminantes em conformidade com o que estabelece a legislação sanitária. Isso é feito mediante a aplicação de boas práticas agrícolas, favorecendo o uso de recursos naturais e a substituição de insumos poluentes, garantindo a sustentabilidade e a rastreabilidade da produção agrícola na etapa primária da cadeia produtiva, que é passível de certificação pelo selo oficial "Brasil Certificado".

O selo "Brasil Certificado: Agricultura de Qualidade" é fornecido pelo INMETRO apenas para os produtores que passarem por uma auditoria ou avaliação da conformidade, realizada por certificadoras reconhecidas. A Produção Integrada segue as instruções previstas em normas técnicas específicas e documentos auxiliares, como manuais, grades de agrotóxicos,

cadernos de campo e de beneficiamento que promovem o atendimento e o respaldo aos marcos regulatórios oficiais.

A Produção Integrada Agropecuária teve início com o Marco Legal da Produção Integrada de Frutas (Instrução Normativa Mapa 20, de 27 de setembro de 2001). Atualmente, a Produção Integrada é válida para todas as cadeias do agronegócio, ficando a cargo dos colegiados específicos a apresentação de propostas de normas para cada cultura (Instrução Normativa Mapa 27, de 30 de agosto de 2010).

No caso da Produção Orgânica, o programa de certificação, também, foi desenvolvido e é gerido pelo Mapa, com a coordenação geral do processo de acreditação de responsabilidade do INMETRO. O Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg) foi instituído pela Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003, regulamentado pelo Decreto 6.323, de 27 de dezembro de 2007 e pelas instruções normativas correspondentes no âmbito do Mapa. Sua forma de funcionamento é muito similar ao sistema de Produção Integrada, na qual o processo de certificação considera como base o uso de boas práticas, levando em conta os critérios e as especificidades exigidas para a produção orgânica.

O produtor orgânico, para receber os selos em seus produtos, precisa fazer parte do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, o que é possível somente se estiver certificado por um dos três mecanismos descritos a seguir (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020c): (i) Certificação por Auditoria: A concessão do selo SisOrg é feita por uma certificadora pública ou privada credenciada no Mapa. O organismo de avaliação da conformidade obedece a procedimentos e critérios reconhecidos internacionalmente, além dos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação brasileira, (ii) Sistema Participativo de Garantia (SPG): Caracteriza-se pela responsabilidade coletiva dos membros do sistema, que podem ser produtores, consumidores, técnicos e demais interessados. Um SPG tem que possuir um Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade legalmente constituído, que responderá pela emissão do selo SisOrg, e (iii) Controle Social na Venda Direta: A legislação brasileira abriu uma exceção na obrigatoriedade de certificação dos produtos orgânicos para a agricultura familiar. Exige-se, porém, o credenciamento numa organização de controle social cadastrada em órgão fiscalizador oficial. Com isso, os agricultores familiares passam a fazer parte do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos.

#### **4.9 Diretrizes básicas para certificação na agricultura irrigada**

Como toda política a ser implementada, muitas incertezas são inerentes às decisões que podem trazer impactos positivos e/ou negativos para a sociedade. Diante da inexistência de certificações específicas para agricultura irrigada, força-nos buscar experiências similares de certificação para o setor e que tenha afinidades ao objetivo do uso eficiente da água. Assim, pode-se obter indícios de possíveis caminhos, meios, estratégias e/ou resultados consequentes das ações pretendidas.

Nesta linha, tomou-se como referência alguns estudos que foram realizados visando uma avaliação sobre os reais resultados obtidos em programas de certificação de sustentabilidade no setor do café.

Os resultados obtidos nesses estudos mostraram que a certificação de sustentabilidade trouxe benefícios aos agricultores por meio de redução dos custos de produção, aumento da receita (PERDONÁ *et al.*, 2012), redução da vulnerabilidade de subsistência dos agricultores, e resultados ambientais positivos com maior biodiversidade (LYNGBAEK *et al.*, 2001; KILIAN *et al.*, 2006; BOLWIG *et al.*, 2009; HARDT *et al.*, 2015; THONG *et al.*, 2018). Por outro lado, outros trabalhos empiricamente indicam que os efeitos econômicos da certificação de sustentabilidade não foram significativos (VALKILA, 2009; CHIPUTWA *et al.*, 2015; IBANEZ; BLACKMAN, 2016).

Interessante observar que os atributos relacionados à certificação de sustentabilidade são considerados importantes para os consumidores de café (VAN LOO *et al.*, 2015). Ou seja, os consumidores estão dispostos a pagar mais pelo café com certificação de sustentabilidade. Especialmente na Alemanha e nos Estados Unidos, o consumidor está disposto a pagar preços ainda maiores pelos cafés certificados pela *Fairtrade*, (certificadora sem fins lucrativos que visa garantir que o comércio funcione por meio de melhores preços, condições de trabalho decentes e um negócio mais justo para agricultores e trabalhadores em países em desenvolvimento), do que pelo café orgânico (BASU; HICKS, 2008). Esse exemplo nos indica que o consumidor está mais predisposto a apoiar e se engajar em ações com objetivos benéficos à sociedade, os retornos coletivos em detrimento aos individuais. Contudo, se o café certificado receber preços mais altos, espera-se que possam gerar maiores receitas para os produtores, conforme observado no Estado de São Paulo por Perdoná *et al.* (2012). Esses autores concluíram que a venda de café certificado possibilitou resultados econômicos em média de 224,5% superiores ao não certificado.

Com base em todos os aspectos já apresentados, várias questões são levantadas com vistas a encontrar um caminho para viabilização da certificação para o setor da agricultura irrigada e que, necessariamente, seja um instrumento efetivo para o uso eficiente da água. Qual modelo de certificação se aplicaria melhor? Certificações de conformidades, voluntária ou compulsória? Quais aspectos técnicos e as escalas deveriam ser considerados para métricas de eficiência, seria em nível de propriedades, projetos, parcelas, equipamentos, infraestrutura, manejo, e/ou etapas dos processos de irrigação ou outra? Como garantir envolvimento dos irrigantes no processo de certificação? Muitas outras dúvidas relevantes podem ser citadas.

Após uma análise do panorama nacional, exemplos observados para certificação no setor agropecuário, considerando o sucesso e os problemas apresentados, seguem alguns pontos que devem ser considerados num eventual processo de certificação a ser aplicado à agricultura irrigada: (i) As instituições públicas, organizações privadas, órgãos reguladores, academia, irrigantes e todos os demais do setor produtivo devem ser envolvidos e engajados na elaboração das regras, normas e métricas, (ii) Deve ser criado um comitê técnico consultivo permanente, o qual será responsável pela definição das métricas, regramentos e normas e suas revisões, (iii) A certificação deve ter entre seus objetivos a busca pelo uso racional e eficiente da água de forma explícita, (iv) A instituição responsável pela certificação deve ser acreditada e ter reconhecimento do mercado e sociedade, (v) A certificação deve ser simples e clara para os irrigantes quanto às regras e requisitos, e as consequentes melhorias e custos envolvidos, (vi) Deve trazer incentivos atraentes aos irrigantes, considerando todas as variabilidades regionais do setor (leis estaduais, clima, disponibilidades hídricas, assistência técnica, etc.), porte dos projetos, perfis dos irrigantes, tipos de culturas, métodos de irrigação, processos produtivos e disponibilidade dos recursos necessários, (vii) Não deve se tornar mais um entrave ou dificuldade para o setor da agricultura irrigada, (viii) Deve ser acompanhada de um processo de formação técnica continuada e assistência técnica para os técnicos e produtores envolvidos, (ix) Devem ocorrer auditorias independentes, idôneas, imparciais, criteriosas e colaborativas, (x) Deve haver divulgação dos produtos, serviços e/ou processos certificados junto à sociedade, (xi) Deve ser considerado a possibilidade e os meios de certificação profissional para o setor, (xii) Deve priorizar as ações e melhorias quanto uso e gestão dos recursos hídricos, de forma coletiva, respeitando os usos múltiplos da água e beneficiando as regiões de atuação dos usuários certificados, (xiii) Deve haver um programa que fomente a cultura do uso das boas práticas para o setor, e (xiv) Deve haver análises de harmonização e equivalência de normas, regramentos com outras certificações nacionais e internacionais afins.

#### 4.10 Considerações finais

As mudanças climáticas e o aumento da população mundial poderão impactar diretamente os elos da cadeia de abastecimento alimentar global. O Brasil é um dos principais atores na produção de alimentos para o planeta, e se vê cada vez mais sofrendo com barreiras não tarifárias internacionais que questionam os usos dos recursos naturais de forma sustentável.

As áreas irrigadas no Brasil crescem em taxas elevadas, em algumas regiões teve aumento de 500 % de 2000-2007, atingindo 6,95 milhões de hectares equipados para irrigação em 2017 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017). Isso pode representar um grande motor econômico para a sociedade brasileira. A sua relevância econômica reflete proporcionalmente na importância da racionalidade e eficiência no uso dos recursos naturais, insumos essenciais para manutenção da produção na agricultura irrigada. Isso por si só, já ratifica que o uso eficiente da água pelo setor deve ser buscado de forma pragmática, pois visa além de outros fatores, também, a própria sustentabilidade do negócio. Deve-se ressaltar aqui um potencial agravante para o setor, em caso de inércia quanto ao uso eficiente da água. O uso da água para fins de irrigação não é tratado como uso prioritário na Lei das Águas, apesar de ser o maior usuário em volumes totais. Essa falta de prioridade entre usuários da água traz riscos para o setor, principalmente em períodos de secas, em regiões de baixas disponibilidades hídricas e onde ocorrem conflitos pelo uso.

Para o presente e futuro, as preocupações também devem-se observar outro tema pouco tratado, a agricultura urbana e periurbana, setor crescente no Brasil que envolve um grande número de irrigantes. Na região Metropolitana da cidade de São Paulo tem 5.083 estabelecimentos agropecuários, dos quais 84,5% são agriculturas familiares pequenas (INSTITUTO ESCOLHAS, 2020). No geral, esse setor da agricultura irrigada está crescendo proporcionalmente às necessidades das cidades e geralmente têm baixa capacitação técnica e de gestão. Uma atenção especial para este setor se justifica devido, principalmente, ao seu alto potencial de impacto na gestão dos usos múltiplos dos recursos hídricos. A busca pela eficiência da água nestes ambientes urbanos é fator crítico para gestão dos recursos hídricos locais, por diversos fatores como: disponibilidades hídricas, contaminação, outros usos prioritários, impacto social, potencial de melhorias, etc.

No contexto, de presente e futuro, seja via certificação ou outros instrumentos, a atuação dos órgãos reguladores para uso eficiente da água deve ser mais abrangente quanto ao seu uso. O foco não deve ficar restrito aos recursos hídricos utilizados na produção ou nas fazendas, deve-se considerar toda a cadeia produtiva do setor, da fazenda até o consumidor. Cabe dizer que existe uma grande perda de alimentos em nível nacional, e grande parte das perdas e desperdícios de produtos agrícolas ocorrem durante a comercialização. O Brasil é responsável pela geração de 26 milhões de toneladas de resíduos oriundos da cadeia de alimentos, dos quais estimam-se perdas no plantio/colheita (10%), nas etapas de manuseio e transporte (50%), e desperdício pelo consumidor (10%), CEDES (2018). Isso implica indiretamente também em perdas e desperdícios de recursos naturais, principalmente água, pois esses resíduos ainda são potenciais contaminantes quando descartados.

Por fim, é importante frisar que as ações do passado ou falta delas não resolverão os problemas atuais, existem tratativas pendentes sobre o tema certificação para o setor, mas, já se avançou bastante. O presente exige ação, tanto por parte das instituições públicas quanto pelo setor da agricultura irrigada. O Futuro nos indica perspectivas globais de indisponibilidades hídricas regulares e conseqüente aumento de conflitos pelos usos dos recursos hídricos. A certificação é uma tendência global para todos os setores produtivos. Como benefício para os irrigantes, em alguns casos, bastaria a prevalência de um mercado seguro e reconhecido. Além disso, está se caminhando em alguns países desenvolvidos para o mercado futuro da água e essa tendência pode impactar enormemente o setor da agricultura

irrigada. Nos EUA foi inaugurado, em novembro de 2020, o índice Nasdaq Veles California Water Index e, no Brasil, já existe um projeto no Congresso Nacional (Projeto de Lei 495/2017) que visa a criação do mercado de água. Essas tendências confirmam que uso racional e eficiente da água na agricultura irrigada é fundamental e urgente, e é fato que a certificação pode funcionar como um mecanismo de incentivo, faltando pouco para se concretizar.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF, 86p., ANA, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Coefficientes técnicos de uso da água para a agricultura irrigada**. Brasília, DF, 29p., 2019. Disponível em: [http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo\\_sophia=81422](http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=81422). Acesso em: 25 nov. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS/PERU, Autoridad Nacional del Agua. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/22505-certificado-azul-reconoce-a-importantes-empresas-por-uso-eficiente-del-agua>. Acesso em: 8 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **O que é Certificação e como obtê-la?** Disponível em: <http://www.abnt.org.br/certificacao/o-que-e>. Acesso em: 29 nov. 2020.
- BANCO MUNDIAL, 2020. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>. Acesso em: 8 dez. 2020.
- BASU, A.K.; HICKS, R.L. Label performance and the willingness to pay for Fair Trade coffee: a cross-national perspective. **International Journal of Consumer Studies**, n.32, v.5, p.470-478, 2008.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D.D. da; SOARES, A.A. **Manual de irrigação**. 9. Ed. Viçosa: UFV, 545p., 2019.
- BOLWIG, S.; GIBBON, P.; JONES, S. The economics of smallholder organic contract farming in tropical Africa. **World Development**, n.37, v.6, p.1094-1104, 2009.
- BRASIL. Lei 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da CF, e altera o artigo 1 da Lei 8.001 de 13.03.1990 que modificou a Lei 7.990, de 28.12.1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09. jan.1997.
- BRASIL. Lei 9.666 de 2 de Janeiro de 2019. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério do Desenvolvimento Regional, remaneja cargos em comissão e funções de confiança e substitui cargos em comissão do Grupo Direção e Assessoramento Superiores - DAS por Funções Comissionadas do Poder Executivo - FCPE. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.22, 2 jan. 2019.
- BRASIL. Lei 12.787 de 11 de Janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nos 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nos 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14. jan. 2013.
- BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei 495 de 2017. Altera a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, para introduzir os mercados de água como instrumento destinado a promover alocação mais eficiente dos recursos hídricos, 2017.
- CEDES, Centro de Estudos e Debates Estratégicos. **Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados**. Perdas e desperdício de alimentos - estratégias para redução. Série de cadernos de trabalhos e debates 3. Brasília, DF, 260p., 2018.
- CHIPUTWA, B.; SPIELMAN, D.J.; QAIM, M. Food Standards, Certification, and Poverty among Coffee Farmers in Uganda. **World Dev.**, n.66, p.400-412., 2015.

ESPÍRITO SANTO. Portaria Conjunta SEAMA/SEAG 6-R de 7 de Junho de 2016. Institui procedimentos e critérios para o requerimento e a obtenção de Certificado de Sustentabilidade Quanto ao Uso da Água na Irrigação, no Estado do Espírito Santo. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, 9 jun. 2016.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C.A.S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, UNICENTRO/PR, v.2, n.1, p.187-190, 2009.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. **Tipos de certificados**. FSC. Disponível em: <https://br.fsc.org/pt-br/certificao/tipos-de-certificados>. Acesso em: 11 dez. 2020.

GLOBAL G.A.P. **O referencial global para as boas práticas agrícolas**. Disponível em: <https://www.globalgap.org/>. Acesso em: 11 dez. 2020.

GOIÁS. Lei 18.995 de 3 de Setembro de 2015. Dispõe sobre a Política Estadual de Agricultura Irrigada e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Goiás**, 8 set. 2015.

HARDT, E.; BORGOMEIO, E.; ROZELY, F.; FERNANDO, L.; PINTO, G.; PAUL, J.; SANTOS, R.F. dos; PINTO, L.F.G.; METZGER, J.P.; SPAROVEK, G. Does certification improve biodiversity conservation in Brazilian coffee farms? **Forest Ecology and Management**, v.357, p.181-194, 2015.

HOWELL, T.A. Challenges in increasing water use efficiency in irrigated agriculture. In: International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture, Turkey. [**Proceedings...**]. Adana, p.11., 2006.

IRRIGATION ASSOCIATION. IA. 2020. Disponível em: <https://www.irrigation.org/IA/Certification/IA/Certification/Certification.aspx?hkey=11eea208-f087-4375-a1ec-588fa0646a9b>. Acesso em: 9 dez. 2020.

INTERNATIONAL ACCREDITATION FORUM. IAF, 2020. Disponível em: [https://www.iaf.nu//articles/IAF\\_MEMBERS\\_SIGNATORIES/4](https://www.iaf.nu//articles/IAF_MEMBERS_SIGNATORIES/4). Acesso em: 10 dez. 2020.

IBANEZ, M.; BLACKMAN, A. Is eco-certification a win-win for developing country agriculture? organic coffee certification in Colombia. **World Development**, v.82, p.14-27, 2016.

IRRIGATION INDUSTRY ASSOCIATION OF BRITISH COLUMBIA, IIABC, 2020. Disponível em: <https://www.irrigationbc.com/page/certification-program>. Acesso em: 10 dez. 2020.

INSTITUTO ESCOLHAS. Mais perto do que se imagina: os desafios da produção de alimentos na metrópole de São Paulo. **Relatório de Estudo**. Instituto Escolhas, SP, 159p, 2020. Disponível em: <https://www.escolhas.org/biblioteca/estudos-instituto-escolhas/>. Acesso em: 10 dez. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. INMETRO, 2020a. **Avaliação da Conformidade**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/certificacao.asp>. Acesso em: 28 nov. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. INMETRO, 2020b. **Avaliação da Conformidade**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/comites/sbc.asp>. Acesso em: 10 dez. 2020.

KILIAN, B.; JONES, C.; PRATT, L.; VILLALOBOS, A. Is sustainable agriculture a viable strategy to improve farm income in Central America? A case study on coffee. **Journal of Business Research**, 59, p.322-330, 2006.

LYNGBAEK, A.E.; MUSCHLER, R.G.; SINCLAIR, F.L. Productivity and profitability of multistate organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, v.53, p.205-213, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Agrícola e Pecuário 2020/2021**, Mapa, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/plano-agricola-pecuario/plano-agricola-e-pecuario-2020-2021/@@download/file/Plano%20Agri%CC%81cola%20e%20Pecua%CC%81rio%202020%20-%202021.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sustentabilidade:** Produção Integrada, Mapa, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada>. Acesso em: 11 dez. 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2020c. **Sustentabilidade:** Orgânicos, Mapa, 2020c. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos>. Acesso em: 11 dez. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, REIDI. MDR, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/irrigacao/reidi-irrigacao>. Acesso em: 10 dez. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Fundos de Desenvolvimento Regional.** MDR, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/fundos-regionais-e-incentivos-fiscais/fundos-de-desenvolvimento-regional>. Acesso em: 10 dez. 2020.

PERDONÁ, M.J.; SORATTO, R.P.; MARTINS, A.N.; SUGUINO, E.; MANCUSO, M.A.C. Irrigação e certificação da cafeicultura na Região Centro-Oeste de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.3, p.377-384, 2012.

PINHEIRO, F.A.; PINHEIRO, A.V.B.S. Processos de certificação para exportação de frutas frescas brasileiras. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. **Anais...** Salvador, BA: ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2009. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STP\\_092\\_624\\_14067.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_092_624_14067.pdf). Acesso em: 11 dez. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Lei 14328 de 23 de Outubro de 2013. Institui a Política Estadual de Irrigação do Rio Grande do Sul, o Plano Diretor de Irrigação no Contexto dos Usos Múltiplos da água, o Conselho Gestor da Política Estadual de Irrigação e o Fundo Estadual de Irrigação, altera a Lei 13.601, de 1 de janeiro de 2011, e revoga a Lei 13.063, de 12 de novembro de 2008. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, 25 out. 2013.

RODRIGUES, L.N.; DOMINGUES, A.F.; 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: **Inovagri**, 327p., 2017.

RODRIGUES, L.N.; RAMOS, M.M.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; SILVEIRA, S.F.R. Análise do desempenho da irrigação em áreas da bacia do rio São Francisco. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Juazeiro, BA. O agronegócio da agricultura irrigada com revitalização hídrica: **Anais...** Juazeiro, BA: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 13, 2003.

TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY. Agência Ambiental do Estado do Texas. TCEQ, 2020. Disponível em: <https://www.tceq.texas.gov/licensing/licensing>. Acesso em: 9 dez. 2020.

THONG, Q.H.; VIET-NGU, H.; CLEVO, W.; TRUNG-THANH, N. Eco-efficiency analysis of sustainability-certified coffee production in Vietnam. **Journal of Cleaner Production**, v.183, p.251-260, 2018.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA, 2020. Disponível em: <https://www.irrigationbc.com/page/certification-program>. Acesso em: 10 nov. 2020.

VALKILA, J. Fair trade organic coffee production in Nicaragua - Sustainable development or a poverty trap? **Ecological Economics**, v.68, p.3018-3025, 2009.

VAN LOO, E.J.; CAPUTO, V.; NAYGA, R.M.; SEO, H.S.; ZHANG, B.; VERBEKE, W. Sustainability labels on coffee: Consumer preferences, willingness-to-pay and visual attention to attributes. **Ecological Economics**, v.118, p.215-225, 2015.



# CAPÍTULO 5

## 5 A CONVERSÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO DA CODEVASF: PROJETO MANDACARU

*Frederico Orlando Calazans Machado*

### Resumo

Um dos maiores desafios do nosso tempo é o de garantir segurança alimentar para a população mundial que continua a crescer. A população atual de cerca de 7 bilhões espera que se aumente para cerca de 9 bilhões até 2050 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2009). Por isso, será preciso aumentar a produção de alimentos em 70%, mais um bilhão de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas extras de gado precisarão ser produzidos todos os anos (BRUINSMA, 2010). O imperativo para esse crescimento é aumentar a produtividade da água. Para tanto, será preciso aumentar a produtividade das áreas existentes e a agricultura irrigada descortina-se ser parte dessa solução. Todavia, a agricultura irrigada possui um grande desafio que é demonstrar esse papel de aliada na produção de alimentos e não só uma consumidora de água. Faz-se necessário ampliar cada vez mais a visão da gestão hídrica para se adotar como base de planejamento a bacia hidrográfica, com vistas a preservação dos seus recursos hídricos e o seu uso eficiente. A Codevasf, por ser uma empresa pública que trabalha com irrigação, realizou de forma pioneira e um estudo que acabou virando um protocolo para a conversão de sistemas de irrigação. O estudo e desenvolvimento desse protocolo foi realizado num de seus Projetos Públicos de Irrigação, o Mandacaru, em Juazeiro na Bahia, formado por pequenos produtores. O estudo acabou sendo premiado o que levou a sua implantação, demonstrando não só a sua viabilidade como concluiu que existiram outras vantagens que vão desde a gestão do projeto como um todo até ganhos de produtividade e de renda para os produtores. Com isso, a conversão de sistemas passou a fazer parte do mapa estratégico do Ministério da Integração Nacional referente ao período entre 2011 e 2014 (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2014). Se o Brasil quiser se manter como parte da solução para a crise alimentar que se descortina para o mundo é preciso acreditar que a agricultura irrigada faz parte da solução e deve criar políticas públicas que fomentem o setor da irrigação. Neste capítulo é apresentado o protocolo desenvolvido pela Codevasf intitulado de Mandacaru, que tem o foco na conversão de sistemas de irrigação, bem como a avaliação dos resultados obtidos.

### 5.1 Introdução

O maior desafio da agricultura irrigada é demonstrar que pode ser a grande aliada na produção de alimentos e não só uma consumidora de água, para tanto é preciso ampliar a visão, e adotar bacia hidrográfica como um todo com vistas a sua preservação dos recursos hídricos e o seu uso eficiente.

Entretanto, o recurso a água cada vez tem se tornado mais escasso em função de problemas na gestão do uso da água na bacia, mudanças nos regimes de chuvas, falta de infraestrutura para acumulação de água, dentre outras, mas que não serão objeto de discussão neste capítulo. É importante ações em favor da prática eficiente da agricultura irrigada para que os produtores pudessem voltar a ter êxito no seu negócio e favorecer o uso racional da água.

Estudos da Codevasf, em 2006 analisam o possível impacto da conversão de sistemas de irrigação no projeto público de irrigação (PPI) Mandacaru, que se localiza a 18 km da sede do município de Juazeiro no estado da Bahia. Esse estudo posteriormente acabou se tornando uma metodologia de trabalho para a gestão de água com a modernização de sistemas de irrigação parcelares em projetos públicos de irrigação da empresa, mas que pode ser aplicado em qualquer área apta a irrigação.

Em 2009, o referido estudo ganhou o Prêmio Eco 2009, o que motivou politicamente o Ministério da Integração Nacional a dar seu aval destinando recursos orçamentários e financeiros para que a Codevasf realizasse sua implementação do estudo como forma de projeto piloto no PPI (projeto público de irrigação) Mandacaru. Assim, a Codevasf, em parceria com a organização de produtores que faz a gestão do projeto (denominada Distrito de Irrigação do Mandacaru - Dimand), realizou entre 2010 e 2011, a conversão dos lotes agrícolas, modificando o método de irrigação superficial existente desde a concepção do projeto para método de irrigação localizada, mais moderno e com maior potencial de eficiência de uso da água. A partir dessas iniciativas os estudos tornaram-se um Protocolo para desenvolvimento da conversão de sistemas em PPI (projeto público de irrigação): Protocolo Mandacaru.

Os resultados obtidos foram impactantes em diversos aspectos, tais como: economia de água da ordem de 50% no volume bombeado para atendimento do projeto e de 20% nas despesas com energia da estação de bombeamento principal, ganhos de produtividade que variaram de 18 até mais de 100%, dependendo da cultura. Além disso, a conversão proporcionou também o aumento efetivo da área plantada (utilização da área plena dos lotes) e de rentabilidade. Isto acabou impactando positivamente na gestão do distrito de irrigação reduzindo a inadimplência e aumentando a receita, proporcionando também a realização de serviços de manutenção de forma e frequência adequados.

## **5.2 Mapa estratégico do Ministério da Integração Nacional**

Desta forma, a conversão de sistemas passou a fazer parte do mapa estratégico do Ministério da Integração Nacional (2011-2014) (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2014) que a inseriu como objetivo estratégico para ampliar e garantir a eficiência da Irrigação com a implementação de modelos de gestão sustentáveis e inovadores nos perímetros públicos de irrigação, tendo a Codevasf executado mais de 500 projetos executivos para a conversão de sistemas de irrigação em outros projetos públicos de irrigação na região do submédio do rio São Francisco.

Em consonância com as demandas da sociedade e com a urgência do planejamento e gestão dos recursos hídricos, entendeu-se que o projeto de conversão tem forte visão de futuro, contribuindo efetivamente para que os recursos hídricos possam ser aplicados e disponibilizados, de modo sustentável e parcimonioso, para esta e para as futuras gerações.

Até hoje não houve contestação técnica de qualquer natureza, até porque o projeto de conversão de sistemas de irrigação sempre esteve investido da mais pura lógica, visando assegurar a sustentabilidade econômica, social e ambiental.



**Figura 1. Mapa estratégico do Ministério da Integração Nacional referente ao período entre 2011 e 2014 (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2014).**

### 5.3 Projeto Mandacaru

O projeto público de irrigação (PPI) Mandacaru foi inaugurado em 1971 e se localiza em Juazeiro, Bahia, a 18 km da sede do município e possui uma superfície total de 800 ha, sendo irrigáveis em torno de 419 há, divididos em 54 lotes agrícolas e um de pesquisa cedido à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Foi inicialmente concebido para pequenos produtores, com uma área média por lote de 7,5 ha, e tido como o primeiro no Estado da Bahia, na região do submédio do rio São Francisco, com esta premissa.

Tradicionalmente sempre foi cultivado com culturas temporárias, principalmente melão e cebola, porém, com o crescimento da fruticultura irrigada, houve um aumento da área com frutíferas, principalmente manga.

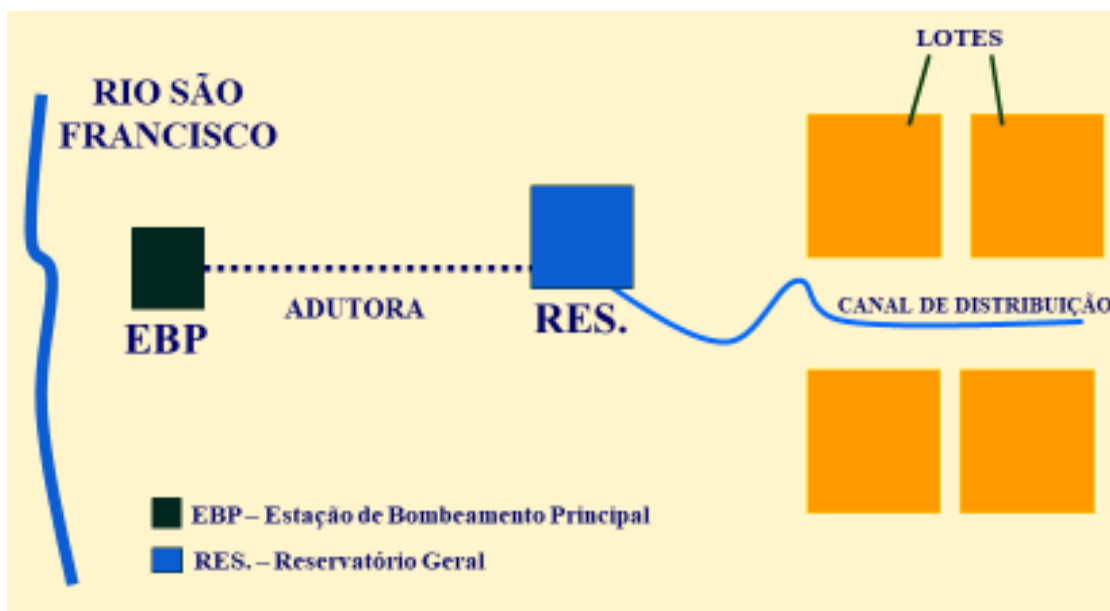
Até 2003 o projeto manteve os seus moldes originais. Contudo, a crise financeira vivida pela organização de produtores, denominada Distrito de Irrigação do Mandacaru (Dimand) (responsável pela gestão do projeto, por meio da cobrança de tarifa de água tal qual um

condomínio) a estava levando para total estado de insolvência. A saída adotada, para a sorte dos produtores, foi a venda de água para uma empresa fora do projeto incorporando cerca de 350 ha, cuja contribuição mensal levou à recuperação do projeto, inclusive no que concerne ao cumprimento dos compromissos inadiáveis, tais como o rateio das despesas condominiais para pagamento de pessoal e das contas de energia elétrica, além de favorecer o custeio da manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum como: canais, estradas, estação elevatória, etc.

Por causa das limitações financeiras dos produtores, a taxa (ou índice) de exploração da área irrigável do projeto dificilmente ultrapassava os 60%. Isto significava que solos irrigáveis e com infraestrutura pronta para irrigar estavam ociosos, sem se prestarem a que foram idealizados: diminuir desigualdades regionais com a geração de emprego e renda. Daí a possibilidade de venda de água para a área empresarial ter sido a solução.

Todavia, em 2005, um produtor resolveu fazer a troca do sistema de irrigação de seu lote agrícola instalando um sistema de irrigação localizada com o uso de microaspersores. Esse trabalho foi acompanhado por engenheiros agrônomos da Codevasf e devido aos resultados obtidos suscitou nos técnicos a motivação para realizar um estudo dos possíveis impactos da troca dos sistemas de irrigação de todos os lotes agrícolas no PPI Mandacaru.

Assim, no ano de 2006, os estudos foram feitos, mas não houve nenhum tipo de motivação política para que o estudo viesse a ser implantado. Todavia, em 2008 com o advento da Exposição Internacional realizada na cidade de Zaragoza na Espanha (Expo Zaragoza, 2008) que teve como tema "Água e Desenvolvimento Sustentável", a Codevasf foi convidada a participar de um painel para apresentar a palestra sobre "Efeitos Ambientais e Econômicos Resultantes da Alteração do Sistema de Irrigação do Projeto Mandacaru, em Juazeiro, Estado da Bahia, Brasil".



**Figura 2. Modelo esquemático de funcionamento do projeto público de irrigação (PPI) Mandacaru antes da conversão dos sistemas.**

A participação na Expo Zaragoza teve uma boa repercussão e suscitou algumas expectativas para a implementação do estudo, pois os resultados preliminares apontavam vários benefícios que iam desde um manejo mais eficiente no uso da água da irrigação, controle mais preciso do consumo e da cobrança pela água, até a plena ocupação dos lotes agrícolas que estavam em média sendo explorados abaixo de 55% de sua área irrigável.

O PPI Mandacaru até 2009 tinha as seguintes características operacionais, conforme modelo esquemático da Figura 2: (i) potência Instalada da Elevatória: 266,48 kW, (ii) tempo de funcionamento da Elevatória: 5.458 h ano<sup>-1</sup>, (iii) consumo de Energia Elétrica: 1.455 MWh ano<sup>-1</sup>, e (iv) consumo de água: 12.800.000 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> (aproximadamente).

Com a conversão dos sistemas, as mudanças que seriam feitas eram a instalação de reservatórios e sistemas de bombeamento individualizados em cada lote, passando o modelo esquemático de funcionamento original a operar como a Figura 3.



**Figura 3. Modelo esquemático de funcionamento do projeto público de irrigação (PPI) Mandacaru após a conversão dos sistemas.**

Ou seja, não haveria mudança alguma na infraestrutura de irrigação de uso comum, mas exclusivamente nos lotes agrícolas, assim, não houve a necessidade de paralização do fornecimento de água para o sistema produtivo como um todo, mas somente os lotes que estiverem em processo de instalação dos novos sistemas parcelares de irrigação.

Isto posto, em 2009, o estudo que propunha a conversão dos sistemas parcelares de irrigação no PPI Mandacaru foi agraciado com o Prêmio Eco 2009 do Jornal Valor Econômico e American Chamber - AmChan (Câmara de Comércio Americana) e a Codevasf foi a primeira empresa pública que atua no Nordeste a recebê-lo. Assim, após a recepção desse prêmio de importância e reconhecimento nacionais, veio a motivação política para que o Ministério da Integração Nacional disponibilizasse recursos orçamentários e financeiros à Codevasf no intuito de que ela pudesse realizar a conversão dos sistemas de irrigação parcelares com base na metodologia premiada.

Em 2010, a Codevasf, em parceria com o Distrito de Irrigação Mandacaru (Dimand) (Distrito de Irrigação - organização sem fins lucrativos que congrega todos os produtores irrigantes de um Projeto Público de Irrigação – PPI, responsável por realizar a gestão da infraestrutura pública de irrigação de uso comum através do rateio das despesas entre os irrigantes, no caso do PPI Mandacaru (Dimand), deu início a conversão dos sistemas de irrigação para a modernização da irrigação parcelar. Lote a lote foram realizadas pequenas obras necessárias para comportar os novos sistemas. A conversão dos sistemas dos lotes agrícolas foi concluída em meados de 2011.

Na Tabela 1, pode-se observar o crescimento tanto de área colhida (ha) como da produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) para as culturas observadas no período anterior a implantação (2009), durante a implantação (2010 e 2011) e imediatamente após a implantação (2012).

É importante destacar que a produtividade durante a implantação já superava as expectativas dos irrigantes o que acabou motivando aqueles que tinham uma certa desconfiança no processo a participar ativamente e buscar conhecer os detalhes e cobraram capacitação para melhor utilizarem os novos sistemas. Devido a esse envolvimento dos irrigantes no processo e com o apoio do Dimand, foi possível realizar a contratação de uma assistência técnica específica para os irrigantes aprenderem a manejar os novos sistemas.

No ano de 2012, por ocasião da escolha das Tecnologias Sociais apoiadas pela Fundação Banco do Brasil (FBB) para 2013, o desenvolvimento do projeto piloto foi denominado como Metodologia Mandacaru. A Metodologia Mandacaru foi finalista do prêmio das tecnologias sociais da FBB, o que a levou a ser inscrita no Banco de Tecnologias Sociais da FBB com possibilidade de ser financiada pela própria FBB no seu desenvolvimento ou aprimoramento. Como parte do prêmio de finalista, a Metodologia Mandacaru foi objeto de um vídeo promocional (o vídeo se encontra disponível na internet no endereço: <<https://www.youtube.com/watch?v=OYrnkT1hX4M&feature=share>> - consulta efetuada em 12 de novembro de 2020) onde foi demonstrado os ganhos de produtividade, redução da força de trabalho, diminuição de problemas ambientais, tais como salinização de solos, diminuição de carreamento de adubos para o rio e recuperação de áreas já em processo de salinização, participação social dos produtores envolvidos e do distrito de irrigação.

**Tabela 1. Demonstrativos da exploração produtiva nas áreas de pequenos produtores do PPI Mandacaru, no período de 2009 a 2012.**

Culturas	Área Colhida (ha)				Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ )			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
Manga	92,80	113,10	107,20	105,00	18,50	26,00	28,30	24,75
Acerola	15,90	18,40	21,10	25,30	27,40	24,40	41,20	32,40
Melão	93,75	46,70	62,90	120,10	17,70	23,20	29,70	34,60
Cebola	74,50	49,30	63,60	93,80	13,10	18,50	21,40	29,90

Relatórios de Produção da Área de Gestão dos Empreendimentos de irrigação - Codevasf (2009 a 2012).

**Tabela 2. Projeto Mandacaru antes (2009) e após (2016) a implantação dos sistemas de irrigação localizada.**

Descrição	2009	2016
Área Explorada (média anual)	<b>481</b>	<b>787</b>
Lotes Pequenos Produtores + EMBRAPA	401	419
Área externa atendida (AGROVALE)	80	138
Área de Expansão Lotes	0	230
Aumento médio da área irrigada		<b>63%</b>
Operação Anual EBP (horas)	3.983	1.810
Economia de energia		<b>17%</b>
Economia de água		<b>55%</b>

Distrito de Irrigação Mandacaru (Dimand), relatórios gerenciais 2010 e 2016.

Além desses resultados obtidos com a conversão na Tabela 2, a partir de informações gerenciais obtidas do próprio Distrito de Irrigação Mandacaru (Dimand), como percentual de

economia de água e energia, aumento da área plantada (utilização da área plena dos lotes, área externa da Agrovale e área expandida de lotes), conferiram outros prêmios nacionais de relevância, como o Selo Verde Categoria Diamante (Certificado pela Ecolmeia) em 2011, validação como Tecnologia Social pela FBB em 2013 e finalista do Prêmio ANA 2014. Além disso, a Codevasf foi convidada a apresentar os resultados na Rio+20 em 2012 em um painel internacional, que também chamou muito a atenção dos participantes.

Segundo o Dimand, outros resultados importantes obtidos dizem respeito a gestão do projeto como demonstra a Tabela 3, elaborado a partir de informações do próprio distrito para o ano de 2013.

**Tabela 3. Resultados obtidos em 2013 após a conversão dos sistemas de irrigação parcelares.**

<b>Resultado</b>	<b>Percentual</b>
Redução do Volume de Drenagem devolvido ao Rio	80%
Redução de Custos de Operação e Manutenção do Projeto	35%
Aumento do Faturamento do Distrito	29%
Redução da Inadimplência do Distrito	19%

Distrito de Irrigação Mandacaru (Dimand), relatório gerencial 2013.

Os resultados demonstraram, que a modernização de sistemas de irrigação, com base na metodologia desenvolvida, agora protocolo, além de favorecer os irrigantes tanto na geração de renda quanto para o uso eficiente e sustentável do recurso água, favoreceram de sobremaneira a gestão do Dimand com a redução dos custos de operação e manutenção, aumento do faturamento e redução da inadimplência.

Cabe destacar que a aferição do quanto cada lote consumia de água era feito pelo método indireto de calha Parshall e com a conversão dos sistemas de irrigação, a aferição passou a ser feita com hidrometria, que tornou a cobrança de água mais precisa e aumentou a receita do Dimand.

A conversão, em última instância, favoreceu e favorece a transferência da gestão (A transferência da gestão de um Projeto Público de Irrigação - PPI - é o processo de delegação de sua administração, operação e manutenção da infraestrutura de uso comum de um ente público para uma entidade privada, com vistas a desoneração do poder público com relação as despesas de operação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum) do projeto para os próprios irrigantes, tornando o PPI Mandacaru menos dependente de recursos públicos, pois o distrito passou a realizar de forma adequada a alocação de recursos para a execução de serviços de manutenção que eram deixados de serem executados e acabavam impactando os cofres da Codevasf com necessidade de recursos de investimentos para a recuperação da infraestrutura.

Alguns outros benefícios observados oriundos da conversão dos sistemas de irrigação no PPI Mandacaru, no que diz respeito ao rio São Francisco foram: (i) redução de mais de 50 % do volume anual bombeado, essa água pode ser utilizada para outros usos ou mesmo para ampliar a área irrigada do projeto caso exista necessidade e área apta para tal, (ii) redução da poluição pontual com os drenos vazios, fora do período chuvoso, a deposição de efluentes contaminados por agrotóxicos praticamente inexistente nos pontos de descarga do sistema de drenagem, (iii) eficiência na aplicação de fertilizantes via fertirrigação, reduziu a carga de poluentes lançados, contribuindo assim com a redução da eutrofização, e (iv) redução da

erosão superficial no seu trajeto **lote - drenos - rio**, pois não há mais arraste e deposição de partículas de solo, reduzindo a contribuição com sedimentos para o assoreamento.

**Antes da conversão**



**(A)**

**Após da conversão**



**(B)**



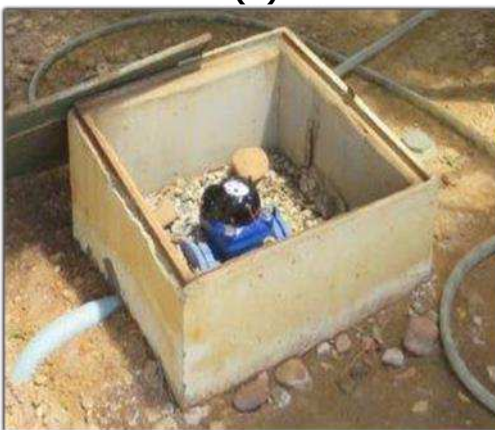
**(C)**



**(D)**



**(E)**



**(F)**

**Figura 4. Registros fotográficos antes da conversão e após a conversão. (A) Drenos cheios. (B) Drenos vazios. (C) Sulcos: favorece erosão superficial. (D) Irrigação localizada: sem erosão. (E) Calha Parshall sem manutenção. (F) Caixa com hidrômetro instalado em lote que passou pela conversão (Registros fotográficos dos autores).**

Estimou-se na elaboração dos projetos de conversão que as somas dos volumes de água dos lotes gerariam uma economia da ordem de  $8.000.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ .

Esse volume poderia ser utilizado para outros usos, a exemplo de abastecimento humano, dessedentação animal, regularização da vazão ecológica do rio e pesca. Mas,

adotando-se como custo de oportunidade apenas a geração de energia elétrica, chegou-se a uma geração de 24 MWh ano<sup>-1</sup>, nas usinas hidrelétricas da Chesf (Itaparica, Paulo Afonso e Xingó) que ficam a jusante do PPI Mandacaru (Relatório da TR Consultoria em Tarifas e Regulação Ltda., 2007, empresa Contratada pela Codevasf). Um lote do Projeto Mandacaru estava com seu solo no início de um processo de salinização e seu respectivo dono já haviam perdido a esperança de poder voltar a produzir. Mas com o manejo da própria irrigação localizada foi feito um processo de "lavagem" dos sais que se encontravam nas camadas superficiais por meio de pulsos consecutivos de irrigação, com o devido acompanhamento de especialistas da Codevasf em drenagem e o acompanhamento da assistência técnica contratada pelo distrito, o que permitiu a recuperação da capacidade produtiva do lote.



**Figura 5. Lote com presença de sais em camadas de solo mais rasas (Registro fotográfico dos autores).**

#### **5.4 Protocolo Mandacaru**

A Metodologia Mandacaru, é na verdade um Protocolo de Trabalho. Portanto, o Protocolo Mandacaru na verdade não se trata somente de irrigação, como muitos podem imaginar, mas ela é basicamente uma mudança no paradigma da gestão de água de um PPI, que tem como ponto de partida a alteração dos sistemas parcelares de irrigação.

A individualização do bombeamento parcelar, com a instalação de hidrômetros auxilia na gestão da infraestrutura de irrigação de uso comum dos PPIs. Desta feita, com a individualização do bombeamento há uma transferência para o irrigante dono do lote (usuário de água) da responsabilidade pelo uso da água, uma vez que no caso de um inadimplemento no pagamento da tarifa de energia a atribuição passa a ser das concessionárias de energia elétrica que podem cortar a energia e por consequência cortar a água dos usuários devedores.

Assim, a gestão do distrito de irrigação manteve o foco na captação e distribuição de água, com a diminuição do inadimplemento e tarifas condominiais (rateio das despesas de operação e manutenção) mais adequadas à realidade da produção agrícola irrigada, tornou-se mais eficiente.

Outro aspecto importante, é que o sistema de pressurização individualizado permite a fertirrigação, ou nutriirrigação, e a aplicação de matéria orgânica via água, algo impensável nos sistemas de irrigação por superfície. Isso, reduz o desperdício de adubo, reduzindo a poluição pontual que ocorre por carreamento de elementos químicos dos adubos para o rio.

O Protocolo Mandacaru desenvolvido pela Codevasf é constituído por diversas fases, a saber: (i) Identificação do lote em questão com relação as culturas plantadas, área de cada uma e seu respectivo espaçamento; (ii) Conhecimento do sistema de irrigação original com relação ao volume de água utilizado, vazão, turno de rega, área e cultura atendidas; (iii) Conhecimento das tarifas de energia e o valor pago pela água, no caso em tela como foi em um Projeto Público de Irrigação o valor cobrado pelo condomínio (Distrito) para custear as ações de operação e manutenção (despesas fixas e variáveis), no caso de um projeto privado levantar com o proprietário essas despesas desde a outorga de uso da água até as despesas de operação e manutenção do sistema atual (antes da conversão); (iv) Determinar o balanço hídrico atual por lote e determinar os respectivos volumes antes da conversão; (v) Elaborar relatório com os dados técnicos e um panorama geral do projeto, no que diz respeito a localização (informações do CAR e georreferenciamento são bem-vindas) e informações socioeconômicas antes da conversão como por exemplo valor bruto da produção alcançado, empregos gerados por hectare e receita líquida (se for possível); (vi) Elaborar o Projeto Executivo para o lote em questão com o balanço hídrico futuro, cálculos hidráulicos (levando-se em consideração aspectos edáficos e testes de bulbo *in loco*), elevatória, desenhos e orçamentos detalhados, especificações técnicas do sistema como um todo sistema de bombeamento, fertirrigação, válvulas (alívio, ventosas, retenção etc.), automação, filtros etc.; (vii) Determinar os volumes futuros por cultura e sistema de irrigação; (viii) Fazer o balanço energia elétrica - atual x projeto (futuro); (ix) Realizar comparativo custos de operação atual x projeto (futuro), considerando os gastos de energia elétrica agregada com o projeto (é recomendável fazer uma simulação acerca do consumo de energia elétrica entre as situações atuais consideradas e aquela prevista para o modelo proposto); e (x) Realizar a análise financeira de sensibilidade considerando-se as taxas de exploração atual (efetiva) e futura de 100%.

Segundo o Professor Everardo Chartuni Mantovani (2017):

Os objetivos e premissas propostas na Metodologia Mandacaru vão de encontro às necessidades básicas da quase totalidade dos PPI no Brasil que apresentam sérios problemas no tocante a sustentabilidade econômica, social ou ambiental em função de vários aspectos, destacando-se a irrigação por superfície com muita baixa eficiência, falta de uma estrutura moderna e efetiva de gestão da irrigação e falta de informações técnicas, entre outras.

## 5.5 Avaliação dos resultados

Após a conversão dos sistemas de irrigação do PPI Mandacaru era necessário fazer uma avaliação para se determinar o impacto do que foi realizado. Com isso, para a consecução desta avaliação *ex post*, conforme recomendado pela metodologia descrita no livro "Avaliação Econômica de Projetos Sociais (MENEZES FILHO; PINTO, 2017)", foi estabelecido um grupo controle com características semelhantes ao grupo tratamento (PPI Mandacaru), para tanto o controle escolhido foi a área de lotes familiares do PPI Tourão que apresenta tamanho de área de lote, sistemas de irrigação parcelares e solos com características semelhantes ao do PPI Mandacaru. O período avaliativo considerado foi de 2010 a 2013 (FEITOSA *et al.*, 2017).

Os beneficiários do projeto de conversão de sistemas de irrigação do PPI Mandacaru (grupo tratamento) são agricultores que plantam as mesmas culturas irrigadas do outro grupo que ainda não foi contemplado com a substituição dos sistemas de irrigação, por isso, os

agricultores ocupantes de lotes familiares do PPI Tourão foram escolhidos como grupo controle.

Visando simplificar a análise, a metodologia aplicada foi o Teste das Médias. A variação do Valor Bruto da Produção (VBP), que é função da produtividade e do preço, resume perfeitamente a interação das outras variáveis, pois é a variável mais percebida pelo agricultor irrigante.

As Tabelas 4 e 5 foram geradas utilizando-se recursos da Estatística Descritiva do MS Excel - Análise de Dados. A Tabela 6 contém os dados dos grupos de controle (Valor Bruto da Produção – VBP C e de tratamento (Valor Bruto da Produção - VBP T) antes da conversão dos sistemas de irrigação no PPI Mandacaru (2010).

Em seguida procedeu-se à análise estatística dos dados, onde ficou demonstrado não haver diferença significativa do Valor Bruto da Produção do Controle (VBP C) e do Valor Bruto da Produção do Tratamento (VBP T) antes da intervenção (2010). A significância das diferenças das médias dos VBP depois da intervenção (2013) ficou comprovada conforme demonstrado na Tabela 6. O nível de confiança das análises é de 95%.

Verificada a significância das diferenças entre o grupo tratamento e o grupo controle passou-se a estimar o impacto do projeto de conversão de sistemas de irrigação implantado no PPI Mandacaru em 2010, quando comparado com PPI Tourão no período de 2010 a 2013.

**Tabela 4. Dados estatísticos para a situação antes da implantação do projeto (2010) (FEITOSA, MACHADO; FRANCO, 2017).**

Dados Estatísticos	Valor Bruto da Produção VBP C antes	Valor Bruto da Produção VBP T antes
Média	7.100,09	7.448,74
Erro padrão	175,60	146,42
Desvio padrão	1.053,63	1.055,87
Variância da amostra	1.110.134,36	1.114.860,75
Contagem	36	52
Nível de confiança (95%)	356,50	293,96

A Tabela 5 contém os dados dos dados dos grupos de controle (VBP C) e de tratamento (VBP T) após a implantação da conversão dos sistemas de irrigação no PPI Mandacaru (2013).

**Tabela 5. Dados estatísticos para a situação depois da implantação do projeto (2013) (FEITOSA, MACHADO; FRANCO, 2017).**

Dados Estatísticos	Valor Bruto da Produção C depois	Valor Bruto da Produção T depois
Média	10.415,02	15.839,57
Erro padrão	257,59	343,28
Desvio padrão	1.545,55	2.475,40
Variância da amostra	1.110.134,36	1.114.860,75
Contagem	36	52
Nível de confiança (95%)	522,94	689,16

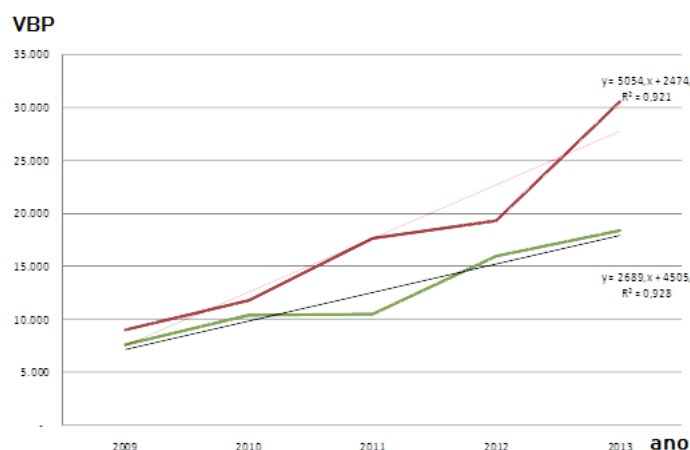
Na Figura 6 apresenta a evolução dos VBP, em valores correntes, dos projetos públicos de irrigação (PPI) Mandacaru (linha vermelha) e Tourão (linha verde) no período estudado.

**Tabela 6. Análise estatística para o teste das médias com 95% de confiança (FEITOSA, MACHADO; FRANCO, 2017).**

Variável	Média		Intervalo de Confiança				Diferença Significante
	Trat.	Ctrl.	Trat.		Ctrl.		
			Min.	Máx.	Min.	Máx.	
VBP antes	7.448,47	7.100,09	7.154,51	7.742,43	6.743,59	7.456,59	Não
VBP depois	15.839,57	10.415,02	15.150,41	16.528,72	9.892,08	10.937,96	Sim

A técnica Diferenças em Diferenças foi utilizada para estimar o impacto do projeto de conversão de sistemas de irrigação implantado no PPI Mandacaru em 2010, quando comparado com o projeto público de irrigação (PPI) Tourão no período de 2010 a 2013. Foram realizadas análises verticais e horizontais, onde se verificaram as diferenças dos VBP, como demonstrado na Tabela 7.

Comparando-se a Tabela 6 que estabelece os limites mínimos e máximos, com a Tabela 7, observa-se que não houve diferença significativa entre as médias referentes ao ano 2010, mas constatou-se diferença significativa entre as médias referentes a 2013 para o PPI Mandacaru, não havendo diferença significativa para o PPI Tourão. Desta forma, comprovou-se ocorrência de impacto da conversão de sistemas de irrigação implantado no PPI Mandacaru em 2010 pelo Teste das Médias.



**Figura 6. Evolução do valor bruto da produção (VBP, R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) dos projetos públicos de Irrigação (PPI) Tourão e Mandacaru no período de 2010 a 2013 (Relatórios de Gestão da Codevasf).**

**Tabela 7. Resultados da técnica Diferenças em Diferenças (FEITOSA; MACHADO; FRANCO, 2017).**

PPI	2013	2010	Diferença
Mandacaru	R\$ 15.839,57	R\$ 7.448,47	R\$ 8.391,10
Tourão	R\$ 10.415,02	R\$ 7.100,09	R\$ 3.314,93
Diferença	R\$ 5.424,55	R\$ 348,38	R\$ 5.076,17

A partir daí, foi feito o cálculo do retorno econômico deste projeto de conversão no PPI Mandacaru (tratamento) em comparação com o PPI Tourão, que representa o grupo controle.

Em 2009, a Codevasf iniciou os investimentos no valor de R\$ 3.200.000,00 para realizar a mudança dos sistemas, sendo R\$ 2.900.000,00 especificamente em aquisição e implantação de equipamentos de irrigação localizada.

Como já visto, os investimentos resultaram em uma redução do volume anual de água bombeada do Rio São Francisco da ordem de 50%. No que concerne à redução dos custos com energia elétrica, infelizmente estes não ocorreram na mesma proporção do volume bombeado, mas sua economia foi da ordem de 20 %, isto por causa da denominada Demanda Contratada, que é um ônus pago para se ter a energia disponível com potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, estando ou não o sistema em funcionamento.

A partir de um estudo um minucioso das receitas e dos custos de produção das culturas irrigadas no PPI Mandacaru, demonstrou-se nítidas diferenças entre os sistemas de produção preconizados para os 2 (dois) métodos de irrigação: superfície e localizada.

Os investimentos, as receitas, os custos culturais e operacionais, observados no período de 2010 a 2013, foram atualizados pelo INPC até novembro de 2015. Para o estudo econômico, foi considerada a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que é a mais adequada para o período analisado e para os estudos posteriores. O custo de oportunidade, contabilizado como receita, foi atribuído à energia elétrica gerada pelo volume de água economizado a cada ano, no valor de R\$ R\$ 129.634,09/ano.

Os dados de investimentos, custos e receitas dos grupos de tratamento e controle foram analisados visando determinar a relação B/C, a TIR e o VPL dos agricultores familiares dos PPI Mandacaru e Tourão, a análise financeira do PPI Mandacaru (grupo tratamento) consta na Tabela 8. A análise financeira do PPI Tourão (grupo controle) consta na Tabela 9.

**Tabela 8. Resumo da análise financeira do PPI Mandacaru período 2010-2013 (FEITOSA, MACHADO; FRANCO, 2017).**

Ano	VBP	Benefício Bruto	Custos Totais	Benefício Líquido
2010	R\$ 4.273.133,76	R\$ 4.273.133,76	R\$ 9.803.806,13	-R\$ 5.530.672,37
2011	R\$ 6.941.579,83	R\$ 7.071.213,90	R\$ 3.832.277,56	R\$ 3.238.936,34
2012	R\$ 6.543.721,56	R\$ 6.665.925,62	R\$ 3.612.629,68	R\$ 3.053.295,94
2013	R\$ 6.161.696,39	R\$ 6.276.766,12	R\$ 3.401.722,86	R\$ 2.875.043,26
<b>Total Benefícios</b>		<b>R\$ 24.287.039,40</b>	<b>R\$ 20.650.436,23</b>	

B/C: 1,176. VPL: R\$ 2.505.936,06. TIR: 31,0%.

**Tabela 9. Resumo da análise financeira do PPI Mandacaru período 2010-2013 (FEITOSA, MACHADO; FRANCO, 2017).**

Ano	VBP	Benefício Bruto	Custos Totais	Benefício Líquido
2010	R\$ 2.106.883,49	R\$ 2.106.883,49	R\$ 2.049.793,74	R\$ 57.089,75
2011	R\$ 1.978.851,78	R\$ 1.978.851,78	R\$ 1.925.231,28	R\$ 53.620,50
2012	R\$ 1.865.433,43	R\$ 1.865.433,43	R\$ 1.814.886,20	R\$ 50.547,23
2013	R\$ 1.756.528,65	R\$ 1.756.528,65	R\$ 1.708.932,39	R\$ 47.596,26
<b>Total Benefícios</b>		<b>R\$ 7.707.697,35</b>	<b>R\$ 7.498.843,61</b>	

B/C: 1,028. VPL: R\$ 181.721,43.

A análise financeira demonstrou que houve maior impacto do projeto de conversão dos sistemas de irrigação no PPI Mandacaru, implantado em 2010, quando comparado ao grupo controle (PPI Tourão) no período compreendido entre 2010 e 2013.

O PPI Mandacaru apresentou VPL de R\$ 2.505.936,06, relação B/C de 1,176 e TIR igual a 31%, enquanto o PPI Tourão apresentou VPL de R\$ 181.721,43 e relação B/C igual a 1,028. A TIR do PPI Tourão não pôde ser calculada porque não houve investimento inicial (2010).

Esses resultados demonstram a efetividade dos investimentos realizados através do projeto de conversão dos sistemas de irrigação no PPI Mandacaru, implantado pela Codevasf no ano de 2010. Assim, ajudaram a decidir pela replicação da metodologia adotada no PPI Mandacaru em 4 (quatro) PPI: Maniçoba (BA), Curaçá (BA), Tourão (BA) e Bebedouro (PE).

A metodologia adotada neste trabalho poderá servir como base para a adoção da avaliação de impacto dos investimentos em projetos públicos de irrigação, atenuando a complexidade do tema e tornando os dados acessíveis aos gestores, às associações de irrigantes e aos irrigantes dos PPI. A sistematização dos indicadores e resultados servirão para orientar o planejamento, a execução e o monitoramento das atividades desenvolvidas nesses projetos para que eles alcancem maiores eficiência, eficácia e efetividade.

## **5.6 Replicação para novos projetos**

Devido aos resultados contundentes obtidos no Projeto Mandacaru, principalmente no que diz respeito ao uso eficiente da água na irrigação, geração de renda e aumento de produtividade, o Ministério da Integração solicitou a Codevasf, no ano de 2012, que elaborasse projetos executivos para atender a produtores ocupantes de lotes familiares com vistas à conversão dos sistemas de irrigação parcelares nos Projetos Públicos de Irrigação (PPI) localizados na região do submédio do rio São Francisco, onde está inserido o Polo Juazeiro-Petrolina, com base na Metodologia Mandacaru desenvolvida.

Os PPI que foram atendidos foram Bebedouro (Petrolina-PE), Curaçá, Maniçoba e Tourão (Juazeiro-BA). Um dos motivos para tanto é que a área de irrigação por superfície com sistemas de irrigação por sulco nos lotes agrícolas familiares representava mais de 4.000 ha e, via de regra, os produtores donos desses lotes não tinham condições financeiras para arcar com a conversão de sistemas sem não houvesse um estímulo ou incentivo para tanto.

Desta feita, em 2013, a Secretaria Nacional de Irrigação - SENIR, órgão do Ministério da Integração, fez o destaque orçamentário para que a Codevasf pudesse realizar a licitação e, assim, selecionar e contratar a empresa para desenvolver os projetos executivos para cada lote integrante dos projetos selecionados.

A Codevasf, procedeu então a contratação da empresa que elaboraria os projetos executivos de irrigação parcelar em lotes agrícolas familiares e faria a análise do sistema hidráulico geral desses lotes localizados nos respectivos projetos públicos de irrigação Tourão, Maniçoba e Curaçá, localizados no município de Juazeiro, Estado da Bahia e do PPI Bebedouro, localizado no município de Petrolina, Estado de Pernambuco. No total, foram elaborados 528 projetos executivos para produtores ocupantes de lotes familiares perfazendo uma área de 4.042,55 ha.

Visando a elaboração dos projetos para sistemas com gotejamento foram elaborados testes de bulbo (Pela 1ª vez exigido em Edital no Serviço Público, esta inovação foi incorporada ao Protocolo Mandacaru e passou a ser integrante como condição obrigatória em projetos com sistemas de irrigação baseados na tecnologia de gotejamento). Estes testes determinam a relação entre as distintas vazões de emissores e seu tempo de aplicação na formação do referido bulbo molhado, determinando o percentual de área molhada e o espaçamento máximo entre emissores. Além disso, foram também elaborados testes de velocidade de infiltração de

água no solo, o que resultaram em projetos extremamente detalhados e com o um nível de precisão bem apurada.

Em função da análise dos estudos de solos e dos mapas com as manchas irrigáveis, foram executados, para os quatro projetos públicos de irrigação, 33 testes pedológicos, assim distribuídos: (i) projeto Curaçá: 14 testes; (ii) projeto Maniçoba: 13 testes; (iii) projeto Bebedouro: 3 testes, e (iv) projeto Tourão: 3 testes.

Assim, cada um dos 528 produtores recebeu um caderno contendo todo detalhamento de projeto, o respectivo orçamento com os custos unitários, o cadastro agrícola do lote e a assinatura do proprietário dando o de acordo, além da anotação de responsabilidade técnica do engenheiro responsável pelo projeto e de todos os estudos e diagnósticos preconizados na Metodologia Mandacaru.

Na Tabela 10, observa-se que para os 528 lotes atendidos com os respectivos projetos executivos o investimento necessário seria da ordem de R\$ 38 milhões em 2013.

**Tabela 10. Demonstrativo por projeto público de irrigação dos custos de investimentos necessários (equipamentos e obras), para atendimento aos quantitativo de lotes atendidos com os projetos executivos e a área de projeto respectiva a ser beneficiada com a conversão de sistemas, ano base 2013.**

Projeto	Lotes	Área de Projeto (ha)	Investimentos (R\$)		Total (R\$)
			Equipamentos	Obras	
Bebedouro	98	868,22	6.854.243,77	2.000.575,68	8.855.687,67
Curaçá	203	1.435,97	9.531.489,25	3.663.790,93	13.196.716,15
Maniçoba	191	1.532,47	10.249.515,65	3.692.486,98	13.943.535,10
Tourão	36	205,89	1.710.123,23	601.952,96	2.312.282,08
Total	528	4.042,55	28.345.371,90	9.958.806,55	38.308.221,00

Relatório da empresa Hydros Engenharia e Planejamento Ltda. (Contrato 0.138.00/2013/Codevasf). Valor médio do dólar em 2013: R\$ 2,15).

**Tabela 11. Demonstrativo por projeto público de irrigação da redução do volume de água bombeado e percentual de economia de energia da energia das estações de bombeamento coletivas a partir da estimativa projetada pelos projetos executivos elaborados. V<sub>1</sub>: Volume médio bombeado anualmente (m<sup>3</sup>). V<sub>2</sub>: Volume de água economizado (m<sup>3</sup>). P<sub>1</sub>: % de volume economizado de água. P<sub>2</sub>: % de energia economizada das estações de bombeamento coletivas.**

Projeto	V <sub>1</sub>	Estimativas de projeto (anual)		
		V <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
Bebedouro	26.900.372,71	15.801.278,93	59	35
Curaçá	40.885.623,28	28.808.010,16	70	48
Maniçoba	43.846.181,50	30.262.634,47	69	34
Tourão	7.399.512,31	4.346.473,53	59	42
Total	119.031.689,79	79.218.397,09		

Relatório da empresa Hydros Engenharia e Planejamento Ltda. (Contrato 0.138.00/2013/Codevasf). Valor médio do dólar em 2013: R\$ 2,15).

Em tempos de crise hidrológica provocada pela escassez de chuvas na Bacia do Rio São Francisco, além dos ganhos ambientais e de economia de água há ainda uma economia de energia para as estações de bombeamento coletivas que captam as águas do Rio São Francisco e distribuem para os respectivos lotes agrícolas, conforme Tabela 11 a seguir.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 11, partindo-se da premissa de que na região do semiárido brasileiro o consumo humano de água é de no máximo 100 litros/dia/pessoa, considerou-se que a economia de água que a conversão dos sistemas de irrigação parcelares poderia proporcionar é da ordem de 79 bilhões de litros anuais (79.000.000 m<sup>3</sup>). O que representa o atendimento diário de uma população de mais 2 milhões de pessoas, conforme Tabela 12, para um consumo diário *per capita* 100 litros dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 12. Estimativa de população beneficiada com a previsão de economia de consumo de água da irrigação promovida pela conversão dos 528 sistemas. (A) m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>. (B) m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> [(A)/365]. (C) Consumo humano (L dia<sup>-1</sup> pessoa<sup>-1</sup>). (D) Estimativa da população beneficiada diariamente (pessoas) [(B).1000/(C)].**

<b>Economia de água esperada</b>			
<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>
79.000.000	216.438,36	100	2.164.383

Além disso, os estudos realizados para a execução dos projetos executivos, preconizados pelo Protocolo Mandacaru, apontaram ganhos na área cultivada, na produção e no valor bruto de produção que acabam impactando na geração de emprego, renda e na arrecadação de tributos. Na Tabela 12 são apresentadas algumas estimativas obtidas pelos estudos.

O objetivo de um projeto de investimento é aumentar o valor da empresa, concluindo que "o investimento será atraente se o fluxo de caixa da empresa com investimento for maior que o fluxo de caixa da empresa sem investimento, caso contrário não teria nenhuma vantagem realizar o investimento (LAPPONI, 2000)". A conversão dos sistemas de irrigação em lotes de Projetos Públicos de Irrigação demonstra que além de viável economicamente, podem promover outros ganhos sociais e ambientais que a princípio não foram percebidos ou se demonstravam intangíveis.

**Tabela 13. Produção agrícola atual e projetada após a conversão dos sistemas com relação a área cultivada (A, ha), produção agrícola (PA, t) e valor bruto da produção (VBP, R\$) por Projeto.**

<b>Projeto</b>	<b>Produção agrícola atual</b>			<b>Produção agrícola projetada</b>		
	<b>A</b>	<b>PA</b>	<b>VBP</b>	<b>A</b>	<b>PA</b>	<b>VBP</b>
Bebedouro	694,03	22.316,74	30.153.234,33	694,03	34.849,07	42.335.540,65
Curaçá	1.284,75	58.579,43	44.245.145,84	1.290,59	65.766,80	50.934.865,20
Maniçoba	2.367,62	61.948,80	43.270.212,80	2.367,62	89.549,47	66.605.605,90
Tourão	251,23	5.992,68	5.519.662,40	270,35	9.324,40	8.379.285,75
<b>Total</b>	<b>4.597,63</b>	<b>148.837,65</b>	<b>123.188.255,37</b>	<b>4.622,59</b>	<b>199.489,74</b>	<b>168.255.297,5</b>

## 5.7 Desafios e oportunidades

A sustentabilidade da agricultura irrigada é influenciada diretamente pelo manejo adequado da água aplicada nos sistemas agrícolas, através de avaliações do consumo hídrico das culturas e das condições ambientais locais. Todavia, a modernização ou conversão de sistemas de irrigação pode também favorecer, além dos ganhos de produtividade, para minimizar os efeitos cada vez mais frequentes das mudanças no regime de chuvas e a escassez de recursos hídricos e, assim, contribuir para garantir a prática de uma agricultura irrigada mais sustentável e propiciar inclusive a disponibilidade de água nos mananciais existentes para outros usos, destarte o consumo humano.

Um dos desafios da agricultura irrigada é demonstrar que é grande aliada na produção de alimentos e não só uma consumidora de água. Para tanto é preciso ampliar a visão, é preciso se pensar na bacia hidrográfica como um todo com vistas a preservação dos recursos hídricos e o seu uso eficiente e estabelecer planos que favoreçam a melhoria da gestão dos recursos hídricos a começar pela modernização dos sistemas de irrigação ou mesmo a conversão de sistemas com mudanças do método de irrigação.

A agricultura brasileira é uma das maiores do mundo tanto na produção de alimentos quanto na produção de energia renovável. Ela terá um papel cada vez mais importante na produção de alimentos para o Brasil e o mundo, mas que só poderá desenvolver todo o seu potencial com o acesso e o uso adequado das tecnologias desenvolvidas e a irrigação é a grande ferramenta para tal. Em tempos de mudanças climáticas, cada gota de água importa na produção agrícola. É preciso fazer gestão e uso racional do recurso água e discutir melhor o uso das águas superficiais e subterrâneas, assim como, das infraestruturas necessárias para sua implementação.

A irrigação em projetos públicos de irrigação por ter tudo isso a seu dispor deve ser muito bem manejada e a gestão da água deve ser feita com muito profissionalismo e utilizando-se das ferramentas adequadas. Grandes oportunidades se descortinam com advento da agricultura 4.0 e uso de sistemas integrados para otimização do uso de insumos agrícolas, mormente a água.

Mas para isso é importante vencer alguns desafios, tais como (BASSOI *et al.*, 2017): (i) melhorar a integração dos entes governamentais envolvidos para que possam formular políticas do setor agrícola para incentivar à prática agricultura irrigada bem como incentivos, (ii) promover a pesquisa para desenvolvimento de equipamentos de irrigação, de culturas para desenvolvimento de cultivares que possam responder produtivamente ao uso de irrigação ou que sejam mais resistentes às condições adversas e produzam satisfatoriamente com pouca água, de sistemas de automação para integração das atividades rurais, etc., (iii) promover a capacitação com o foco na agricultura irrigada e principalmente na agricultura 4.0 de alta precisão, (iv) fomentar a assistência técnica auto patrocinada pelos produtores, pois os serviços passam a ter o controle de qualidade feito por quem efetivamente se utiliza dos mesmos, (v) criar condições para desonerar a compra de equipamentos que possam ajudar no uso eficiente da água na agricultura, e (vi) promover a gestão integrada de recursos hídricos com uma visão ampliada na bacia como um todo, como por exemplo definindo limites de uso dos recursos hídricos na agricultura em volume anual por tipo de cultura ou atividade agrícola amarrados ao seu retorno socioeconômico e ambiental, para que em momentos de crise na bacia possam ser priorizados aqueles plantios que favorecem uma maior geração de emprego e renda com um menor consumo de água em desfavor de outro que não tenha um desempenho tão significativo.

## 5.8 Considerações finais

O Brasil apresenta grande variabilidade com relação a eficiência de uso da água na irrigação. Isto se deve ao fato que a irrigação é uma atividade complexa e que precisa de acompanhamento, mas as oportunidades são grandes, é preciso ter vontade para encarar e desmistificar alguns conceitos errôneos a respeito da agricultura, principalmente da agricultura irrigada, no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos. Se o Brasil quiser se manter como parte da solução no fornecimento de alimentos para o mundo é preciso acreditar na agricultura irrigada e tirar as amarras para que ela possa voltar a ter importância no cenário nacional, com políticas públicas que fomentem o setor da irrigação.

## Referências

- BASSOI, L.H.; GONDIM, R.S.; RESENDE, R.S.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. A agricultura irrigada no nordeste do Brasil: estado da arte, desafios e oportunidades. In: RODRIGUES, L.N.; DOMINGUES, A.F. (Ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidade para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Inovagri, p.131-166, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168474/1/Agricultura-Irigada.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- BRUINSMA, J. **The resource outlook to 2050: by how much do land, water use and crop yields need to increase by 2050**. Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Rome, FAO and ESDD, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ak542e/ak542e06.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- DOURADO, A.; FREIRE JÚNIOR, E.; MACHADO, F.O.C.; MOREIRA, M.; LIMA, R.G.; SANTOS, R.L.F. **Perímetros públicos de irrigação: propostas para o modelo de transferência da gestão**. Trabalho de conclusão de curso (MBA em gestão pública) - Fundace e Codevasf. Brasília, 72p., 2006.
- EFFERTZ, R. Operação e manutenção de projetos de irrigação. In: **Manual de irrigação**. Brasília: Bureau of Reclamation, Codevasf, v.4, 2002.
- FEITOSA, A.C.; MACHADO, F.O.C.; FRANCO, R.R.V. Avaliação econômica da conversão de sistemas de irrigação no perímetro Irrigado Mandacaru, em Juazeiro, no estado da Bahia. In: Congresso CONSAD de Gestão Pública, 10, 2017, Brasília. **Anais**. Brasília: CONSAD, 2017. Disponível em: [http://consad.org.br/wp-content/uploads/2017/05/Painel-18\\_02.pdf](http://consad.org.br/wp-content/uploads/2017/05/Painel-18_02.pdf). Acesso em: 10 nov. 2020.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global forest resources assessment 2010**. 163p. Rome, 2010. Disponível em: [http://foris.fao.org/static/data/fra2010/FRA2010\\_Report\\_en\\_WEB.pdf](http://foris.fao.org/static/data/fra2010/FRA2010_Report_en_WEB.pdf). Acesso em: 10 nov. 2020.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW): managing systems at risk**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- HECTA CONSULTORIA E ADMINISTRAÇÃO. **Distrito de irrigação: possível contribuição da experiência dos Estados Unidos na concepção de um modelo brasileiro**. São Paulo: Hecta, Codevasf, 1987.
- HEINZE, B.C.B. **A importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da região Nordeste do Brasil**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) - Fundação Getúlio Vargas, Brasília, Ecobusiness School, 2002.
- LAPPONI, J.C. **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa**. São Paulo, SP. Laponi Treinamento e Editora, 2000.
- MENEZES FILHO, N.A.; PINTO, C.C.X. (Org.). **Avaliação econômica de projetos sociais**. 3. ed., Fundação Itaú Social, São Paulo, SP, 2017. Disponível em: [https://www.itausocial.org.br/wp-content/uploads/2018/05/avaliacao-economica-3a-ed\\_1513188151.pdf](https://www.itausocial.org.br/wp-content/uploads/2018/05/avaliacao-economica-3a-ed_1513188151.pdf). Acesso em: 12 nov. 2020.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**. Brasília: IICA, 2008.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretaria Nacional de Irrigação. **Desafios para a transferência de gestão dos perímetros públicos de irrigação**: proposta para a efetiva emancipação. Relatório. Brasília, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World population prospects**: the 2008 revision population database. New York, 2009.

RODRIGUES, L.N.; ZACCARIA, D. **Agricultura Irrigada**: um breve olhar. Fortaleza: Inovagri, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218656/1/Lineu-Ebook-AgriculturaIrrigada-um-breve-olhar-VF.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. **Brasil 2040**. Brasília: SAE/PR, 2014.



## CAPÍTULO 6

### 6 ESCASSEZ HÍDRICA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO NO SETOR AGROPECUÁRIO

*Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima*

#### Resumo

Os maiores desafios para a expansão da agricultura irrigada são baseados na combinação, água, terras disponíveis, clima favorável e culturas com mercado viável. Em regiões áridas e semiáridas, o principal limitador, na maioria das vezes é a disponibilidade hídrica. Para otimizar o uso das terras e assim fazer essa a conexão ideal, o melhor caminho é trabalhar com atividades agrícolas de alto valor agregado e que possuam menor consumo de água. Geralmente, na agricultura irrigada, os cultivos que geram maior receita bruta, também propiciam mais e melhores empregos, pois exigem dedicação ao processo produtivo e melhor conhecimento tecnológico. Neste sentido é que este capítulo propõe uma nova abordagem para regiões com restrição hídrica propondo, tomar como referência os indicadores baseados em segurança: (i) produtiva, (ii) econômica, (iii) social e (iv) hídrica, incentivando a inovação tecnológica e um planejamento para o desenvolvimento econômico no setor agropecuário. As ações propostas neste texto poderão servir de modelo para políticas públicas em regiões semiáridas.

#### 6.1 Introdução

A melhoria da gestão dos recursos hídricos na agricultura é um objetivo prioritário em todo o mundo, especialmente em regiões semiáridas como o Nordeste brasileiro. Um dos maiores desafios no futuro próximo será aumentar a produção de alimentos utilizando menos água, particularmente em países com recursos hídricos limitados. (CÓRCOLES *et al.*, 2016). O aumento do uso de água pode implicar em restrição sobre sua disponibilidade para uso em terras irrigadas. Além disso, a escassez de água, típica das regiões áridas e semiáridas, juntamente com uma tendência de aumento nos custos de produção, estabelece incertezas sobre a agricultura irrigada, que está relacionada ao desenvolvimento. Uma das características mais importantes da agricultura irrigada é que ela deve ser sustentável para garantir sua viabilidade (MATEOS *et al.*, 2018).

O Estado do Ceará tem sido ágil na ampliação da infraestrutura de oferta hídrica que dê suporte aos novos investimentos de capital, público e privado, que se instalaram nessa nova fase de desenvolvimento da economia. Entretanto, esta demanda crescente, fruto da política de fomento do poder público ao desenvolvimento de diversos setores da economia, tornou-se necessário o estabelecimento de novas metodologias de gerenciamento das águas do estado. Com vistas a otimizar a gestão dos recursos hídricos do Estado, surgiu a necessidade do desenvolvimento de ferramentas baseadas em processo decisório, capazes de contribuir para um melhor planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, com o propósito de contribuir para a melhoria e definição de estratégias de gestão pública, dentro dos interesses socioeconômicos do Estado (LIMA, 2020).

O que iremos apresentar neste capítulo é uma metodologia de promoção do desenvolvimento econômico em situações de escassez hídrica, tendo como premissas, e eficiência no uso da água e a escolha de culturas agrícolas que possuem bons indicadores baseados em segurança produtiva, econômica, social e hídrica.

## 6.2 Contextualização

Nos últimos anos, o governo brasileiro realizou várias melhorias na agricultura irrigada, como investimento em novas instalações hidráulicas e reabilitação de sistemas mais antigos. Nos distritos de irrigação, o desempenho do sistema quanto à eficiência não é alto, possivelmente não só devido à infraestrutura (MATEOS *et al.*, 2018), mas também pelo manejo inadequado da irrigação. Uma maneira de melhorar a gestão dos recursos hídricos escassos é aumentar a eficiência do uso da água, realizando investimentos em conhecimento e capacitação humana.

O estado do Ceará foi um dos pioneiros em experiências de gestão dos recursos hídricos no Brasil e, como a maioria dos estados, implantou instrumentos e mecanismos próprios para o tratamento social, político e ambiental das águas que dispõe. Esse Estado vem passando por um período de dificuldades climáticas. O último bom inverno foi em 2011, sendo que 2016 foi o quinto ano consecutivo de chuvas muito abaixo da média histórica, sendo insuficientes para produzir boas safras e manter o nível dos reservatórios, influenciando negativamente por uma razão ou outra, todas as cadeias produtivas da agropecuária, inclusive a agricultura irrigada, reduzindo a produção e exportação do setor. A partir de 2017 iniciou-se uma recuperação rápida ou lenta conforme cada setor, que permaneceu até 2020 e deve continuar em 2021, visto que em 2020 ocorreu uma precipitação média satisfatória que contribuiu para uma boa reserva hídrica que deverá garantir o fornecimento de água para a atual área irrigada das regiões produtoras, além da chegada das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco - PISF.

O segmento primário da agropecuária cearense é composto por atividades de agricultura de sequeiro, agricultura irrigada, pecuária e aquicultura, que em conjunto sustentam os empregos diretos no campo e geram em torno de R\$ 5,5 bilhões de VBP – Valor Bruto da Produção na lavoura, pecuária e aquicultura, contribuindo ainda para o setor industrial e sendo responsável por boa parte das exportações cearenses. De acordo com o último censo realizado pelo IBGE em 2017/2018, o pessoal ocupado no setor agropecuário do Ceará é de 928,6 mil pessoas, que vivem em 394,3 mil propriedades em 6,9 milhões de hectares.

A pecuária é o mais forte setor da agricultura cearense, destacando-se a bovinocultura de leite, a avicultura, a ovino-caprinocultura e a apicultura. A bovinocultura de leite destaca-se em um momento único em termos de tecnologia, mercado e geração de renda. Foi um setor que cresceu nos anos de escassez hídrica e que possui o maior VBP do setor agropecuário cearense.

A aquicultura cearense, com seus produtos de alto valor agregado, camarão e a tilápia, é um setor de grande potencial e precisa ser fortalecido com ações que envolvam tecnologia para maior produtividade e eficiência no uso da água. A tilápia é um dos carros-chefes dos peixes de cultivo no Brasil.

Fora do continente, temos um grande potencial no mar e o setor de pesca marítima no estado do Ceará foi outro que teve grande crescimento nos últimos anos, principalmente a exportação de Pescados, Lagosta e o Atum, recém introduzido na economia estadual e com grande potencial com a abertura do mercado europeu este ano de 2021.

A agricultura de sequeiro é extremamente influenciada pelo clima, variando ano a ano ao sabor do regime de chuvas, que, normalmente, são irregulares no tempo e no espaço, como acontece de resto em todo o semiárido, no qual mais de 95% dos municípios do Estado (175 municípios dos 184) estão inseridos. Os produtos principais são milho, feijão, castanha de caju, mandioca e frutas, além da tradicional cera de carnaúba, que juntos somam cerca de 1,5 milhões de hectares plantados, entre culturas permanentes e temporárias.

Embora seja o mais recente setor da agropecuária cearense, a agricultura irrigada é o mais dinâmico, pois representando apenas 5% da área plantada total responde por 48,9% do VBP (Figura 1).

CEARÁ - AGRICULTURA IRRIGADA X AGRICULTURA SEQUEIRO (2020)						
AGRICULTURA	ÁREA (ha)		PRODUÇÃO (t)		VALOR DA PRODUÇÃO (R\$mil)	
AG. SEQUEIRO	1.438.813	95,3%	3.968.423	69,4%	2.221.150	51,1%
AG. IRRIGADA	71.232	4,7%	1.752.182	30,6%	2.124.450	48,9%
<b>TOTAL</b>	<b>1.510.045</b>	<b>100,0%</b>	<b>5.720.605</b>	<b>100,0%</b>	<b>4.345.600</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: IBGE/REAGRO, DNOCS, DAS, SRH, ADECE, INST.AGROPOLOS  
Elaboração: SEDE T/san

**Figura 1. Comparação entre Agricultura Irrigada x Agricultura de Sequeiro no estado do Ceará em 2020.**

A Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (SEDET) do Governo do Estado do Ceará possui quatro Secretarias Executivas que são elas: Secretaria Executiva da Indústria, do trabalho e empreendedorismo, do comércio, serviços e inovação e a do agronegócio. Esta última possui três objetivos principais: (i) aumentar o PIB no setor agropecuário cearense, (ii) gerar emprego no setor, (iii) aumentar a renda média no campo.

A SEDET possui como uma das estratégias para aumentar o valor agregado neste setor, a introdução de novas culturas que possuem maior valor agregado, menor consumo de água e maior geração de empregos. Este é um dos objetivos do Governo do Estado do Ceará traduzido no programa de eficiência no uso da água no setor agropecuário. Culturas como o Morango, Pimentão, Tomate, Pitaya, Cacau, Caqui, Romã e Mirtilo têm sido alternativas interessantes de produção nos campos irrigados cearense, pois geram renda ao produtor e mais empregos, com pouco uso de água.

Nesta vertente de culturas alternativas de maior valor agregado, destacamos, mesmo sendo uma cultura tradicional no Estado, a Cajucultura, que, se tratada como uma cultura em outros modelos de produção: adensada, fertirrigada, com podas intensivas e colheita padronizada, pode assim obter altas produtividades e maior valor agregado no caju e na castanha.

O Ceará não tem uma grande área possível de ser irrigada, porém possui mercados demandantes de frutas e vegetais de alto valor agregado que poderá atrair bons investimentos no setor. Características especiais como: localização estratégica no Oceano Atlântico que facilitam a exportação, clima favorável para a irrigação, infraestrutura logística moderna e defesa agropecuária com áreas livre de pragas, permitem o Estado pensar em ampliar no futuro o número de aproximadamente 73 mil ha produzidos com irrigação em 2020, para até 286 mil ha estimados pela Agência Nacional de Águas (ANA) para ser irrigado no Estado.

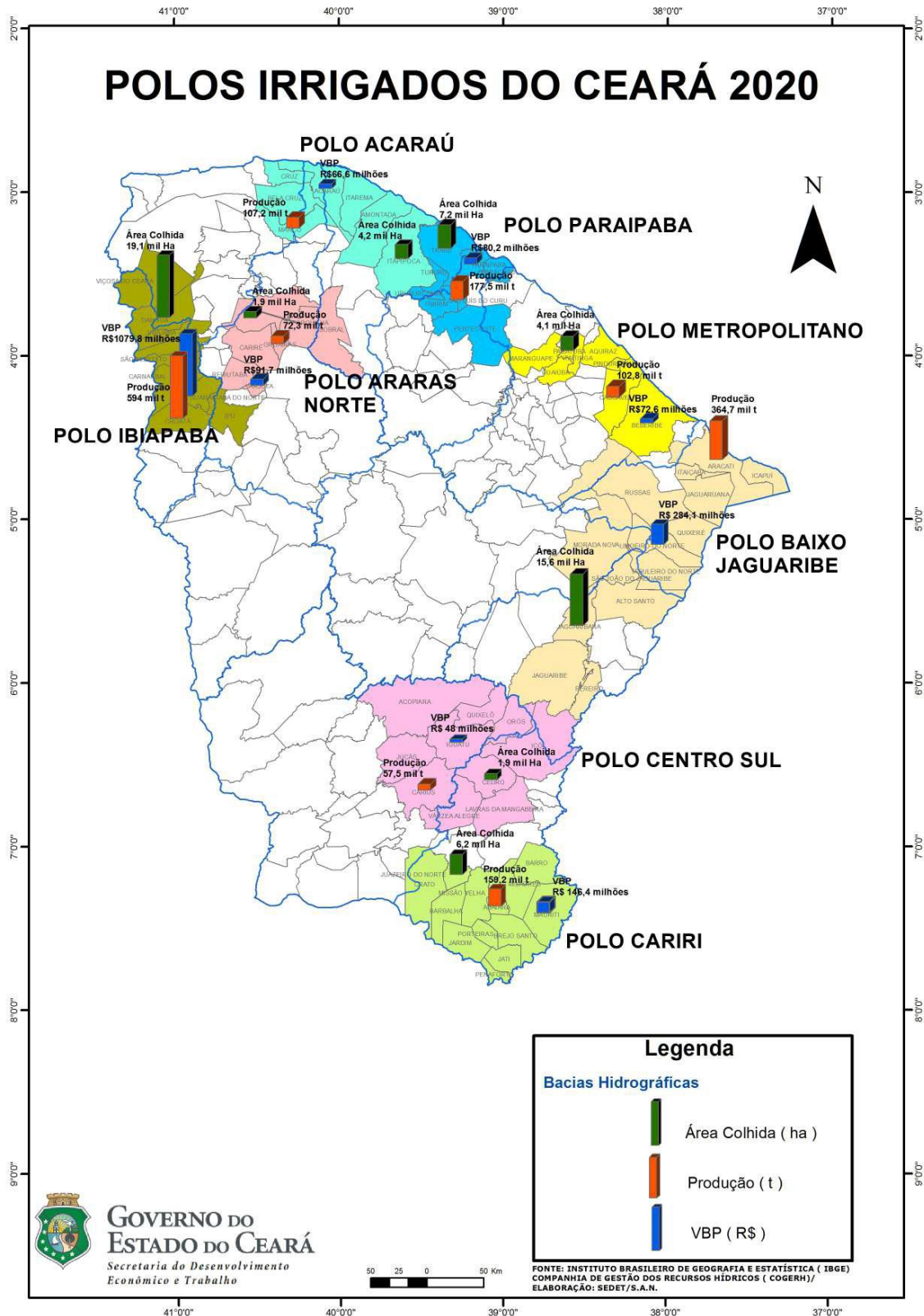
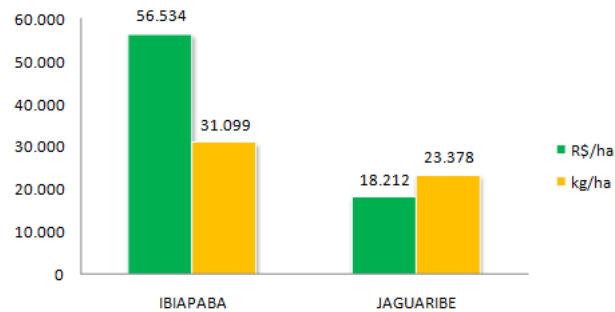


Figura 2. Impacto das culturas de alto valor agregado no VBP.

Além disso, para valorizar a água aplicada neste setor deve-se promover a introdução de novas culturas que possuem maior valor de comercialização, menor consumo de água e maior geração de empregos. Como exemplo, podemos observar na Figura 2, o Valor Bruto da Produção – VBP, a produção e a área irrigada dos polos de produção do Estado do Ceará. Pelos resultados apresentados, podemos observar, pela Figura 3, que a produtividade do Polo

do Jaguaribe é bem menor do que o Polo da Ibiapaba. Isso se deve ao fato de que a região do Jaguaribe possui culturas de menor valor agregado, além de aproximadamente ter 2 mil ha com a cultura do arroz com baixas produtividades e alto consumo hídrico. Na Ibiapaba, essa área irrigada possui hortaliças, frutas e flores que geram, além de maior riqueza, maior geração de emprego e menor consumo de água, tanto pelo clima, mas também por várias áreas em ambiente protegido.



**Figura 3. Produtividade das culturas nos polos de Ibiapaba e Jaguaribe em 2020.**

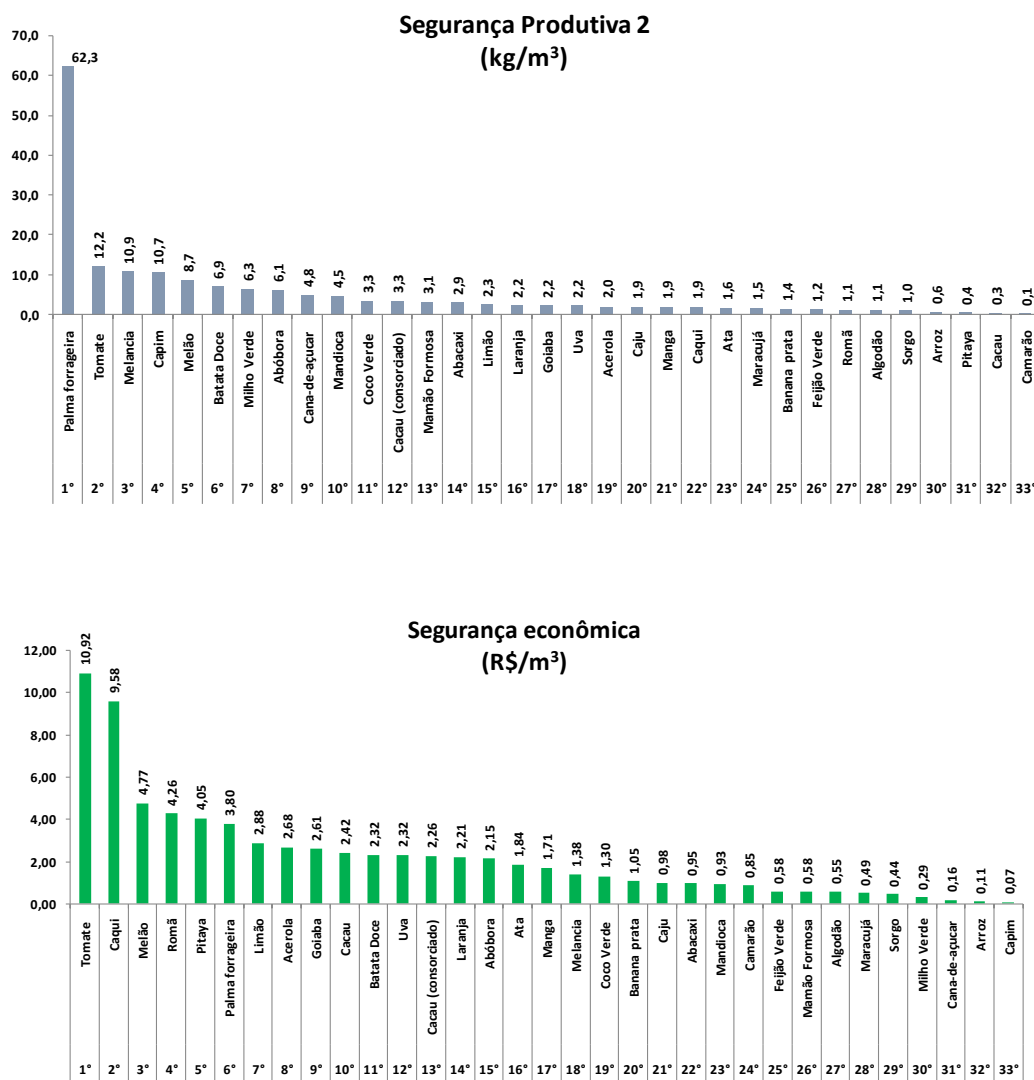
### 6.3 Ações estratégicas para o setor de agronegócio no estado do Ceará

De acordo com Frizzone *et al.* (2020), indicadores socioeconômicos são parâmetros importantes para se ter uma perspectiva da influência da produção, receita, consumo hídrico e geração de empregos das culturas irrigadas. Para analisar o desempenho das culturas irrigadas na sub-bacia do Baixo Jaguaribe foram utilizados indicadores de desempenho socioeconômicos agrupados em quatro quesitos, cada um composto por dois indicadores (Tabela 1): (i) segurança produtiva: produtividade da terra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), e produtividade da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ), (ii) segurança econômica: rentabilidade por unidade de área ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ), e rentabilidade por quantidade de água aplicada ( $\text{R\$ m}^{-3}$ ), (iii) segurança social: quantidade de empregos gerados por unidade de área ( $\text{empregos ha}^{-1}$ ), e empregos por unidade de volume de água aplicada ( $\text{empregos m}^{-3}$ ), e (iv) segurança hídrica: quantidade de água utilizada na irrigação por unidade de área, ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), e duração do ciclo da cultura. Após a análise dos quesitos e a definição dos pesos aplicados aos indicadores, realiza-se o cálculo do corte hídrico (CH), permitindo definir quais culturas teriam maior prioridade em caso de escassez hídrica. Cultivos com menor CH possuem prioridade de uso da água na Bacia.

**Tabela 1. Quesitos de análise para o setor demandante e alocação de água em condições de restrição hídrica e os respectivos indicadores a que se relacionam.**

Quesitos	Indicador 1	Indicador 2
Segurança produtiva	$\text{kg ha}^{-1}$	$\text{kg m}^{-3}$
Segurança econômica	$\text{R\$ ha}^{-1}$	$\text{R\$ m}^{-3}$
Segurança social	$\text{Empregos ha}^{-1}$	$\text{Empregos m}^{-3}$
Segurança hídrica	$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Ciclo do cultivo

Na Figura 4 temos a produtividade da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ) e a rentabilidade por quantidade de água aplicada ( $\text{R\$ m}^{-3}$ ) que são dois exemplos de indicadores utilizados na sub-bacia do Baixo Jaguaribe.



**Figura 4. Segurança produtiva e segurança econômica para a sub-bacia do Baixo Jaguaribe, CE.**

Para que se possa promover um aumento do VBP e maior geração de emprego e aumento da renda média no campo, entendemos que as prioridades para o setor agropecuário são: (i) definição dos indicadores e incentivos para o uso criterioso da água: definir indicadores conforme a metodologia proposta por Frizzone *et al.* (2020) para priorizar a alocação de água e criar mecanismos de outorga simplificada, (ii) assistência técnica especializada: viabilizar assistência técnica especializada como forma de incentivo para os agricultores que tiverem suas ações focadas nas culturas estratégicas, ou seja, aquelas que tiverem melhores indicadores, (iii) eficiência no uso da água: estabelecer um plano de monitoramento climático da área cultivada ao longo das bacias, servindo também como forma de assessoramento ao agricultor/usuário de água similar ao trabalho realizado por Córcoles *et al.* (2016), Keller *et al.* (2014) e Lima *et al.* (2012) apresentando um modelo ideal e "laboratório" de observação e experimentação de um Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI), (iv) fomentar a introdução de novas tecnologias e culturas: transformar a fruticultura irrigada e floricultura em agricultura de alto desempenho e valor agregado através da eficiência do uso da água, alta produtividade e uso de tecnologia, (v) modernizar a Defesa Agropecuária e a legislação vigente: promover e implantar programas e ações de defesa agropecuária contribuindo com o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro, possibilitando as garantias para a preservação da vida e da saúde humana e animal; do meio ambiente; da segurança alimentar;

e do acesso a mercados, e (vi) atrair Investimentos direcionados e promover o Agronegócio Cearense: promover o Estado e atrair investidores nacionais e internacionais para fomentar investimentos no agronegócio cearense.

#### 6.4 Considerações finais

Acreditamos que com essas ações propostas, resultados positivos para o desenvolvimento econômico do meio rural do Ceará serão obtidos e poderão servir de modelo para regiões semiáridas no Brasil e no mundo.

#### Referências

- CÓRCOLES, J.I.; FRIZZONE, J.A.; LIMA, S.C.R.V.; MATEOS, L.; NEALE, C.M.U.; SNYDER, R.L.; SOUSA, F. Irrigation advisory service and performance indicators in Baixo Acaraú Irrigation District, Brazil. **Irrigation and Drainage**, v.65, n.1, p.61-72, 2016.
- FRIZZONE, J.A.; LIMA, S.C.R.V.; CAMARGO, D.C.; COSTA, F.R.B.; MAGALHÃES, J.S.B.; MELO, V.G.M.L. Indicators and criteria to define the priority for irrigation water use in the Baixo Jaguaribe basin, Brazil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.14, p.3875-3888, 2020.
- KELLER, J.; MATEOS, L.; GOMEZ-MACPHERSON, H.; SOUZA, F.; FRIZZONE, J.A.; LIMA, S.C.R.V. Using the Baixo Acaraú Irrigation District as a Learning Laboratory. In: LIMA, S.C.R.V.; SOUZA, F. de; VALNIR JÚNIOR, M.; FRIZZONE, J.A.; GHEYI, H.R. (Org.). **Technological innovations in irrigation engineering: impact on climate change, water quality and transfer of technology**. 1. ed. Fortaleza: 2014, v.1, p.269-276.
- LIMA, S.C.R.V. Estratégias para o desenvolvimento econômico do setor agropecuário em situações de escassez hídrica: o caso do estado do Ceará. In: Lineu Neiva Rodrigues; Daniele Zaccaria. (Org.). **Agricultura Irrigada: um breve olhar**. 1. Ed. Fortaleza: **Inovagri**, v.1, p.33-39, 2020.
- LIMA, S.C.R.V.; FRIZZONE, J.A.; SOUSA, A.E.C.; BELTRÃO JÚNIOR, J.A.; FERREIRA, R.P.; GARCIA, D.R. Aplicação da tecnologia da informação e a adoção pelo agricultor: a avaliação inicial do envio de mensagens pelo serviço de assessoramento ao irrigante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, p.314-328, 2012.
- MATEOS, L.; ALMEIDA, A.C.S.; FRIZZONE, J.A.; LIMA, S.C.R.V. Performance assessment of smallholder irrigation based on an energy-water-yield nexus approach. **Agricultural Water Management**, v.206, n.2, p.176-186, 2018.



# CAPÍTULO 7

## 7 POTENCIAL DA ADOÇÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

*Durval Dourado Neto, Pedro Alves Quilici Coutinho, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Marcela Almeida de Araujo, Arthur Nicolaus Fendrich, José Lucas Safanelli, Rodrigo Fernando Maule, Ana Letícia Sbitkowski Chamma, Thiago Henriques Fontenelle e Frederico Cintra Belém*

### Resumo

O Brasil apresenta grande potencial para adoção da agricultura irrigada, seja devido à sua extensão territorial ou ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis ao seu desenvolvimento. O presente trabalho objetiva estimar o potencial de adoção da agricultura irrigada no Brasil, diferenciando a fração da atual área agrícola de sequeiro que apresenta potencial para ser irrigada (intensificação) e as áreas de pastagem com potencial para ampliação da produção agrícola por meio do uso da irrigação (expansão). A metodologia para obtenção da área adicional irrigável no Brasil foi dividida em três eixos de processamento: (i) área agricultável, (ii) demanda hídrica e (iii) disponibilidade hídrica. Resumidamente, os eixos buscam responder às seguintes questões: (a) Qual a área agricultável do país? (b) Qual a quantidade de água demandada pelas culturas agrícolas para suprir suas necessidades? (c) Essa demanda pode ser atendida sem comprometer os recursos hídricos existentes? Os pressupostos adotados pelo modelo alocam recursos hídricos primeiro em áreas já consolidadas de agricultura e só depois na expansão sobre pastagens. Isso aproxima os resultados das dinâmicas reais de uso da terra e da forma de tomada de decisão dos agentes econômicos. A área adicional irrigável com água superficial estimada foi de 53,41 Mha, dos quais 26,69 Mha (49,97%) são áreas de intensificação ocupadas com agricultura de sequeiro; enquanto 26,72 Mha (50,03%) são áreas de expansão ocupadas por pastagens que podem ser convertidas para agricultura irrigada.

### 7.1 Introdução

O desenvolvimento da agricultura irrigada tem como objetivos o ganho de eficiência produtiva, a redução de risco de quebra de safras e a viabilização da atividade agrícola em regiões com escassez ou irregularidade no regime natural das chuvas. Como alguns dos principais desdobramentos da adoção da agricultura irrigada estão a aceleração do desenvolvimento econômico e a promoção do desenvolvimento social e da segurança alimentar das populações rurais e urbanas.

O Brasil apresenta grande potencial para adoção da agricultura irrigada, seja devido à sua extensão territorial ou ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis ao seu desenvolvimento. Compreender essa potencialidade, bem como as limitações de natureza física, socioeconômica, ambiental e de infraestrutura para o desenvolvimento da agricultura irrigada, em termos quantitativos e de distribuição no território, é passo primordial para o delineamento de políticas públicas de desenvolvimento sustentável, bem como para a análise e fomento a investimentos do setor privado em projetos de irrigação.

O Brasil está entre os principais países do mundo com a maior área irrigada. Os líderes mundiais são a China e a Índia, com cerca de 70 Mha cada, seguidos pelos Estados Unidos (26,7 Mha), Paquistão (20,0 Mha) e Irã (8,7 Mha). O Brasil aparece na sexta posição (8,2 Mha) (FAO, 2020), sendo 2,9 Mha (35,5%) com fertirrigação com água de reúso e 5,3 Mha (64,5%)

com irrigação com água de mananciais (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021), seguido por Tailândia, México, Indonésia, Turquia, Bangladesh, Vietnã, Uzbequistão, Egito, Itália e Espanha, países que possuem área entre 4 e 7 Mha. Dos 5,3 Mha equipados para irrigação, tem-se a seguinte ocupação: 25% com arroz, 15% com cana-de-açúcar, 8% com café, 27% com as culturas anuais em pivôs centrais e 25% com as demais culturas e sistemas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020).

Do ponto de vista da governança pública, é essencial o conhecimento espacial, qualitativo e quantitativo do potencial e das limitações para a intensificação da irrigação em áreas agrícolas de sequeiro, bem como para expansão da agricultura irrigada em áreas consolidadas de pastagens, uma vez que somente a partir desse conhecimento é possível planejar, gerir, investir, legislar, regular, orientar, avaliar e monitorar impactos da atividade.

O presente estudo, de caráter multitemático e abrangente, integra, por meio de modelagem espacialmente explícita, a dimensão física do tema (disponibilidade hídrica, aptidão agrícola e disponibilidade de área consolidada) com realidades ambientais (áreas protegidas, vegetação natural, entre outras) para apontar áreas com potencial de adoção da agricultura irrigada.

Neste sentido, com o objeto de estimar o potencial de adoção da agricultura irrigada no Brasil, o estudo diferencia a fração da atual de área consolidada com produção agrícola de sequeiro que apresenta potencial para ser irrigada (áreas de intensificação) e as áreas consolidadas com pastagem com potencial para ampliação da produção agrícola por meio do uso da irrigação (áreas de expansão).

A ideia é que o estudo seja indutor da adoção de metodologias cada vez mais adequadas à formulação de estratégias, planos e programas que contemplem a diversidade territorial, o aproveitamento sustentável das potencialidades dos recursos hídricos disponíveis e das culturas agrícolas, contribuindo para que a agricultura irrigada seja um instrumento harmônico em cada território, promotor do desenvolvimento regional.

Vale ressaltar que este estudo é parte de um projeto de cooperação técnica (PCT) executado pelo grupo de políticas públicas (GPP) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP), sob coordenação do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), denominado 'Plano de ação imediata da agricultura irrigada no Brasil para o período 2020-2023' (GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 2020).

O PCT, por sua vez, é um desdobramento e um aprimoramento, em termos metodológicos e de bancos de dados geoespaciais, de estudos anteriores também executados pelo GPP, sendo eles: (i) 'Análise territorial para o desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil', desenvolvido em 2013 junto ao então Ministério da Integração Nacional (MI) (GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 2015), e (ii) 'Promoção da gestão integrada e no uso sustentável dos recursos hídricos no meio rural' desenvolvido em 2017 junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 2017).

## **7.2 Metodologia**

### **7.2.1 Conceitos e variáveis da análise territorial**

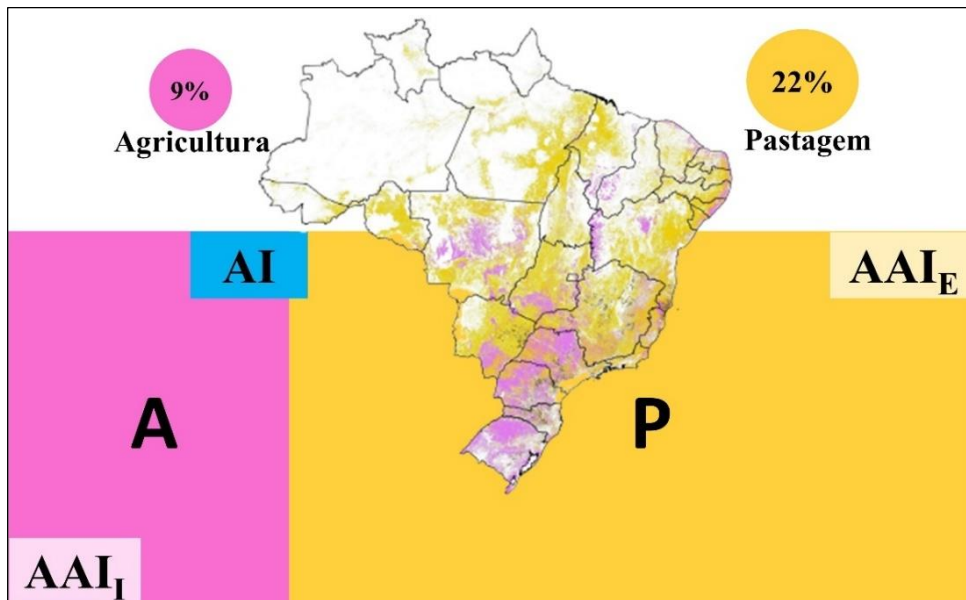
A mensuração do potencial de adoção da agricultura irrigada no Brasil contemplou modelagem espacial complexa, a partir da sistematização de um conjunto integrado de parâmetros e indicadores capazes de retratar as condições locais e regionais da matriz de produção predominante, do perfil de agricultores, da aptidão agrícola das terras, das restrições ambientais e das potencialidades para a utilização da irrigação no Brasil, de modo integrado.

O estudo realizou uma análise robusta e refinada da chamada “variável territorial de irrigação”, a partir da mensuração do potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil, diferenciando a fração da atual área agrícola de sequeiro que apresenta potencial para ser irrigada (áreas de intensificação) e as áreas de pastagem com potencial para expansão da produção agrícola por meio do uso da irrigação (áreas de expansão).

### 7.2.2 Premissas do estudo

Como premissa inicial deste estudo, foram consideradas somente as áreas que possuem potencial (físico) para adoção da irrigação, excluindo-se do processamento todas as áreas de proteção pública ou as que apresentam *deficit* ambiental, por exemplo, garantindo assim que nenhuma área deverá ser intensificada ou expandida para que o potencial de irrigação seja adotado.

Em termos práticos, a adoção dessa premissa limita a abrangência deste estudo apenas às regiões com o uso da terra já consolidado em áreas de agricultura (A) e de pastagem (P), que juntas representam cerca de 31% do território nacional (Figura 1).



**Figura 1. Representação esquemática das áreas de uso consolidado com agricultura (A), área atualmente irrigada (AI), área adicional irrigável em caráter de intensificação (AAI<sub>I</sub>), área adicional irrigável em caráter de expansão (AAI<sub>E</sub>) e pastagem (P) adotadas para modelagem.**

Entre as áreas de agricultura consolidada, existem localidades já irrigadas atualmente (AI) e localidades com potencial físico para que haja a intensificação das práticas de cultivo por meio da irrigação, chamadas de áreas adicionais irrigáveis em caráter de intensificação (AAI<sub>I</sub>). As áreas de pastagem (P) consolidadas são compostas por áreas sujeitas e não sujeitas à adoção de irrigação. As sujeitas à adoção de irrigação (por apresentarem potencial físico), foram chamadas de áreas adicionais irrigáveis em caráter de expansão (AAI<sub>E</sub>). No âmbito deste estudo, as áreas AAI<sub>I</sub> foram tratadas com maior prioridade e áreas AAI<sub>E</sub> tratadas com prioridade secundária.

### 7.2.3 Variável territorial

O elemento comum a todas as variáveis envolvidas no processamento é a dimensão espacial explícita, ou seja, a territorialidade. Neste estudo, adotou-se como unidade básica de processamento as microbacias da Agência Nacional de Águas (ANA), o que resultou para o

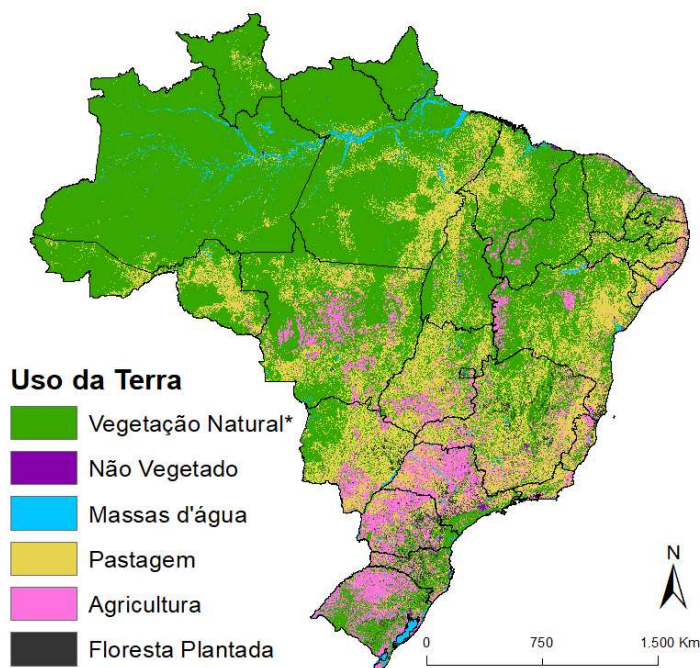
Brasil em um número de 404.023 polígonos de processamento com área média de 2.015 hectares, mediana de 980 hectares e área máxima de 675.708 hectares. Nos casos em que uma microbacia pertencia a dois ou mais municípios, considerou-se o vínculo em relação àquele com maior área relativa da microbacia. Para as variáveis de meio físico, cuja resolução espacial era mais detalhada que o polígono da microbacia (elementos do clima, atributos de solos e relevo), adotou-se o valor médio da variável.

Nas seções subsequentes será sintetizada cada uma das variáveis utilizadas no modelo territorial de irrigação. Para tanto, apresentam-se as variáveis finais e de forma oportuna são apontadas as variáveis intermediárias e procedimentos de cálculo, bem como a fonte das informações.

### 7.2.3.1 Uso e cobertura da terra

Para a composição do mapa atual do uso da terra no Brasil, foi realizada uma compilação de mapas de uso e cobertura do solo já existentes para o território brasileiro. As informações foram provenientes de bases de dados diversas (MapBiomas, Conab, ANA, entre outras), de modo que se prezou pelo uso de bases de dados acuradas, amparadas por publicações científicas e atuais para cada região do país.

Além do mapa de uso da terra processados para este estudo (Figura 2), foram também consolidadas as áreas protegidas do território envolvendo as unidades de conservação de proteção integral, as áreas militares, terras indígenas e territórios remanescentes de quilombos.

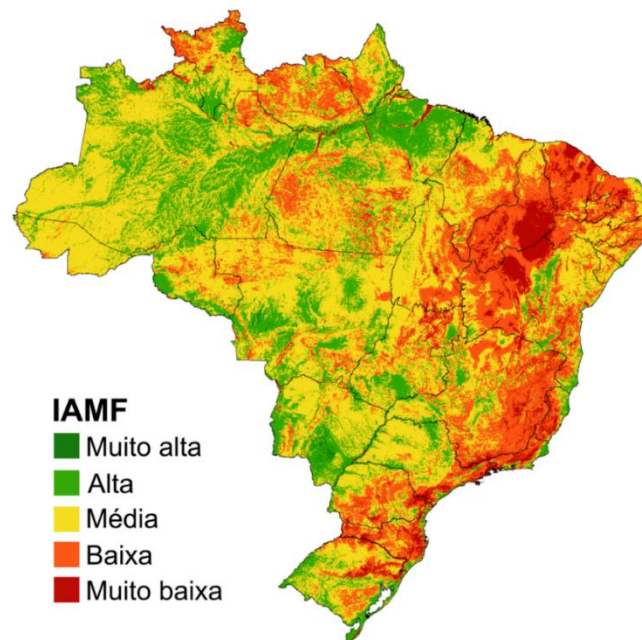


**Figura 2. Mapa de uso da terra no Brasil em 2021.**

A descrição metodológica detalhada, bem como a fonte de dados utilizada para o processamento deste dado pode ser encontrada no documento público do estudo 'Plano de ação imediata da agricultura irrigada no Brasil para o período 2020-2023' (GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 2020).

### 7.2.3.2 Aptidão agrícola do meio físico

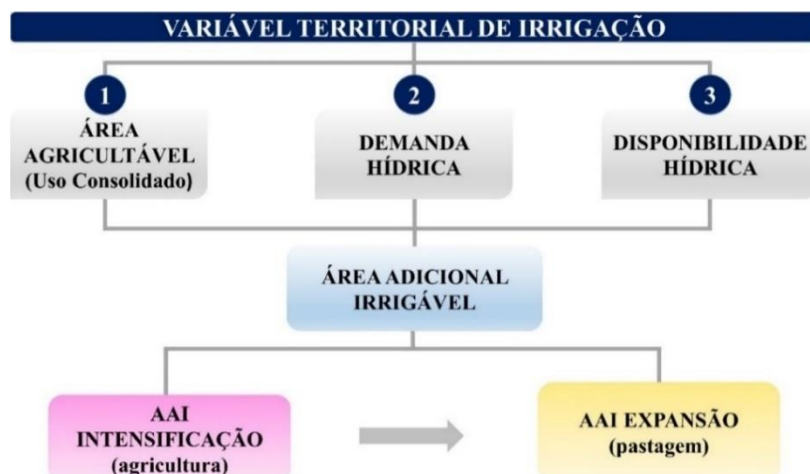
O modelo de aptidão, desenvolvido originalmente por Barretto (2013), avalia as características do meio físico para estabelecimento de culturas anuais em sistemas mecanizados, considerando as dimensões solo, relevo e clima. O resultado do processamento é um modelo de aptidão agrícola em formato matricial (*raster*) com resolução espacial de 30x30 metros abrangendo todo o território brasileiro, que se traduz em um índice variando de 0 (muito baixa aptidão do meio físico) a 1 (muito alta aptidão) (Figura 3). A descrição das bases de dados utilizadas e a metodologia empregada em cada uma das dimensões (solos, relevo e clima), bem como o procedimento de integração das informações podem ser encontradas no documento público do estudo (GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 2020).



**Figura 3.** Índice de aptidão do meio físico para culturas agrícolas (IAMF) representado em *quantis*: muito baixo ( $\text{IAMF} \leq 0,2$ ), baixo ( $0,2 < \text{IAMF} \leq 0,4$ ), médio ( $0,4 < \text{IAMF} \leq 0,6$ ), alto ( $0,6 < \text{IAMF} \leq 0,8$ ) e muito alto ( $\text{IAMF} > 0,8$ ).

### 7.2.3.3 Variável territorial de irrigação

A metodologia de tratamento de dados para obtenção de uma informação territorial suficientemente robusta e de abrangência nacional em relação aos recursos disponíveis e demandados no espaço rural para estimação das áreas adicionais irrigáveis com água superficial, de intensificação ou expansão, foi constituída por três eixos de processamento: (Eixo 1) área agricultável, (Eixo 2) demanda hídrica e (Eixo 3) disponibilidade hídrica (Figura 4).

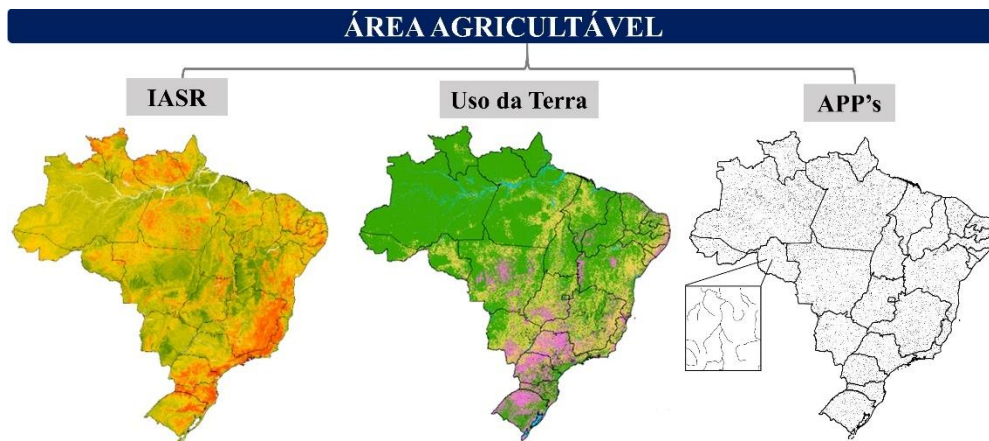


**Figura 4. Representação esquemática dos três eixos que compõem a variável territorial de irrigação (AAI: área adicional irrigável).**

A partir dos resultados provenientes dos três eixos, foi então calculada a área adicional irrigável no Brasil, ou seja, áreas com disponibilidade hídrica para adoção da irrigação e que ainda não são irrigadas atualmente. Além disso, vale ressaltar que o estudo procura estimar a área adicional irrigável a partir da água superficial disponível, distinguindo as áreas com potencial de intensificação de agricultura de sequeiro por intermédio da irrigação e as áreas com potencial de expansão da agricultura irrigada sobre pastagens consolidadas. Primeiramente, são obtidos os resultados de áreas adicionais irrigáveis de intensificação e de maneira consecutiva as áreas com potencial de expansão. Essa análise se tornou possível a partir dos resultados do componente de área agricultável.

#### 7.2.3.3.1 Primeiro eixo: área agricultável de uso consolidado

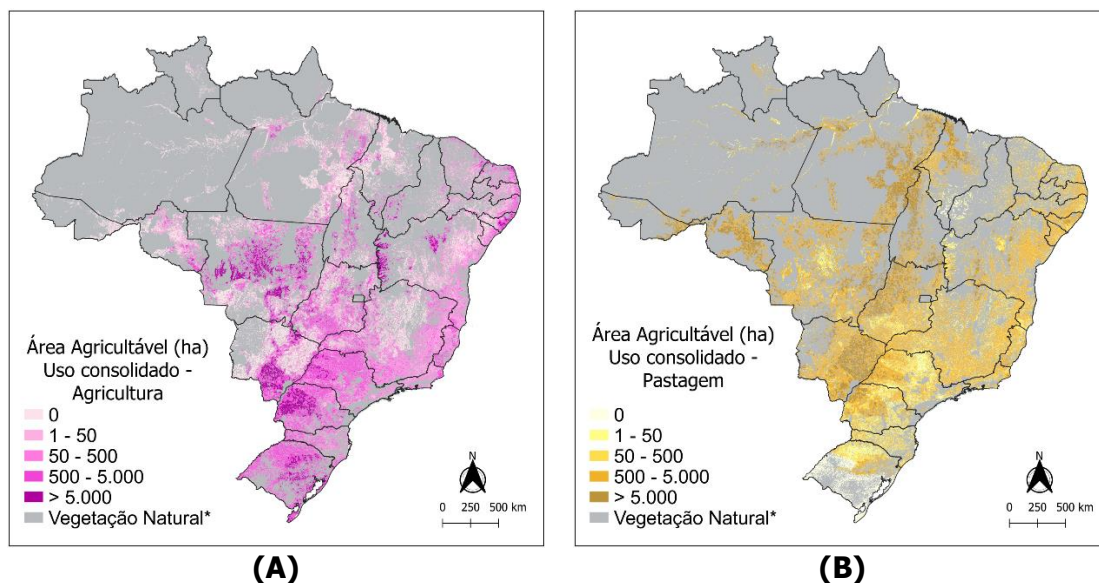
O objetivo do primeiro eixo foi gerar um mapa de área agricultável, isto é, áreas de uso de agricultura e pastagem no território brasileiro. Para isso, aplicam-se filtros para a remoção de áreas com restrições físicas e ambientais sobre o mapa de áreas consolidadas atuais de agricultura e pastagem. Essa análise foi considerada como um primeiro eixo na composição da variável territorial de irrigação porque permite contabilizar as áreas que reúnem as condições físicas para adoção da agricultura e que poderiam ser potencialmente irrigadas, caso haja disponibilidade hídrica. Isso implica dizer que, em um momento posterior, é possível mensurar o quanto de fato apenas a disponibilidade hídrica passa a ser um fator limitante para adoção de sistemas irrigados em cada microbacia. Para a geração da área agricultável, três informações espaciais distintas foram combinadas: o uso da terra, o índice de aptidão para solo e relevo (IASR) e as áreas de preservação permanente (APP) (Figura 5).



**Figura 5. Dados utilizados para gerar a variável Área Agricultável: índice de aptidão para solo e relevo (IASR), uso da terra e áreas de preservação permanente (APP).**

A partir do mapa de uso e cobertura da terra, as classes de agricultura e de pastagem foram separadas. Na sequência, informações do ambiente físico foram utilizadas para remover os locais que são inaptos para a intensificação e expansão da agricultura irrigada tanto em áreas agrícolas como em áreas de pastagem. Nessa etapa, regiões com altitude acima de 1.800 metros, as quais são consideradas áreas de preservação permanente (APP) pelo novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), e locais com declividade acima de 25°, os quais são consideradas áreas de uso restrito pela referida lei, foram removidas na contabilização da área agricultável. Na etapa seguinte, a aptidão agrícola do meio físico foi utilizada, considerando os componentes solo e relevo para identificação de áreas prioritárias à intensificação e expansão da área irrigada, ou seja, descontando áreas com baixa aptidão de solo-relevo.

Por fim, as áreas de preservação permanente (APP), estando elas atualmente com cobertura vegetal nativa ou não, bem como áreas destinadas a unidades de conservação (UC) de proteção integral, terras indígenas e quilombolas também foram descontadas (retiradas da análise), sendo gerado o mapa final de área agricultável de agricultura e de pastagem (Figura 6).

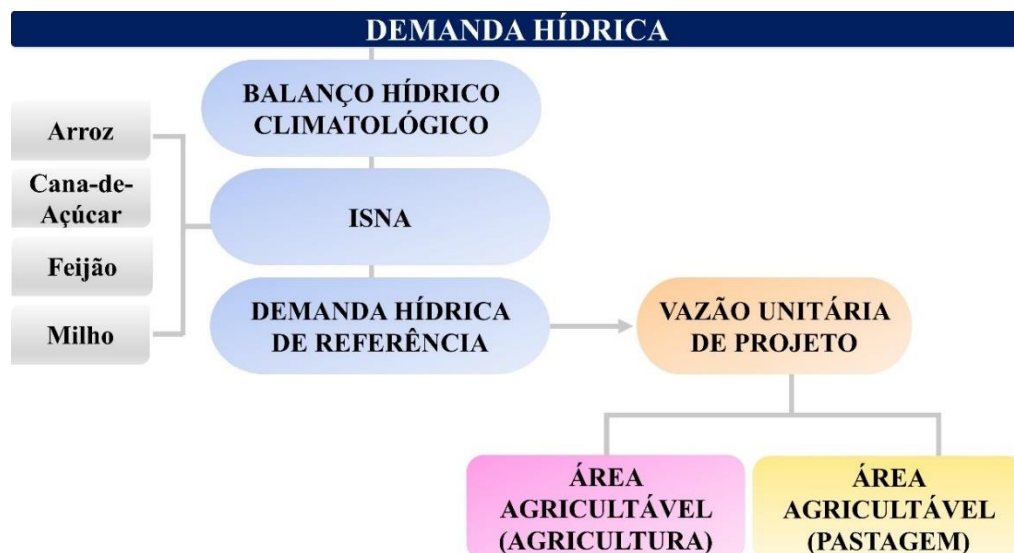


**Figura 6. Área agricultável com agricultura de sequeiro (A) e com pastagem (B).**

### 7.2.3.3.2 Segundo eixo: demanda hídrica

O objetivo deste eixo foi gerar uma estimativa da demanda hídrica no interior de cada microbacia. A estimativa envolveu um conjunto de processamentos complexos, desde a simulação do balanço hídrico de quatro diferentes culturas (milho, feijão, arroz e cana-de-açúcar) até a estimativa da vazão unitária de projeto. Esse componente, portanto, refere-se aos aspectos físicos da irrigação e foram tratados, para todo o território, na escala de microbacias (Ottobacias 5k).

Em linhas gerais, a quantidade de água necessária foi estimada após a análise do balanço hídrico climatológico (BHC) e do índice de satisfação à necessidade de água (ISNA) (Figura 7). Essas análises serviram de base para indicar o período do ano mais apropriado para estimar a demanda hídrica de referência, que por sua vez, deve ser convertida em vazão unitária de projeto ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ) ( $Q_u$ ), ou seja, a vazão necessária em um projeto de irrigação para suprir a demanda sob as condições climáticas de cada recorte geográfico. Esta vazão foi calculada a partir da extrapolação da demanda hídrica da cultura, dada em  $\text{mm dia}^{-1}$  (Evapotranspiração potencial da cultura de interesse - ETC).



**Figura 7. Síntese dos procedimentos para estimativa da demanda hídrica (ISNA: Índice de Satisfação à Necessidade de Água).**

### 7.2.3.3.3 Terceiro eixo: disponibilidade hídrica e cálculo da área adicional irrigável de intensificação e expansão

O terceiro eixo se refere à disponibilidade hídrica, um dos dados de entrada das simulações que apresenta a quantidade de água superficial disponível à agricultura irrigada. O principal resultado a ser alcançado diz respeito à quantidade de água remanescente disponível em cada microbacia, ou seja, representa, segundo a ANA, uma condição de oferta bruta de água (isenta de captações) sobre a qual foi realizado o cômputo das diferentes demandas existentes, a fim de definir em qualquer tempo, a quantidade de água que ainda poderia ser alocada a outros usuários ou a quantidade de recursos hídricos que podem estar comprometida ou no seu limite de uso. Como dados de entrada deste estudo, a ANA forneceu a disponibilidade da vazão de referência com 95% de garantia ( $Q_{95}$ ) obtida de séries de vazões diárias observadas em estações fluviométricas ou séries de vazões modeladas em locais específicos.

De forma sintética, para estimar a água remanescente disponível para irrigação, a disponibilidade bruta deve ser descontada dos usos consuntivos. Os usos consuntivos da água para cada microbacia estão divididos em: uso humano urbano, uso humano rural, indústria de

transformação, mineração, geração termoelétrica, dessedentação animal e agricultura irrigada.

Nesse sentido, a solução adotada para contemplar com segurança os usos consuntivos no modelo foi assumir como demanda hídrica total a soma de todos os usos consuntivos projetados para o ano de 2030 (ano  $r$  de referência), exceto irrigação, e para esta última, foi considerado o valor atual, segundo a fórmula a seguir:

$$UCT_s = D_{hu,r,s} + D_{hr,r,s} + D_{it,r,s} + D_{m,r,s} + D_{gt,r,s} + D_{da,r,s} + D_{ai,2020,s} \quad (1)$$

em que  $UCT_s$  representa a vazão de retirada total na microbacia  $s$ ;  $D_{hu,r,s}$  a vazão de retirada para os usos humanos urbanos estimada para o ano de referência  $r$  (2030) na microbacia  $s$ ;  $D_{hr,r,s}$  a vazão de retirada para os usos humanos rurais estimada para o ano  $r$  na microbacia  $s$ ;  $D_{it,r,s}$  a vazão de retirada para indústria de transformação estimada para o ano  $r$  na microbacia  $s$ ;  $D_{m,r,s}$  a vazão de retirada para a mineração estimada para o ano  $r$  na microbacia  $s$ ;  $D_{gt,r,s}$  a vazão de retirada para a geração termoelétrica estimada para o ano  $r$  na microbacia  $s$ ;  $D_{da,r,s}$  a vazão de retirada para dessedentação animal estimada para o ano  $r$  na microbacia  $s$ ; e  $D_{ai,2020,s}$  a vazão de retirada para a irrigação em 2020 na microbacia  $s$ .

Uma vez definida a vazão de retirada para os usos consuntivos, a vazão remanescente foi calculada, após o desconto destes usos em relação à disponibilidade bruta. Para isso, com a contribuição da ANA, que disponibilizou uma ferramenta hidrológica para esse tipo de cálculo, foi possível realizar a simulação. Essa ferramenta é usada para cálculo de demanda hídrica acumulada e leva em consideração a rede de fluxos. Com sua aplicação, o *output* gerado é o nível de comprometimento ( $NC_s$ ) hídrico para cada  $s$ -ésima microbacia do território. A partir do nível de comprometimento estima-se a disponibilidade hídrica remanescente (Equação 2).

$$Disp_{r,s} = Disp_{t,s} \cdot (100 - NC_s) \quad (2)$$

em que  $s$  representa uma microbacia hipotética;  $Disp_{r,s}$  a disponibilidade remanescente na microbacia  $s$ ;  $Disp_{t,s}$  a disponibilidade total na microbacia  $s$ ; e  $NC_s$  o nível de comprometimento da bacia hidrográfica  $s$ . Caso o  $NC_s$  seja maior que 100%, significa que essa microbacia já está com um balanço hídrico negativo.

#### 7.2.3.3.4 Procedimentos para cálculo da área adicional irrigável com água superficial

A definição da área adicional irrigável com água superficial é a última etapa e é obtida a partir da diferença entre a disponibilidade hídrica remanescente e a demanda hídrica total para a microbacia, considerando a intensificação ou expansão da agricultura irrigada.

Nesse sentido, aplica-se a mesma lógica de desconto de demanda hídrica a partir da disponibilidade efetiva, já realizado no item anterior para estimar a disponibilidade hídrica remanescente. Nesse caso, diferentemente do passo anterior, a disponibilidade hídrica total de entrada no modelo será a disponibilidade remanescente, já descontada dos usos consuntivos. Para a demanda hídrica, o valor é obtido conforme a metodologia já descrita, para ambas as análises propostas (áreas de intensificação e expansão).

É importante ressaltar que a ferramenta disponibilizada pela ANA apresenta como *output* o nível de comprometimento dos recursos hídricos da microbacia após a simulação descrita, em que a demanda hídrica considerada foi composta pela área agrícola ou de pastagem da microbacia e pela vazão unitária de projeto média. Com isso, configura-se o cenário de alta demanda hídrica, pois a área considerada é a máxima possível. Nesse caso, em diversas situações, o nível de comprometimento dos recursos hídricos é superior a 100%, ou seja, a

disponibilidade hídrica total é excedida e, portanto, a área passível de ser irrigada é menor que a área usada para estimar tal demanda hídrica.

Para resgatar a área máxima passível de ser irrigada a partir dos níveis de comprometimento, é preciso fazer uma análise linear inversa dos resultados, de modo que, para estimar esta área na microbacia hipotética  $s$ , temos:

$$Ax_s = \frac{100}{NC_s} \cdot A_s, \text{ se } NC_s \geq 100\% \quad (3)$$

$$Ax_s = A_s, \text{ se } NC_s < 100\% \quad (4)$$

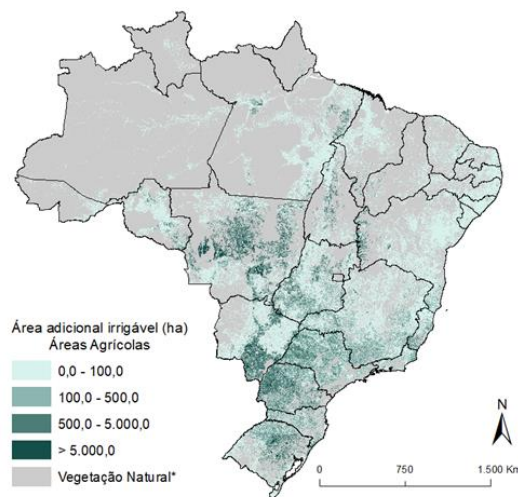
em que  $Ax_s$  representa a área máxima passível de ser irrigada na microbacia  $s$ ;  $A_s$  a área usada para estimar a demanda hídrica na microbacia  $s$ ; e  $NC_s$  o nível de comprometimento *output* da ferramenta na microbacia  $s$ .

### 7.3 Resultados

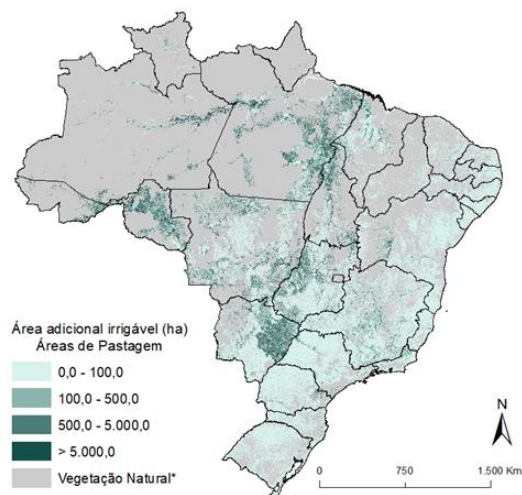
A área adicional irrigável, representa as áreas com disponibilidade hídrica para adoção da irrigação, já descontadas as áreas irrigadas atualmente. Os resultados apresentados distinguem as com potencial de intensificação de agricultura de sequeiro por intermédio da irrigação e as áreas com potencial de expansão da agricultura irrigada sobre pastagens consolidadas, considerando a disponibilidade hídrica superficial no território.

#### 7.3.1 Área adicional irrigável

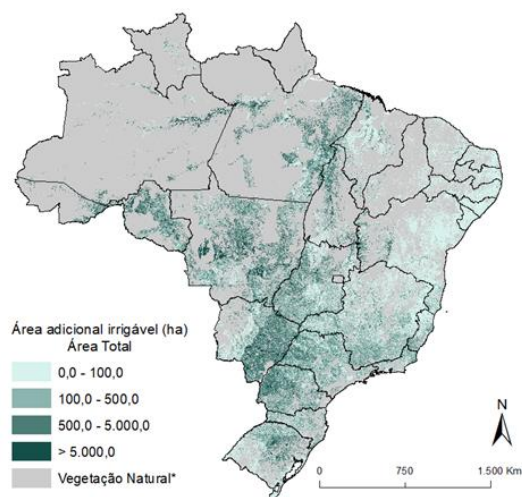
A área adicional irrigável com água superficial no Brasil soma um total de 53,41 Mha, dos quais 26,69 Mha (49,97%) se encontram em áreas de intensificação - ou seja, consolidadas com agricultura de sequeiro e que podem ser intensificadas por meio da irrigação; e 26,72 Mha (50,03%) situam-se em áreas de expansão - ou seja, consolidadas com pastagem e que podem ser convertidas para agricultura irrigada. Uma representação espacial dos resultados de área adicional irrigável de intensificação, de expansão e o total são apresentados pelas Figuras 8, 9 e 10.



**Figura 8. Distribuição espacial da área adicional irrigável de intensificação (em áreas agrícolas).**



**Figura 9. Distribuição espacial da área adicional irrigável de expansão (em áreas de pastagem).**



**Figura 10. Distribuição espacial da área adicional irrigável total (área adicional irrigável de intensificação e de expansão).**

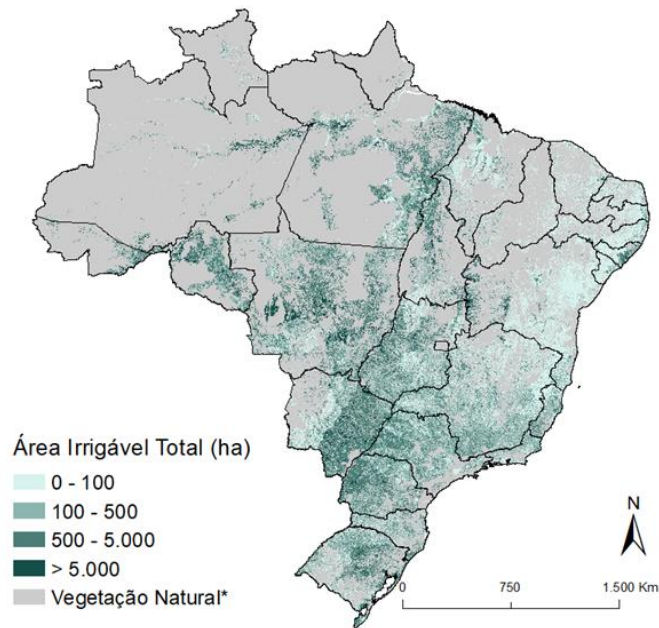
A região Centro-Oeste apresenta a maior quantidade de áreas adicionais irrigáveis no Brasil, com mais de 18,7 Mha, o que representa mais de 35% de toda área adicional irrigável no país. Desse total, 8,93 Mha são áreas adicionais irrigáveis de intensificação e 9,8 Mha de expansão. A segunda região com maior área adicional irrigável é a Sudeste, com cerca de 12,3 Mha (23% do Brasil), dos quais 8,1 Mha são áreas adicionais de intensificação e 4,1 Mha de expansão. Na sequência está a região Norte com aproximadamente 11,0 Mha de área adicional irrigável, onde pouco menos de 0,8 Mha estão destinados à área adicional irrigável de intensificação, enquanto mais de 10 Mha são de expansão. A seguir vem a região Sul, com cerca de 8,2 Mha de área adicional irrigável, distribuídos entre intensificação (7,7 Mha) e expansão (540 mil hectares). A região Nordeste apresenta a menor área adicional irrigável no Brasil, com aproximadamente 3,3 Mha, sendo que pouco mais de 1,0 Mha de hectares são áreas adicionais de intensificação e 2,1 Mha de expansão (Tabela 1).

**Tabela 1. Valores, em hectares, da área adicional irrigável de intensificação (AAI<sub>I</sub>), expansão (AAI<sub>E</sub>) e total (AAI<sub>T</sub>) no Brasil.**

Região Estado	AAI <sub>I</sub>		AAI <sub>E</sub>		AAI <sub>T</sub>	
	hectares	%	hectares	%	hectares	%
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>8.929.098</b>	<b>33,4</b>	<b>9.824.196</b>	<b>36,8</b>	<b>18.753.294</b>	<b>35,1</b>
Distrito Federal	30.182	0,3	19.459	0,2	49.642	0,3
Goiás	1.987.706	22,3	2.396.858	24,4	4.384.564	23,4
Mato Grosso	5.241.426	58,7	4.540.914	46,2	9.782.340	52,2
Mato Grosso do Sul	1.669.784	18,7	2.866.965	29,2	4.536.749	24,2
<b>NORDESTE</b>	<b>1.112.048</b>	<b>4,2</b>	<b>2.103.595</b>	<b>8,0</b>	<b>3.215.642</b>	<b>6,0</b>
Alagoas	22.464	2,0	21.078	1,0	43.542	1,4
Bahia	632.807	56,9	878.644	41,8	1.511.452	47
Ceará	77.647	7,0	91.981	4,4	169.628	5,3
Maranhão	196.728	17,7	944.334	44,9	1.141.062	35,5
Paraíba	12.878	1,2	23.194	1,1	36.072	1,1
Pernambuco	31.546	2,8	63.448	3,0	94.993	3,0
Piauí	97.215	8,7	51.950	2,5	149.165	4,6
Rio Grande do Norte	31.585	2,8	12.979	0,6	44.565	1,4
Sergipe	9.176	0,8	15.987	0,8	25.163	0,8
<b>NORTE</b>	<b>797.008</b>	<b>3,0</b>	<b>10.142.443</b>	<b>38,0</b>	<b>10.939.451</b>	<b>20,5</b>
Acre	0	0,0	691.268	6,8	691.268	6,3
Amapá	25.878	3,2	69.702	0,7	95.580	0,9
Amazonas	6.888	0,9	1.419.720	14,0	1.426.608	13,0
Pará	230.040	28,9	4.266.673	42,1	4.496.713	41,1
Rondônia	158.572	19,9	2.239.966	22,1	2.398.538	21,9
Roraima	14.148	1,8	207.439	2,0	221.587	2,0
Tocantins	361.482	45,4	1.247.675	12,3	1.609.157	14,7
<b>SUDESTE</b>	<b>8.150.081</b>	<b>30,5</b>	<b>4.115.525</b>	<b>15,0</b>	<b>12.265.606</b>	<b>23,0</b>
Espírito Santo	328.636	4,0	39.648	1,0	368.284	3,0
Minas Gerais	3.406.952	41,8	3.241.218	78,8	6.648.170	54,2
Rio de Janeiro	326.045	4,0	264.836	6,4	590.881	4,8
São Paulo	4.088.447	50,2	569.824	13,8	4.658.271	38,0
<b>SUL</b>	<b>7.706.132</b>	<b>28,9</b>	<b>540.271</b>	<b>2,0</b>	<b>8.246.403</b>	<b>15,4</b>
Paraná	3.587.194	46,5	275.333	51,0	3.862.527	46,8
Rio Grande do Sul	2.904.006	37,7	41.958	7,8	2.945.964	35,7
Santa Catarina	1.214.932	15,8	222.980	41,3	1.437.913	17,4
<b>BRASIL</b>	<b>26.694.367</b>	<b>100,0</b>	<b>26.726.030</b>	<b>100,0</b>	<b>53.420.396</b>	<b>100,0</b>

### 7.3.2 Área irrigável total

A área adicional irrigável (AAI) total é obtida por meio da soma da área adicional irrigável para áreas de intensificação e de expansão, enquanto a área irrigável total no Brasil advém da soma entre AAI e a área atual de agricultura irrigada, segundo os dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021). A partir da área irrigada atual e da área adicional irrigável total, observa-se que o território brasileiro possui mais de 59 Mha de área irrigável, considerando os 53,4 Mha de área adicional irrigável e 5,6 Mha de área atualmente irrigadas (Figura 11).



**Figura 11. Distribuição espacial da área irrigável total com base na área adicional irrigável total e área irrigada atual.**

A região Centro-Oeste apresenta a maior quantidade de área irrigável no Brasil, com mais de 19,6 Mha o que representa 33% de toda área irrigável no país. A segunda região com maior área irrigável é a Sudeste com pouco mais de 14,0 Mha (23,8% do Brasil). Na sequência está a região Norte com mais de 11,2 Mha de área irrigável, representando 18,9% da área irrigável brasileira. Seguido da região Sul com 9,7 Mha, ou cerca de 16% da área irrigável do Brasil. Por fim, a região com menor área irrigável é a Nordeste com aproximadamente 4,5 Mha, expressando 7,5% da área irrigável do país (Tabela 2).

Os pressupostos adotados pelo modelo priorizam a alocação de recursos hídricos primeiro em áreas já consolidadas de agricultura e só depois na expansão sobre pastagens. Isso aproxima os resultados das dinâmicas reais de uso da terra e da forma de tomada de decisão dos agentes econômicos, configurando uma geografia de resultados aderente a realidade com mais de 90% do potencial de intensificação alocados no Centro-Sul enquanto quase 40% do potencial de expansão está na Região Norte.

O estudo estima um potencial físico de quase decuplicar a área de agricultura irrigada no país contando apenas com água superficial. Diante disso, há dois pontos que valem ser ressaltados. Em primeiro lugar, o componente físico é apenas um dos vários fatores que efetivamente indicam onde é possível chegar e quanto é possível desenvolver a agricultura irrigada. A consolidação de agricultura irrigada depende também de variáveis de infraestrutura, disponibilidade de recursos econômicos, pessoal qualificado, equipamentos, mercado, governança fundiária, segurança, outorga de uso da água, gestão e monitoramento. Em segundo lugar, o potencial estimado apesar de aparentemente alto, corresponde a apenas 6% do território nacional, incorrendo em risco de comprometimento hídrico para outros usos caso se extrapole esses limites em termos agregados e, mais importante, caso se extrapolem os limites calculados localmente.

As restrições ambientais à expansão da área agropecuária no Brasil e no mundo, colocam a irrigação como fronteira agrícola viável e sustentável, entretanto, o potencial brasileiro de 50 Mha de hectares estimados correspondem a pouco mais de 3% da área mundial de 1,5 bilhões de hectares cultivada com culturas agrícolas segundo estimativas da FAO. A principal conclusão é que o teto para aumento de produção agrícola não está distante

do que atualmente se explora, impondo urgência no planejamento e gestão estratégica dos últimos recursos disponíveis.

**Tabela 2. Valores, em hectares, da área adicional irrigável utilizando água superficial (AAIs), área irrigada atual (AI) e área irrigável total (AI<sub>T</sub>) no Brasil.**

Região Estado	AAIs		AI		AI <sub>T</sub>	
	hectares	hectares	%	hectares	%	
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>18.753.294</b>	<b>878.169</b>	<b>15,60%</b>	<b>19.631.463</b>	<b>33,24%</b>	
Distrito Federal	49.642	22.059	2,50%	71.701	0,37%	
Goiás	4.384.564	511.676	58,30%	4.896.240	24,94%	
Mato Grosso	9.782.340	253.298	28,80%	10.035.638	51,12%	
Mato Grosso Do Sul	4.536.749	91.136	10,40%	4.627.885	23,57%	
<b>NORDESTE</b>	<b>3.215.642</b>	<b>1.268.870</b>	<b>22,50%</b>	<b>4.484.512</b>	<b>7,59%</b>	
Alagoas	43.542	192.074	15,10%	235.616	5,25%	
Bahia	1.511.452	525.439	41,40%	2.036.891	45,42%	
Ceará	169.628	60.529	4,80%	230.157	5,13%	
Maranhão	1.141.062	89.174	7,00%	1.230.236	27,43%	
Paraíba	36.072	84.604	6,70%	120.676	2,69%	
Pernambuco	94.993	169.068	13,30%	264.061	5,89%	
Piauí	149.165	47.304	3,70%	196.469	4,38%	
Rio Grande do Norte	44.565	52.488	4,10%	97.053	2,16%	
Sergipe	25.163	48.191	3,80%	73.354	1,64%	
<b>NORTE</b>	<b>10.939.451</b>	<b>227.539</b>	<b>4,00%</b>	<b>11.166.990</b>	<b>18,91%</b>	
Acre	691.268	1.367	0,60%	692.635	6,20%	
Amapá	95.580	2.103	0,90%	97.683	0,87%	
Amazonas	1.426.608	5.100	2,20%	1.431.708	12,82%	
Pará	4.496.713	24.001	10,50%	4.520.714	40,48%	
Rondônia	2.398.538	15.957	7,00%	2.414.495	21,62%	
Roraima	221.587	3.831	1,70%	225.418	2,02%	
Tocantins	1.609.157	175.179	77,00%	1.784.336	15,98%	
<b>SUDESTE</b>	<b>12.265.606</b>	<b>1.813.296</b>	<b>32,10%</b>	<b>14.078.902</b>	<b>23,84%</b>	
Espírito Santo	368.284	248.713	13,70%	616.997	4,38%	
Minas Gerais	6.648.170	961.455	53,00%	7.609.625	54,05%	
Rio de Janeiro	590.881	52.665	2,90%	643.546	4,57%	
São Paulo	4.658.271	550.463	30,40%	5.208.734	37,00%	
<b>SUL</b>	<b>8.246.403</b>	<b>1.457.578</b>	<b>25,80%</b>	<b>9.703.981</b>	<b>16,43%</b>	
Paraná	3.862.527	97.238	6,70%	3.959.765	40,81%	
Rio Grande do Sul	2.945.964	1.163.251	79,80%	4.109.215	42,35%	
Santa Catarina	1.437.913	197.089	13,50%	1.635.002	16,85%	
<b>BRASIL</b>	<b>53.420.396</b>	<b>5.645.452</b>	<b>100,00%</b>	<b>59.065.848</b>	<b>100,00%</b>	

## 7.4 Considerações finais

O presente estudo apresentou os resultados para o cômputo da área adicional irrigável no Brasil, que por sua vez representa os locais com disponibilidade hídrica superficial para adoção da irrigação, distinguindo os com potencial de intensificação de agricultura de sequeiro através da irrigação (áreas de intensificação) e as áreas com potencial de ampliação da agricultura irrigada sobre pastagens consolidadas (áreas de expansão).

Os resultados obtidos apontam um potencial de intensificação de, aproximadamente, 26,69 Mha de áreas agrícolas por meio da irrigação no Brasil. Por outro lado, há também um potencial de adotar irrigação em uma área de mais 26,72 Mha, atualmente cobertas por pastagens – as quais podem ser, eventualmente, convertidas para produção agrícola no país. Somados os dois cenários, de intensificação e expansão, são estimados aproximadamente 53,4 Mha adicionais para a irrigação em todo o território brasileiro, ou seja, uma área dez vezes superior à área atualmente irrigada (5,3 Mha, excluindo as fertirrigadas) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021). Neste contexto, como considerações deste estudo, coloca-se a seguir algumas reflexões.

A complexa conjuntura do setor agroalimentar é atualmente desafiada por uma transição, que abrange todos os setores da economia e sociedade. Convencionou-se chamar de “economia do conhecimento”, ou “quarta revolução industrial”, o conjunto de mudanças estruturais e de processos socioeconômicos experimentados na conversão de um mundo analógico em digital. O escopo das mudanças é muito mais amplo que o uso de sistemas computacionais, máquinas inteligentes e conectividade espaço-temporal.

Na economia do conhecimento são eliminados os limites entre os domínios físicos, digitais e biológicos. Exemplo simples disso na agricultura é um determinado sistema possibilitar o controle de uma operação (semeadura, irrigação, colheita, entre outros) em grande escala levando em consideração condicionantes biológicos, climáticos, pedológicos e topográficos, otimizando variáveis espaciais e temporais automaticamente. Há exemplos para todos os setores, alguns mais tangíveis e outros mais futuristas, tais como o monitoramento biométrico de populações, a biologia sintética, a mobilidade urbana autônoma, entre outros.

Não se sabe exatamente quais são os impactos no médio e longo prazo da transição atual, mas alguns efeitos negativos já são identificáveis, como a extinção de ocupações, desemprego crescente e desigualdade social sistêmica.

No setor agroalimentar, talvez o principal elemento estrutural de mudança esteja ligado à escala de produção. Em um contexto não digital, a pequena escala detém, em muitos casos, a vantagem competitiva de controle e conhecimento total do ambiente produtivo. O pequeno agricultor conhece bem a sua terra, sabe o nome e o histórico de cada animal e controla pessoalmente seus fornecedores e compradores. Tais elementos em um mundo não digital podem ser chave para aumento da produtividade e eficiência. Entretanto, na economia do conhecimento, os elementos determinantes da eficiência são o acesso a tecnologias de inovação permanente e a capacidade de processamento de dados.

Quanto maior a capacidade de coleta de dados, armazenamento e processamento, maior a eficiência. Ou seja, apesar da lógica de economia de escala ser conhecida há muito tempo, com o advento da economia do conhecimento, o funcionamento dos processos produtivos gradativamente tendem a ser viáveis apenas em estruturas muito grandes, concentradas em pouquíssimos agentes, acompanhados de uma tendência de segregação geográfica e clusterização da produção. Os benefícios para os consumidores são óbvios em um cenário de produção crescente a custos cada vez mais baixos, porém os riscos sociais e ambientais ainda não foram equacionados nem precificados.

Em síntese, a partir da entrada na economia do conhecimento, o setor agropecuário tem funcionamento semelhante aos setores industrial e de serviços, com tendência de

concentração nas cadeias de geração de valor e desenvolvimento tecnológico, acirramento das desigualdades e viabilização pela economia de escala. Porém, mesmo com as semelhanças entre o setor agroalimentar os outros setores da economia, há particularidades a serem consideradas.

Os modelos de produção agropecuária funcionam como uma linha de produção industrial invertida, ou seja, enfrentam o dilema em consumir insumos, serviços especializados e tecnologia de alto valor agregado e vender produtos primários de baixo valor agregado. Esse fundamento associado a uma inserção globalizada pressiona pelo aumento de escala, busca crescente de produtividade, redução no uso de mão-de-obra, expansão da produção em terras baratas e uma dependência crescente de insumos, genética e tecnologia proprietária de poucas empresas.

O setor agroalimentar é estratégico por estar ligado ao suprimento de alimentos e energia. A inserção absoluta desse setor em modelos de negócio altamente competitivos, dependente de fluxos globais de insumos que operam com folga muito estreita para viabilização econômica e maximização de lucro, traz consigo uma redução na resiliência a crises de ordem sanitária ou choques econômicos de oferta e demanda. Um setor estratégico e não resiliente é um risco não apenas para os países produtores, mas também para a economia global.

O setor também ocupa grandes extensões de terra e isso traz implicações tanto para as questões ambientais (água, carbono e biodiversidade), como para as questões sociais (acesso à terra, renda e pobreza). A coincidência espacial entre as agendas econômicas (produção), sociais e ambientais é talvez o maior desafio para formulação teórica e para o desenvolvimento de soluções práticas na geografia contemporânea.

Nesse contexto emerge frequentemente a estratégia da intensificação (ou verticalização) produtiva - e a irrigação a fronteira fundamental nessa equação - como uma estratégia para atacar simultaneamente a questão da escala produtiva com viabilização de módulos menores, a questão da maior agregação de valor por unidade de área, a questão da poupança de terras para preservação ambiental e a questão da redução de incertezas na produção e incremento de segurança alimentar. Dessa maneira, a intensificação seria uma forma eficiente para cumprir as agendas econômica, social e ambiental.

Evidentemente, todo esse processo é complexo e permeado de efeitos ambíguos. O argumento de que a intensificação, na medida em que resulta em maior produção por unidade de área, teria o efeito de "poupar terra" e resultar em uma série de benefícios sociais e ambientais é forte e está na base de sustentação da revolução verde e do prêmio Nobel da paz concedido a Norman Borlaug em 1970.

Sendo assim, em um cenário de demanda atual a ser satisfeito com níveis de produtividade agropecuária do início do século XX, boa parte das áreas de vegetação nativa já teriam sido devastadas para serem utilizadas na produção de alimentos ou então boa parte da população mundial estaria faminta e a economia global já teria colapsado. O mais provável é que a devastação ambiental e o colapso econômico viessem juntos. De qualquer modo, é justo afirmar que a revolução verde e a moderna agronomia evitaram um cenário catastrófico global.

Diversos estudos já mostraram que a intensificação resulta em um efeito poupa terra (STEVENSON *et al.*, 2013; COHN *et al.*, 2014; BALMFORD; GREEN; PHALAN, 2015; PHALAN *et al.*, 2016). Paradoxalmente, apesar dos dados oficiais detectarem uma tendência gradativa de intensificação na agropecuária, significando menos terra utilizada para a mesma quantidade de produção, não é possível afirmar que no Brasil isso esteja relacionado a uma diminuição da pressão para incorporação de novas terras pela agropecuária ou que haja qualquer relação causal entre a intensificação, a preservação ambiental e maior equidade social.

Segundo dados do INPE (PRODES), a taxa média de desmatamento na Amazônia Legal dos últimos 20 anos foi de aproximadamente 1 Mha ano<sup>-1</sup> e, na última década ainda atingiu 0,5 Mha ano<sup>-1</sup>. Ou seja, é um fato que a incorporação de terras às áreas de agricultura e pecuária e a intensificação dessas explorações acontecem simultaneamente no Brasil. Isso não quer dizer que se deve recair na conclusão simplista (e equivocada) de que o setor produtivo é “culpado” pelo desmatamento.

O produtor que intensifica não necessariamente é aquele que desmata, e aquele que desmata não necessariamente é um produtor. Eventualmente, uma pequena parte das áreas desmatadas podem se regenerar, mas a maior parte será utilizada na agropecuária. Essa cadeia de eventos pode levar alguns anos e os agentes mudarem durante o caminho.

Nesse sentido, o fenômeno que melhor se adapta à relação da intensificação agropecuária com a expansão das terras é chamado em economia de “paradoxo de Jevon” ou *rebound effect*, isto é, o aumento da eficiência na produção por meio da intensificação torna a atividade mais atrativa e lucrativa, o que leva a uma maior expansão de área (ANGELSEN; KAIMOWITZ, 2001; BARRETTO, 2013; BARRETTO *et al.*, 2013). O argumento “intensificar para preservar” é incompleto e ainda não se pode dizer que há respaldo nos números agregados e painéis de longo prazo para o Brasil.

Os processos de intensificação produtiva que ocorreram no mundo todo a partir da segunda metade do século XX tiveram um inequívoco efeito poupa terra quando comparados a um mundo contrafactual, sem nenhuma das inovações agronômicas.

Entretanto, o efeito poupa terra é global porque a economia agroalimentar também é global. Não produzir com alta produtividade aqui no Brasil pode significar ter que produzir com baixa produtividade e usando mais terra em regiões mais sensíveis do ponto de vista ambiental e mais vulneráveis socialmente.

A intensificação produtiva experimentada no Brasil poupa terra globalmente, mas esse efeito não é necessariamente detectável dentro do País. Aqui dentro o que temos é o setor agropecuário em um processo simultâneo de expansão e intensificação. Em outras palavras, o Brasil responde não apenas a uma demanda global de produtos, mas também a uma demanda global de terra para produção.

A conclusão é que a intensificação produtiva de qualquer cadeia e com qualquer tecnologia não deve ser tratada como panaceia econômica e ambiental. Há compensações a serem considerados, riscos a serem contabilizados e, principalmente, é necessário que a estratégia e seus potenciais benefícios sejam corretamente comunicados em uma perspectiva nacional e global.

A lente crítica sobre a adoção de novas tecnologias abarcadas sob o amplo guarda-chuva da intensificação produtiva destoa do otimismo com o qual a pujança do setor agroalimentar é muitas vezes e justamente descrito. O que se tem nesse caso, entretanto, é uma falsa dicotomia porque não há atualmente e no futuro próximo nenhum conjunto de soluções para as grandes questões do setor agroalimentar global que não passem necessariamente pelo conjunto tecnológico que estará disponível ao sistema convencional de produção agrícola no Brasil.

Nesse sentido, a compreensão das compensações e das potenciais externalidades negativas da intensificação produtiva é fundamental para que eventuais danos sejam mitigados. Adicionalmente, é um fato inequívoco que a enorme abrangência espacial dos sistemas de produção convencionais torna os pequenos ganhos de sustentabilidade em grandes vantagens ambientais.

Há exemplos marcantes disso na agricultura tropical, tais como o plantio direto, a fixação biológica de nitrogênio, o controle biológico de pragas, o desenvolvimento de genética

vegetal e animal adaptadas, a consolidação da segunda safra, os sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta, dentre uma longa série de tecnologias incorporadas ao *mainstream* que retornam ganhos ambientais em grande escala e que a agricultura irrigada sustentável e incluyente se coloca como a principal fronteira a ser desenvolvida no Brasil nas próximas décadas.

Entretanto, é preciso considerar que, em geral, os avanços tecnológicos dentro da lógica de produção convencional somente incorporam elementos de sustentabilidade ao processo produtivo desde que se revertam em máximo retorno econômico, o que confere enorme relevância ao papel do Estado como empreendedor de investimentos e direcionador de pesquisas que não estão sendo financiadas pelo setor privado com vistas à redução dos impactos sociais e ambientais dos sistemas produtivos convencionais.

Sendo assim, a inovação permanente se concretiza com pesquisa financiada primordialmente pelo Estado e complementarmente pela iniciativa privada, bem como a aplicação prática das tecnologias desenvolvidas só não resultará em concentração produtiva caso o Estado equilibre as imperfeições do mercado.

A definição de onde o Estado deve atuar e onde o desenvolvimento pode ser feito pelo setor privado só é possível com modelos de tomada de decisão espacialmente explícitos que consideram em sua matriz variáveis sociais e ambientais além do potencial produtivo.

O estudo aqui desenvolvido se insere nesse esforço de gerar informações sobre o potencial de utilização de agricultura irrigada no País a partir de uma modelagem quantitativa sólida, concatenada a uma ampla gama de variáveis de modo que a tomada de decisão tanto no setor público como no setor privado possa ser feita com consciência visando de forma abrangente o desenvolvimento rural.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. 2. Ed. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 130 p., 2021. ISBN: 978-65-88101-10-0.
- ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. **Agricultural technologies and tropical deforestation** (CAB Intl, Wallingford, UK). 2001.
- BALMFORD, A.; GREEN, R.; PHALAN, B. Land for food and land for nature? **Daedalus**, v.144, p.57-75, 2015.
- BARRETTO, A.G.O.P. **Agricultural land-use expansion dynamics in Brazil**. 2013. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- BARRETTO, A.G.O.P.; BERNDES, G.; SPAROVEK, G.; WIRSENIUS, S. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975-2006 period. **Global Change Biology**, v.19, n.6, p.1804-1815, 2013.
- BRASIL. Lei 12.651 de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.1, 28 mai. 2012.
- COHN, A.S.; MOSNIER, A.; HAVLÍK, P.; VALIN, H.; HERRERO, M.; SCHMID, E.; O'HARE, M.; OBERSTEINER, M. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.111, n.20, p.7236-7241, 2014.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Information system on water and agriculture** - Aquastat. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em: 18 jun. 2020.

GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. Projeto de Cooperação Técnica IICA/BRA/08/002. **Análise territorial para o desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil**. Ministério da Integração (MI). Relatório Técnico, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (Fealq), GPP, 2015.

GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. Projeto de Cooperação Técnica IICA/BRA/02/015. **Promoção da gestão integrada e no uso sustentável dos recursos hídricos no meio rural**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Relatório Técnico, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (Fealq), GPP, 2017.

GRUPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. Projeto de Cooperação Técnica UTF/BRA/087/BRA - **Promoção de Políticas Públicas de Desenvolvimento Regional**. Plano de ação imediata da agricultura irrigada no Brasil para o período 2020-2023. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Relatório Técnico, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (Fealq), GPP, 2020.

PHALAN, B.; GREEN, R.E.; DICKS, L.V.; DOTTA, G.; FENIUUK, C.; LAMB, A.; STRASSBURG, B.B.N.; WILLIAMS, D.R.; ERMGASSEN, E.K.Z.; BALMFORD, A. How can higher-yield farming help to spare nature? **Science**, v.351, p.450-451, 2016.

STEVENSON, J.R.; VILLORIA, N.; BYERLEE, D.; KELLEY, T.; MAREDIAD, M. GREEN revolution research saved an estimated 18 to 27 million hectares from being brought into agricultural production. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, p.8363-8368, 2013.



## CAPÍTULO 8

### 8 ANÁLISE TERRITORIAL PARA O FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA: APLICAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS

*Rodrigo Fernando Maule, Durval Dourado Neto, Klaus Reichardt, Marcela Almeida de Araujo, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Pedro Alves Quilici Coutinho e Simone Beatriz Lima Ranieri*

#### Resumo

Muitas projeções apontam que o mundo terá que ampliar significativamente sua produção de alimentos para atender a crescente demanda e o Brasil é colocado como um dos principais atores globais nessa dinâmica. A irrigação da agricultura no Brasil é uma estratégia a ser desenvolvida para dar o salto de produtividade necessária para atender essa demanda. Políticas públicas direcionadas para esse fim são essenciais para que isso possa ocorrer dentro de um cenário planejado e controlado. Nesse sentido foram desenvolvidas modelos espacialmente explícitos, no trabalho "Método multidisciplinar de análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada: aplicação em políticas públicas" (MAULE, 2020), para fornecer informações úteis para orientar a tomada de decisão de gestores públicos quanto ao desenvolvimento de políticas para promover a agricultura irrigada. Nesse sentido é necessário que o aperfeiçoamento de infraestrutura por meio de suas políticas públicas específicas esteja alinhado às políticas públicas de promoção da agricultura irrigada visando atingir metas de desenvolvimento rural sustentável no curto, médio e longo prazos.

#### 8.1 Introdução

A oferta de alimentos no mundo não tem acompanhado a demanda que resulta do crescimento da população e também do aumento do seu poder de compra. Na última década houve uma redução significativa (cerca de 50%) do estoque global de alimentos, o que é preocupante sob o ponto de vista da segurança alimentar. Muitas projeções apontam que até 2050 o mundo terá que ampliar significativamente sua produção de alimentos para atender a crescente demanda decorrente, em parte, do rápido processo de urbanização de nações muito populosas, como China e Índia (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2018; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2019). A renda per capita média também tem evoluído nos países desenvolvidos e emergentes, o que pressiona para cima o crescimento do consumo no mundo. Aliado a esse cenário, diversos estudos apontam um estoque mundial de áreas para ampliação da produção bastante reduzida, sendo que a elevação da produção de alimentos deverá ser pautada pelo aumento da produtividade (TILMAN *et al.*, 2011; VAN ITTERSUM *et al.*, 2013; MARIN *et al.*, 2016).

Diversas variáveis podem influenciar o aumento da produtividade nas áreas de produção: utilização de mais insumos (fertilizantes, corretivos, entre outros), espécies vegetais mais adaptadas (melhoramento genético) e alteração de manejo (produção em ambiente mais controlado). Nesse contexto, a produção em áreas irrigadas passa a ter um papel importante, pois permite a intensificação da produção minimizando a pressão por expansão de área (SAATH; FACHINELLO, 2018). Também cabe destacar que o uso de irrigação permite a ocupação de áreas que apresentam restrições de uso agrícola por falta de chuvas. De acordo com Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2017), a produtividade de culturas irrigadas é de 2 a 3 vezes maior em relação à agricultura de sequeiro. Em termos econômicos, o ganho com a irrigação é ainda mais expressivo. A produtividade econômica decorrente da

venda dos produtos irrigados é cerca de cinco vezes maior daquele obtida com os produtos da agricultura tradicional.

O Brasil está entre os dez países com a maior área irrigada do mundo, segundo dados da Food and Agriculture Organization (2017). Os líderes mundiais são a China e a Índia, com cerca de 70 milhões de hectares (Mha) cada, seguidos dos EUA (26,7 Mha), do Paquistão (20,0 Mha) e do Irã (8,7 Mha) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017). Entretanto, a irrigação no Brasil é considerada pequena frente ao potencial estimado (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017).

Assim, a ampliação da agricultura irrigada no Brasil pode contribuir em muito para o aumento de produtividade, entretanto o estímulo dessa prática via políticas públicas deve ser pautado por um planejamento sólido que congregue diversos elementos produtivos, ambientais, sociais e econômicos, permitindo não só aumento da produtividade, como também o desenvolvimento territorial sustentável e gerador de renda para todas as parcelas de agricultores.

A abordagem da análise territorial para a configuração de cenários de expansão da agricultura irrigada para fins de planejamento e gestão pode possibilitar uma maior focalização de questões imprescindíveis ao desenvolvimento rural sustentável, sendo possível aplicar em políticas públicas elementos fundamentais para a tomada de decisão de gestores. A busca por desenvolver uma abordagem de análise territorial alicerçada na modelagem espacial como instrumento de planejamento estratégico para estimular a expansão da agricultura irrigada pode possibilitar: (i) avançar na visão da espacialização das políticas públicas voltadas à agricultura irrigada, identificando seus impactos e resultados nos territórios; (ii) visualizar de forma clara as configurações estabelecidas, considerando as principais variáveis de interesse para o meio rural de modo integrado; (iii) oferecer os elementos para o direcionamento dos instrumentos e políticas disponíveis, visando a ampliação da capacidade de dinamização econômica da agricultura e dos territórios de modo geral; e (iv) qualificar as ações voltadas para o desenvolvimento de uma agricultura irrigada de base limpa e sustentável.

Recentemente foi elaborado o estudo "Análise Territorial e Políticas para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil" (SPAROVEK *et al.*, 2014) que trabalhou a sistematização, o tratamento e a análise integrada de dados essenciais para o planejamento da agricultura irrigada no Brasil. Esse estudo visou suprir as necessidades de um modelo de análise territorial espacialmente explícito, capaz de oferecer elementos para a avaliação do território, com base em variáveis que configuram a realidade e a aderência das políticas executadas pelo então Ministério da Integração Nacional (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2008; 2014), atual Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).

O estudo apresentou um arranjo lógico e uma combinação de variáveis para o processo de desenvolvimento da agricultura irrigada. A modelagem utilizada ofereceu uma visão espacial das necessidades de irrigação, das oportunidades de ações, das possibilidades de modernização e eficiência do uso da terra no Brasil e da aplicação das demais políticas de fortalecimento da agricultura irrigada, visando o desenvolvimento rural sustentável. Deve-se mencionar que este estudo foi utilizado como uma referência para a elaboração do "Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada", da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017).

A dinâmica de processamento e geração de resultados que a ciência de dados atual pode proporcionar a partir das evoluções recentes, principalmente na área computacional, é fator essencial para o aprimoramento das análises territoriais voltadas para apoiar o fortalecimento da agricultura irrigada, visto que estas análises envolvem grande quantidade de componentes e escalas de trabalho, trazendo complexidade para a representação da realidade. Como exemplo de aplicação prática proporcionada pela ciência de dados neste campo está a agregação de indicadores de disponibilidade e qualidade de energia elétrica no

meio rural, que auxilia na avaliação e representação de áreas com potencial de expansão da irrigação, conforme estudo de Assunção (2018).

O presente trabalho teve por objetivo geral demonstrar o potencial da ciência de dados na orientação de políticas públicas voltadas à agricultura irrigada utilizando ferramentas de análise territorial multicriterial. A metodologia desenvolvida é baseada na combinação de variáveis que buscam explicitar representações simplificadas e agregadas de diferentes temas, facilitando a interpretação aplicada uma vez que a grande quantidade de componentes envolvidos e escalas de ocorrência trazem muita complexidade para a representação da realidade.

## 8.2 Agricultura irrigada no Brasil

A utilização da irrigação acontece desde as antigas civilizações. No Brasil, esta prática ocorre desde o início da década de 1900, quando auxiliava a produção de arroz no Rio Grande do Sul (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017). A irrigação é fundamental para o aumento da produtividade, garantindo assim, a estabilidade na produção de alimentos. Além disso, esta técnica minimiza os riscos climáticos e otimiza o uso de insumos e equipamentos. Em regiões áridas e semiáridas, a irrigação é imprescindível, pois nestas áreas a segurança produtiva é bastante afetada pela escassez contínua de água.

Segundo dados da Food and Agriculture Organization (2017), o Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo. Nesta classificação, o país pertence ao grupo que possui área entre 4 e 7 Mha, que inclui Tailândia, México, Indonésia, Turquia, Bangladesh, Vietnã, Uzbequistão, Itália e Espanha. No último levantamento realizado pela Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017), o Brasil possuía cerca de 6,95 Mha de área irrigada, utilizando diversas técnicas de irrigação. Destes, a região que apresenta a maior extensão de área irrigada é a Sudeste, com 2,71 Mha, seguida por Sul (1,70), Centro-Oeste (1,18), Nordeste (1,17) e Norte (0,19). Entre os anos de 1960 e 2015 a área irrigada no Brasil saltou de 0,45 para 6,95 Mha. Além disso, de acordo com ANA e Embrapa (2019), ocorreu aumento de 43,3% (+382 mil ha) na área irrigada entre 2006 e 2014, especialmente utilizando pivô central. Os dados dos últimos Censos Agropecuários do IBGE também reforçam o aumento expressivo dos pivôs no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011). Os pivôs expandiram-se sobre 542 mil hectares entre os levantamentos de 2006 e 2017, aumentando sua participação de 19,6% para 20,8% em relação aos demais métodos e sistemas de irrigação levantados pela pesquisa Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e Embrapa (2019).

Em 2017 a ANA divulgou o Atlas de Irrigação do Brasil, onde foi demonstrado o uso da água na agricultura irrigada em cada região e Unidade da Federação (UF). São Paulo, Minas Gerais, Tocantins e Bahia são os estados que mais apresentam áreas irrigadas. A região Norte apresenta baixo desenvolvimento da agricultura irrigada, o que representa 2,8% da área irrigada do país, ressaltando que a maior parte deste valor é devido as áreas de arroz irrigado no Tocantins. Logo após a região Norte está a região Nordeste, com 16,8% das áreas irrigadas brasileiras. A região Centro-Oeste foi a região com maior expansão na área irrigada nos últimos 20 anos, chegando a 17% no ano de 2015, o que representa uma área plantada de 1,2 Mha. A região Sul, pioneira em irrigação no país, é a segunda maior, com 24,4% das áreas irrigadas brasileiras. Por fim, a região Sudeste apresenta a maior área irrigada do país (34% das áreas irrigadas brasileiras) e vem apresentando aumento expressivo nos últimos anos. Nesta região, São Paulo e Minas Gerais representam 87,9% do total de área irrigada (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017).

No intuito de contribuir com informações e colaborar com o trabalho de todos os envolvidos com a agricultura irrigada no Brasil, os fabricantes de sistemas de irrigação associados à Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da ABIMAQ sistematizam

informações sobre a evolução da expansão da agricultura irrigada no país desde de 2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2019). As informações indicam que em 2000 o país tinha 3.068.480 hectares irrigados, passando para 6.023.087 hectares em 2018, ou seja, uma expansão média de 161.744 hectares por ano. Se considerados apenas os últimos 5 anos, essa média salta para 205.316 hectares de expansão por ano.

No entanto, pode-se dizer que a irrigação no Brasil é considerada pequena frente ao potencial estimado, à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica. De acordo com estudo realizado por Borghetti *et al.* (2017), o Brasil teria potencial para aumentar a área irrigada em 4,5 Mha até 2024, um salto de 65%, em relação a área irrigada atual.

### 8.3 Potencial de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil

Segundo dados da Food and Agriculture Organization (2011), o Brasil está entre os quatro países com maior área potencial para irrigação. Sparovek *et al.* (2014) verificaram uma área que 2,2 Mha (37% da área irrigada em 2012) que estão em regiões que não contam com a possibilidade de expansão pelo esgotamento da água disponível e 2,7 Mha (44% da área irrigada em 2012) que se encontram em regiões em que há importante possibilidade de expansão, porém fora de áreas de prioridade de intervenção pública; e ainda 1,1 Mha (19% da área irrigada em 2012) estão em localidades com possibilidade de expansão onde se justifica intervenção pública com o objetivo de desenvolver a região de forma sustentável. Essas mesmas regiões concentram 36% da capacidade adicional de área irrigável (27 Mha) do Brasil.

Quanto ao potencial de expansão da área irrigada no Brasil, os dados consolidados pelo Atlas Irrigação da ANA apontam áreas adicionais irrigáveis de até 76,2 Mha (potencial físico total) e ressaltam a acelerada expansão da agricultura irrigada no Brasil tanto ao longo das décadas (longo prazo) quanto no período recente, com forte aceleração no curto prazo (última década). O indicador de potencial efetivo de expansão que considera apenas áreas de maior aptidão física e existência de condições técnicas favoráveis, escoamento da produção e energia elétrica, apresentou um volume de 11,2 Mha (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019).

Considerando a ainda pequena área irrigada do Brasil frente à sua área adicional irrigável, o desenvolvimento da agricultura irrigada apresenta enorme potencial por interesses movidos: (i) pelos ganhos de eficiência e redução de risco de insucesso da produção agrícola, (ii) pela promoção de desenvolvimento social e econômico em regiões propícias à intensificação da produção ou limitadas pela escassez ou irregularidade do regime natural das chuvas, (iii) pela redução de impactos ambientais, dada a menor necessidade de expansão da área agrícola face às maiores produtividades dos cultivos irrigados, e (iv) pela segurança alimentar considerada a possibilidade de produção eficiente próxima aos centros de consumo e em maior amplitude de condições climáticas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017).

Estes interesses são compartilhados pelo setor público, pela promoção do bem-estar coletivo, e privado, pela maior competência produtiva alcançada pelo agricultor, seja ele pequeno ou grande (CHRISTOFIDIS, 2002).

### 8.4 Modelo de análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada

Antecedendo ao aperfeiçoamento do modelo de análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada, a seguir é apresentado um resumo do modelo de Sparovek *et al.* (2014).

### 8.4.1 O modelo desenvolvido: dos pressupostos e funcionalidade

A análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil se refere ao estudo de modelagem espacial de cobertura nacional desenvolvido por Sparovek *et al.* (2014), o qual considera a área agrícola irrigada e a adicionalmente irrigável do Brasil no contexto de sua governança pública e privada, contemplando o ambiente físico com temas ambientais, sociais e econômicos. O modelo trata de representações simplificadas e agregadas de diferentes temas contemplados por intermédio de chaves classificatórias. A metodologia desenvolvida auxilia a melhor compreensão da realidade, possibilitando testar cenários com o caráter quantitativo dos métodos e a representação espacial precisa das variáveis.

O modelo proposto não deve, portanto, ser usado como substituto de qualquer outro processo de apoio à decisão local que seja capaz de captar a complexidade específica. Seu uso, no entanto, permite a visão ampla da complicação do problema, além de possibilitar um ponto de partida importante para as análises locais. As realidades locais estão relacionadas com a complicação que certamente capta parte de sua dinâmica, componentes e comportamento.

Apenas a título de comparação, conhecer, por exemplo, o efeito geral que uma falha do metrô produz sobre o trânsito não permite saber se virar a próxima rua a direita vai ser melhor do que seguir um pouco mais e pegar o viaduto, mas é um forte indicativo de que a viagem será mais longa e permite orientar decisões ligadas a este conceito, por exemplo, avisar do atraso, mas sem saber exatamente quanto.

O desenvolvimento da agricultura irrigada precisaria contemplar uma metodologia que ao mesmo tempo considerasse complicação e complexidade. Um sistema apenas complicado, sem ser complexo, poderia ser precisamente representado por modelos que desconsideram as relações não lineares entre múltiplas escalas.

O ideal, no caso do desenvolvimento da agricultura irrigada, seria considerar um modelo que lidasse bem com ambos, a complexidade e a complicação. Mas, infelizmente, a modelagem de sistemas ao mesmo tempo complicados e complexos ainda não tem amparo metodológico adequado na ciência.

Para retratar a complexidade é preciso abrir mão da complicação. Para considerar todos os componentes envolvidos, a complicação, é preciso desconsiderar em parte a complexidade, ignorando as relações não lineares entre escalas progressivamente menores.

O modelo de Sparovek *et al.* (2014) opta pela complicação ao invés da complexidade, sendo esperado que gere resultados distintos quando medidos em escala mais detalhada.

As bases de dados do modelo são essencialmente quantitativas, processando variáveis físicas (p.e. vazão dos rios e evapotranspiração das plantas), dados censitários (p.e. valor da produção da agricultura, renda rural), ou índices derivados de modelos físicos de representação de realidades mais complexas (p.e. topografia, *deficit* hídrico e atributos do solo convertidos em classes de aptidão agrícola).

Além do caráter quantitativo, por vezes redefinido em categorias, os autores atribuíram dimensão espacial ao conjunto de dados. A dimensão espacial é essencial para o relacionamento dos dados com outros temas ligados ao meio ambiente (como interesse para conservação, áreas sob proteção pública ou privada), à legislação (Código Florestal) e de caráter geral do ambiente rural, como características da matriz produtiva (familiar ou não familiar) e pobreza rural.

A relação espacial explícita é imprescindível para comparar todas estas dimensões com a escala de manifestação da realidade física da agricultura irrigada, que é a sua bacia hidrográfica. De acordo com Sparovek *et al.* (2014), a modelagem exigiu grande esforço metodológico, tornando os métodos de difícil operação por usuários não especializados no seu

nível mais próximo aos dados. A interface com o usuário final, traduzida por uma ferramenta de consulta, foi, por isto, simplificada.

Desta maneira, a interface com o usuário final preservou as características de modelos de análise narrativa. Para o usuário final a parte quantitativa do modelo é transparente. A este é permitido entender facilmente o relacionamento das diversas partes do modelo através de duas chaves de perguntas que remetem a conceitos de lógica narrativa.

#### **8.4.2 Necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada**

A primeira chave do modelo de Sparovek *et al.* (2014) remete às perguntas sobre os aspectos físicos do desenvolvimento da irrigação e são tratadas na escala de Ottobacias de nível 12, num total de 168.843 em todo o país, com área média de cerca de 5 mil hectares. A necessidade de irrigação da bacia foi classificada em alta, média ou baixa. As classes refletem o nível de restrição hídrica ao qual as culturas de milho (*Zea mays*) e de feijão (*Phaseolus vulgaris*) estão sujeitas durante seu ciclo completo de desenvolvimento. Sendo assim, espera-se aumento de produtividade sob irrigação quando comparado ao cultivo de sequeiro tanto de milho (semeado em agosto) quanto de feijão (semeado em março). Quanto maior a necessidade de irrigação, maior será a diferença de produtividade. Em suma, esta variável reflete o benefício esperado da irrigação.

A segunda chave remete à pergunta referente à área adicional irrigável (muito, médio ou pouco) na Ottobacia de nível 12. As classes usam como *proxy* de categorização a área irrigável adotando metade do volume outorgável não utilizado de água dos rios da Ottobacia de nível 12, após descontadas as áreas protegidas tanto de domínio público, como as Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TIs), quanto de domínio privado, como as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as áreas de Reserva Legal (RL), além das áreas já utilizadas com irrigação.

A terceira chave remete à pergunta referente à área irrigada da bacia, a qual pode ser muito ou médio (combinados) ou pouco. As classes foram concebidas com base nos dados fornecidos pela ANA sobre área irrigada para o ano de 2012. Essa variável denota a infraestrutura existente na Ottobacia de nível 12, bem como a capacidade e estratégia consolidadas para suporte de agricultura irrigada. Essa variável pode indicar locais em que a agricultura irrigada já faz parte da matriz produtiva. Sendo assim, pode nortear os futuros planos de expansão ou de apoio. A Tabela 1 mostra as classes derivadas das três chaves do modelo.

Salienta-se o significado dos seguintes termos: (i) área de expansão: são áreas que representam as combinações onde existe tanto o potencial de expansão adicional quanto a área de agricultura irrigada já estabelecida. A infraestrutura, a tecnologia, os serviços de apoio, o conhecimento acumulado sobre a técnica de irrigação já está na Ottobacia de nível 12, a qual apresenta potencial de expansão da área irrigada, (ii) área de reserva técnica: representa a combinação de muita área adicional irrigável e pouca área irrigada, conseqüentemente a infraestrutura, os serviços e o conhecimento da técnica não estão disponíveis pela falta de área efetivamente irrigada. Os investimentos e os esforços para o desenvolvimento da agricultura irrigada nessas áreas serão maiores. O termo 'reserva técnica' indica que a implantação de irrigação ou sua expansão é possível, mas não prontamente. São as áreas de expansão futura, (iii) manutenção e redirecionamento: representa a combinação de pouca área adicional irrigável e muita área irrigada, ou seja, o potencial que havia já está sendo plenamente utilizado. Expandir levaria a impactos ambientais ou a conflitos pelo uso da água com outros usos. Manter o que existe de irrigação num primeiro momento e redirecionar o desenvolvimento da bacia para usos que não impliquem em irrigação adicional são sugeridos como dinâmica para esta classe, e (iv) outra estratégia de desenvolvimento: representa combinação de pouca área adicional irrigável e ainda pouco ou não estabelecimento de

irrigação na bacia. O desenvolvimento da bacia nesta combinação deve procurar outras opções que não a irrigação, independente da sua necessidade ou não.

**Tabela 1. Chave de três itens (necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada) gerando as duas classes: (i) classe territorial de agricultura irrigada e (ii) classe de prioridade (SPAROVEK *et al.*, 2014).**

<b>Necessidade de irrigação</b>	<b>Área adicional irrigável</b>	<b>Área irrigada</b>	<b>Classe territorial de agricultura irrigada (Nível 1)</b>	<b>Classe de prioridade (Nível 2)</b>
Alta	Muito	Muito ou médio	Expansão	Alta
		Pouco	Reserva técnica	Alta
	Médio	Muito ou médio	Expansão	Alta
		Pouco	Reserva técnica	Média
	Pouco	Muito ou médio	Manutenção e redirecionamento	Alta
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
Média	Muito	Muito ou médio	Expansão	Média
		Pouco	Reserva técnica	Baixa
	Médio	Muito ou médio	Expansão	Média
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
	Pouco	Muito ou médio	Manutenção e redirecionamento	Média
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
Baixa	Muito	Muito ou médio	Expansão	Baixa
		Pouco	Não prioritário	
	Médio	Muito ou médio	Expansão	Baixa
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
	Pouco	Muito ou médio	Manutenção e redirecionamento	Baixa
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	

As classes, com exceção da classe outra estratégia de desenvolvimento, são subdivididas de acordo com a necessidade de irrigação em relação à alta, média ou baixa prioridade.

A segunda chave remete às perguntas sobre a tipologia do agricultor (familiar ou não familiar), a aptidão agrícola das terras em cultivo de sequeiro, ao desenvolvimento rural e ao interesse ambiental de conservação. Esta chave define de forma mais abrangente e completa a prioridade de irrigação, quem se beneficia dela, e a forma e intensidade de intervenção pública ou privada. A Tabela 2 mostra as classes de prioridade de irrigação, de acordo com Sparovek *et al.* (2014).

**Tabela 2. Chave de classificação das variáveis que definem a prioridade de irrigação (SPAROVEK *et al.*, 2014).**

Dinâmica agrícola	Desenvolvimento municipal	Aptidão agrícola	Interesse ambiental	Classe territorial rural (Nível 1)	Classe territorial rural específica (Nível 2)	Classe territorial rural específica e orientação (Nível 3)
Não familiar	Alto	Alto ou média	Extremo	Estável	Estável-não familiar	Estável-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Estável	Estável-não familiar	Estável-não familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Independente	Independente-não familiar	Independente-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Independente	Independente-não familiar	Independente-não familiar (orientação produtiva)
	Médio ou baixo	Alto ou média	Extremo	Alterável	Alterável-não familiar	Alterável-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Alterável	Alterável-não familiar	Alterável-não familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Apoiada	Apoiada-não familiar	Apoiada-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Apoiada	Apoiada-não familiar	Apoiada-não familiar (orientação produtiva)
Coexistente	Alto	Alto ou média	Extremo	Estável	Estável-coexistente	Estável-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Estável	Estável-coexistente	Estável-coexistente (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Independente	Independente-coexistente	Independente-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Independente	Independente-coexistente	Independente-coexistente (orientação produtiva)
	Médio ou baixo	Alto ou média	Extremo	Alterável	Alterável-coexistente	Alterável-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Alterável	Alterável-coexistente	Alterável-coexistente (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Apoiada	Apoiada-coexistente	Apoiada-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Apoiada	Apoiada-coexistente	Apoiada-coexistente (orientação produtiva)
Familiar	Alto	Alto ou média	Extremo	Estável	Estável-familiar	Estável-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Estável	Estável-familiar	Estável-familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Independente	Independente-familiar	Independente-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Independente	Independente-familiar	Independente-familiar (orientação produtiva)
	Médio ou baixo	Alto ou média	Extremo	Alterável	Alterável-familiar	Alterável-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Alterável	Alterável-familiar	Alterável-familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Apoiada	Apoiada-familiar	Apoiada-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Apoiada	Apoiada-familiar	Apoiada-familiar (orientação produtiva)

Salienta-se, ainda, o significado dos seguintes termos: (i) estável: combinações que resultam de elevado desenvolvimento municipal com alta ou média aptidão para agricultura não irrigada, ou seja, a sistemática agrícola presente, seja ela familiar ou não, promoveu o desenvolvimento rural adequado, (ii) independente: combinações que resultam de elevado desenvolvimento municipal com baixa aptidão para agricultura não irrigada, ou seja, o desenvolvimento rural ocorreu à parte da aptidão agrícola das terras, (iii) alterável: combinações que resultam de baixo ou médio desenvolvimento municipal com alta ou média aptidão para agricultura não irrigada, ou seja, o modelo agrícola existente, qualquer que seja, não promoveu o desenvolvimento rural adequado, apesar das boas condições do meio físico (aptidão agrícola para agricultura não irrigada), e (iv) apoiada: combinações que resultam de baixo ou médio desenvolvimento municipal com baixa aptidão para agricultura não irrigada, independente da tipologia de produção. Fomentar sistemas agrícolas tradicionais não é uma forma de desenvolvimento promissora, pela restrição imposta pelo meio físico.

Para a definição de prioridade para irrigação Sparovek *et al.* (2014) consideraram que as classes estável e independente apresentam menor prioridade de intervenção pública, por já apresentarem adequado desenvolvimento. As ações privadas, na sua combinação com expansão e reserva técnica, no entanto, são bem vindas, justificadas por benefícios coletivos decorrentes da ampliação da base de agricultura irrigada, mesmo que não sejam emergenciais do ponto de vista local.

A combinação de alterável com expansão merece destaque de intervenção pública. A área efetivamente irrigada numa bacia nunca será a sua área potencialmente agricultável total. A combinação de alterável com expansão associa a necessidade decorrente do baixo ou médio desenvolvimento municipal com a possibilidade de expandir uma base irrigada já existente, portanto, menos carente de investimentos em infraestrutura, serviços e Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER). Isto, além de tudo, poderá beneficiar indiretamente a produção de sequeiro, que poderá se desenvolver na parte da bacia que não será irrigada. A combinação de apoiada com expansão produz efeito semelhante, mas com benefícios menores para a agricultura de sequeiro. A Tabela 3 apresenta os indicativos de maior ou menor interesse de intervenção pública ou privada das classes territoriais.

**Tabela 3. Combinação da chave física com a chave de prioridade (SPAROVEK *et al.*, 2014).**

Chave física	Chave Prioridade	Designação
Expansão	Alterável	Máximo interesse de intervenção pública
	Apoiada	Interesse elevado de intervenção pública
Reserva técnica	Alterável ou apoiada	Interesse compartilhado de intervenção pública e privada
Expansão ou Reserva técnica	Estável ou independente	Fomento de interesse privado
Manutenção e redirecionamento	Alterável ou apoiada	Intervenção pública específica e Monitoramento e regulamentação
	Estável ou independente	Monitoramento e regulamentação
Outra estratégia de desenvolvimento	Estável, independente, alterável ou apoiada	Monitoramento

A interação do gestor com o modelo de Sparovek *et al.* (2014), traduzida na ferramenta analítica de consulta sobre irrigação, pode se dar a partir desta chave de classificação categórica que contempla as duas dimensões consideradas (física e prioridade), gerando classes que reportam diretamente para as estratégias de intervenção recomendadas, sua origem pública ou privada e prioridade. Outras combinações de classes, p.e. as classes de interesse ambiental da chave de prioridade ou a tipologia do produtor, podem ser geradas a partir da ferramenta analítica completa e contemplar recortes específicos. As classes sugeridas tiveram como critério sua abrangência em tratar o tema do desenvolvimento e da agricultura

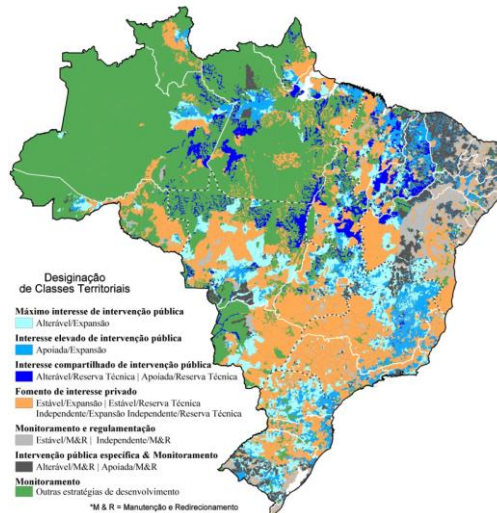
irrigada e não pretendem responder questões mais específicas. A Tabela 4 apresenta, de forma sistemática, a interpretação das ações sugeridas para cada classe territorial.

**Tabela 4. Classes sugeridas suas respectivas interpretações (SPAROVEK *et al.*, 2014).**

<b>Designação</b>	<b>Ação</b>	<b>Interpretação</b>
Máximo interesse de intervenção pública	Expandir e promover a agricultura irrigada agora ou no futuro com prioridade de intervenção pública.	A tipologia agrícola presente apesar da boa condição do meio físico não desenvolveu o ambiente rural do município, existe irrigação na bacia e seu potencial de expansão é grande. A intervenção pública se justifica pelo interesse coletivo do desenvolvimento, pela ineficácia com que o atual modelo produtivo beneficiou o coletivo e pela facilidade de promover o desenvolvimento da agricultura irrigada como opção de longo prazo para a bacia, tanto para a área irrigada como não irrigada.
Interesse elevado de intervenção pública		Situação semelhante à anterior com exceção da menor possibilidade de o desenvolvimento da irrigação favorecer a agricultura não irrigada pela baixa aptidão do meio físico.
Interesse compartilhado de intervenção pública e privada		Situação semelhante à primeira com exceção da pouca presença de agricultura irrigada na bacia, o que dificulta e encarece a implantação de sistemas irrigados.
Fomento de interesse privado	Expandir e promover a agricultura irrigada agora ou no futuro com prioridade de intervenção privada.	Situação semelhante à primeira, com exceção do desenvolvimento municipal já ser elevado o que não motiva prioridade na intervenção pública que deve ser compartilhada com maior compromisso de iniciativas privadas.
Monitoramento e regulamentação		A área total irrigável já está sendo utilizada próximo de sua capacidade máxima. A expansão leva a riscos elevados de impactos ambientais ou uso concorrente da água. Considerando o já elevado desenvolvimento municipal, cabe o monitoramento da bacia e a busca por alternativas de desenvolvimento rural que não impliquem em irrigação adicional.
Intervenção pública específica e Monitoramento e regulamentação	Monitorar impactos e procurar outras alternativas	Situação semelhante à anterior com exceção do menor desenvolvimento municipal. Considerando que há irrigação em grande quantidade na bacia, intervenções de expansão específicas e de pequena área que não levem a custos ambientais podem ser apoiados por iniciativas públicas ou privadas visando, em curto prazo, o desenvolvimento municipal. A busca por alternativas de desenvolvimento rural que não impliquem em irrigação adicional devem nortear as visões de médio e longo prazo.
Monitoramento	Procurar outras alternativas	O desenvolvimento da agricultura irrigada não é viável do ponto de vista físico. As estratégias de desenvolvimento para a bacia não devem considerar esta opção.

### 8.4.3 Área irrigável e área irrigada no Brasil

A Figura 1 ilustra o resultado espacial e a Tabela 5 apresenta os valores de área potencialmente irrigável e área irrigada para as classes de território resultantes da combinação da chave física com a de prioridade.



**Figura 1. Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil: designação de ação para classes territoriais (SPAROVEK *et al.*, 2014).**

O total de área irrigável (irrigado mais adicional irrigável) estimada por Sparovek *et al.* (2014), sem que fossem impostas restrições maiores ao adicional irrigável como disponibilidade logística, aptidão agrícola, relevo (tomando como base apenas a metade da disponibilidade de água não utilizada nos rios e terras para receber esta água) foi de 81 Mha, dos quais 7,4% estavam já sendo irrigados à época da publicação do estudo.

A área adicional irrigável somava no total 75 Mha, dos quais 14 Mha (18%) se encontravam em situações em que não havia indicação de expansão da área agricultura irrigada, 34 Mha (45%) em que não se justificava intervenção pública de incentivos os subsídios, e 27 Mha (36%) em que havia maior interesse por intervenção pública motivado pelo interesse (21 Mha) ou pela oportunidade (6 Mha) de promover desenvolvimento rural.

Da área total irrigada de 6,0 Mha, uma parcela de 2,2 Mha (37%) se concentrava em áreas em que a expansão sobre área adicional irrigável não seria possível sem impactos ambientais ou competição por outros usos da água. Estas bacias irrigavam em média 99% de sua área total irrigável e eram representadas pelo entorno de regiões metropolitanas e boa parte do agreste e sertão nordestinos.

A combinação de estável com expansão apresentava os maiores estoques de área adicional irrigável (22 Mha) e área irrigada (2,2 Mha), um valor semelhante à soma da classe manutenção e redirecionamento. A combinação de estável com expansão representava situações em que a agricultura (principalmente a não familiar) se estabeleceu e em parte já era irrigada (9,1% da área total irrigável é irrigada), tendo promovido desenvolvimento rural e ocorrido em áreas em que a oferta hídrica nos rios ainda era grande, ou seja, de baixa densidade populacional e industrialização que promove usos concorrentes da água importantes. Sua expressão geográfica era abrangente, ocorrendo em muitas regiões, mas com menores ocorrências no Nordeste, norte de Minas Gerais e metade sul do Rio Grande do Sul.

#### 8.4.4 Aprimoramento da análise territorial para a agricultura irrigada

Tomando como referência o estudo desenvolvido por Sparovek *et al.* (2014), em 37% (2,2 Mha) da área irrigada não há possibilidade da expansão da irrigação principalmente pelo fato de não haver mais água disponível. Outros 44% (2,7 Mha da área irrigada) está em regiões em que há importante possibilidade de expansão (utilização média de 7,4% da área total irrigável), mas fora de áreas de prioridade de intervenção pública. As áreas em que há possibilidade de expansão e justificam intervenção pública importante representam 19% da área irrigada (1,1 Mha) e contém 36% da capacidade adicional de área irrigável (27 Mha).

De acordo com os autores, o estudo teve em sua execução um caráter intenso em termos de desenvolvimento metodológico, processamento de dados e consolidação de resultados, porém a conclusão do estudo, segundo os autores, não deveria configurar o término de um processo analítico ou a consolidação de certezas, mas sim abrir espaço para um aprofundamento das questões colocadas, mediante a realização de estudos que possam validar e também complementar os conceitos e cálculos propostos. A agregação e ampliação de competências metodológicas às aqui apresentadas e investigações detalhadas de campo, a fim de captar a complexidade, são sequências consideradas desejadas e necessárias pelos autores, assim como a discussão aberta com a comunidade científica, técnica e operacional envolvida no tema da irrigação.

Ainda segundo os autores, análise territorial e modelagem espacial na rotina de formulação e gestão pública e sua interface com a governança privada constituem processos dinâmicos, que se beneficiam da discussão conjunta de cenários e incorporação de ajustes na forma de interpretação das variáveis.

#### 8.5 Análise territorial e políticas públicas

No Brasil a principal ação prática no sentido de reorganização do espaço econômico regional e sua integração nacional foi viabilizada ainda no governo de Juscelino Kubitschek, em 1959, com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (SILVA, 2011), quando já se pensava no território como uma unidade para o desenvolvimento de políticas públicas.

O reconhecimento do território como um instrumento central para a orientação de uma ação pública coordenada é uma postura inovadora na condução das políticas públicas contemporâneas, capaz de auxiliar a solucionar entraves históricos ao desenvolvimento nacional (MENDES, 2008 *apud* SILVA, 2011).

A questão do estabelecimento de escalas regionais apropriadas na elaboração de políticas públicas é essencial para maiores e melhores resultados. Nesse sentido é fundamental a construção de escalas espaciais analíticas e políticas adequadas a cada problema concreto a ser diagnosticado e enfrentado (BRANDÃO, 2007).

O conceito de território começou a ganhar espaço no meio acadêmico e político-institucional para fins de definição da agenda governamental, fato que acarretou no surgimento de diversos programas que se reportam ao território para justificar a adoção de um novo programa ou uma metodologia de intervenção. Esta nova estratégia de ação pública passou a ser denominada abordagem territorial do desenvolvimento (SILVA, 2011).

A gestão pública no Brasil vem passando por um processo intenso de "complexificação" técnica nos últimos anos, com a incorporação de novos métodos e ferramentas para elaboração de diagnósticos, para a identificação espacial das áreas de intervenção, para o monitoramento dos programas e para a tomada de decisão de modo geral (JANUZZI *et al.*, 2009).

A implantação de uma política pública geralmente é complexa e envolve a análise de uma grande quantidade de informações de diferentes áreas. A tomada de decisão sem a consideração e integração adequada destes fatores leva a políticas mal formuladas que não otimizam a agregação de valor para a sociedade (PEREIRA, 2009 *apud* FERRAZ *et al.*, 2015).

Esse conceito de análise do territorial associada a uma política pública, utilizando modelagens complexas e resultados simplificados para servir de ferramenta de tomada de decisão para aos gestores públicos, foi amplamente trabalhado por Sparovek *et al.* (2013), com o estudo "Análise territorial e políticas para o desenvolvimento agrário". Esse trabalho buscou construir um modelo espacialmente explícito de conversão de variáveis sintéticas complexas individualmente, a partir de uma macroestrutura de organização, baseada na sua dimensão espacial explícita, tendo a territorialidade como elemento comum a todas essas dimensões, possibilitando seu tratamento conjunto. Nesse estudo foi construída a simplificação de cada variável para que os detalhes não comprometessem a visão de conjunto, tomando cuidados para que tal simplificação não fizesse com que sua composição ficasse distante da situação fática verificável, ou seja, para que a variável não perdesse a vinculação com a realidade.

## **8.6 Aperfeiçoamento de variáveis da metodologia de análise territorial para a expansão da agricultura irrigada**

O presente trabalho visou aperfeiçoar e desenvolver novos métodos e abordagens para análise e geração de informação territorial suficientemente robusta e de abrangência nacional em relação à qualidade do espaço rural para desenvolvimento e expansão da agricultura irrigada, através da construção e integração de variáveis.

O trabalho desenvolvido tem a seguinte frente: aperfeiçoamento de variáveis utilizadas na metodologia de análise territorial para a expansão da agricultura irrigada, desenvolvido por Sparovek *et al.* (2014).

### **8.6.1 Necessidade de irrigação da cultura**

A primeira variável trabalhada no aprimoramento do modelo de Sparovek *et al.* (2014) foi a Necessidade de irrigação da cultura (INIC), que representa uma macrogeografia da necessidade de irrigação de culturas de forma ampla, através de uma categorização do território em regiões em que a irrigação é (i) necessária, (ii) eventual e (iii) não dispensável. A variável INIC foi estudada para que o processamento fosse realizado a partir de mais culturas, fazendo com que as informações geradas fossem mais robustas. Além das culturas de milho e feijão, trabalhadas inicialmente por Sparovek *et al.* (2014), foram incorporadas mais três culturas (arroz, cana-de-açúcar e soja), formando o conjunto das cinco principais culturas agrícolas do país por sua importância socioeconômica e ocupação de terras no Brasil.

Inicialmente buscou-se definir, por município, os principais meses de semeadura das cinco culturas mencionadas. A escolha dos principais meses de semeadura foi realizada com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006, obtidos no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) - Produção, Venda, Valor da produção e Área colhida da lavoura temporária por produtos da lavoura temporária, uso de irrigação, uso de agroquímicos, uso de adubação e principal mês de plantio e de colheita. Os dados obtidos em forma de tabelas foram processados e separados em "irrigadas" ou "sequeiro", para o recorte geográfico de municípios do Brasil.

O principal mês de semeadura para cada cultura, diferenciadas em irrigadas e sequeiro, foi definido como sendo o mês em que houve maior ocorrência de números de estabelecimentos plantando determinada cultura para cada município. As tabelas contendo os principais meses de semeadura foram unidas em um sistema de informação geográfica (SIG)

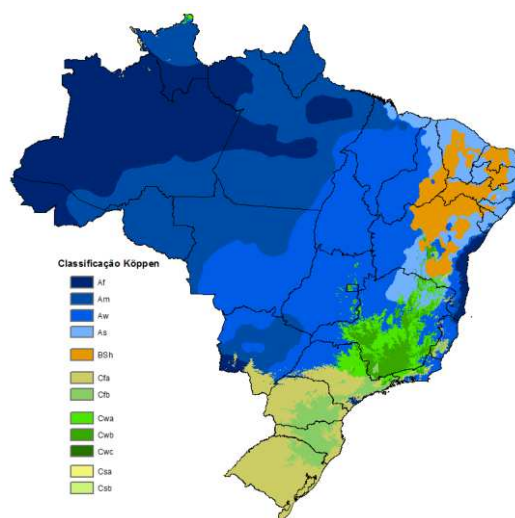
à malha geográfica municipal do Brasil para sua apresentação de resultados na forma de mapas.

### 8.6.1.1 Transposição dos principais meses de semeadura para a malha climática do Brasil

Com a finalidade de reduzir o efeito dos limites político-administrativos nos mapas resultantes, optou-se por utilizar a malha climática com a classificação Köppen-Geiger para o Brasil, como máscara representativa dos principais meses de plantio, conforme pode ser observado na Figura 2.

Esse procedimento foi realizado em ambiente SIG, transformando a malha municipal contendo as informações de principais meses de semeadura do formato vetorial (*shapefile*) para o formato matricial (raster). Na sequência a malha climática foi transformada do arquivo matricial (raster) para o formato vetorial (*shapefile*).

Essas transformações são necessárias para o processo de extração da moda dos valores de principal mês de semeadura para a camada climática, resultando em uma representação dos principais meses de semeadura baseada nos limites climáticos. Esse procedimento foi realizado para as cinco culturas estudadas.



**Figura 2. Malha climática com a classificação de Köppen-Geiger para o Brasil.**

### 8.6.1.2 Junção dos principais meses de semeadura para as Ottobacias

Nesse estudo, assim como no desenvolvido por Sparovek *et al.* (2014), adotou-se como unidade básica de processamento dos resultados a base de dados de ottobacias nível 12 da Agência Nacional de Águas (ANA) que recobrem toda a área nacional (de acordo com a Agência Nacional de Águas, ottobacias são áreas de contribuição dos trechos da rede hidrográfica codificadas segundo o método de Otto Pfafstetter para classificação de bacias. As bacias hidrográficas correspondem à agregação das áreas de contribuição hidrográfica, conhecidas como ottobacias, no nível 1 - [http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586\\_0](http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586_0) - No caso do presente trabalho, as ottobacias utilizadas (nível 6) são de maior dimensão do que as de nível um. Download do mapa em shapefile em: [http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586\\_0/data](http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586_0/data)) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2012).

O procedimento de junção dos principais meses de semeadura para a base de dados de ottobacias foi realizado transformando os polígonos das ottobacias em pontos (centroides)

que receberam os valores de principal mês de plantio a partir da malha climática de acordo com a intersecção espacial entre as duas camadas de dados.

### 8.6.1.3 Obtenção do índice de necessidade de irrigação para as culturas

Para as culturas graníferas (milho, feijão, arroz e soja) selecionadas, independentemente, estimou-se o INIc, o qual é dado pela média geométrica de três subíndices referentes a três fases de desenvolvimento: (i) implantação da cultura, (ii) florescimento e (iii) enchimento de grãos. A fase de maturação foi também simulada para as culturas analisadas, mas apenas as três primeiras fases foram consideradas para efeito de cálculo do INIc, conforme realizado em Sparovek *et al.* (2014).

A primeira fase, que vai do momento da semeadura até o estágio fenológico correspondente ao estabelecimento, é afetada pela disponibilidade de água e define a população final da lavoura. A população final, por sua vez, é um fator de produção decisivo dependente diretamente do homem, porém associado ao genótipo e aos fatores abióticos como temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo, disponibilidade de água e de dióxido de carbono e genótipo. Na segunda fase, a disponibilidade de água durante florescimento das culturas afeta a definição do número de grãos por planta (número de grãos por espiga e prolificidade, no caso da planta média de milho e arroz); e número de vagens por planta e número de grãos por vagem no caso da planta média de feijão e soja). Esse é o período que ocorre a coincidência da máxima demanda por água (em termos de transpiração ou evapotranspiração) e máxima sensibilidade à deficiência hídrica. A máxima demanda ocorre devido ao maior índice de área foliar. A máxima sensibilidade à deficiência ocorre devido à inversão da partição de carbono no período logo após o florescimento, onde há a mudança dos drenos fisiológicos: órgãos vegetativos (raiz, folha e caule/haste) por órgãos reprodutivos (no caso dos genótipos de hábito de crescimento determinado). Na terceira fase, a disponibilidade de água durante o período de enchimento de grãos das culturas define a massa de grãos, com acréscimo do teor de substâncias de reserva e decréscimo do teor de água.

Para a cana-de-açúcar se dividiu o ciclo em quatro fases principais: (i) emergência, (ii) perfilhamento, (iii) rápido crescimento, e (iv) maturação; entretanto também foram consideradas apenas as três primeiras fases para o cálculo do INIc. A primeira fase, que vai do momento do plantio/corte até a emergência/rebrota da cultura, é afetada pela disponibilidade de água, na medida em que a germinação da cultura é afetada pela temperatura do solo. Apesar a relativa tolerância da cultura ao *deficit* hídrico, é necessário que haja um nível mínimo de umidade para evitar a morte da soqueira. As fases de perfilhamento e rápido crescimento são bastante dependentes da umidade do solo, uma vez que nessas fases define-se também a população final e a biomassa produzida pela cultura.

O índice de satisfação da necessidade de água foi concebido considerando a importância da água na composição da matéria, diretamente (fonte de hidrogênio e oxigênio) ou indiretamente (fonte de carbono e oxigênio devido à fotossíntese). Aproximadamente 96% da massa de matéria seca é constituída por carbono (45%), oxigênio (45%) e hidrogênio (6%) e, portanto, 4% de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni e outros átomos não essenciais (Si, Na e Co, principalmente); ou, cerca de 99,2% da massa de matéria fresca é constituída por carbono, oxigênio e hidrogênio quando a planta se encontra com 80% de água. Sendo assim, a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) está fortemente relacionada à produtividade, porque todos os processos que afetam a fotossíntese também afetam a transpiração. Para o cálculo da evapotranspiração real, armazenamento de água no solo, deficiência e excedente hídrico, foi realizado o balanço hídrico segundo metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), utilizando o critério de Mendonça (1958) para iniciar o balanço hídrico.

Para o cálculo do Índice de Necessidade de Irrigação da cultura *c* (INIc), tem-se:

$$INI_c = \sqrt[3]{\prod_{f=1}^3 ISNA_{f,c}} \quad (1)$$

Portanto, quanto menor o valor de  $INI_c$ , mais restritiva seriam as condições climáticas para cultivo de sequeiro, seguindo o princípio de valores mais baixos condizendo com situações de menor "qualidade". Para o cálculo do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) durante a fases de 1 a 3 da cultura indicadora  $c$  (Tabela 6) e para cada fase fenológica considerada, sendo primeira fase ( $f = 1$ ), da segunda fase ( $f = 2$ ) e da terceira fase ( $f = 3$ ) tem-se:

$$INI_{f,c} = \sqrt[3]{ISNA_{1,c} \cdot ISNA_{2,c} \cdot ISNA_{3,c}} \quad (2)$$

$$ISNA_{f,c} = \frac{ETr_{f,c}}{ETC_{f,c}} \quad (3)$$

em que  $ETr_{f,c}$  é a evapotranspiração real do cultivo  $c$  na fase  $f$  ( $\text{mm fase}^{-1}$ ) e  $ETC_{f,c}$  é a evapotranspiração máxima do cultivo  $c$  na fase  $f$ .

Deste modo, assume-se que a produtividade é consequência do acúmulo de matéria (seja fresca ou seca) que, por sua vez, é quantitativamente relacionado à absorção de água e assimilação de dióxido de carbono pelo processo da fotossíntese. Sendo assim, a evapotranspiração real (ETr) está fortemente relacionada à produtividade, porque todos os processos que afetam a fotossíntese também afetam a transpiração. Sendo assim, para a cultura de feijão, por exemplo (planta C3 e, portanto, menos eficiente no uso de água em ambientes tropicais, devido à fotorrespiração), verificou-se empiricamente que quando a relação ETr/ETc é inferior a um valor crítico (valor crítico de ETr/ETc assumido como 0,7 para o feijão, por exemplo), a produtividade decresce abruptamente. Sendo assim, adotou-se esse valor (0,7) como limite superior da classe de alta necessidade de irrigação para a cultura de feijão. Para subdivisão em 3 classes, adotou-se o ponto mediano (0,85 aproximado para 0,9) como limite superior da classe de média necessidade de irrigação para a cultura de feijão e 1,0 como limite superior da classe de baixa necessidade de irrigação para a cultura de feijão. Para as demais culturas procedeu-se do mesmo modo e os valores críticos de ETr/ETc, obtidos junto a FAO/FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2000; 2001ab), estão apresentados na Tabela 6.

O procedimento analítico para processamento do balanço hídrico climatológico e definição da necessidade de irrigação foi implementado em software desenvolvido especificamente (AIBHCC v2.0) em linguagem Fortran 2003. As informações geradas foram usadas para os cálculos da área irrigável.

**Tabela 5. Valores críticos (Ac) de ETr/ETc para as culturas selecionadas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2000; 2001).**

Cultura	Ac	Cultura	Ac
Milho	0,6	Soja	0,65
Feijão	0,7	Cana-de-açúcar	0,6
Arroz	0,8		

### 8.6.2 Área irrigável

A estimativa de área irrigável é feita com base em informações da ANA sobre disponibilidade hídrica superficial e uso consuntivo da água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2014), combinadas a uma estimativa de demanda hídrica por unidade de área de cultura irrigada para as cinco culturas desse estudo. É importante ressaltar que esse cálculo não leva em consideração a qualidade das terras nem a qualidade de

infraestrutura, portanto, deve ser interpretado como um potencial teórico máximo que poderia ser implantado no Brasil em condições ideais de solo e infraestrutura.

A metodologia para a definição da variável área irrigável (AI) foi baseada na estimativa do potencial relativo de suporte de agricultura irrigada por microbacia hidrográfica. No caso desse estudo, adotou-se as Ottobacias nível 12 da ANA, que recobrem toda a área nacional. Para isso foi adotado o cálculo da vazão unitária ou vazão de projeto ( $Qu_c$ ,  $m^3 s^{-1} ha^{-1}$ ) por unidade de área (1 ha) da cultura  $c$ .

A vazão unitária ( $m^3.s^{-1}.ha^{-1}$ ) se refere à vazão requerida, em  $m^3.s^{-1}$ , por unidade de área (ha), calculada pela relação entre a vazão de projeto e a área irrigável, a qual pode ser estimada pela relação entre a evapotranspiração potencial da cultura (máxima evapotranspiração potencial da cultura, na escala diária, durante o ciclo da cultura, que normalmente ocorre no período de florescimento) e o tempo de irrigação. Para o cálculo da vazão unitária ou vazão de projeto ( $Qu_c$ ,  $m^3 s^{-1} ha^{-1}$ ) por unidade de área (1 ha) da cultura  $c$ , tem-se que:

$$\frac{m^3}{s.ha} = \frac{\frac{mm}{d} \cdot 1d \cdot \frac{1L}{m^2.mm} \cdot \frac{10^4 m^2}{ha} \cdot \frac{m^3}{10^3 L}}{\frac{h}{d} \cdot \frac{3600s}{h}} \quad (4)$$

Em que  $ET_o$  se refere à evapotranspiração de referência ( $mm.d^{-1}$ ),  $Kc_c$  ao coeficiente da cultura  $c$  e  $t$  ao tempo de irrigação ( $h.d^{-1}$ ). Utilizou-se o critério de se adotar o tempo de irrigação de 20 horas (desconsiderando 3 horas de pico por dia mais uma hora de segurança), assim como no estudo de Sparovek *et al.* (2014), para calcular a potência requerida mínima devido à adoção do sistema de irrigação. Sendo assim:

$$Qu_c = \frac{ET_o \cdot Kc_c}{360 \cdot t} \quad (5)$$

Para o cálculo da área irrigável (ha) na região  $R$ , utilizando a cultura indicadora  $c$ , tem-se que:

$$Ai_c = \frac{Qd}{Qu_c} \quad (6)$$

Em que  $Qd$  se refere à vazão disponível ( $m^3.s^{-1}$ ). Entende-se por vazão disponível à fração da vazão mínima de referência (seja  $Q_{7,10}$ ;  $Q_{90}$  ou  $Q_{95}$ ). No caso da ANA, outorga-se 70% da  $Q_{95}$  e como informação inicial de cálculo da disponibilidade hídrica superficial ( $Qd$ ) foi utilizada a vazão incremental de estiagem (vazão com permanência de 95%), para os trechos não regularizados, somada à vazão regularizada pelo sistema de reservatórios com 100% de garantia. Em rios sem regularização, portanto, a disponibilidade é considerada como apenas a vazão de estiagem com permanência de 95%. Esta foi calculada a partir das séries de vazões naturais (regiões Tocantins/Araguaia, São Francisco, Paraná) e das estações fluviométricas existentes (demais regiões). Como medida conservadora, considerando que o uso dessas informações na formulação de políticas públicas devem ser assertivas e minimizar riscos, adotou-se para efeito dos cálculos, assim como adotado por Sparovek *et al.* (2014), 50% da vazão disponível ( $Qd$ ).

$$Qd = [(Q_{95} \cdot f_{Q_{95}}) - Q_m] \cdot f_u \quad (7)$$

em que  $Q_{95}$  é a vazão (de estiagem) com permanência de 95% (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2014),  $f_{Q_{95}}$  a fração de utilização da  $Q_{95}$ , assumido como 0,7,  $Q_m$  a demanda hídrica total por Ottobacia (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2014), e  $f_u = \frac{0,5}{f_{Q_{95}}}$

O cálculo de vazão disponível ( $Q_d$ ) pressupõe que será utilizado para irrigação no máximo 50% da  $Q_{95}$ , o que acontece quando  $Q_m$  é igual a zero.

Para o cálculo da vazão necessária ( $Q_c$ ,  $m^3 s^{-1}$ ) na região R, utilizando a cultura indicadora c, tem-se que:

$$Q_c = Qu_c \cdot \frac{f \cdot A}{10000} \quad (8)$$

em que  $Q_c$  é usada para calcular a vazão ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) necessária para irrigar a área A (ha), A se refere à área ( $m^2$ ) da região R; e  $f$  à fração da área disponível à irrigação, calculado por geoprocessamento integrado das informações de uso da terra e legislação ambiental e descontada a área já irrigada segundo dados da Agência Nacional de Águas para o ano de 2012.

A fração (f) da área irrigável se refere a uma estimativa de área disponível na microbacia para implantação de atividades agropecuárias. Nessa estimativa são excluídas as áreas protegidas públicas (Unidades de Conservação, Terras Indígenas) ou privadas (áreas ripárias de preservação permanente, -o processamento de APP ripária disponível utilizou a rede hidrográfica ao milionésimo e na escala 1:250.000 quando disponível -, Reserva Legal com vegetação natural), além das áreas de uso urbano e áreas ocupadas por espelhos d'água. Como última operação subtraiu-se também a área já ocupada com agricultura irrigada segundo estimativa da ANA para o ano de 2012 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2018). Nesse caso foram mantidas as mesmas bases de dados utilizadas por Sparovek *et al.* (2014) para que os resultados fossem comparáveis.

Pensando em gerar uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisão dos gestores públicos foram processados dois cenários a partir da informação gerada, um mais restritivo e outro menos restritivo, proporcionando ao final uma banda de área mínima e máxima de área irrigável (AI), podendo ser considerado um avanço em relação ao primeiro estudo desenvolvido por Sparovek *et al.* (2014).

O procedimento analítico para o processamento da definição da necessidade de irrigação envolvendo a combinação de 5 culturas x 2 sistemas x 4 principais datas de semeadura (40 cenários) para cada unidade de análise (Ottobacia) foi implementado em software desenvolvido especificamente (AIBHCC v2.0) em linguagem Fortran 2003 e ajustado para gerar os dois cenários desejados (o maior e menor AI).

O cenário mais restritivo assumiu o resultado de menor AI dentre todos os casos simulados para cada Ottobacia e o cenário menos restritivo assumiu o resultado de maior AI. Dessa forma, em ambas as situações, o resultado final obtido é um mosaico de culturas, sistemas e datas de semeadura para todo o Brasil. É importante ressaltar que o objetivo é alcançar uma estimativa teórica de potencial irrigável máximo e mínimo e não fazer qualquer procedimento de alocação de culturas e sistemas de irrigação, que, nesse caso, dependeria de metodologia específica que simula a dinâmica de uso da terra considerando fatores ambientais e socioeconômicos.

O conhecimento de um intervalo entre o potencial máximo e mínimo de expansão da agricultura irrigada, embora teórico e não dispondo de procedimento alocativo, é demanda prática para decisão estratégica visando orientar, dentre outras ações, o planejamento e a implementação da Política Nacional de Irrigação (PNI), em consonância com os Planos de Recursos Hídricos (PRH), como previsto na Lei Federal 12.787 de 11 de janeiro de 2013, segundo a qual os planos nacional e estaduais de irrigação, em consonância com os Planos de Recursos Hídricos, devem abranger (Art. 6º):

I - Diagnóstico das áreas com aptidão para agricultura irrigada, em especial quanto à capacidade de uso dos solos e à disponibilidade de recursos hídricos,

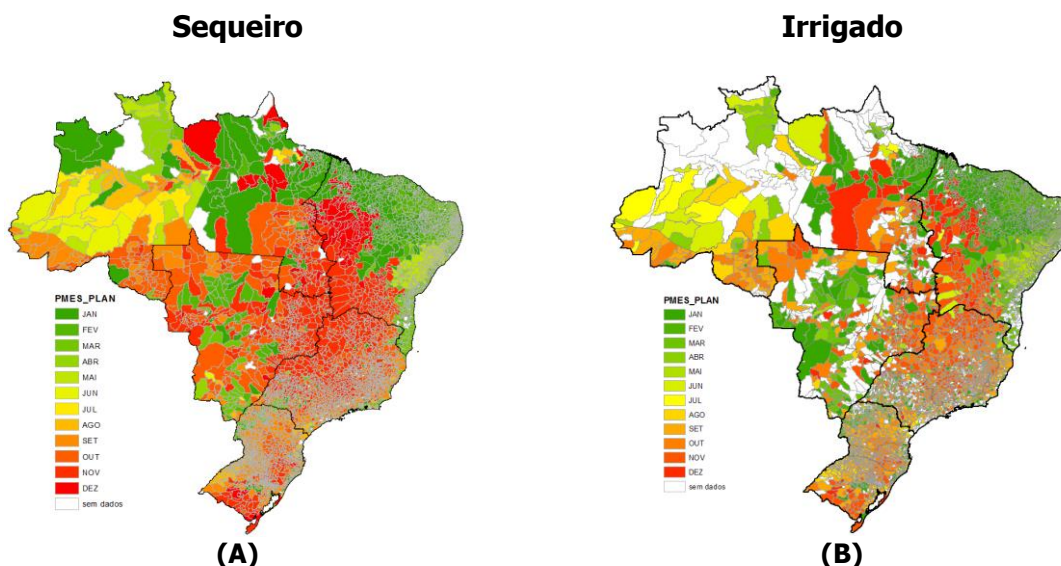
II - Hierarquização de regiões ou bacias hidrográficas prioritárias para a implantação de projetos públicos de agricultura irrigada, com base no potencial produtivo, em indicadores socioeconômicos e no risco climático para a agricultura, III - levantamento da infraestrutura de suporte à agricultura irrigada, em especial quanto à disponibilidade de energia elétrica, sistema de escoamento e transportes, IV - Indicação das culturas e dos sistemas de produção, dos métodos de irrigação e drenagem a serem empregados e dos arranjos produtivos recomendados para cada região ou bacia hidrográfica.

Nesse sentido, as bases de dados construídas e o procedimento aqui desenvolvido permitem atender os três primeiros pontos acima listados para planejamento geral estratégico dos planos de irrigação que, em etapas posteriores, devem passar por detalhamentos locais baseado em pesquisa de campo e metodologias adaptadas para implementação do plano geral na escala local (quarto ponto).

### 8.7 Necessidade de irrigação: principal mês de semeadura para as culturas de interesse em nível municipal

O principal mês de semeadura para cada cultura por município (mês em que houve maior ocorrência de números de estabelecimentos plantando a determinada cultura), diferenciadas em irrigado e sequeiro, são apresentadas em mapas para facilitar a visualização dos dados. As cores no mapa representam os meses do ano em uma escala gradual que vai verde (janeiro) ao vermelho (dezembro).

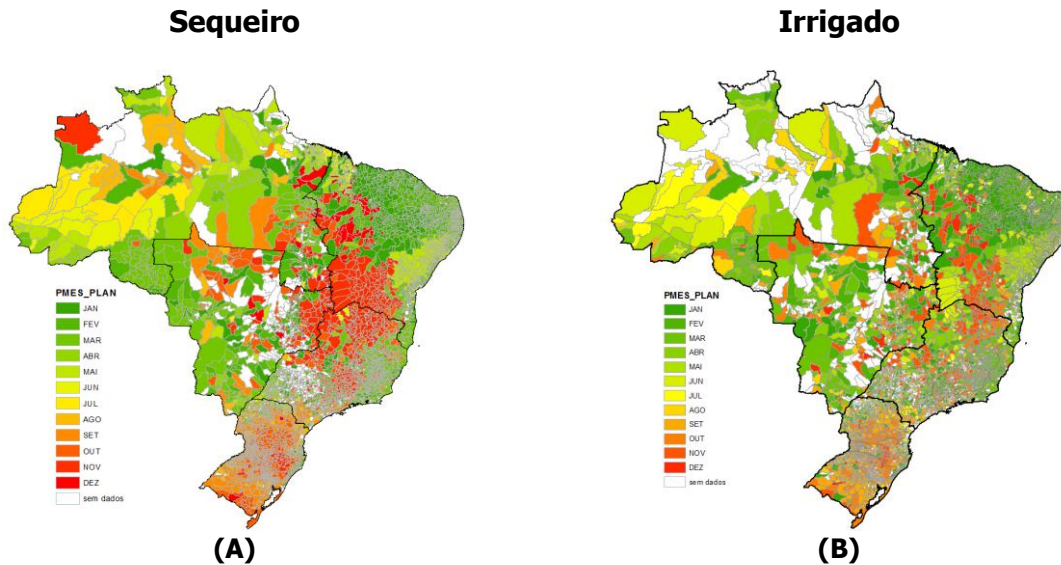
Os dados obtidos para milho sequeiro e irrigado são apresentados na Figura 3. Para o milho sequeiro a maioria dos municípios da região Norte e Nordeste apresentam a semeadura no primeiro semestre do ano, com predomínio para os primeiros meses do ano. Já nas demais regiões ocorre o predomínio da semeadura no segundo semestre do ano, com exceção dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e alguns municípios da região Centro-Oeste. Nesta última provavelmente esses são plantios de milho safrinha (alternados com a cultura da soja).



**Figura 3. Principal mês de semeadura da cultura de milho, sequeiro (A) e irrigado (B), no Brasil em nível municipal.**

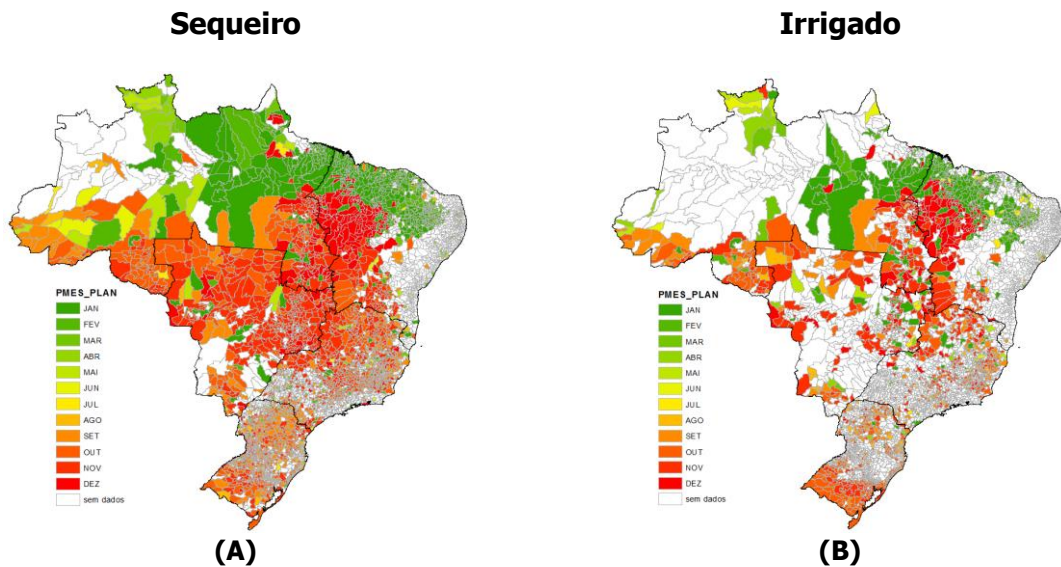
O padrão geral observado de época de semeadura para a cultura do feijão se assemelha ao padrão do no milho tanto para sistema de sequeiro como irrigado (Figura 4). Isto é, predomina a semeadura de sequeiro no primeiro semestre no Norte e Nordeste e no segundo semestre no Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país. Entretanto, como a cultura do feijão tem ciclo curto, observa-se que no sistema irrigado dá-se preferência em quase todo o

país da utilização do segundo trimestre do ano para a sua semeadura, de modo a aproveitar a oportunidade de alocar uma safra de inverno entre maio e agosto.



**Figura 4. Principal mês de semeadura da cultura de feijão, sequeiro (A) e irrigado (B), no Brasil em nível municipal.**

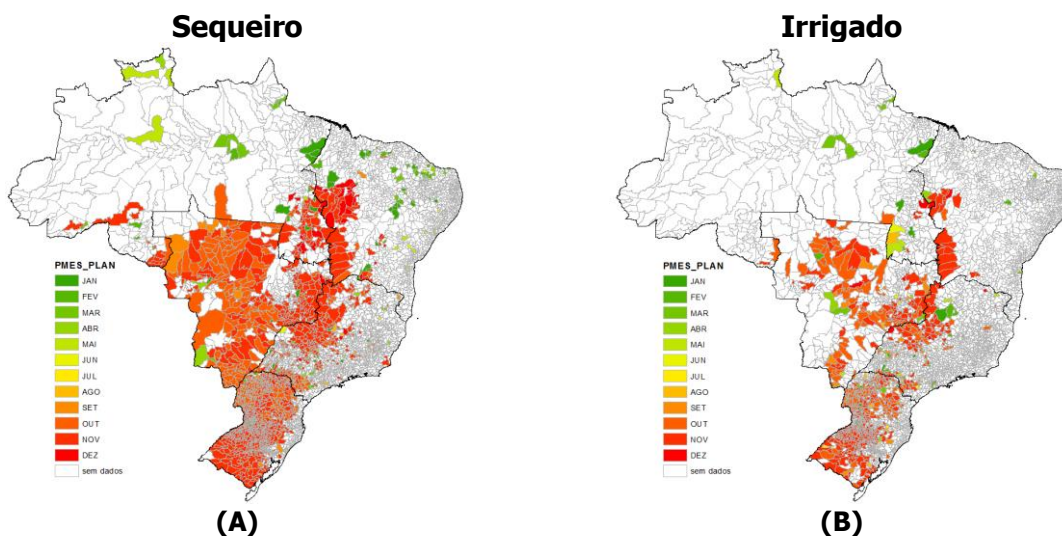
Na cultura de arroz (Figura 5) observa-se a semeadura de sequeiro no segundo semestre em quase todos os municípios, com exceção de poucos municípios no Nordeste e Norte do país. A semeadura nas lavouras sob irrigação, por sua vez, tem um padrão de maior concentração geográfica em poucos municípios, corroborando uma concentração da maior produção em poucos polos regionais. Salienta-se nesse sentido o sul do Rio Grande do Sul nos sistemas de irrigação por inundação, bem como o oeste do Tocantins nos municípios do Vale do Araguaia, que são os dois principais polos de produção de arroz irrigado do país.



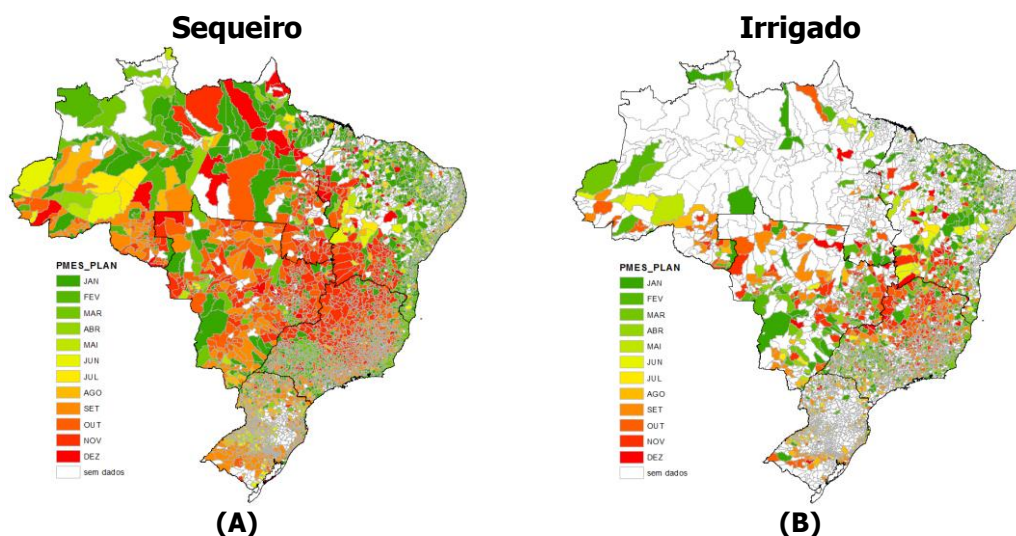
**Figura 5. Principal mês de semeadura da cultura de arroz, sequeiro (A) e irrigado (B), no Brasil em nível municipal.**

Na cultura de soja (Figura 6), observa-se que a semeadura está concentrada nas regiões Centro-Oeste e Sul do país, além de poucos municípios do Sudeste, Norte e Nordeste. A concentração geográfica da cultura acarreta uma maior homogeneização nas datas de semeadura, prevalecendo o segundo semestre (início de verão e estação chuvosa no centro

do país) para soja irrigada e, para a soja de sequeiro, o final do verão em um aproveitamento de oportunidades de segunda safra.



**Figura 6. Principal mês de semeadura da cultura da soja, sequeiro (A) e irrigado (B) no Brasil em nível municipal.**



**Figura 7. Principal mês de plantio da cultura de cana-de-açúcar, sequeiro (A) e irrigado (B) em nível municipal.**

A cultura da cana-de-açúcar apresenta intensa concentração geográfica de plantio nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (oeste do estado de São Paulo, triângulo mineiro, sudoeste goiano e leste do Mato Grosso do Sul), além de uma estreita faixa na zona da mata nordestina. Tal distribuição acarreta também uma padronização nas datas de plantio. Entretanto, o ciclo semiperene da cultura e os diferentes sistemas de plantio ("plantio de ano", "plantio de ano e meio" e "condução de soqueira") apontam uma função de irrigação também bastante variável que pode ser de aproveitamento de vinhaça, irrigação de implantação, irrigação de salvamento de estiagens prolongadas, entre outras funções. Nesse sentido, a fixação de datas preferenciais de utilização de irrigação na cultura da cana-de-açúcar sofre influência da estratégia de mercado das usinas, padrão climático do ano agrícola e estratégia de manejo de longo prazo da cultura. A análise dos dados do Censo Agropecuário de 2006 indicam, portanto,

uma situação referente ao ano em questão, que pode variar no tempo. Segundo essa análise, o plantio irrigado se concentra em quase todas as regiões relevantes no final do verão e na cultura de sequeiro predomina o plantio “de ano”, alocado no segundo semestre, bem como o plantio “de ano e meio” no oeste de São Paulo, alocado no primeiro semestre (Figura 7).

## 8.8 Área irrigável

O processamento do modelo selecionou para cada local um cenário de maior e menor restrição.

Como pode ser visto na Figura 8B, que ilustra a área irrigável calculada no cenário de maior restrição hídrica, e na Figura 8A, de menor restrição hídrica, em quase todo o país o balanço quantitativo entre disponibilidade e uso de água superficial apontam para potencial de expandir a irrigação acima dos níveis de 100 ha por microbacia hidrográfica (tons verdes e azuis nos mapas). Entretanto, justamente nas áreas de maior necessidade de irrigação coincidente com clima semiárido e importantes áreas de agricultura irrigada como o sul do Rio Grande do Sul, os resultados nos dois cenários indicam indisponibilidade hídrica para expansão da irrigação, sugerindo a necessidade de investimento em estruturas de reservação de água, bem como monitoramento e regulação da retirada para não comprometer outros usos de água precedentes em importância em relação à irrigação.

Do ponto de vista quantitativo, o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil varia, segundo a abordagem proposta neste trabalho, de 68Mha a 85Mha. Esse resultado está alinhado ao previamente calculado em Sparovek *et al.* (2014), que estimou um potencial de 75Mha de área adicional irrigável. Considerando que a agricultura irrigada abrange hoje uma área de aproximadamente 7Mha, o potencial calculado implicaria em uma capacidade de decuplicar da área irrigada no país para agricultura e pecuária. Evidentemente, nessa estimativa não estão consideradas variáveis de infraestrutura e socioeconômicas e portanto, o potencial realizável de expansão da irrigação está muito aquém do intervalo aqui estimado. De acordo com o Atlas Irrigação (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017), aplicando-se à estimativa potencial de Sparovek *et al.* (2014), restrições de aptidão das terras e qualidade logística (existência de escoamento da produção e de energia elétrica), o potencial efetivo atingiria no máximo 11,2 Mha, dos quais apenas 3,1 Mha seriam realizáveis no horizonte de 2030 diante da capacidade de investimento e demanda por produtos.

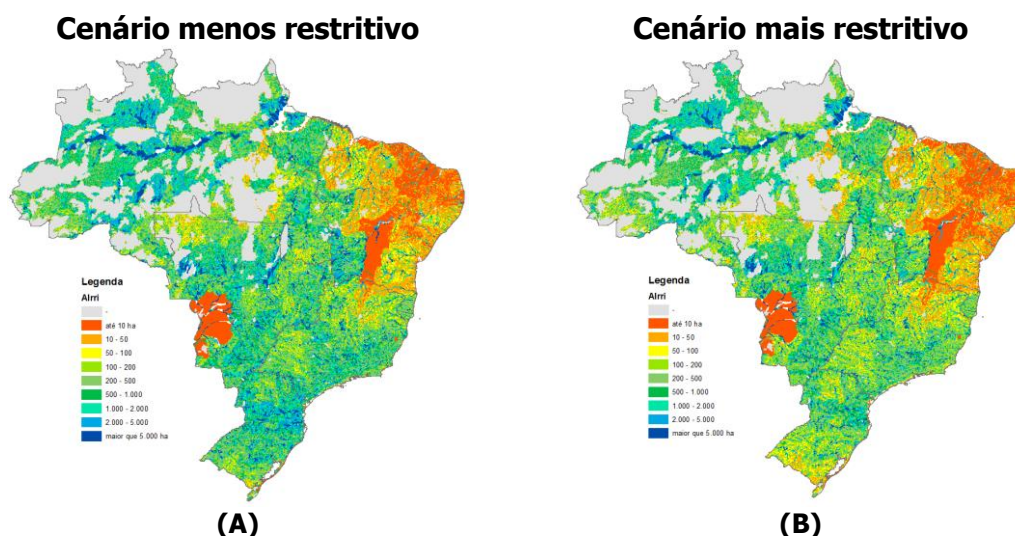


Figura 8. Área irrigável no cenário (A) menos e (B) mais restritivo.

Entende-se que o descolamento entre estimativas potenciais como a que foi desenvolvida neste trabalho e o potencial de expansão realizável é previsível. O investimento em melhorar e refinar a estimativa do potencial é passo fundamental para também aperfeiçoar a estimativa do potencial realizável porque ambas estão interconectadas. Nesse sentido, os resultados obtidos são um passo que pode contribuir para o planejamento da expansão da agricultura irrigada no Brasil e na orientação de políticas públicas correlatas ao tema.

**Tabela 6. Área irrigável para os cenários mais e menos restritivo.**

Região / UF	Menos restritiva		Mais restritiva		Área total
	Média de INI	AI	Média de INI	AI	
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>0,8707</b>	<b>22.003.614,43</b>	<b>0,9853</b>	<b>18.467.022,67</b>	<b>160.691.862,15</b>
Distrito-Federal	0,6845	74.762,58	0,9689	55.515,88	593.208,70
Goiás	0,7489	6.234.681,50	0,9679	5.081.839,01	34.017.020,00
Mato Grosso	0,9073	10.592.416,69	0,9914	9.201.341,59	90.425.530,66
Mato Grosso do Sul	0,9143	5.101.753,66	0,9885	4.128.326,19	35.656.102,79
<b>NORDESTE</b>	<b>0,8242</b>	<b>9.647.160,00</b>	<b>0,8902</b>	<b>7.840.114,01</b>	<b>154.742.170,07</b>
Alagoas	0,8049	165.103,73	0,7105	103.829,64	2.792.057,69
Bahia	0,6446	4.163.734,01	0,8348	3.227.950,82	56.379.725,24
Ceará	0,9563	545.967,77	0,9379	502.373,28	14.809.440,23
Maranhão	0,9395	2.235.767,56	1,0000	1.917.258,72	32.676.064,03
Paraíba	0,9223	195.075,47	0,8130	181.487,61	5.632.519,10
Pernambuco	0,9224	386.722,98	0,8281	339.969,70	9.831.126,90
Piauí	0,7656	1.734.655,23	0,9873	1.401.940,22	25.142.605,79
Rio Grande do Norte	0,8411	110.950,36	0,7645	98.262,49	5.297.216,99
Sergipe	0,9713	109.182,89	0,6626	67.041,53	2.181.414,10
<b>NORTE</b>	<b>0,9676</b>	<b>26.986.918,32</b>	<b>0,9807</b>	<b>22.947.351,17</b>	<b>382.010.057,34</b>
Acre	0,9985	865.344,86	1,0000	674.133,79	16.417.919,88
Amapá	1,0000	751.031,36	1,0000	697.618,45	14.082.922,60
Amazonas	0,9889	12.784.064,55	0,9949	10.350.086,26	155.851.232,93
Pará	0,9512	5.702.735,40	0,9871	5.090.350,97	121.840.376,81
Rondônia	0,9427	1.794.266,43	0,9632	1.511.179,97	23.688.720,79
Roraima	0,9190	2.126.472,10	0,8746	1.890.293,95	22.372.660,41
Tocantins	0,9477	2.963.003,62	0,9836	2.733.687,78	27.756.223,92
<b>SUDESTE</b>	<b>0,7438</b>	<b>15.045.344,22</b>	<b>0,9366</b>	<b>11.995.590,24</b>	<b>92.311.484,53</b>
Espirito Santo	0,8901	660.284,63	0,9569	479.039,18	4.591.732,01
Minas Gerais	0,6464	8.940.954,00	0,9117	7.240.986,66	58.699.688,32
Rio de Janeiro	0,9363	729.152,48	0,9574	581.767,96	4.295.131,60
São Paulo	0,8926	4.714.953,11	0,9819	3.693.796,44	24.724.932,60
<b>SUL</b>	<b>0,9949</b>	<b>11.342.389,50</b>	<b>0,9950</b>	<b>6.960.971,13</b>	<b>56.368.598,46</b>
Paraná	0,9973	4.198.538,38	0,9995	2.719.772,10	19.749.055,29
Rio Grande do Sul	0,9935	4.880.203,17	0,9913	2.832.387,09	27.138.522,75
Santa Catarina	0,9952	2.263.647,95	0,9997	1.408.811,94	9.481.020,42
<b>Total Geral</b>	<b>0,8940</b>	<b>85.025.426,47</b>	<b>0,9586</b>	<b>68.211.049,22</b>	<b>846.124.172,55</b>

## 8.9 Considerações finais

Os modelos base sobre área irrigável (adicional) desenvolvidos por Sparovek *et al.* (2014) na análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada puderam ser aprimorados. Um dos principais aprimoramentos foi o aumento do número de culturas considerados, sendo proposto um modelo robusto para auxiliar a tomada de decisão dos gestores públicos a partir de dois cenários, um mais restritivo e outro menos restritivo, proporcionando ao final uma banda de área mínima e máxima de área irrigável (AI). Os resultados mostraram que há entre 68 e 75 Mha de área com potencial para expansão da irrigação, ou seja, é possível decuplicar a área irrigada no Brasil que atualmente é da ordem de 7 Mha.

Com este trabalho ficou demonstrado o grande potencial da ciência de dados na orientação de políticas públicas voltadas à agricultura irrigada através da versatilidade de combinações de uso de ferramentas de análise territorial multicriterial. A metodologia desenvolvida baseada na combinação de variáveis foi capaz de explicitar representações simplificadas e agregadas de diferentes temas, facilitando a interpretação aplicada uma vez que a grande quantidade de componentes envolvidos e escalas de ocorrência trazem muita complexidade para a representação da realidade.

O uso de tecnologia computacional de alta performance nos trabalhos de análise territorial que adotam modelagens complexas em escala nacional são essenciais, visto que os processamentos podem levar semanas para serem concluídos.

A conversão de variáveis sintéticas complexas individualmente a partir de uma macroestrutura de organização, baseada na sua dimensão espacial explícita, tendo a territorialidade como elemento comum a todas essas dimensões e possibilitando seu tratamento conjunto, é uma ferramenta poderosa para a estruturação de elementos fundamentais para o planejamento e tomada de decisão pelos gestores em políticas públicas.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2013. Brasília. 2014, 432p. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013\\_rel.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf). Acesso em: 31 out. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, 85p., 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. 2014. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite\\_relatorioConjuntura/projeto/index.html](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html). Acesso em: 31 out. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Dados abertos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2012. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/>. Acesso em: 30 abr. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil**: 2. Ed. Brasília: ANA. EMBRAPA, 47p., 2019. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/noticias/ana-e-embrapa-identificam-forte-tendencia-de-crescimento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil/ana\\_levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais\\_2019.pdf](https://www.ana.gov.br/noticias/ana-e-embrapa-identificam-forte-tendencia-de-crescimento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil/ana_levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais_2019.pdf). Acesso em: 28 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **CSEI apresenta atualização da área irrigada no Brasil**, ABIMAQ. 2019. Disponível em:

[http://abimaq.org.br/site.aspx/Abimaq-Informativo-Mensal-](http://abimaq.org.br/site.aspx/Abimaq-Informativo-Mensal-Infomaq?DetalheClipping=86&CodigoClipping=1831)

Infomaq?DetalheClipping=86&CodigoClipping=1831. Acesso em: 12 jun. 2019.

ASSUNÇÃO, A.L.C. **Avaliação da disponibilidade de energia elétrica para expansão da área irrigada no Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-03052018-103142/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

BORGHETTI, J.R.; SILVA, W.L.C.; NOCKO, H.R.; LOYOLA, L.N.; CHIANCA, G.K. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias**. Agência Nacional de Águas - ANA: Brasília, 243p., 2017.

BRANDÃO, C. Territórios como classes sociais, conflitos, decisão e poder. In: ORTEGA, A.C.; ALMEIDA FILHO, N. (Org.) **Desenvolvimento territorial: segurança alimentar e economia solidária**. Campinas: Alinea, 2007.

BRASIL. Lei 12.787 de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.4, 14 jan. 2013.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, S.H. (Org.) **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond. 2002.

FERRAZ, C.A.M.; BERBERIAN, C.F.Q.; FILHO, N.D.; VIEIRA, R.T.; NÓBREGA, R.A.A. O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. **Revista do TCU**, n.133, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Crop information - Maize FAOSTAT**. 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Crop information - Soyabean FAOSTAT**. 2001a. Disponível em: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Crop information – Sugarcane FAOSTAT**. 2001b. Disponível em: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Managing systems at risk**. New York, 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Information System on Water and Agriculture - AQUASTAT**. FAO. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em: 15 dez. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **The state of food security and nutrition in the world**. FAO. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2006. In: **Sidra**: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/Tabela/listabl.asp?c=861&z=p&o=2&i=P>. Acesso em: 11 mar. 2018.

JANUZZI, P.M.; MIRANDA, W. L.; SILVA, D.S.G. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, v.11, n.1, p.69-87, 2009.

MAULE, R.F. **Método multidisciplinar de análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada**: aplicação em políticas públicas. 2020. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2020.

MARIN, F.R.; PILAU, G.P.; SPOLADOR, H.F.S.; OTTO, R.; PEDREIRA, C.G.S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v.25, n.3, p.108-124, 2016.

MENDONÇA, P.V. Sobre o novo método de balanço hidrológico do solo de Thornthwaite-Mather. In: CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS, 24., Madrid. **Anais...** Madri, p.271-282., 1958.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A irrigação no Brasil**: situação e diretrizes. Brasília: IICA, 2008. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/documents/10157/3672008/A+irrigacao+no+Brasil+-+diretrizes.pdf/b88c745b-f5b3-4f3d-b375-483033a2e80c>. Acesso em: 5 set. 2015.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada**, 2014. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/web/guest/publicacoes-senir>. Acesso em: 05 set. 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World population set to grow another 2.2 billion by 2050**: UN survey. 2018. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2018/10/1023371>. Acesso em: 25 jul. 2019.

SAATH, K.C.O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, p.195-212. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032018000200195](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032018000200195). Acesso em: 7 dez. 2018.

SILVA, S.P. A abordagem territorial no planejamento de políticas públicas e os desafios para uma nova relação entre Estado e sociedade no Brasil. **Revista Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v.17, n.60, 2011.

SPAROVEK, G.; DOURADO NETO, D.; BARRETTO, A.G.O.P.; MAULE, R.; ASSUNÇÃO, A.L.C. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Ministério da Integração Nacional. 2014. Disponível em: <http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/02/FEALQ-An%C3%A1lise>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SPAROVEK, G.; FREITAS, F.L.M.; MAULE, R.F.; PAGANINI, S.M. **Análise territorial e políticas para o desenvolvimento agrário**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário - NEAD estudos. 2013. Disponível em: [http://www.reformaagrariaemdados.org.br/sites/default/files/pageflip-4204229-487363-lt\\_Analise\\_territorial\\_e\\_-5306656.pdf](http://www.reformaagrariaemdados.org.br/sites/default/files/pageflip-4204229-487363-lt_Analise_territorial_e_-5306656.pdf). Acesso em: 18 mar. 2021.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B.L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.108, n. 50, p.20260-20264, 2011. Disponível em: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1116437108>. Acesso em: 18 mar. 2021.

VAN ITTERSUM, M.K.; CASSMAN, K.G.; GRASSINI, P.; WOLF, J.; TITTONELL, P.; HOCHMAN, Z. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. **Field Crops Research**, v.143, p.4-17, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>. Acesso em: 28 ago. 2019.

# CAPÍTULO 9

## 9 ANÁLISE TERRITORIAL DA CONECTIVIDADE NO MEIO RURAL VISANDO A AUTOMAÇÃO REMOTA DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

*Durval Dourado Neto, Rodrigo Fernando Maule, Klaus Reichardt, Arthur Nicolaus Fendrich, Marcela Almeida de Araujo e Simone Beatriz Lima Ranieri*

### Resumo

Variáveis como área adicional disponível para irrigação e cobertura de sinais telefonia (internet) no campo foram modelados no trabalho 'método multidisciplinar de análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada: aplicação em políticas públicas' (MAULE, 2020). Os resultados mostraram que há entre 68 e 75 Mha de área com potencial para expansão da irrigação, entretanto, apenas 5% dos pivôs centrais hoje poderiam ser automatizados remotamente usando conectividade a partir de sinal excelente de telefonia celular móvel banda larga 4G.

### 9.1 Introdução

O presente trabalho tem por objetivo analisar o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil, propondo o aperfeiçoamento e desenvolvimento de modelos para gerar informação territorial suficientemente robusta e de abrangência nacional em relação à qualidade do espaço rural para desenvolvimento e expansão da agricultura irrigada. As variáveis foram desenvolvidas para compor a metodologia de classificação territorial para o estabelecimento de ações e diretrizes, dando suporte à elaboração de políticas públicas. Adicionalmente ao aperfeiçoamento das variáveis utilizadas por Sparovek *et al.* (2014), buscou-se o desenvolvimento de um modelo de análise territorial da cobertura de internet em banda larga (tecnologia 4G) aplicado em áreas com sistema de irrigação do tipo pivô central, a fim de avaliar a possibilidade de automação remota. Posteriormente buscou-se integrar este novo modelo para demonstrar o dinamismo da ferramenta e seu potencial para a utilização por gestores públicos.

### 9.2 Análise territorial da conectividade no meio rural visando a automação remota de sistemas de irrigação de pivô central

Para realização de uma análise territorial da conectividade, visando a automação remota de sistemas de irrigação de pivô central, foi desenvolvido um modelo espacial que estime para o território brasileiro a disponibilidade e qualidade da internet no meio rural em áreas ocupadas com sistema de irrigação do tipo pivô central, em especial considerando a internet banda larga via telefonia de tecnologia 4G, para que a automação do sistema possa ser gerenciada remotamente de forma mais ampla e econômica, sem a necessidade de se buscar outras vias como a comunicação via cabo ou rádio.

Para o alcance deste objetivo, é necessário explicitar alguns conceitos ligados à internet e temas que dela emergem, vinculados à agricultura, passando pelas formas de comunicação (conectividade) que podem ser estabelecidas com esta rede, bem como o desenvolvimento de automatização remota para sistemas irrigados, os quais são apresentados a seguir.

### 9.2.1 Agro 4.0

Recentemente vem ocorrendo um grande movimento do setor agrícola mais tecnificado pelo uso de IoT (Internet das Coisas, em inglês, *Internet of Things*) nas diversas fases do processo produtivo, de armazenamento e de comercialização. Nesse caminho surge a chamada "Agricultura 4.0", que vem sendo alvo de pesquisas e desenvolvimento de *startups* do setor agrícola. A Agricultura 4.0 ou "Agro 4.0" é termo herdado da "Indústria 4.0", inovação que teve início na indústria automobilística alemã e atualmente é empregada em diversos segmentos da indústria, que consiste na completa automatização dos processos produtivos (VDMA VERLAG, 2016 *apud* MASSHUÁ; LEITE, 2017).

A Agro 4.0 insere-se na chamada Internet das Coisas (IoT) e já é uma realidade, com máquinas, veículos, eletrodomésticos, *smartphones*, computadores, residências e outras estruturas físicas se conectando à internet para informar sua situação, receber instruções e agir conforme as informações recebidas, o que vem causando uma verdadeira revolução na interação do ser humano com o mundo físico e, portanto, na organização da sociedade contemporânea (PARRONCHI, 2019).

Como padrão, considera-se Agricultura 1.0 aquela baseada em tração animal para preparo da lavoura; Agricultura 2.0 a que passa a utilizar maquinário agrícola com motor à combustão; Agricultura 3.0 a que se utiliza de sistemas guiados e agricultura de precisão, iniciada na década de 1980 na Europa e EUA, com o desenvolvimento de microcomputadores, sensores, *softwares*, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistema de Informações Geográficas (GIS); e Agricultura 4.0 aquela baseada em conteúdo digital, que pressupõe fazendas inteiramente conectadas, interatividade em tempo real, utilização de sensores e automação quase que completa na propriedade.

Vista como caminho inevitável da agricultura, a Agro 4.0 viria com a promessa de uma grande mudança de paradigma da produção agrícola, uma vez que introduziria o elemento previsibilidade numa atividade que, diferentemente da indústria, sempre foi sujeita a intempéries climáticas e outros revezes como pragas e doenças, colocando-a historicamente em posição de desvantagem em relação a outras atividades econômicas no que diz respeito à formação de preços de produtos, formação de capital e alocação de fatores produtivos (PARRONCHI, 2019).

Na Agro 4.0, tecnologias como redes de sensores, comunicação máquina para máquina (M2M), conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas para processar grandes volumes de dados (*bigdata*) e construção de sistemas de suporte à tomada de decisões em manejo das culturas, são empregadas com o objetivo de elevar os índices de produtividade, aumentar a eficiência do uso de insumos e defensivos agrícolas, reduzir custos com mão-de-obra e penosidade do trabalho, melhorar a segurança dos trabalhadores rurais, diminuir os impactos ao meio ambiente (MASSRUHÁ; LEITE, 2017), além de garantir maior qualidade no alimento que chega à mesa do consumidor.

Na era da Agro 4.0 a Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) é a mola propulsora e integradora da inovação dentro e fora da cadeia produtiva, sendo utilizada em atividades como melhoramento genético e bioinformática, na pré-produção; na agricultura de precisão e funcionamento de equipamentos diversos, na produção; e nas melhorias na logística e transporte, na pós-produção.

A inserção do Brasil na era da Agro 4.0 tem sido foco de instituições de naturezas diversas. A Embrapa, por exemplo, vem desenvolvendo aplicativos para potencializar e fortalecer a Agro 4.0 com o intuito de integrar tecnologias, "produzindo conhecimento para que o Brasil continue a ser um protagonista da produção e exportação agropecuária" (MASSHUÁ; LEITE, 2017). Universidades também têm se dedicado ao desenvolvimento de tecnologias de automação para a execução de atividades agrícolas, como semeadura, plantio

e irrigação, enquanto empresas de máquinas e implementos agrícolas, de drones e sensores vêm oferecendo soluções para a automação no campo (AGRISHOW, 2018).

### 9.2.2 Conectividade no meio rural

O acesso à conexão de internet banda larga abre diversas possibilidades relacionadas ao desenvolvimento do meio rural, tais como inclusão social, otimização de processos produtivos, educação e informação, qualidade de vida, entretenimento, segurança e bem-estar, resultando em maiores e melhores oportunidades para a população rural, tanto em termos econômicos quanto sociais.

O termo “conectividade” utilizado neste estudo diz respeito à capacidade (de um computador, programa, equipamento, etc.) de operar em ambiente de rede, conectando-se e trocando dados (em maior ou menor velocidade, eficiência, etc.) através da ligação com a internet. A aplicação deste conceito ao meio rural busca explorar o potencial que o acesso a um grande volume de informações externas à rede geradora, tais como informações sobre nível de pragas, ocorrência de doenças de plantas, dados de operação de máquinas e implementos, informações de estações climáticas e meteorológicas e uma infinidade de dados que podem hoje ser disponibilizados para os produtores rurais, os quais podem ser processados em conjunto, abrindo novas perspectivas para que as operações ligadas a sistemas irrigados do tipo pivô central possam ser potencializados e ganhem em eficácia e eficiência.

Quanto maior o volume de dados e informações a circularem na rede, maior deve ser a qualidade da conexão, isto é, maior deve ser a capacidade de transmissão e recepção de grandes volumes de dados com velocidade. Esse processo provocou o surgimento da internet banda larga.

De acordo com Silva e Biondi (2012) atualmente o termo “banda larga” (*broadband*) é mundialmente utilizado, sendo referência para a caracterização de um serviço de acesso à internet através de tecnologias avançadas, mas não há um conceito universalmente aceito em sua totalidade. A velocidade tem sido o elemento mais comum para definir se uma conexão pode ou não ser considerada “banda larga”, uma vez que representa o fator mais facilmente percebido pelo usuário, na sua experiência prática ao acessar e utilizar a rede para atividades diversas, como visualizar todos os itens (textos, tabelas e imagens) de um *website*, enviar um *e-mail* ou baixar um arquivo *on-line*, expressando as limitações concretas de uso da rede em atividades do dia a dia.

A velocidade proporcionada pela conexão de banda larga se refere à capacidade de um serviço de conexão em enviar e receber os conteúdos digitais, numa dada unidade de tempo. A velocidade serve para caracterizar a banda larga ao usuário final, ainda que não haja um consenso sobre a velocidade mínima a ser considerada. Geralmente, as agências reguladoras, órgãos governamentais, organismos multilaterais e pesquisadores têm adotado valores acima de  $200 \text{ kb s}^{-1}$ , sendo  $256 \text{ kbit s}^{-1}$  (em pelo menos uma das direções) a linha de base mais comum comercializada como “banda larga” no mundo (SILVA; BIONDI, 2012). O Brasil ainda não tem uma regulamentação que indique qual é a velocidade mínima para uma conexão ser considerada de banda larga.

As formas de acesso à internet banda larga sem fio, de acordo com Silva e Biondi (2012) são: (i) internet via rádio: tecnologia que usa ondas de radiofrequência para emitir o sinal aos computadores, por intermédio de antena, ou seja, sem necessidade de instalação de cabeamento ou fios. Como se trata de ondas, o problema deste tipo de conexão são as interferências causadas por possíveis obstáculos físicos entre a torre de transmissão e a antena; (ii) internet via satélite: os satélites geoestacionários podem fornecer sinal sobre grandes áreas geográficas de cobertura, o que torna a tecnologia extremamente promissora

para conexões de usuários em áreas rurais ou remotas. A velocidade desse tipo de conexão é extremamente alta, porém, devido à enorme distância entre o emissor e o receptor, existe um atraso na comunicação, que torna inviável para a prática de atividades que envolvam respostas rápidas (como jogos *online* ou automação no campo, controle de máquinas agrícolas ou sistemas de irrigação em tempo real); e (iii) Conexão 3G e 4G: conexões para dispositivos móveis que permitem acessar a internet. São gerações de tecnologia, onde a 3G (terceira geração) possibilitou a entrada das operadoras de celular na prestação de serviço de banda larga. Hoje, no Brasil a conexão 4G é sinônimo da tecnologia LTE (*Long Term Evolution*), que partilha da mesma natureza básica do 3G, porém traz um expressivo aumento da velocidade de transmissão de dados, por ser mais integrada aos sistemas baseados no protocolo IP. A rede de antenas ERB (Estação Rádio Base ligadas umas às outras por uma rede *backhaul*) oferece uma grande cobertura nas áreas urbanas e onde existe demanda de conexão, inclusive em áreas rurais, pois atende até vários quilômetros de distância. Atualmente também a nova geração de tecnologia em banda larga (5G) já é realidade em países como Coreia do Sul e Estados Unidos, porém no Brasil encontra-se em fase de testes.

Como apontado anteriormente, a disponibilidade de conexão via internet de banda larga pode potencializar inovações tecnológicas no meio rural (Agro 4.0), viabilizando, por exemplo, a automação de sistemas irrigados. Assim, a expansão da área de cobertura de banda larga e a escolha por uma tecnologia adequada é fundamental para a ampliação das possibilidades do uso de tais inovações. A tecnologia 4G foi selecionada como objeto de estudo neste trabalho, uma vez que: (i) tem a vantagem de atender grandes áreas geográficas e áreas remotas com um custo relativamente baixo; (ii) permite o acesso e a transmissão de um grande volume de dados de fontes diversas com alta velocidade, sendo possível integrar informações essenciais para a tomada de decisão no campo, em tempo real, viabilizando a automação de diversos sistemas, como os de irrigação por pivô central.

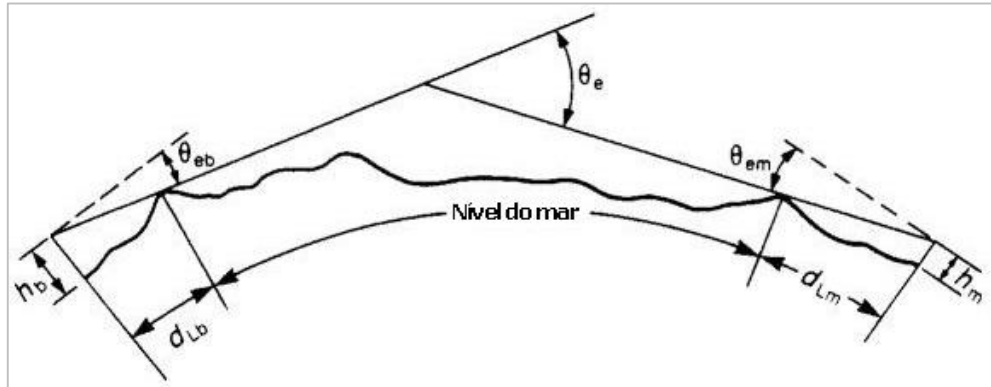
### 9.2.3 Simulação de alcance de intensidade do sinal de telefonia móvel 4G

A Fórmula de Friis é bastante utilizada em estudos de engenharia de telecomunicações e relaciona a potência transmitida de uma antena para outra em determinadas condições ideais. No modelo de Friis (FRIIS, 1946), a potência recebida é função apenas da distância entre as antenas e a Fórmula a seguir fornece a relação matemática para o cálculo.

$$P_r = 10 \cdot \log \left( \frac{P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2}{10^{-3}} \right) [dBm] \quad (1)$$

em que  $P_r$  é a potência recebida, em dBm,  $P_t$  a potência transmitida, em W,  $G_t, G_r$  são os ganhos na transmissão e na recepção,  $\lambda$  o comprimento de onda, calculado como a razão entre a velocidade da luz no vácuo sobre a frequência de transmissão (m), e da distância geográfica entre o receptor e o transmissor (m).

Uma evolução desta modelagem, como apontado por Parsons (2000), está o modelo ITM, o qual é acrônimo das palavras *Irregular Terrain Model* e sua formulação é conhecida também como Longley-Rice, que inclui uma interpretação mais realista da influência do terreno na transmissão e propagação de ondas. Desta forma, o modelo ITM produz um cálculo bastante detalhado, que incorpora tanto a teoria eletromagnética quanto análises estatísticas para levar em consideração a irregularidade do terreno, a refratividade da superfície e a influência do clima no trajeto dos raios entre antenas. A Figura 1 apresenta algumas das quantidades consideradas no cálculo.



**Figura 1. Decomposição de um trajeto hipotético entre transmissor e receptor pelo modelo ITM (PARSONS, 2000).**

Além da maior acurácia proposta, sua faixa de aplicação varia de 20 a 20.000 MHz, sendo mais segura para a utilização das frequências acima de 2.000 MHz. Cabe ressaltar que o modelo ITM é calculado de maneira idêntica para áreas urbanas e rurais.

#### 9.2.4 Automação em sistemas de irrigação de pivô central

Os métodos mais eficientes no uso da água, irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) e a aspersão por pivô central, deverão ser responsáveis por cerca de 75% do crescimento da irrigação no Brasil na próxima década. A liderança da expansão deverá continuar sendo mantida pelos pivôs no horizonte do ano de 2030, com participação em torno de 40% do total de 3,14 Mha que até 2030 serão incorporados (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019).

O primeiro sistema irrigação por pivô central, inventado por Frank Zybach em meados de 1950 nos Estados Unidos, foi patenteado em 1952 e passou a ser utilizado em grande escala (TESTEZLAF, 2014).

O pivô central é um tipo mecanizado de sistema de irrigação por aspersão, um dos mais conhecidos no Brasil. Nesse sistema, os emissores ou sprays são implementados em estruturas metálicas que podem se mover ao longo da área a ser irrigada por meio do auxílio de um trator, ou de sistemas automatizados com movimento linear ou circular, com a operação elétrica ou com a utilização da pressão existente na tubulação (TESTEZLAF, 2017).

Apesar do considerável grau de tecnologia incorporado aos sistemas de pivô central, é importante ressaltar que em um cenário de limitações hídricas em algumas regiões ou até mesmo de energia elétrica, há a necessidade de discutir meios para um uso racional e mais proveitoso dos recursos existentes. De acordo com Nerys *et al.* (2007), um maior desperdício de energia elétrica e água pode ser gerado através de um crescimento desordenado ou até mesmo o emprego inapropriado do sistema de irrigação por pivô central, uma vez que esses sistemas fazem uso de motores de indução sem controle de velocidade; e com isso a contenção da vazão necessita da ação dos reguladores de pressão para que em cada ponto da região irrigada alcance o nível adequado de vazão.

Um desperdício de água e energia elétrica e ainda uma irrigação com carência no controle de umidade do solo podem ocorrer em decorrência a falta de controle de rotação do conjunto motor-bomba para que possa atender eficientemente cada situação de carga. Além disso, a determinação inadequada do momento exato da irrigação e da velocidade de deslocamento da linha lateral e baixa eficiência dos equipamentos instalados estão entre outros fatores de desperdício.

Tendo em vista as vantagens dos sistemas automatizados para a economia de energia e de água quando há necessidade de variação da vazão, a automação de controle de irrigação torna-se uma ferramenta essencial para a aplicação de água na quantidade necessária e no devido tempo, o que contribui para a otimização da produção e redução dos custos produtivos (MORAES *et al.*, 2014; FERNANDES; TESTEZLAF, 2002).

Diversos trabalhos vêm desenvolvendo estudos sobre a aplicação dos sistemas de irrigação baseados em sensores, em especial, com o desenvolvimento de tecnologias sem fio (OKSANEN *et al.*, 2004; ZHANG, 2004; DURSON; OZDEN, 2011; MEDEIROS, 2018). Um sistema de controle de irrigação sem fio baseado em sensor é uma solução potencial para otimizar o rendimento e maximizar a eficiência do uso da água em regiões com variação na disponibilidade de água, seja devido a diferentes características do solo ou necessidades de água da lavoura. Com a adoção de uma rede de sensores é possível realizar o monitoramento em tempo real da quantidade de água presente no solo, determinando onde, quando e quanto irrigar, o que leva ao uso mais eficiente de recursos e reduz a necessidade de mão-de-obra para efetuar a irrigação (DURSON; OZDEN, 2011).

De acordo com Medeiros (2018), primeiramente é necessário conhecer os métodos utilizados para determinar a umidade do solo antes de definir qual sensor utilizar. Os métodos são geralmente classificados em: (i) diretos: em que uma amostra do solo é utilizada para quantificar a água nele presente; essa quantificação pode ser feita por meio da extração e determinação do volume de água contido na amostra (umidade volumétrica) ou pela umidade gravimétrica, que utiliza pesagens e relaciona a massa da água com a massa dos sólidos da amostra (ALTOÉ, 2012 *apud* MEDEIROS, 2018); e (ii) indiretos: em que a determinação da umidade é feita utilizando as propriedades físicas do solo tais como a capacitância, pressão, resistência elétrica, etc. Tais métodos possuem maior vantagem na construção de sensores de umidade, uma vez que não é necessário extrair amostras de terra para a análise e o sensor pode ser diretamente conectado ao solo da cultura. Entre os modelos mais utilizados estão: condutividade térmica, tensiômetro e blocos de resistência elétrica (MADALOSSO, 2014; MEDEIROS, 2018).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vem desenvolvendo um Sistema denominado "Saci", o qual se propõe a usar um sensor cerâmico de tensão de umidade do solo associado a componentes eletrônicos de automação sem fio, fonte de energia solar, rede elétrica ou bateria, de modo que a transmissão de dados poderá ser realizada por radiofrequência ou celular. Deste modo, o Saci tem por objetivo detectar uma faixa mais extensa de tensão crítica, ou seja, do limiar de umidade do solo a partir do qual há necessidade de irrigação, e apresentar leituras mais concisas, dado que não sofre influência de salinidade do solo nem de temperatura. Com isso, o sistema deve facilitar a irrigação automatizada ao não necessitar de calibrações e possibilitar como maior facilidade o armazenamento de dados sobre sistemas irrigados (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018).

No setor agropecuário brasileiro diversas iniciativas, em especial das universidades, têm se dedicado ao desenvolvimento de tecnologias de automação para a execução de atividades agrícolas, como semeadura, plantio e irrigação, enquanto empresas de máquinas e implementos agrícolas, de drones e sensores, vêm oferecendo soluções para a automação no campo.

A visão de que essa mudança de paradigma na produção agrícola e, conseqüentemente, no meio rural, é real, é compartilhada com grande entusiasmo pelas empresas de inovação tecnológica, que enxergam clara oportunidade de negócios, concentrados especialmente na fatia de grandes produtores rurais, principalmente voltados à produção de *commodities*, onde o ganho em escala de produção justifica, de forma mais evidente, a automação dos processos de produção, sendo um público mais ávido pela introdução de soluções tecnológicas desta natureza e pouco resistente a mudanças.

No que tange aos sistemas irrigados, a literatura aponta ganhos provenientes do uso da automação. Com o objetivo de reduzir o uso de água e energia em sistemas de irrigação por pivô central, Ribeiro *et al.* (2008) desenvolveram um protótipo de pivô central em escala reduzida com sistema de bombeamento acoplado ao inversor de frequência acionado manualmente e observaram que uma economia de energia elétrica da ordem de 26 % para inclinação máxima de 20% da linha lateral do pivô central pode ser alcançada. Nesta mesma perspectiva, ao testar dois distintos protocolos, Sudha *et al.* (2011) também observaram uma significativa redução no consumo de energia por um sistema de irrigação através do uso de comunicação sem fio, via *wireless*.

Além disso, em Moraes *et al.* (2014), utilizando um protótipo de pivô central construído em laboratório, verificaram uma redução dos gastos com energia elétrica entre 18% e 52% após a automação do sistema de irrigação, devido à melhoria do controle de velocidade do pivô frente a mudanças de pressão da água.

Neste sentido, no que se refere às oportunidades econômicas, a conectividade rural permite perceber o potencial da internet como ferramenta para gerar avanços de sistemas irrigados, especialmente sobre o uso de pivô central em regiões com maior potencial para expansão destes sistemas.

### **9.3 Análise territorial visando a cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação nas áreas com sistema de irrigação do tipo pivô central com vistas à automação**

O trabalho desenvolvido tem duas frentes: (i) desenvolvimento de modelo de análise territorial visando a cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para de áreas agrícolas irrigadas com tipo pivô central, com vistas à automação remota do sistema; e (ii) interação dos modelos de análise territorial para a expansão da agricultura irrigada e análise territorial visando a cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação direcionada em políticas públicas.

O modelo espacialmente explícito desenvolvido buscou estimar para todo o território nacional a disponibilidade e qualidade da internet em áreas ocupadas com sistema de irrigação do tipo pivô central. Neste caso específico foi avaliada a disponibilidade de internet em banda larga via telefonia (tecnologia 4G), para que a automação do sistema possa ser gerenciada remotamente de forma mais ampla e econômica, sem a necessidade de se buscar outras vias de conexão, como a comunicação via rádio.

Para a geração da informação de existência de sinal de internet via telefonia buscou-se aplicar modelos que retornam uma superfície (*raster*) da intensidade do sinal por meio da aplicação de modelos que recebem como entrada a localização das torres e parâmetros associados. Como estratégia de desenvolvimento do estudo, para garantir que houvesse pelo menos um conjunto de dados disponíveis, foram aplicados dois modelos, um mais simplificado e outro mais complexo, tanto do ponto de vista teórico quanto de necessidade computacional. Uma comparação dos resultados é apresentada, visando ilustrar as diferenças entre os modelos em relação à superfície da intensidade do sinal calculada.

O primeiro modelo é mais simplificado, mas é muito utilizado em abordagens iniciais de estudos de engenharia de telecomunicações. Denominado de Fórmula de Friis, o modelo desconsidera muitos fatores que podem afetar a intensidade do sinal (obstáculos do terreno).

O segundo modelo aplicado foi o *Longley-Rice*, também conhecido como Modelo de Terreno Irregular (ITM), que é mais complexo e capaz de identificar obstáculos na transmissão. Esse modelo requer um elevado poder computacional e para realizar seu processamento, a rotina foi implementada dentro do cluster Euler (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013). Como destacado por Silva e Catelli (2019), a partir dos anos 80 se identifica uma nova abordagem de modelo na ciência ligada ao uso dos

computadores nas simulações complexas, onde nesses novos métodos de modelagem ou modelização um sistema parece deixar de ser considerado como conjunto de elementos em interação para passar a ser visto como um conjunto complexo de elementos em interação, um "sistema complexo".

Dentre os dois modelos trabalhados, o mais complexo (*Longley-Rice*) foi selecionado para continuidade do estudo. As superfícies de intensidade de sinal geradas no seu processamento foram cruzadas com os 23.171 perímetros dos pivôs centrais existentes no banco de dados da Embrapa e disponibilizados por meio do sistema GeoNetwork da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019b).

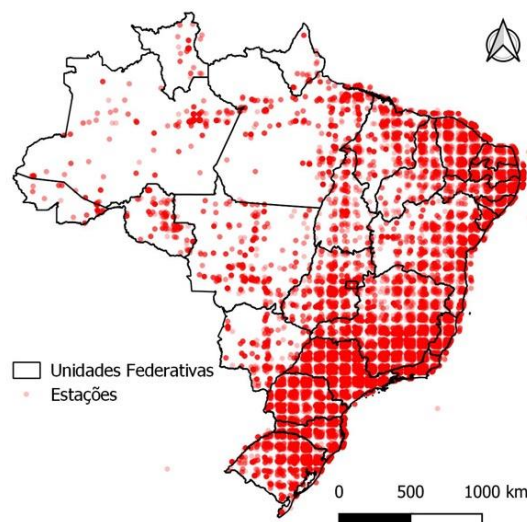
### 9.3.1 Dados de entrada do modelo: localização das torres e parâmetros associados

Para os dois modelos de disponibilidade e qualidade de internet (tecnologia 4G), o cálculo da intensidade do sinal em qualquer ponto do país utilizou como dado de entrada a localização espacial das antenas (latitude e longitude), em conjunto com suas respectivas informações: a frequência e a potência transmitida. As informações da localização espacial das antenas, bem como de frequência e potência transmitida, foram acessadas a partir do sítio eletrônico oficial de Licenciamento da Agência Nacional de Telecomunicações (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, 2018a).

**Tabela 1. Dados da distribuição de antenas no Brasil. Agência Nacional de Telecomunicações (2018a).**

Região	Número de antenas	Região	Número de antenas
Norte	4.949	Sul	13.362
Nordeste	15.884	Centro-Oeste	6.570
Sudeste	40.517		

A base de dados obtida possui 81.282 estações registradas e espalhadas em todo o território nacional (Tabela 1), conforme pode ser visualizado na Figura 2. Cada ponto vermelho transparente representa uma estação. O vermelho mais intenso representa maior concentração de antenas próximas.



**Figura 2. Distribuição espacial das 81.282 estações do Brasil. Adaptado de Agência Nacional de Telecomunicações (2018).**

Esses dados foram processados para classificar as antenas quanto à tecnologia disponível de telefonia móvel (2G, 3G e 4G) a partir das faixas de frequência de operação, de acordo com a lista da Tabela 2. A frequência permite tanto atribuir para cada estação as respectivas tecnologias que ela é capaz de operar, quanto é usada para o cálculo do comprimento de onda, fator que influencia no cálculo da intensidade do sinal.

**Tabela 2. Relação de cada tecnologia com as respectivas frequências (TELECO, 2019).**

	Tecnologia								
	2G		3G					4G	
Frequências	869,0	955,0	869,0	955,0	1.827,5	1.865,0	1.890,0	763	2.585
	880,0	957,5	880,0	957,5	1.830,0	1.870,0	1.975,0	773	2.620
	890,0	1.805,0	890,0	1.805,0	1.832,0	1.872,5	2.110,0	783	2.630
	891,5	1.820,0	891,5	1.820,0	1.835,0	1.875,0	2.125,0	793	2.650
	943,5	1.835,0	943,5	1.822,5	1.850,0	1.877,5	2.135,0	2.570	2.660
	952,5	1.870,0	952,5	1.825,0	1.860,0	1.885,0	2.145,0		2.770
						2.155,0			

### 9.3.2 Modelos e metodologia de processamento

#### 9.3.2.1 Modelo de Friis

No modelo de Friis (FRIIS, 1946) a potência recebida é função apenas da distância entre as antenas e a fórmula de Friis fornece a relação matemática para o cálculo.

Inicialmente foi feito o cálculo espacial da potência recebida de sinal a partir de um arquivo dividindo todo o território brasileiro em pixels de 30 por 30 metros. O seguinte algoritmo foi elaborado e aplicado para a tecnologia 4G:

#### **Algoritmo 1 – Geração da superfície de sinal recebido**

Para cada célula do território brasileiro:

- (i) Encontra a antena mais próxima,
- (ii) A partir das informações da antena encontrada, aplica a fórmula de Friis, e
- (iii) Atribui a potência recebida como igual à potência calculada.

A aplicação da fórmula de Friis, considera que a antena é isotrópica, isso é, que irradia as ondas de maneira idêntica em todas as dimensões. Dessa forma, o ganho da antena foi desconsiderado na fórmula usada para o cálculo. Embora seja uma relação relativamente simples, desconsiderando fatores como a diferença de altitude e a declividade no terreno, por exemplo, a fórmula de Friis apresenta a vantagem de ser válida para um amplo espectro de frequências e de não possuir restrições quanto à aplicação em diferentes meios (urbano ou rural).

#### 9.3.2.2 Modelo Longley-Rice

A sigla do modelo ITM é acrônimo das palavras Irregular Terrain Model e sua formulação é conhecida também como Longley-Rice, que inclui uma interpretação mais realista da influência do terreno na transmissão e propagação de ondas. O modelo usa um cálculo bastante detalhado, que incorpora tanto a teoria eletromagnética quanto análises estatísticas para levar em consideração a irregularidade do terreno, a refratividade da superfície e a influência do clima no trajeto dos raios entre antenas (PARSONS, 2000).

Além da maior acurácia proposta, sua faixa de aplicação varia de 20 a 20.000 MHz, sendo mais segura para a utilização das frequências acima de 2.000 MHz, como é o caso da

tecnologia 4G. A implementação do modelo Longley-Rice utilizada no presente trabalho foi baseada no *software* Signal Server (FARRANT, 2019).

A formulação do modelo ITM é complexa e vai além do escopo da presente pesquisa. Uma descrição completa da metodologia pode ser encontrada em Hufford (1999).

### 9.3.2.3 Metodologia de processamento

Para a conversão do sinal recebido em classes mais facilmente interpretáveis (p.ex. Sem Sinal, Sinal Ruim etc.), um processo de reclassificação é necessário. Nesse sentido, é preferível a utilização de padrões de um celular comercial comum, que tende a refletir com mais precisão a situação real de recepção de sinal no campo. Embora a literatura científica seja escassa sobre o assunto, devido à grande variabilidade existente nos celulares comerciais, a reclassificação se pautou pelos padrões da Tabela , adotados como referência por uma empresa privada do setor (*Teltonika*) que foi consultada.

**Tabela 3. Valores de referência para reclassificação da qualidade do sinal (TELTONIKA, 2018).**

Tecnologia: 2G	Valores de referência (dBm)	Tecnologia: 3G	Valores de referência (dBm)	Tecnologia: 4G	Valores de referência (dBm)
Sem sinal	< -110	Sem sinal	< -110	Sem sinal	< -95
Ruim	-110 a -100	Ruim	-110 a -100	Ruim	-95 a -85
Médio	-100 a -85	Médio	-100 a -85	Médio	-85 a -75
Bom	-85 a -70	Bom	-85 a -70	Bom	-75 a -65
Excelente	> -70	Excelente	> -70	Excelente	> -65

Para comparar os resultados dos dois modelos mencionados, um *grid* subdividindo todo o território nacional em 1km x 1km foi gerado. Para a incorporação do terreno nos cálculos do modelo ITM, o modelo digital de elevação da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 90 metros foi utilizado.

## 9.4 Análise territorial para a expansão da agricultura irrigada e para caracterização da cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação direcionada em políticas públicas

Esse procedimento foi realizado em ambiente Sistema de Informações Geográficas (SIG), cruzando as informações de área classificadas pelo modelo de disponibilidade de banda larga 4G no formato *raster* (Tif) com as classes da chave física e com a resultante de sua interação com chave de prioridade desenvolvidas por Sparovek *et al.* (2014), estas trabalhadas no formato vetorial. As variáveis do modelo de disponibilidade de sinal de internet banda larga 4G eram classificadas em: (i) sem sinal, (ii) ruim, (iii) médio, (iv) bom e (v) ótimo (Tabela 3) e passaram pelo procedimento de reclassificação para conversão em um sistema binário, de modo que as classes 1, 2 e 3, foram reclassificadas como sinal fraco ou sem sinal e as classes 4 e 5, sinal forte. As variáveis utilizadas na interação das informações são apresentadas na Tabela 4. A interação dos modelos poderia ser realizada em diversas fases da metodologia de análise territorial para a expansão da agricultura irrigada de Sparovek *et al.* (2014), ou seja, com vários resultados das diversas chaves de decisão montadas, mas nesse caso, optou-se pela chave física por ser mais simples.

**Tabela 4. Combinação de chave física do modelo de Sparovek *et al.* (2014) e classe de sinal de internet banda larga 4G.**

Chave física	Classe de sinal de internet banda larga 4G
Expansão	Sinal forte
	Sinal fraco ou inexistente
Estoque (Reserva técnica)	Sinal forte
	Sinal fraco ou inexistente
Manutenção e redirecionamento	Sinal forte
	Sinal fraco ou inexistente
Outra estratégia de desenvolvimento	Sinal forte
	Sinal fraco ou inexistente

## 9.5 Análise territorial visando a cobertura de banda larga (telefonia móvel 4G) nas áreas com sistema de irrigação do tipo pivô central com vistas à automação remota

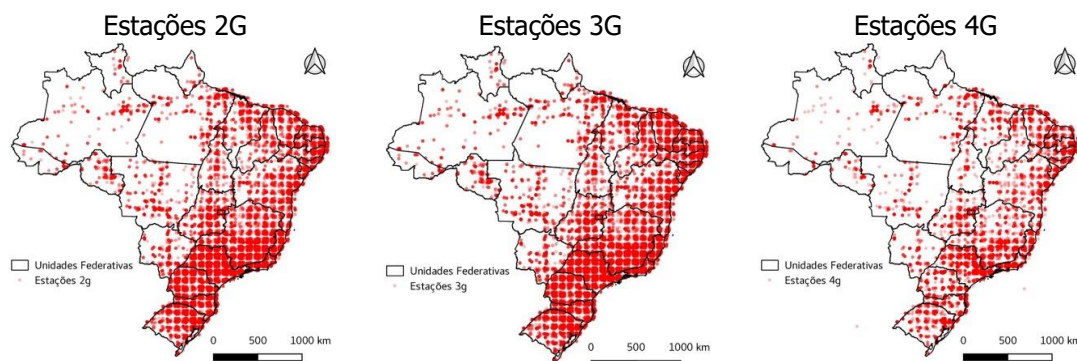
### 9.5.1 Classificação das torres de telefonia móvel: tecnologia 2G, 3G e 4G

Uma breve comparação da concentração das antenas nas regiões do país é mostrada na Tabela 5. Os dados indicam maior cobertura de antenas nas regiões de maior desenvolvimento econômico do país: Sudeste e Sul. No Norte, a região do país que possui menor cobertura, a densidade de antenas chega a ser 30 vezes menor do que na região Sudeste. Embora essa análise sugira e aponte para uma melhor conectividade de determinadas regiões, ela desconsidera a tecnologia relativa a cada antena, bem como o tipo de ocupação humana no entorno (urbano, rural, agropecuária, conservação ambiental).

O resultado da classificação da frequência das antenas na respectiva tecnologia disponível é apresentado na Figura 3 e Tabela . Cada ponto vermelho transparente representa uma estação. O vermelho mais intenso representa maior concentração de antenas próximas.

**Tabela 5. Dados da distribuição de antenas no Brasil. Adaptado de Agência Nacional de Telecomunicações (2018) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011).**

Região	Área total (Milhões de ha)	Número de antenas	Densidade de antenas (antenas/Milhões de ha)	Média de antenas por município
Norte	389,3	4,949	12,71	11,04
Nordeste	159,4	15,884	99,63	8,85
Sudeste	104,3	40,517	388,22	24,33
Sul	71,7	13,362	186,34	11,27
Centro-Oeste	173,1	6,570	37,95	14,50



**Figura 3. Classificação da frequência das antenas de telefonia para tipo de tecnologia móvel no Brasil. Adaptado da Agência Nacional de Telecomunicações (2018).**

**Tabela 6. Distribuição das antenas por tipo de tecnologia móvel disponível.**

Região/UF	Número de antenas						
	2G	3G	4G	Região/UF	2G	3G	4G
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>5.897</b>	<b>6.549</b>	<b>4.881</b>	<b>NORTE</b>	<b>4.407</b>	<b>4.947</b>	<b>3.310</b>
Distrito-Federal	565	624	546	Acre	146	176	128
Goiás	3.231	3.576	2.767	Amapá	209	232	167
Mato Grosso	1.205	1.334	873	Amazonas	1.112	1.232	768
Mato Grosso do Sul	896	1.015	695	Pará	1.787	2.037	1.524
<b>NORDESTE</b>	<b>8.485</b>	<b>10.909</b>	<b>5.842</b>	Rondônia	482	541	369
Alagoas	493	611	302	Roraima	135	148	102
Bahia	3.262	3.742	2.409	Tocantins	536	581	252
Ceará	653	1.314	472	<b>SUDESTE</b>	<b>32.006</b>	<b>38.193</b>	<b>21.751</b>
Maranhão	815	911	457	Espírito Santo	1.138	1.323	624
Paraíba	569	785	340	Minas Gerais	8.371	9.718	4.976
Pernambuco	970	1.389	740	Rio de Janeiro	6.611	8.605	5.177
Piauí	707	907	496	São Paulo	15.886	18.547	10.974
Rio Grande do Norte	479	640	245				
Sergipe	537	610	381				
<b>SUL</b>	<b>10.411</b>	<b>11.353</b>	<b>5.995</b>				
Paraná	4.380	4.829	2.542				
Rio Grande do Sul	4.494	4.818	2.708				
Santa Catarina	1.537	1.706	745				
				<b>Total Geral</b>	<b>61.206</b>	<b>71.951</b>	<b>41.779</b>

O fato que vale ser ressaltado é que a maior densidade de antenas pode não significar necessariamente um melhor sinal, uma vez que essas antenas podem operar apenas tecnologias de menor qualidade de conexão. Para incluir essa discriminação no modelo, é necessário analisar individualmente as frequências de operação das antenas.

## 9.6 Qualidade da cobertura 4G: modelos de Friis e ITM

A primeira aproximação da modelagem espacial adotou o que Molisch (2011) define como sendo o cenário mais simples possível: um transmissor e um receptor em espaço livre. Este é o caso do modelo de Friis, no qual a potência recebida é função apenas da distância entre as antenas e a Fórmula de Friis fornece a relação matemática para o cálculo. A qualidade da cobertura de sinal resultante da modelagem Friis para a tecnologia 4G pode ser vista na Figura 4.

Em nível nacional (Tabela 7), a tecnologia para a 4G cobre apenas 6,22% do território com nível de qualidade excelente, fruto da combinação da menor sensibilidade dos dispositivos

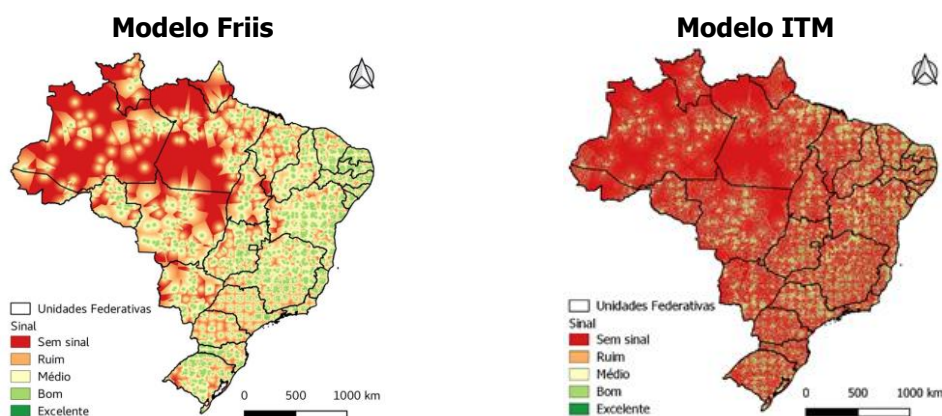
e a rede de estações disponíveis menos extensa em relação às outras tecnologias (2G e 3G) (Tabela 6).

**Tabela 7. Percentual de sinal 4G excelente (Ps) nos territórios estaduais a partir do modelo Friis.**

Região	Estado	Ps (4G)	Região	Estado	Ps (4G)
Norte	Rondônia	0,66	Sudeste	Minas Gerais	28,41
	Acre	0,67		Espírito Santo	15,42
	Amazonas	0,86		Rio de Janeiro	9,04
	Roraima	1,63		São Paulo	6,86
	Pará	0,81		Paraná	18,13
	Amapá	5,59		Santa Catarina	12,67
	Tocantins	6,92		Rio Grande do Sul	4,39
Nordeste	Maranhão	9,80	Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	2,79
	Piauí	18,15		Mato Grosso	11,25
	Ceará	32,78		Goiás	25,97
	Rio Grande do Norte	31,22		Distrito Federal	0,66
	Paraíba	21,77			
	Pernambuco	26,09			
	Alagoas	25,44			
	Sergipe	13,84			
	Bahia	13,83			
					Brasil

A qualidade da cobertura de sinal resultante da modelagem ITM. A para a tecnologia 4G pode ser vista na Figura 4.

A tecnologia 4G cobre apenas 5,20% do território com nível de qualidade excelente para o modelo ITM aplicado em nível nacional (Tabela 8). Os estados da região Nordeste possuem um bom nível de cobertura com sinal excelente em relação às demais regiões.



**Figura 4. Superfície de cobertura da tecnologia 4G. Modelos Friis e ITM.**

**Tabela 8. Percentual de sinal 4G excelente (Ps) nos territórios estaduais a partir do modelo ITM.**

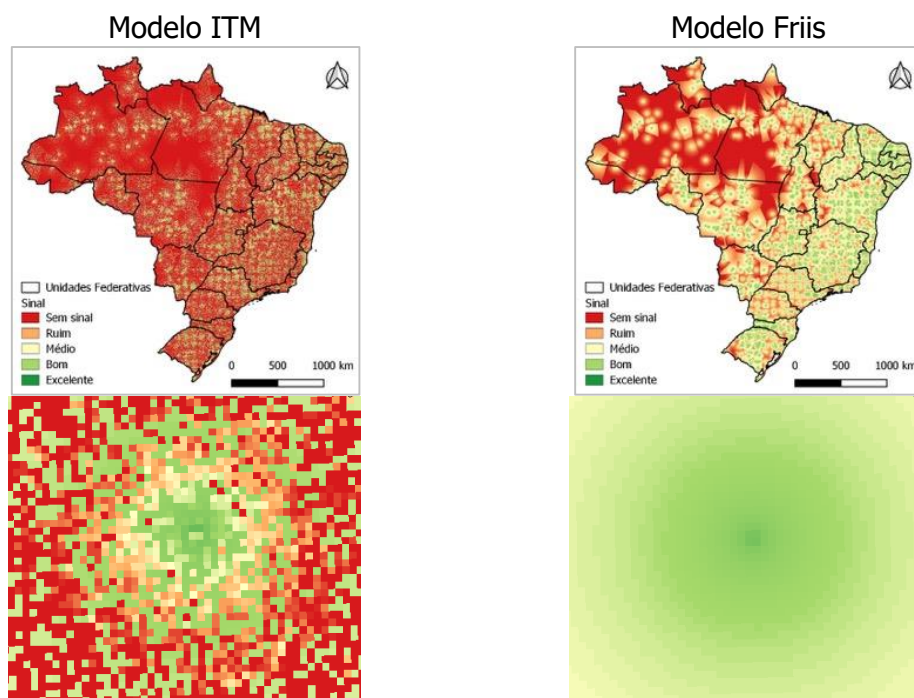
Região	Estado	Ps	Região	Estado	Ps
Norte	Rondônia	4,06	Sudeste	Minas Gerais	10,30
	Acre	0,68		Espírito Santo	18,54
	Amazonas	0,69		Rio de Janeiro	12,75
	Roraima	0,76		São Paulo	9,79
	Pará	1,63	Sul	Paraná	5,43
	Amapá	0,76		Santa Catarina	10,85
	Tocantins	4,59		Rio Grande do Sul	9,44
Nordeste	Maranhão	5,94	Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	3,88
	Piauí	8,35		Mato Grosso	2,40
	Ceará	15,01		Goiás	8,60
	Rio Grande do Norte	25,81		Distrito Federal	18,87
	Paraíba	21,49	Brasil		
	Pernambuco	17,08			
	Alagoas	20,77			
	Sergipe	19,70			
	Bahia	10,33			5,20

### 9.6.1 Comparação de resultados entre os modelos ITM e Friis

O modelo ITM incorpora mais fatores como a altitude e a existência de obstáculos, muito importantes para a transmissão no mundo real. Na comparação entre os modelos nota-se que o ITM fornece amplitudes de sinal mais estreitas que o de Friis. Por meio da incorporação do terreno de uma maneira mais detalhada, o ITM nem subestima a importância das obstruções como a Fórmula de Friis e nem reduz toda a complexidade do problema a poucos coeficientes fixos, como outros modelos (modelo COST231-Hata) tendem a fazer. Essa propriedade fica particularmente evidente na Figura 5, onde os dois diferentes padrões de difusão são colocados lado a lado para uma única antena. Na direita, a Fórmula de Friis tende a superestimar a difusão ao longo do território enquanto no modelo ITM, na esquerda, atribui uma intensidade diferente para cada pixel, em função do relevo no caminho entre transmissor-receptor, evidenciando que o modelo os resultados da simulação do sinal tendem a ser mais relacionada ao ambiente.

Ao se comparar os resultados diretos quanto ao efeito sobre a cobertura de sinal excelente, verifica-se que o modelo Friis apresenta 6,22% de cobertura (Tabela 7), enquanto o ITM apresenta 5,20% de cobertura (Tabela 8), ressaltando a diferença na incorporação de outros fatores. Apesar da diferença percentual ser pequena em termos de área coberta, esse valor é significativo, chegando a mais de um milhão de hectares.

A Figura 6 apresenta a porcentagem de área coberta em cada UF com sinal excelente de acordo os dois modelos trabalhados. Os estados da região Norte (Roraima, Amapá, Amazonas, Pará e Acre) e os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo praticamente não apresentaram diferenças entre os modelos, fato que deve estar relacionado à quantidade e localização das torres. Já os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Norte, Espírito Santo e Paraíba e o Distrito Federal apresentaram as maiores diferenças de porcentagem de área coberta.

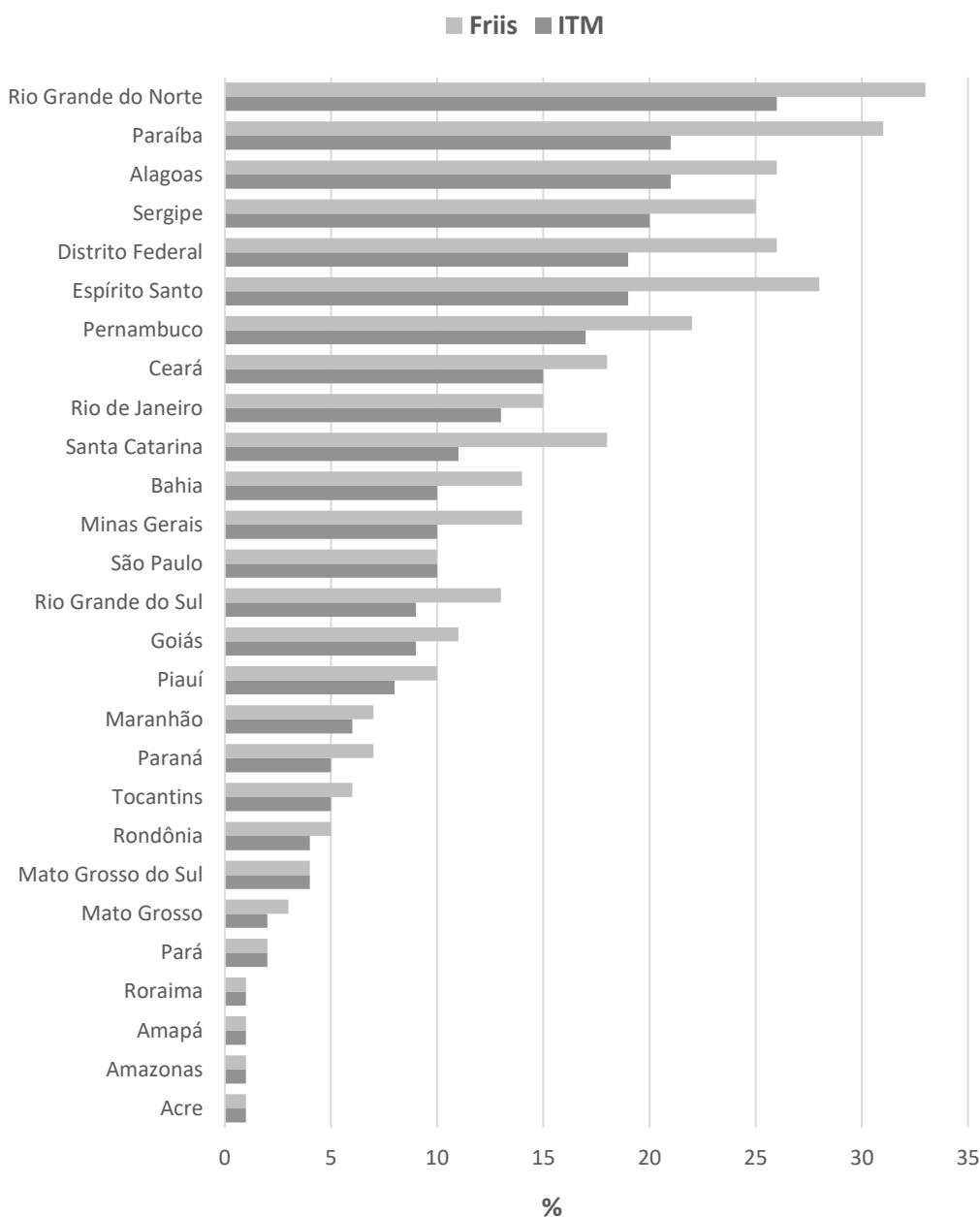


**Figura 5. Diferença entre os modelos utilizados para uma única antena no estado do Pará.**

Conforme consta na Figura 7 (Friis), mesmo o Nordeste, região com maior parte do território coberto por 4G de excelente qualidade, apenas metade dos municípios possui mais de 5% do território coberto com 4G de excelente qualidade. Além disso, conforme o tamanho do território aumenta, o percentual de municípios com cobertura excelente decresce rapidamente. Também no Nordeste, apenas 20% dos municípios possuem cobertura excelente em mais da metade de seus territórios. No Norte, a região com pior cobertura excelente de 4G, este percentual é muito inferior: 5%.

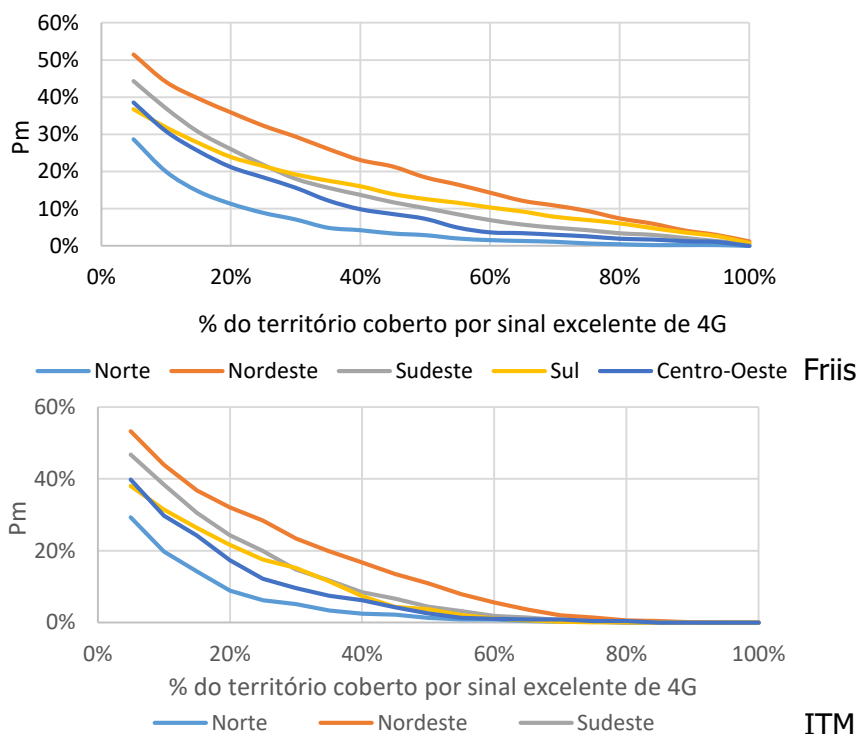
Conforme pode ser visto na Figura 8, as curvas para o modelo ITM foram deslocadas para baixo em relação às do modelo de Friis. A região Nordeste, que tinha 20% dos municípios com cobertura excelente em mais da metade de seus territórios, passou para cerca de 11% com o ITM e no Norte, a região com pior cobertura excelente de 4G, este percentual passou para cerca de 1%.

A informação do eixo horizontal da Figura 8, o percentual do território coberto por sinal excelente de 4G (Friis) pode ser calculado também por município a partir dos dados da Figura 8 e o valor pode ser de grande interesse para a elaboração de políticas públicas, pois permite identificar locais críticos. Um exemplo de criticidade encontrada por meio dessa análise é que 2.270 municípios usando o modelo ITM, ou seja, 40% dos municípios do país possuem a totalidade de seus territórios sem qualquer cobertura excelente de 4G.

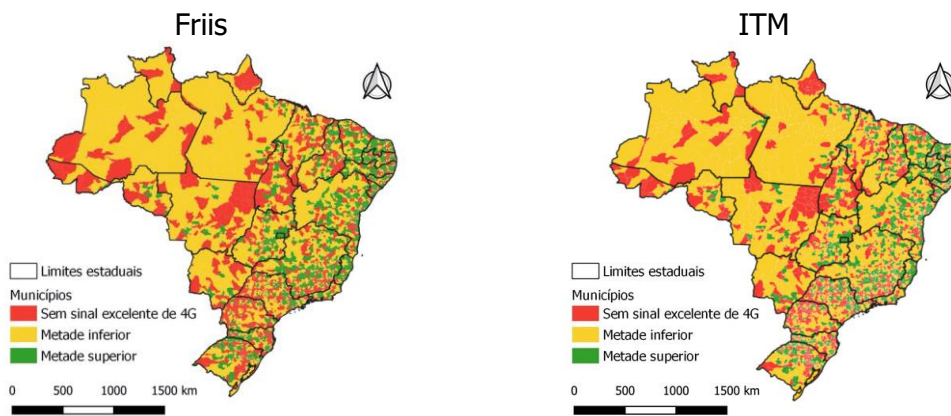


**Figura 6. Diferença entre os modelos ITM e Friis: % de área coberta com sinal excelente (4G).**

A Figura 8 apresenta também uma classificação dos municípios que possuem algum sinal excelente de 4G em seus territórios. Um corte foi feito no percentil de 50%, de modo que os municípios em amarelo são aqueles que possuem os menores percentuais e em verde, aqueles com maiores percentuais de cobertura. Nota-se que os municípios mais críticos se concentram sobretudo nas regiões Norte e Centro-Oeste, pois em ambos os casos há poucos municípios com altos percentuais de cobertura excelente e um grande número de municípios sem qualquer sinal excelente. Na região Sul, muitos dos municípios que não possuem qualquer sinal se localizam no estado do Paraná. A situação é, em geral, melhor em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Sudeste e Nordeste a situação é menos problemática e geograficamente isso se reflete na maior concentração de municípios com altos percentuais de cobertura.



**Figura 7. Percentual de municípios (Pm) com cobertura excelente de 4G por região (Friis e ITM).**



**Figura 8. Classificação dos municípios brasileiros quanto ao sinal excelente de 4G.**

Mesmo sendo uma abordagem bastante simples e que desconsidera fatores que na prática da transmissão são importantes, sobretudo o relevo e a existência de obstáculos entre as antenas, uma validação empírica do modelo de Friis com o Sistema Mosaico da Agência Nacional de Telecomunicações (2018b) mostrou coincidência das predições para pelo menos 100 pontos verificados manualmente ao longo do território nacional. Esse resultado indica que a Fórmula de Friis é adequada para uma abordagem inicial do problema, mas a complexidade do fenômeno demanda que cálculos mais elaborados sejam realizados para que resultados mais realísticos sejam obtidos, por isso um modelo altamente complexo como o ITM foi também estudado.

O modelo ITM em função de sua robustez foi o escolhido para o decorrer das análises com os pivôs centrais.

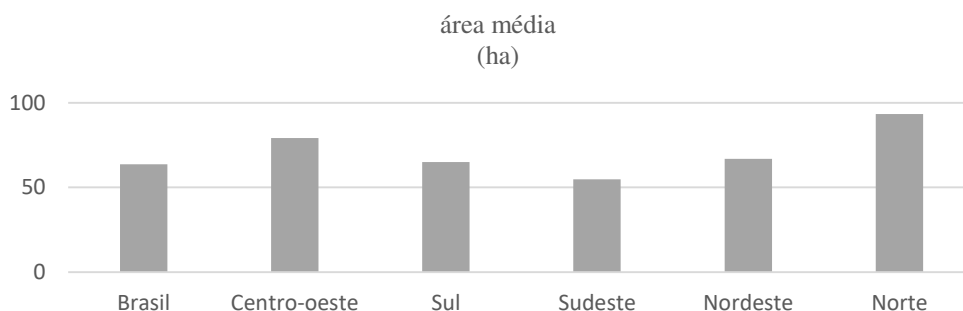
### 9.7 Áreas com pivô central e qualidade da cobertura 4G pelo modelo ITM

De acordo com o banco de dados de pivôs centrais mapeados (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019ac), existem 23.181 com área média de 60 hectares distribuídos por todo o território nacional nos municípios ilustrados na Figura 9.

Esses pivôs perfazem o total aproximado de 1,5 milhões de hectares de área, tendo a maior concentração em número no estado de Minas Gerais (Tabela 9). A região Sudeste tem 52% do total de pivôs que representam 45% da área coberta com essa tecnologia. Na região Norte, a maioria dos pivôs centrais ficam localizados no Tocantins (83%) (Tabela 9), sendo essa a única Região Geográfica de baixo desenvolvimento da agricultura irrigada (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019).

Na região Centro-oeste, a segunda com maior volume de área ocupada com essa tecnologia, representando 29% do total, a área média dos pivôs no estado do Mato do Grosso é de 122 hectares, enquanto no Distrito Federal, essa área média é de apenas 56 hectares (Tabela 9). Essa região vem aumentando sua participação desde a década de 1990 no cenário nacional, puxado por Goiás (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; 2019), que tem quase 4 mil pivôs e uma área ocupada superior a 270 mil hectares (Tabela 9). Já a Região Sul vem aumentando sua participação de forma mais expressiva no uso dessa tecnologia a partir de 2010, quando o Rio Grande do Sul ultrapassou 100 mil hectares equipados para irrigação por pivôs (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019). Atualmente representam cerca de 8% do volume de área ocupada com essa tecnologia (Tabela 9) e o tamanho médio dos equipamentos gira entorno de 60 hectares (Figura 9).

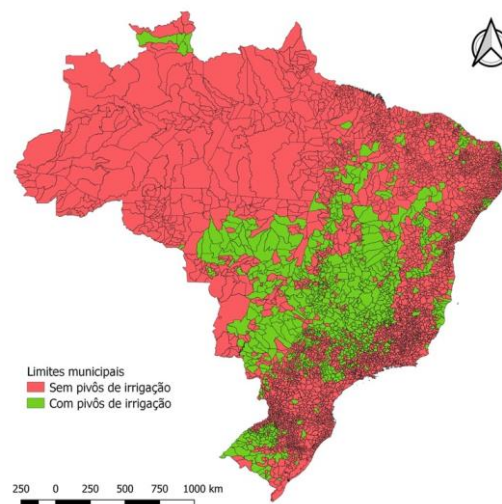
Essa tecnologia de agricultura irrigada apresentou crescimento forte e persistente nas últimas décadas, e que se acelerou ainda mais a partir de 2010 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019), evidenciando a sua importância no cenário nacional.



**Figura 10. Área média com pivô central. Adaptado de Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico (2019a).**

**Tabela 9. Pivôs centrais por unidade da federação. adaptado de Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico (2019a).**

Região	UF	n	Área (ha)	Região	UF	n	Área (ha)
Norte	Rondônia	5	656,2	Sudeste	Minas Gerais	7.401	452.190
	Acre	0	0,0		Espírito Santo	309	14.418
	Amazonas	0	0,0		Rio de Janeiro	2	85
	Roraima	25	2.271,6		São Paulo	4.262	190.507
	Pará	2	250,6	Sul	Paraná	207	12.256
	Amapá	0	0,0		Santa Catarina	11	612
	Tocantins	156	14.392,3		Rio Grande do Sul	1.683	110.859
Nordeste	Maranhão	69	5.492		Mato Grosso do Sul	320	31.878
	Piauí	40	2.592	Centro-Oeste	Mato Grosso	929	113.125
	Ceará	144	8.422		Goiás	3.945	272.329
	Rio Grande do Norte	57	3.229		Distrito Federal	256	14.417
	Paraíba	88	3.836				
	Pernambuco	19	1.037				
	Alagoas	117	4.014				
	Sergipe	24	600				
Bahia	3.110	216.631		Brasil	23.181	1.476.101	

**Figura 11. Municípios com e sem pivô central (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019).**

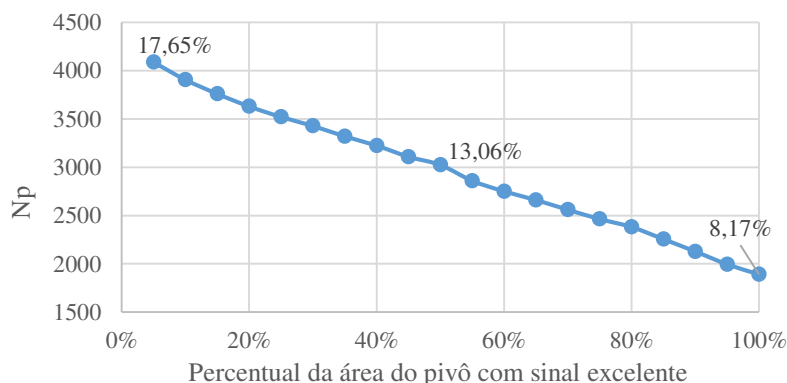
Essa etapa do trabalho visando detectar a extensão das áreas cobertas com internet sinal 4G, consistiu na análise de dados do cruzamento entre as áreas dos pivôs centrais com as áreas mapeadas com sinal de internet geradas pelo modelo ITM.

Os resultados apresentados na Figura 11 indicam que cerca de 1.900 pivôs dos existentes (Tabela 9) teriam 100% de sua área coberta com sinal excelente de banda larga 4G, fato que possibilitaria pensar em agricultura altamente conectada (Agro 4.0) funcionando como uma rede, conforme colocado por Massruhá e Leite (2017). Nessas áreas é possível uma ampla distribuição de sensores para a coleta e transmissão de dados visando a sua completa automação e controle de informações de forma remota, que poderia ser feita através do uso de aparelhos de telefonia móvel com aplicativos instalados para essa finalidade. Hoje muitas empresas do setor de equipamentos possuem aplicativos para telefones móveis desenvolvidos para o controle dos pivôs, recebendo informações de sensores e transmitindo comandos.

Um sistema de tempo real para o monitoramento remoto de terras irrigadas através de dispositivos móveis com acesso à internet foi desenvolvido e testado por Almeida *et al.* (2012), sendo identificado como um ponto de melhoria futura a implementação de técnicas de *data mining* (ou Mineração de Dados, é uma área de pesquisa multidisciplinar, incluindo principalmente as tecnologias de bancos de dados, inteligência artificial, estatística, reconhecimento de padrões, sistemas baseados em conhecimento, recuperação da informação, computação de alto desempenho e visualização de dados) (CARDOSO, 2005) sobre os dados coletados para alcançar novas concepções. Neste caso o uso de internet banda larga de tecnologia 4G (ou superior), como abordado nessa pesquisa, seria necessário para viabilizar o fluxo de grande quantidade de dados.

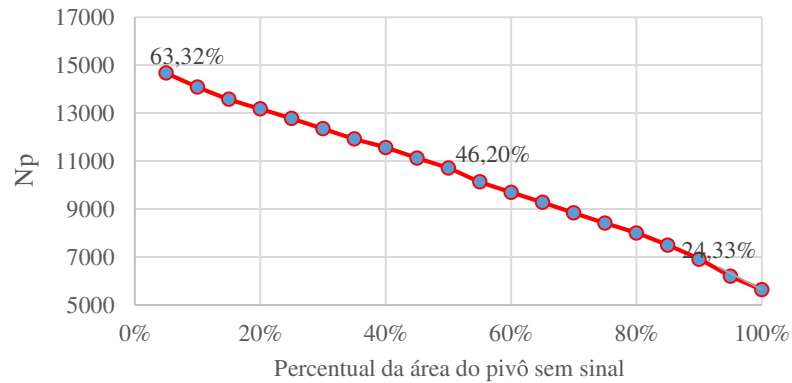
É importante destacar que o sistema de pivô central tem sido o mais utilizado em função da capacidade de distribuição uniforme da água requerida pelas culturas, alto grau de automação, adaptação a diferentes tipos de solo e irrigação de grandes áreas, além da mencionada capacidade de aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas (EVANS, 2001 *apud* AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019). Entretanto, em sistemas de irrigação como o pivô central, que se aplica a grandes áreas, a comunicação de sensores com um controlador via cabos é inviável por causa da grande distância (QUEIROZ *et al.*, 2008). Esse fato reforça o argumento de que o uso de sinal de internet banda larga poderia auxiliar muito o processo de conectividade e implantação do Agro 4.0 nas áreas irrigadas por pivôs centrais, facilitando o processo de automação dos mesmos.

Áreas de pivôs centrais com cobertura parcial de sinal de internet banda larga também podem ser usadas para coleta de informações e automação dos pivôs centrais. Entretanto, as informações coletadas dessas áreas precisam ser avaliadas quanto à sua representatividade ou não para o pivô central como um todo. Nesse caso, a avaliação deve abranger a cobertura tanto para a coleta de informações, quanto para a transmissão de comandos para o pivô. Na Figura 11 pode se ver que cerca de 1,100 pivôs, além dos 1.900 com cobertura de sinal em toda a área, tem pelo menos 50% de sua área coberta por sinal excelente de internet banda larga 4G. No ponto extremo dessa perspectiva, cabe destacar que quase 18% dos pivôs centrais do Brasil teriam pelo menos 5% de sua área coberta com sinal excelente de internet 4G, que possibilitaria ao menos o uso de uma estação meteorológica voltada ao manejo da irrigação, operando com o envio constante de informações coletadas.



**Figura 12. Número de pivôs com área com sinal excelente superior ao eixo horizontal e percentual de área de pivôs com cobertura de sinal 4G excelente.**

Por outro lado, a Figura 12, mostra que mais de 5.000 pivôs (24,33% do total) não teriam nenhuma parte de sua área atingida por sinal banda larga 4G e que cerca de 11.000 teriam pelo menos 50% da área com algum sinal, não sendo avaliada a qualidade desse sinal 4G, que também varia, conforme pode ser visto na Figura 11.



**Figura 13. Número de pivôs com área sem sinal superior ao eixo horizontal (Np) e percentual de área de pivôs sem cobertura de sinal 4G.**

Os cerca de 1.900 pivôs dos existentes com 100% de sua área coberta com sinal excelente de banda larga 4G (Figura 11) representam aproximadamente 90 mil hectares (Tabela 10). Os estados com maiores áreas nessa condição são Minas Gerais, Bahia, Goiás e São Paulo, perfazendo cerca de 75% desse total. Do total de pivôs com pelo menos 50% de sua área coberta com sinal excelente de banda larga 4G (Figura 11), a área coberta pelo sinal corresponde à aproximadamente 165 mil hectares (Tabela 10), cerca de 10% da área coberta no Brasil com essa tecnologia, conforme os dados trabalhados nesse estudo e os dados publicados por ANA e Embrapa (2019).

Mais de 5.000 pivôs tem 100% de sua área explorada sem sinal de banda larga 4G (Figura 12) e representam aproximadamente 300 mil hectares (Tabela 11). Os estados com maiores áreas nessa condição são Minas Gerais, Bahia, Goiás e São Paulo, perfazendo cerca de 82% desse total. Do total de pivôs dos com pelo menos 50% de sua área sem sinal de internet banda larga 4G (Figura 11), a área coberta pelo sinal corresponde à aproximadamente 700 mil hectares, cerca de 50% da área coberta no Brasil com essa tecnologia, conforme os dados trabalhados nesse estudo e os dados publicados por Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019).

A Agro 4.0 é uma realidade que se apresenta forte no cenário agrícola do país (PARRONCHI, 2019; MASSRUHÁ; LEITE, 2017) e a agricultura irrigada marca o salto para uma nova fronteira de produção. Entretanto, pelos dados apresentados na Figura 12 e Tabela 11 a internet banda larga 4G para as áreas de com sistema de pivô central ainda se encontram com baixo nível de cobertura, visto que cerca de 700 mil hectares têm pelo menos 50% de sua área sem sinal de internet 4G.

Diversas ações recentes do governo federal visaram ampliar a oferta de banda larga no meio rural, com destaque para a Lei Geral das Telecomunicações (LGT); o Programa Nacional de Banda Larga (PNBL); a estruturação da ANATEL como agente regulador e na atribuição da Telebrás na implantação da infraestrutura de telecomunicações; as medidas para estímulo a investimentos do setor privado, como isenções fiscais e redução de cargas tributárias; e a constituição de fontes de recursos para investimentos em infraestrutura física terrestre. Entretanto, como pode ser visto na Figura 12, essas ações não conseguiram cobrir grandes extensões de área em relação a tecnologia banda larga 4G com sinal excelente e apenas cerca do 5% do território nacional conta com essa ferramenta para desenvolvimento da Agro 4.0.

**Tabela 10. Quantitativo de pivôs centrais e área com cobertura de sinal 4G excelente.**

UF	Pivôs	% de pivôs com 100% da área com sinal	Área dos pivôs com 100% da área com sinal	% de pivôs com pelo menos 50% da área com sinal	Área dos pivôs com pelo menos 50% da área com sinal
Rondônia	5	0,00	-	0,00	-
Acre	-	-	-	-	-
Amazonas	-	-	-	-	-
Roraima	25	0,00	-	0,00	-
Pará	2	0,00	-	0,00	-
Amapá	-	-	-	-	-
Tocantins	156	4,49	1.095	10,26	2.005
Maranhão	69	0,00	-	1,45	56
Piauí	40	10,00	187	15,00	222
Ceará	144	26,39	1.417	39,58	2.403
Rio Grande do Norte	57	17,54	617	28,07	1.094
Paraíba	88	7,95	243	17,05	649
Pernambuco	19	5,26	30	21,05	218
Alagoas	117	8,55	341	9,40	419
Sergipe	24	29,17	96	29,17	96
Bahia	3.109	13,80	13.756	18,08	22.181
Minas Gerais	7.394	7,95	30.079	13,31	54.993
Espírito Santo	309	27,51	3.792	47,57	6.924
Rio de Janeiro	2	50,00	43	50,00	43
São Paulo	4.262	5,37	9.187	7,81	14.718
Paraná	207	1,45	115	3,38	551
Santa Catarina	11	0,00	-	0,00	-
Rio Grande do Sul	1.683	6,71	5.414	13,19	12.288
Mato Grosso do Sul	320	6,56	1.809	10,94	3.174
Mato Grosso	929	5,38	5.778	10,98	12.524
Goiás	3.943	5,96	12.765	10,58	25.801
Distrito Federal	256	21,09	2.468	32,03	4.330
Brasil	23.171		89.233		164.691

Destaca-se que ainda há muita carência de informações espacializadas sobre áreas prioritárias para o estabelecimento de conectividade no meio rural, bem como de diretrizes de ação regionalizadas e direcionadas aos diversos públicos-alvo localizados no território rural. Nesse sentido, uma ampliação do estudo de análise territorial aqui proposto para analisar o potencial de conectividade de pivôs centrais via internet de telefonia móvel poderia ser realizado, buscando mapear áreas de interesse prioritário para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a expansão da conectividade e a Agro 4.0 dentro dos sistemas de produção irrigados.

**Tabela 11. Quantitativo de pivôs centrais e área sem cobertura de sinal 4G.**

UF	Nº pivôs	% de pivôs com 100% da área sem sinal	Área dos pivôs com 100% da área sem sinal	% de pivôs com pelo menos 50% da área sem sinal	Área dos pivôs com pelo menos 50% da área sem sinal
Rondônia	5	60	450	80	573
Acre	-	-	-	-	-
Amazonas	-	-	-	-	-
Roraima	25	32	391	64	1.405
Pará	-	-	-	-	-
Amapá	2	50	117	100	251
Tocantins	156	19	2.394	42	5.572
Maranhão	69	39	2.075	68	3.713
Piauí	40	25	572	55	1.626
Ceará	144	5	353	19	2.036
Rio Grande do Norte	57	4	80	11	265
Paraíba	88	34	1.256	52	1.948
Pernambuco	19	11	39	21	181
Alagoas	117	11	327	18	616
Sergipe	24	38	193	58	391
Bahia	3.109	23	43.941	43	110.596
Minas Gerais	7.394	24	92.092	44	198.759
Espírito Santo	309	6	605	15	1707
Rio de Janeiro	2	0	0	0	0
São Paulo	4.262	29	43.411	49	92.619
Paraná	207	29	2.620	59	7.247
Santa Catarina	11	0	0	55	364
Rio Grande do Sul	1.683	19	18.524	45	50.959
Mato Grosso do Sul	320	15	4328	41	12.853
Mato Grosso	929	17	16.001	50	56.773
Goiás	3.943	29	66.796	54	145.022
Distrito Federal	256	20	2.659	34	5.076
<i>Brasil</i>	23.171*		299.222		700.549

\* 10 pivôs foram excluídos por apresentarem área menor que a unidade do pixel de processamento do modelo.

### 9.8 Análise territorial para a expansão da agricultura irrigada e para caracterizar a cobertura de banda larga (tecnologia 4G) para aplicação direcionada em políticas públicas

O trabalho desenvolvido por Sparovek *et al.* (2014) criou uma chave física (classes territoriais de agricultura irrigada) para agrupamento de áreas que tinham características consideradas importantes para representar o potencial de expansão da agricultura irrigada: (i) expansão; (ii) estoque (reserva técnica); (iii) manutenção e redirecionamento; e, (iv) outras estratégias. A nomenclatura dada a cada uma das classes busca representar a sua essência principal no contexto de seu uso (no caso, para gestores de políticas públicas com enfoque em agricultura irrigada), ou seja, a própria nomenclatura da classe remete para como essa área deve ser considerada na tomada de decisão.

A classe territorial expansão foi definida como sendo o resultado da combinação de áreas (bacias) com alta ou média área adicional irrigável; alta ou média área Irrigada: condição em que a agricultura irrigada já faz parte da matriz produtiva e o meio físico ainda tem capacidade de suportar uma expansão de áreas irrigadas sem comprometer abastecimento público ou gerar conflitos de uso de recursos hídricos. Por serem regiões de agricultura irrigada

já instalada, as áreas mapeadas como classe expansão tem grande probabilidade de contarem com infraestrutura suficiente e sociedade já adaptada tecnicamente ao cultivo de culturas irrigadas. O processamento de interação dos modelos criando novos agrupamentos territoriais, como proposto nesse trabalho, leva a necessidade de definição de uma nova nomenclatura, a qual deve considerar todos elementos desse novo contexto, nesse caso, a inserção de uma importante informação como a existência de sinal forte de internet banda larga 4G de telefonia móvel, ou seja, conectividade.

Os resultados de processamento da interação dos modelos, no caso das classes territoriais de agricultura irrigada e de disponibilidade de sinal de internet banda larga 4G são apresentados na Tabela 12. De forma quantitativa os resultados, entre outras coisas, mostram que cerca de 22% da área territorial de expansão tem sinal forte de internet 4G, assim como o território de manutenção e redirecionamento tem cerca de 29% de sua área coberta com esse mesmo tipo de sinal.

Essas são informações poderosas para os gestores públicos para a tomada de decisão em relação a determinadas ações a serem definidas, visto que trazem quantificações que permitem dimensionamentos diversos (esforços, recursos financeiros e humanos). Por exemplo, dentro de estratégias de fortalecimento da agricultura irrigada tem ações para incentivar produtores que vão começar ou já praticam a agricultura irrigada a usar sistemas automatizados, nesse caso os incentivos e ações deveriam focar os territórios de expansão, pois reúnem elementos essenciais elencados na sua caracterização (Combinação de áreas (bacias) com alta ou média área adicional irrigável; alta ou média área Irrigada: condição em que a agricultura irrigada já faz parte da matriz produtiva e o meio físico ainda tem capacidade de suportar uma expansão de áreas irrigadas sem comprometer abastecimento público ou gerar conflitos de uso de recursos hídricos) e ainda concentra-se na áreas com sinal forte de internet banda larga 4G, visto que a existência dessa variável pode trazer facilidade de implantação e maior eficiência para o processo de automação, como discutido anteriormente nesse trabalho. Para essas áreas também caso houvesse a estratégia de realizar cursos de capacitação, este poderia ser praticado por meio de ensino a distância (EAD), visto que os locais apresentam boa conectividade via internet. A partir do exemplo acima é possível visualizar o dinamismo que se pode empreender na modelagem, ou seja, na ferramenta de análise territorial da agricultura irrigada para adequar seus resultantes com a agregação de novas informações ao que se deseja responder.

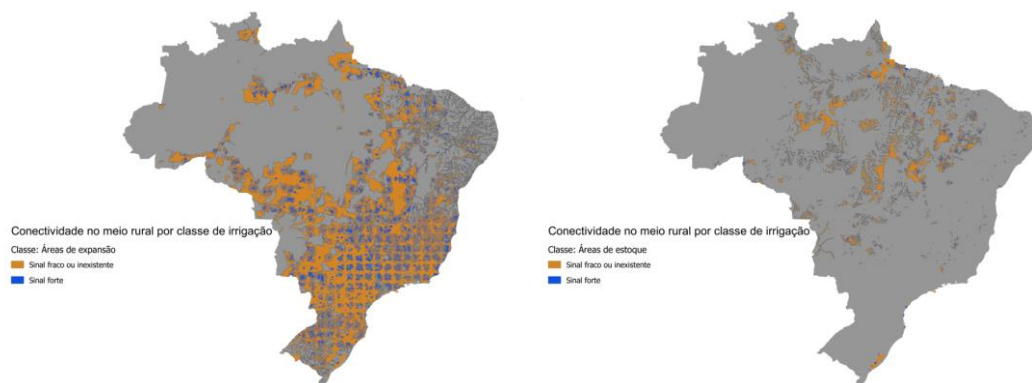
**Tabela 12. Disponibilidade de sinal de internet banda larga 4G em áreas de classes territorial de agricultura irrigada.**

Classes territoriais de agricultura irrigada	Sinal fraco ou inexistente		Sinal forte	
	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)
Estoque (Reserva técnica)	603.395	87,45	86.593	12,55
Expansão	2.586.136	77,91	733.331	22,09
Manutenção e redirecionamento	646.256	70,99	264.069	29,01
Outras estratégias	3.355.078	94,76	185.669	5,24

Também os resultados de processamento da interação desses modelos necessariamente podem ser apresentados em formato espacializado, pois a base de construção da modelagem tem como elemento comum a todas as variáveis envolvidas a sua dimensão espacial explícita, ou seja, a territorialidade (Figuras 13 e 14). Na Figura 13 são apresentados os resultados da interação das classes expansão e estoque (reserva técnica). Os resultados mostram que para as áreas que representam a classe expansão (mapa superior da Figura) não há uma concentração localizada de sinal forte, estes permeiam por diferentes pontos, sempre associados a centros urbanos. Poucas áreas concentradas maiores chamam a

atenção por não terem sinal forte, podendo ser destacado o MATOPIBA, centro-norte do Mato Grosso e região leste do Mato Grosso do Sul. Já as áreas do território estoque, por naturalmente terem menos infraestrutura (princípio de sua constituição), tem ocorrência muito pequena de sinal forte, os quais aparecem em pontos dispersos.

A classe estoque é resultado da combinação de alta área adicional irrigável; baixa área irrigada: regiões em que ainda não há agricultura irrigada, mas que esta é importante para o desenvolvimento da agricultura por serem regiões classificadas como de alta ou média "Necessidade de Irrigação". A Classe estoque aponta regiões estratégicas para enfoque de médio e longo prazo, situadas em locais que ainda não apresentam uma dinâmica consolidada de produção agropecuária com emprego de tecnologia de irrigação. Nessas regiões o meio físico apresenta um bom potencial de suporte de agricultura irrigada e o planejamento faz-se fundamental para evitar ordenar a ocupação sem criação de futuros cenários de restrição de abastecimento ou esgotamento de recursos hídricos pela agricultura (SPAROVEK *et al.*, 2014).



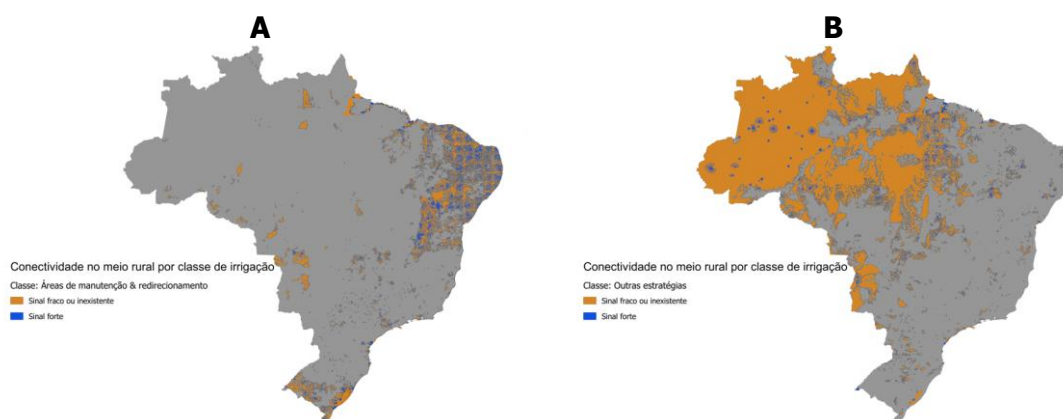
**Figura 14. Disponibilidade de sinal de internet banda larga 4G nas áreas de expansão (mapa superior) e estoque - reserva técnica (mapa inferior).**

As áreas de manutenção e redirecionamento (mapa superior) estão concentradas na região nordeste (Figura ) e estas são entremeadas por áreas de sinal forte de internet banda larga. Como são regiões em que a agricultura irrigada faz parte da matriz produtiva, porém os recursos hídricos não têm capacidade de suportar uma expansão da atividade, indicando condições prováveis de conflito no uso da água. Esse tipo de situação para gestores públicos é estratégico para intervenção voltadas para o gerenciamento e racionalização do uso da água. Nesse sentido ideal seriam políticas voltadas ao gerenciamento e racionalização do uso da água, como exemplo, cursos de capacitação por meio de ensino a distância (EAD) para melhorar a eficiência dos produtores no uso da água em sistemas de irrigação e melhores práticas conservacionistas, visto que existe muitas áreas com boa conectividade via internet (cerca de 29% da área). Neste mesmo sentido de benefícios de conectividade disponível, o uso de ferramentas ou instrumentos de monitoramento e avaliação para determinada política pública implementada devem priorizar os que possam operar conectados nesses territórios, já enviando dados para um local central e proporcionando informações em tempo real ou somente permitindo que os dados sejam salvos via conexão, sem depender de uma logística para ir buscar o dado armazenado no local de coleta quando essa coleta for automática.

O resultado de processamento da interação dos modelos, no caso das classes territoriais de agricultura irrigada e de disponibilidade de sinal de internet banda larga 4G criou uma nova configuração territorial, ou seja, quatro novas classes territoriais vinculadas ao tema da agricultura irrigada, nas quais em função do atributo de terem conectividade apresentam diferenciais que tem influência direta no olhar e na tomada de decisão em relação à políticas públicas voltadas para a agricultura irrigada. Essas novas classes territoriais são apresentadas na Tabela 13 e Figura 14.

**Tabela 13. Chave de classificação territorial resultante da interação dos modelos: potencial da agricultura irrigada.**

Chave física	Chave de conectividade banda larga 4G	Nova nomenclatura
Expansão	Sinal forte	1. Expansão conectada
	Sinal fraco ou inexistente	2. Expansão
Estoque (Reserva técnica)	Sinal forte	3. Estoque conectado
	Sinal fraco ou inexistente	4. Estoque
Manutenção e redirecionamento	Sinal forte	5. Manutenção e redirecionamento conectados
	Sinal fraco ou inexistente	6. Manutenção e redirecionamento
Outra estratégia de desenvolvimento	Sinal forte	7. Outra estratégia de desenvolvimento conectada
	Sinal fraco ou inexistente	8. Outra estratégia de desenvolvimento

**Figura 15. Disponibilidade de sinal de internet banda larga 4G nas áreas de manutenção e redirecionamento (A) e de Interesse elevado de intervenção pública (B).**

### 9.8.1 Classe de expansão conectada

Resultado da combinação de alta ou média área adicional irrigável; alta ou média área Irrigada; sinal forte de internet banda larga 4G: condição em que a agricultura irrigada já faz parte da matriz produtiva e o meio físico ainda tem capacidade de suportar uma expansão de áreas irrigadas sem comprometer abastecimento público ou gerar conflitos de uso de recursos hídricos. Por serem regiões de agricultura irrigada já instalada, as áreas mapeadas como classe EXPANSÃO CONECTADA tem grande probabilidade de contarem com infraestrutura suficiente e sociedade já adaptada tecnicamente ao cultivo de culturas irrigadas, possuindo ainda conexão de internet banda larga 4G. Nessas regiões as políticas devem se atentar para os benefícios da conectividade e levar em consideração isso na tomada de decisão. Essas áreas têm maior chance de retornarem resultados positivos para a aumento de áreas com agricultura irrigada ou simplesmente em adotar mais facilmente políticas de gestão e uso racional da água.

### 9.8.2 Classe de estoque conectado

Resultado da combinação de alta área adicional irrigável; baixa área irrigada; sinal forte de internet banda larga 4G: regiões em que ainda não há agricultura irrigada, mas que esta é importante para o desenvolvimento da agricultura por serem regiões classificadas como de alta ou média "Necessidade de Irrigação". A Classe ESTOQUE aponta regiões estratégicas para

ênfase de médio prazo, situadas em locais que ainda não apresentam uma dinâmica consolidada de produção agropecuária com emprego de tecnologia de irrigação. Nessas regiões o meio físico apresenta um bom potencial de suporte de agricultura irrigada e o planejamento faz-se fundamental para evitar ordenar a ocupação sem criação de futuros cenários de restrição de abastecimento ou esgotamento de recursos hídricos pela agricultura. Nessas regiões as políticas devem se atentar para os benefícios da conectividade e levar em consideração isso na tomada de decisão.

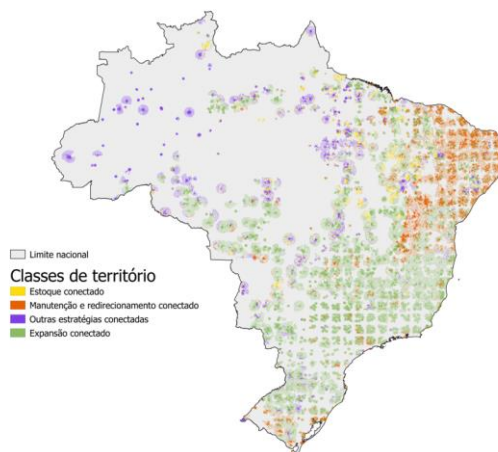
### **9.8.3 Classe de manutenção e redirecionamento**

Resultado da combinação de baixa área adicional irrigável; alta área Irrigada; sinal forte de internet banda larga 4G: Regiões em que a agricultura irrigada faz parte da matriz produtiva, porém os recursos hídricos não têm capacidade de suportar uma expansão da atividade, indicando condições prováveis de conflito no uso da água. Esse tipo de situação é estratégico para intervenção pública no apoio e criação de alternativas à agricultura irrigada, bem como no gerenciamento e racionalização do uso da água. Investimento em obras de infraestrutura como açudes, canais de transposição e perfuração de poços se mostram adequadas nessa configuração. Nessas regiões as políticas devem se atentar para os benefícios da conectividade e levar em consideração isso na tomada de decisão.

### **9.8.4 Classe outras estratégias de desenvolvimento**

Resultado da combinação de baixa/média área adicional irrigável e baixa área Irrigada; sinal forte de internet banda larga 4G: Regiões em que a agricultura irrigada ainda não faz parte da matriz produtiva e que o desenvolvimento da agricultura não depende essencialmente de irrigação ou é ainda muito incipiente. São áreas para observação e aproveitamento de oportunidades onde essas se mostrarem interessantes ou viáveis. A principal utilidade da classe é evidenciar espacialmente locais em que o poder público pode concentrar esforços em políticas alternativas à irrigação para o desenvolvimento da agropecuária ou então inserir essas regiões em uma agenda de planejamento de longo prazo. Nessas regiões as políticas devem se atentar para os benefícios da conectividade e levar em consideração isso na tomada de decisão.

De acordo com Sparovek *et al.* (2014) os componentes envolvidos no desenvolvimento da agricultura irrigada, dispersos em múltiplos aspectos de intervenção pública e sua amplitude temática, podem ser agrupados em categorias principais: (i) componentes físicos relacionados à disponibilidade de água, à qualidade dos solos e aos benefícios com ganhos de produtividade com a irrigação; (ii) componentes sociais relacionados às melhorias do bem estar individual do irrigante e ao coletivo (desenvolvimento de sua região); (iii) componentes econômicos, relacionados ao melhor uso dos recursos disponíveis e sua alocação na forma de investimentos e infraestrutura (conectividade); e (iv) componentes ambientais, ligados às externalidades negativas como os impactos ambientais e usos concorrentes da água; ou positivas, pela redução da área agrícola necessária e menor risco de frustração de safra, e o aumento da abrangência territorial viável para a produção agrícola.



**Figura 16. Classe territorial de agricultura irrigada conectada.**

As bases de dados dos modelos são essencialmente quantitativas, como a incorporada nesse trabalho, processando variáveis físicas (p.e. vazão dos rios e evapotranspiração das plantas), dados censitários (p.e. valor da produção da agricultura, renda rural), ou índices derivados de modelos físicos de representação de realidades mais complexas (p.e. topografia, *deficit* hídrico e atributos do solo convertidos em classes de aptidão agrícola ou sinal de internet). Além do caráter quantitativo, por vezes redefinidos em categorias, também abarcaram a dimensão espacial ao conjunto de dados, nesse caso, processadas na escala de bacia hidrográfica (otobacias nível 12 da Agência Nacional de Águas). A dimensão espacial foi essencial para o relacionamento dos dois temas, bem como para a geração de resultados que permitam a visualização do gestor público, ou seja, sua apresentação em formato de mapas, como os apresentados na Figura 15.

Nesta metodologia os modelos trataram de representações simplificadas e agregadas por intermédio de chaves classificatórias. A metodologia desenvolvida foi extremante dinâmica e adaptável, visto que a agregação de novo tema levou a construção de novos territórios, num contexto para auxiliar a melhor compreensão da realidade, possibilitando testar cenários com o caráter quantitativo e a representação espacial precisa das variáveis.

A metodologia preditiva simplificada (modelos) e sua integração mostraram uma ampla diversidade de componentes e escalas, além de relações não lineares entre elas que resultaram em informações (ou melhor, conhecimento) importantes para a tomada de decisão e definição de políticas e ações que possam desenvolver a agricultura irrigada.

## 9.9 Considerações finais

O presente trabalho traz contribuições diretamente relacionadas com o planejamento e a tomada de decisão em políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural e, em especial, à agricultura irrigada no País, que podem vir a proporcionar o salto de produtividade nas áreas agricultáveis do país, consolidando definitivamente o Brasil como grande gerador de alimentos para o mundo.

De forma inovadora, pensando no amplo aspecto de conectividade, o trabalho traz elementos de análise territorial que permitem ao gestor público abordar o tema da agricultura 4.0, na qual a interação de máquina e sensores é altamente explorada, permitindo que muitas etapas e atividades possam ser automatizadas ou que se possa acessar informações rapidamente para a tomada de decisão. Nesse sentido o trabalho trouxe a aplicação de modelos espaciais explícitos sobre a cobertura de sinal de telefonia móvel de banda larga (tecnologia 4G), que atualmente seria a principal forma de viabilizar de maneira ampla a conectividade e acesso à internet no meio rural.

O uso de sinal de internet banda larga poderia auxiliar muito o processo de conectividade (Agro 4.0, internet das coisas) nas áreas irrigadas por pivôs centrais, proporcionando facilidade para a automação dos mesmos e os benefícios desse processo.

A economia de recursos, a rentabilidade e a produtividade agrícola proporcionadas pelo uso adequado de pivôs centrais, que podem ser facilmente alcançadas pela automação de processos e coleta de informações em tempo real para uso desse equipamento, poderiam ser mais abrangentes territorialmente caso o fornecimento de sinal de telefonia banda larga móvel fosse ampliado para mais áreas que adotam o sistema de pivô central.

Nesse sentido, é necessário que o aperfeiçoamento de políticas públicas voltadas à infraestrutura esteja alinhado às políticas públicas de promoção da agricultura irrigada, visando atingir metas de desenvolvimento rural sustentável no curto, médio e longo prazos.

O trabalho apresenta uma contribuição e permite combinar as informações geradas com outros estudos que analisaram o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil e com isso promover o desenvolvimento de ferramentas digitais de análise voltadas para gestores de políticas públicas com foco na agricultura irrigada e uso sustentável da água no meio rural.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019b. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=328&currTab>. Acesso em: 1 ago. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019c. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=328&currTab>. Acesso em: 1 ago. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2014**: Relatório Síntese. Brasília, 33p., ANA. EMBRAPA, 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil**. 2. Ed. Brasília, 47p., ANA. EMBRAPA, 2019a. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/noticias/ana-e-embrapa-identificam-forte-tendencia-de-crescimento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil/ana\\_levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais\\_2019.pdf](https://www.ana.gov.br/noticias/ana-e-embrapa-identificam-forte-tendencia-de-crescimento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil/ana_levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais_2019.pdf). Acesso em: 28 jul. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. ANATEL. 2018a. Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/licenciamento.php>. Acesso em: 22 out. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. ANATEL. 2018b. Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/mosaico>. Acesso em: 22 out. 2018.
- AGRISHOW. 2018. Disponível em: <https://digital.agrishow.com.br/voce-esta-preparado-para-o-futuro-da-agricultura/>. Acesso em: 21 out. 2018.
- ALMEIDA, L.I.; FERNANDES, I.F.C.; COSTA, C.M. **Sisci - sistema para controle de irrigação através de dispositivos celulares**. 2012. Tese (Doutorado - Departamento de informática) - Instituto Federal do Rio Grande do Norte. RN, 2012. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/holos/article/viewfile/681/517>. Acesso em: 21 out. 2018.
- ALTOÉ, M.A.C. **Sistema Automatizado de Irrigação para Culturas Específicas**. Centro Universitário de Brasília, 2012.
- CARDOSO, O.N.P. **Gestão do conhecimento usando Data Mining**: estudo de caso na UFLA. 2005. 124p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

DURSON, M.; OZDEN, S. **A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors**. Technical Education Faculty, Gazi University. Turkey. Ankara, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologia da Embrapa é usada para desenvolver sistema automático de irrigação. **Notícias Embrapa**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/noticia/33188097/tecnologia-da-embrapa-e-usada-para-desenvolver-sistema-automatico-de-irrigacao>. Acesso em: 22 nov. 2018.

FARRANT, A. **Signal Server**: Multi-threaded radio propagation simulator based upon SPLAT! Disponível em: <https://github.com/Cloud-RF/Signal-Server>. Acesso em: 1 mar. 2019.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Pesquisa desenvolvida com utilização dos recursos computacionais do Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI)**, financiados pela FAPESP (proc. 2013/07375-0). 2013.

FERNANDES, A.L.T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organo-minerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.45-50, 2002.

FRIIS, H.T. A note on a simple transmission formula. **Proceedings of the IRE**, v.34, n.5, p.254-256, 1946.

HUFFORD, G. The ITS irregular terrain model, version 1.2.2 - **The Algorithm**. Disponível em: [https://www.its.bldrdoc.gov/media/50676/itm\\_alg.pdf](https://www.its.bldrdoc.gov/media/50676/itm_alg.pdf). Acesso em: 01 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário, 2006. In: **Sidra**: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, IBGE, 2011. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/Tabela/listabl.asp?c=861&z=p&o=2&i=P>. Acesso em: 11 mar. 2018.

LAMPERT, E.; BINELO, M.O.; CARVALHO, P. Automação de um pivô de irrigação utilizando smartphone. In: I SEMINÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - Ciência da Computação - Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ). Cruz Alta, RS, 2017. Disponível em: <https://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/revistaeletronica/article/view/5398/>. Acesso em: 11 jul. 2019.

LONGLEY, P.A.; GOODCHILG, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. (Ed.). **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Tradução de A. Schneider *et al.* Revisão técnica de H. Hasenack e E.J. Weber. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 540p., 2013.

MADALOSSO, E. **Sistema automatizado para irrigação de estufas**. 76p., 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia de Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

MASSRUHÁ, S.H.F.S.; LEITE, M.A.A. Agro 4.0 - rumo à agricultura digital. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, W.T.L.; VALE, J.M.F.; PURINI, S.R.M.; MAGNONI, M.G.M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E.F.; FIGUEIREDO, W.S.; SEBASTIÃO, I. (Org.). **JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade**: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. Ed. São Paulo: Centro Paula Souza, p.28-35, 2017. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1073150>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MAULE, R.F. **Método multidisciplinar de análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada**: aplicação em políticas públicas. 97p., 2019. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2019.

MAULE, R.F. **Método multidisciplinar de análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada**: aplicação em políticas públicas. 2020. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2020.

MEDEIROS, P.H.S. **Sistema de irrigação automatizado para plantas caseiras**, 2018. Monografia (Engenharia da Computação) - Universidade Federal de Ouro Preto. João Montelevede. 2018. Disponível em: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1199/1/MONOGRRAFIA\\_SistemaIrriga%C3%A7%C3%A3oAutomatizado.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1199/1/MONOGRRAFIA_SistemaIrriga%C3%A7%C3%A3oAutomatizado.pdf). Acesso em: 10 mar. 2019.

- MOLISCH, A.F. **Wireless communications**. 2. Ed. John Wiley & Sons: Chichester, 2011.
- MORAES, M.J.; OLIVEIRA-FILHO, D.; MANTOVANI, E.C.; MONTEIRO, P.M.P.B.; MENDES, A.L.C.; DAMIÃO, J.H.A.C. Automação em sistema de irrigação tipo pivô central para economia de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**: Jaboticabal, v.34, n.6, p.1075-1088, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v34n6/a05v34n6.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2019.
- NERYS, J.W.L.; OLIVEIRA, A.M.; MARRA, E.G.; OLIVEIRA, L.F.C.; ALVES, A.J.; MEDEIROS, A.M.M. **Sistema de irrigação microcontrolado**: automação e otimização do consumo de energia elétrica e água. Biblioteca Aneel. 2007. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/citenel2007/pdf/it92.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2019.
- OKSANEN, T.; OHMAN, M.; MIETTINEN, M.; VISALA, A. Open configurable control system for precision farming. **Automation Technology for Off Road Equipment**, Proceedings. 2004.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. World population set to grow another 2.2 billion by 2050: UN survey. ONU, 2018. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2018/10/1023371>. Acesso em: 25 jul. 2019.
- PARRONCHI, P. **Os pioneiros do desenvolvimento e a nova agricultura 4.0**: desenvolvimento econômico a partir do campo. Disponível em: <https://sep.org.br/anais/Trabalhos%20para%20o%20site/Comunicacoes/141.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- PARSONS, J.D. **The Mobile Radio Propagation Channel**. 2. Ed. John Wiley & Sons: Chichester, 1992.
- PARSONS, J.D., **The Mobile Radio Propagation Channel**, 2. Ed. Chichester, England. John Wiley & Sons, Ltd., 2000.
- QUEIROZ, T.M.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A. Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central. **Engenharia Agrícola**. v.28, n.1, p.44-54, Jaboticabal-SP. 2008.
- RIBEIRO, M.C. **Eficientização e gerenciamento do uso de energia elétrica em perímetros irrigados**. 178p., 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- SAYÃO, L.F. Modelos teóricos em ciência da informação - abstração e método científico. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, v.30, n.1, p.82-91, 2001.
- SILVA, F.S.; CATELLI, F. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v.41, n.4, 2019.
- SILVA, S.P.; BIONDI, A. Internet em redes de alta velocidade: concepções e fundamentos sobre banda larga. In: **Caminhos para a universalização da Internet banda larga experiências internacionais e desafios brasileiros**. Intervenções coletivo Brasil de comunicação social. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.intervencao.org.br/arquivos/interliv008cpunibl.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- SPAROVEK, G.; DOURADO NETO, D.; BARRETTO, A.G.O.P.; MAULE, R.F.; ASSUNÇÃO, A.L.C. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Brasília, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Ministério da Integração Nacional. 2014. Disponível em: <http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Fealq-An%C3%A1lise>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- SUDHA, M.N.; VALARMATHI, M.L.; BABU, A.S. Energy efficient data transmission in automatic irrigation system using wireless sensor networks. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, p.215-221, 2011.
- TELECO. 2019. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/areasc.asp>. Acesso em: 1 nov. 2017.
- TELTONIKA. 2018. Disponível em: <https://teltonika-iot-group.com/pt/>. Acesso em: 30 abr. 2021.
- TESTEZLAF, R. **Irrigação**: métodos, sistemas e aplicações. Faculdade de Engenharia Agrícola. Unicamp, Campinas, 213p. 2017.

TESTEZLAF, R. **Irrigação**: técnicas, usos e impactos. Faculdade de Engenharia Agrícola - Unicamp, Campinas, 2014.

ZHANG, Z. Investigation of wireless sensor networks for precision agriculture. ASAE **Annual International Meeting**. p.041154, 2004.

## CAPÍTULO 10

### 10 AGRICULTURA IRRIGADA: ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO BRASIL

*Mariane Crespolini dos Santos, Gustavo dos Santos Goretti, Frederico Cintra Belém, Liciane Alice Nascimento Peixoto e Lineu Neiva Rodrigues*

#### Resumo

A população mundial chega a quase 8 bilhões de pessoas, com expectativa de totalizar 10 bilhões até 2050. Com isso, a FAO projeta uma demanda de 70% mais alimentos e 40% mais água. Além da crescente demanda por alimentos, a mudança do clima é outro desafio relevante, que exige boas estratégias do Estados Nacionais. No Brasil, a agricultura irrigada é uma tecnologia fundamental para o aumento da produção de alimentos, via aumento de produtividade, e também para promover uma agropecuária mais adaptada aos riscos climáticos. O Brasil tem o potencial de irrigar 55 milhões de hectares. Valor muito acima do cenário atual, de 8,2 milhões de hectares irrigados. Para concretizar o crescimento da agricultura irrigada com sustentabilidade, o Brasil precisará de políticas públicas adequadas ao contexto dos produtores rurais, condicionando positivamente o empreendedorismo da iniciativa privada. Novos modelos de gestão de recursos hídricos, aperfeiçoamento das legislações e investimentos em instrumentos aceleradores como o crédito, pesquisa, assistência técnica e gerencial serão fundamentais.

#### 10.1 Introdução

Com 851,57 milhões de hectares, o Brasil é um dos maiores países em área do mundo. De acordo com o Censo Agropecuário, os estabelecimentos rurais ocupam uma área de 351 milhões de hectares, representando cerca de 41% do total do território (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017). O País enfrenta o desafio de analisar e validar os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR), para, de fato, detalhar o uso da terra no meio rural.

Existem disponíveis diversas bases que apresentam levantamentos sobre o uso da terra no meio rural. A análise dessas bases possibilita fazer diversas inferências. Por exemplo, a área ocupada pela produção agropecuária é dividida entre pastagem (nativa e plantada), agricultura (lavouras permanentes e temporárias) e florestas plantadas. A área de pastagem varia de 162 milhões de hectares a 180 milhões de hectares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018; LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO, 2020).

A agricultura, incluindo lavouras temporárias e permanentes, ocupam uma área que varia de 61 a 66 milhões de hectares, a depender da base de dados. Dessas, em mais de 20 milhões de hectares, há duas ou até três safras no ano. Cerca de 10 milhões são de florestas plantadas, onde mais de 75% é eucalipto. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

Essa breve contextualização exploratória dos números, demonstra que, ao considerar os valores mais altos de todas as bases consultadas, a área produtiva da agropecuária totaliza 256 milhões de hectares, 30% do território nacional. Comparando esses valores com os dados do Censo Agropecuário, de área ocupada pelos estabelecimentos rurais, mencionado

anteriormente, nota-se uma diferença de 11%. Uma porcentagem menor dessa diferença pode ser atribuída a infraestrutura (estradas, armazéns, etc.) e, uma porcentagem bem mais expressiva, as Áreas de Proteção Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL).

Mesmo sendo o país mais extenso do hemisfério sul, na década de 70 e 80, o Brasil importava alimentos essenciais da cesta básica. Nesse contexto, a trajetória de importador até as posições de liderança no comércio mundial de alimentos, fibras e energia produzidas pela agropecuária foi resultado de estratégias bem direcionadas, como investimento em pesquisa e inovação.

A inovação foi fundamental para os avanços expressivos em produtividade. Com poucas exceções, como trigo e leite, o Brasil organizou as cadeias produtivas, elevou a produtividade e deu um salto na produção.

Segundo o IBGE, no final da década de 70, a área destinada para a produção de grãos era de 37 milhões de hectares, onde se colhia basicamente 37 milhões de toneladas. Uma proporção de 1 por 1 (um milhão de toneladas para cada um milhão de hectares).

No último ano safra, 2019/2020, foram produzidas 241 milhões de toneladas de grãos, em 63 milhões de hectares. Ou seja, uma produtividade de 3,8 milhões de toneladas para cada 1 milhão de hectares colhidos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

A agricultura irrigada foi fundamental nesse contexto, já que a produtividade em áreas irrigadas chega a ser quatro vezes superior às da área de sequeiro (POSTEL, 2000). O protagonismo dessa tecnologia pode ser maior.

Em 2020, o Brasil irrigou 8,2 milhões de hectares, apenas 3% da área produtiva ocupada pela agropecuária no Brasil. Estudo recente da Esalq/USP demonstra que o potencial é de 55 milhões. Entre os dois cenários, há um longo caminho, complexo e também cheio de oportunidades para o Estado brasileiro.

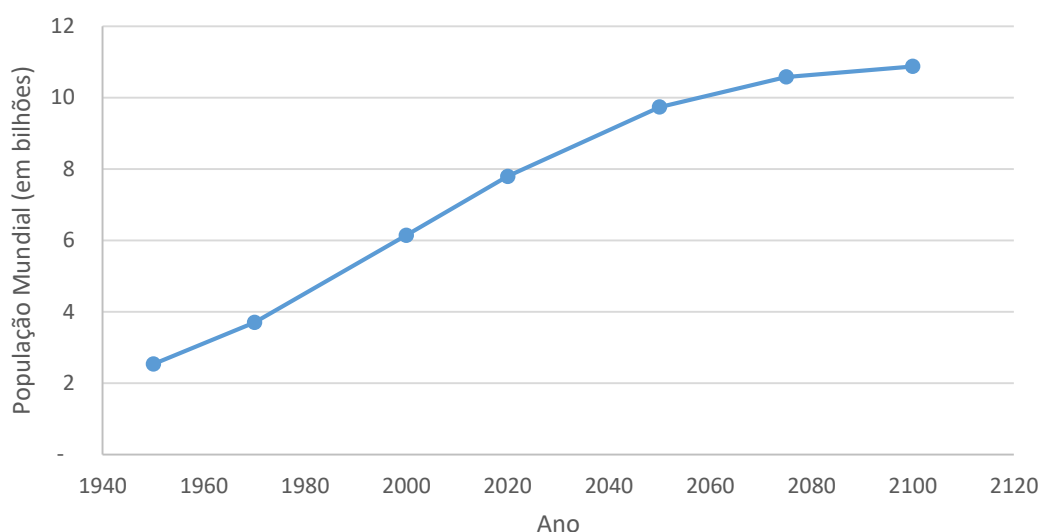
Neste breve contexto, este capítulo tem como objetivo discutir a agricultura irrigada no contexto das estratégias e desafios para a promoção do desenvolvimento sustentável do Brasil para as próximas décadas.

## **10.2 Tendências globais e o planejamento necessário**

A população mundial já atinge quase 8 bilhões de pessoas. Para 2050, a expectativa é que haja quase 10 bilhões de pessoas no mundo, podendo chegar a mais de 12 bilhões até 2100, conforme ilustra a Figura 1 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2019). Mesmo que o ritmo do crescimento apresente tendência de redução com o passar dos anos, os Estados Nacionais estão preocupados com o cenário futuro.

No cenário acima mencionado, a maior concentração populacional será nos países em desenvolvimento, em especial na Ásia e África. Entre muitos dos desafios, encontra-se a segurança alimentar e do alimento. Mesmo nos dias atuais, 690 milhões de pessoas sofrem por insegurança alimentar (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2020) e vivem com menos de 2230 quilocalorias por dia (DIVISÃO DE ESTATÍSTICA, 2014).

O cenário atual e também as projeções futuras demonstram que os países precisam estabelecer boas estratégias para promover o desenvolvimento sustentável. Uma coisa é fato: existe uma lacuna imensa entre a quantidade de alimentos produzidas hoje e a quantidade necessária para 2050, principalmente se for considerado as diversas pressões, como, por exemplo, as mudanças climáticas, que recaem sobre a agricultura.



**Figura 1. Crescimento populacional no mundo, 1940 aa 2120 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2019).**

Com base em 2005, estima-se que serão necessários 70% mais alimentos e 40% mais água até 2050. Essa projeção envolve não apenas o aumento da população, mas também a melhora de renda (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2012).

O mundo precisa se preparar para esse futuro. É necessário garantir a segurança alimentar, com uso eficiente dos recursos naturais. Para evitar que as áreas produtivas avancem em áreas de vegetação nativa, fundamentais para a preservação da biodiversidade e outros recursos naturais, os países terão que investir em tecnologias de produção.

Essas tecnologias, ou mesmo modelos produtivos, precisam, além de garantir segurança alimentar, solucionar outro desafio global: o das mudanças climáticas. Essas duas tendências, segurança alimentar e mudança do clima, andam juntas.

Para a África, por exemplo, com as tecnologias atuais, estima-se que o aumento da temperatura possa reduzir em 20% o período entre o plantio e colheita de grãos. Seja na África ou em qualquer outra área do mundo, a produção agropecuária é a mais sensível às oscilações de temperatura. Ao mesmo tempo, diversas pesquisas já demonstram o potencial de sequestro de carbono pela agropecuária bem manejada.

Muitos países já adotam e estão impulsionando suas estratégias para um cenário de maior demanda por alimento e também com desafios relacionados à mudança do clima. Investimentos em pesquisa para o desenvolvimento de variedades mais resistentes, e ações voltadas à conservação de solo e água, entre outras.

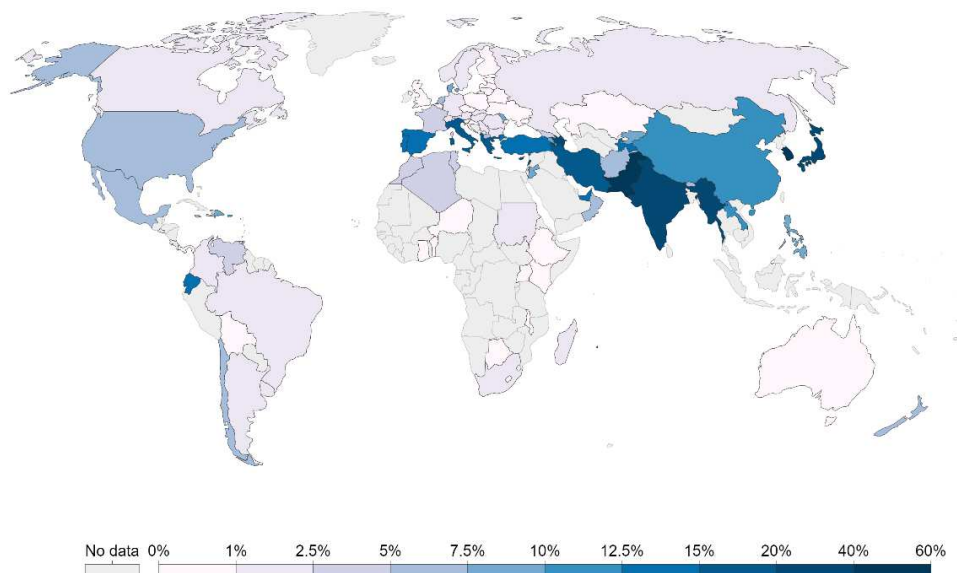
Um exemplo é o Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura). Essa importante política pública completou dez anos em 2020, com mais de 50 milhões de hectares adotando as tecnologias preconizadas em 2010, como a recuperação de pastagens degradadas, a Integração Lavoura Pecuária-Floresta (ILPF) em suas diferentes combinações, o sistema plantio direto e outras (MANZATTO *et al.*, 2020; LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO, 2020).

Já em 2010, o Plano ABC tinha como um dos programas componentes a adaptação à mudança do clima. Em 2021, o Mapa lançou o ABC+, onde a importância de uma agropecuária mais adaptada ao risco climático ganhou ainda mais força, além de outras bases conceituais

importantes, como a Abordagem Integrada da Paisagem (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2021).

A agricultura irrigada é uma tecnologia fundamental em um cenário onde a agricultura de sequeiro será cada vez mais afetada pelas mudanças climáticas. Atualmente, a agricultura irrigada ocupa 20% das terras cultiváveis do mundo. No Brasil essa proporção é de apenas 3%. No mundo, 40% da produção de alimentos conta com a tecnologia da irrigação. Na produção de cereais estes números são de 40% da área colhida e 60% da produção (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2012). Novamente, olhando para as estratégias de futuro, a FAO projeta que, até 2050, mais de 50% dos alimentos sejam produzidos em sistemas irrigados.

China e Índia são os países com maior área irrigada, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Eles irrigam 69,9 e 70,4 milhões de hectares, respectivamente, o que é equivalente a 40% do total mundial (SISTEMA DE INFORMAÇÃO GLOBAL DA SOBRE ÁGUA E AGRICULTURA, 2017). Os Estados Unidos também estão na lista de grandes irrigantes e respondem por 8%. Somente os estados de Nebraska e Califórnia irrigam juntos o equivalente a 81,7% da área total irrigada no Brasil.



**Figura 2. Distribuição das áreas irrigadas (NOSSO MUNDO EM DADOS, 2015).**

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o potencial de irrigação é definido como a extensão de terra adequada para irrigação e com água suficiente disponível. Este indicador é usado para medir quão próximos os países estão de atingirem sua máxima extensão de área irrigada.

Muitos destes grandes países irrigantes encontram-se em processo de desaceleração ou mesmo próximo ao limite de expansão de suas áreas irrigadas.

Na China, por exemplo, a área potencial já equipada para irrigação é de 99,8%. Os Estados Unidos atingiram a marca de 100% da área sob gestão hídrica (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2017). Em cenários como este, aumentos adicionais de áreas irrigadas só é possível por meio do desenvolvimento de infraestruturas hídricas ou pelo aumento da eficiência de seus sistemas. O Paquistão mantém a área potencial já equipada para irrigação em 93,85% desde 2012. Já a Índia já ultrapassa os 50% da sua área potencial.

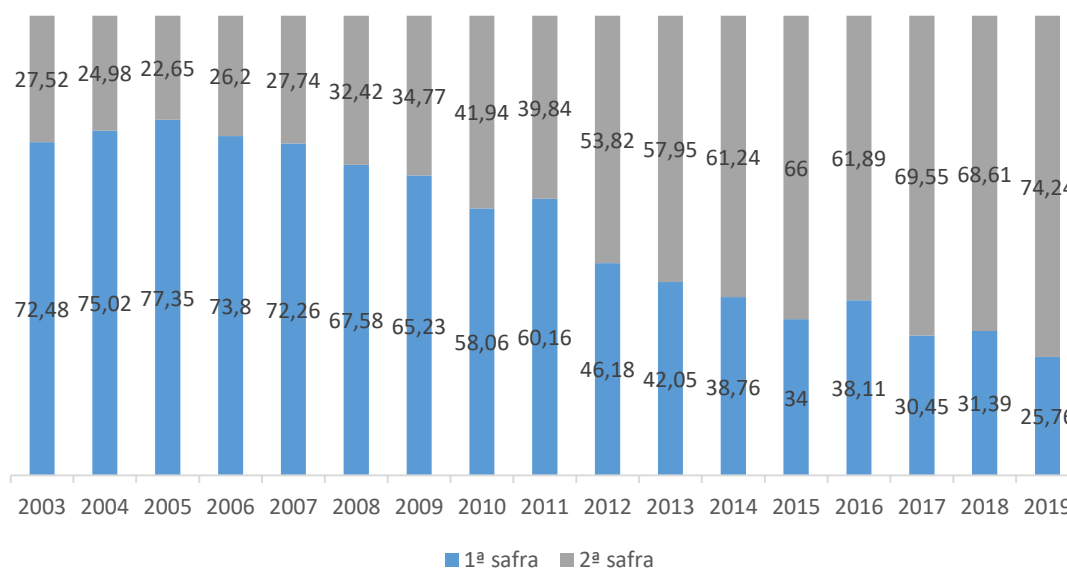
Nesse cenário, não é por acaso que o Brasil também é apontado pela FAO como a região onde há maior potencial de crescimento da produção, tema que será melhor abordado na sequência.

### 10.3 Estratégias brasileiras para garantir a segurança alimentar

Como comentado no início deste capítulo, o Estado brasileiro vem investindo há décadas em políticas de incentivo à intensificação sustentável da produção agropecuária. Por intensificação sustentável, entende-se o aumento da produção pecuária e agrícola, associado à um uso mais eficiente dos recursos naturais, resultando também em maior retorno econômico. O conceito implica também no processo da intensificação não causar degradação do solo e da água e aos ecossistemas (PRETTY; BARUCHA, 2014).

Um bom exemplo disso é a produção de milho no Brasil. Conforme ilustrado na Figura 3, no início da década de 2000, a quantidade de milho colhido na primeira safra equivalia à quase 85% do total produzido no ano. O milho da segunda safra, também conhecida como “safrinha”, era pouco mais que 15%.

Os investimentos em variedades mais adaptadas, além de manejo diferenciado para cada região e época do ano, mudaram totalmente o cenário. Em 2019, de acordo estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020), a segunda safra de milho representou mais de 70% da produção. Isso é um exemplo claro de intensificação sustentável. O Brasil utilizando com mais eficiência a mesma área produtiva.



**Figura 3. Produção de milho no Brasil e a distribuição entre primeira e segunda safra, 2003 a 2019 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).**

O exemplo da cadeia do milho é um dos inúmeros exemplos que poderiam ser discutidos sobre a estratégia brasileira. Considerando outras cadeias, a agropecuária cumpre com um papel muito importante: a de redução dos preços dos alimentos, conforme ilustrado na Figura 4.

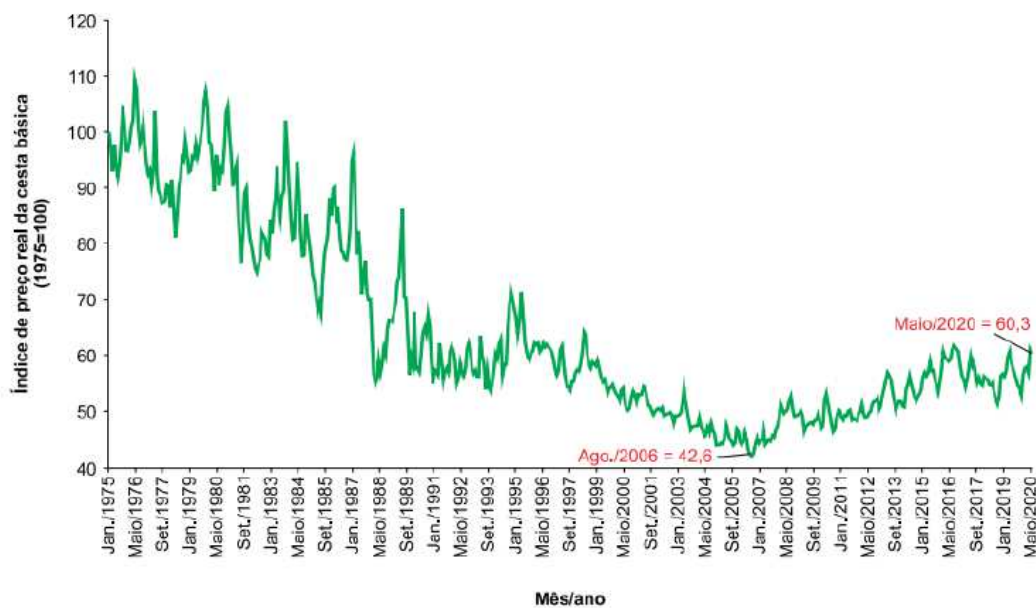
Comparativamente à década de 70, já tirando os efeitos da inflação e das sucessivas trocas de moeda, a cesta básica hoje é quase a metade do preço. Para um País, onde mais da metade da população vive com um salário mínimo, essa é uma contribuição expressiva da

agropecuária para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

A agricultura irrigada é uma tecnologia fundamental nesse sentido, ao permitir uma oferta mais constante de alimentos ao longo do ano e também, como já mencionado, como adaptação à vulnerabilidade climática. O cultivo em sequeiro retira do solo a água para suas necessidades e, ocasionalmente, das chuvas que ocorrem em sua região, dessa forma, ele é mais dependente das condições climáticas locais.

Essa é um dos principais motivos do crescimento da agricultura irrigada no país. Ela fez aumentar a segunda safra, anteriormente chamada de “safrinha” e até mesmo proporciona a terceira safra de várias culturas. Ela ajudou o país a atingir a posição de suficiência no abastecimento interno e ir além, até a posição de importante exportador de alimentos para o resto do mundo.

A irrigação compõe a mesa do brasileiro. Alimentos típicos da dieta nacional como arroz, feijão, legumes, verduras e frutas são produzidos majoritariamente por meio da irrigação. Este índice ultrapassa os 90% no caso da produção da horticultura e do arroz (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).



**Figura 4. Índice de preço real da cesta básica (MARTHA JÚNIOR, 2020).**

O arroz tem um papel protagonista entre as culturas irrigadas, ele ocupa uma área de 1,67 milhões de hectares. O arroz irrigado apresenta rendimento de até 3,7 vezes maior em comparação ao arroz produzido em áreas de sequeiro (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021). Segundo a ANA, entre os anos de 2014 e 2018, o arroz de sequeiro rendeu em média  $2.134 \text{ kg ha}^{-1}$  e o irrigado  $7.403 \text{ kg ha}^{-1}$ . Tendo as áreas de sequeiro representado 25% da área e apenas 10% da produção, enquanto o arroz irrigado tem concentrado 75% da área total e 90% da produção.

Como as projeções internacionais apontam para uma demanda crescente e exponencial de alimentos, é lógico que países que já atuam suprindo o comércio internacional atuem implementando técnicas, tecnologias e insumos para atender esta demanda. Intensificar a agricultura através da irrigação é uma maneira eficiente de agregar valor às commodities e verticalizar sua produção sem descaracterizar suas cadeias, pois a produção irrigada apresenta maior valor agregado (maior qualidade e culturas proporcionalmente mais rentáveis) (BRASIL,

2021). A técnica permite a otimização no uso de insumos e equipamentos, redução de custos unitários, redução de riscos climáticos e meteorológicos.

O feijão, outro alimento essencial e presente diariamente na dieta de milhões de brasileiros, ainda é produzido majoritariamente em sequeiro (primeira e segunda safras). Porém, tal como em outras culturas como a soja, a irrigação é essencial à produção de feijão nos períodos secos de suas regiões produtoras.

A terceira safra de feijão ocorre em grande parte sob irrigação. Ela alcançou 20% da área plantada de feijão no Brasil em 2019/2020, respondeu por 27,18% da produção e apresentou melhor produtividades em relação às outras safras, 1496 kg ha<sup>-1</sup> (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020).

A produção de frutas também tem sido bastante expressiva na agricultura irrigada, a fruticultura e a horticultura são as atividades proporcionalmente mais irrigadas – de 70 a 90% de sua área cultivada é irrigada (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).

A fruticultura tem sido fundamental para a economia brasileira, com grande impacto no desenvolvimento regional de áreas como o Nordeste. O Brasil é um dos principais exportadores de frutas e grande parte delas é cultivada de forma irrigada. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas), a fruticultura irrigada gera 2,5 empregos por hectare (MALISZEWSKI, 2020).

#### **10.4 Potencial de crescimento da agricultura irrigada**

Dos 8,2 milhões de hectares irrigados pelo Brasil, 96,2% referem-se a áreas privadas, onde o agricultor é o proprietário de suas terras e implanta seu sistema de irrigação. Os 3,8% restantes são áreas de projetos públicos de irrigação, onde o governo implanta as infraestruturas e sistemas de irrigação em um território estratégico para o desenvolvimento da região. Nessa área pública, são gerados 580 mil empregos diretos e indiretos, através de 79 projetos, instalados em 88 municípios (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).

Muitos fatores devem ser considerados o potencial de expansão da irrigação. Segundo a Esalq, a área adicional irrigável – AAIs no Brasil, são áreas com disponibilidade hídrica para adoção da irrigação e que ainda não são irrigadas atualmente, considerando primordialmente fontes hídricas superficiais e depois de fontes subterrâneas.

As AAIs são divididas em áreas de intensificação, onde há a agricultura de sequeiro e onde a produtividade pode aumentar se irrigada e as áreas de expansão são aquelas onde atualmente se encontram pastagens consolidadas. Os resultados são do potencial de intensificação em 26,69 Mha (mais de 90% localizados no eixo centro-sul do país) e de expansão em 26,72 Mha (cerca 40% localizado na Região Norte). Além disso, o estudo aponta que o Brasil apresenta cerca de 2,4Mha de área adicional irrigável com base na água subterrânea disponível (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).

Prioritariamente, considera-se como potencial efetivo de expansão, aquelas áreas com aptidão média/alta em termos de altitude, declividade, drenagem, aptidão agrícola (condições edafoclimáticas), solo (propriedades físico-hídricas, sistemas de manejo e conservação, fertilidade), relevo (declividade), infraestrutura (rodoferroviária, rede elétrica apropriada, capacidade de armazenamento), excluindo as áreas ambientalmente protegidas.

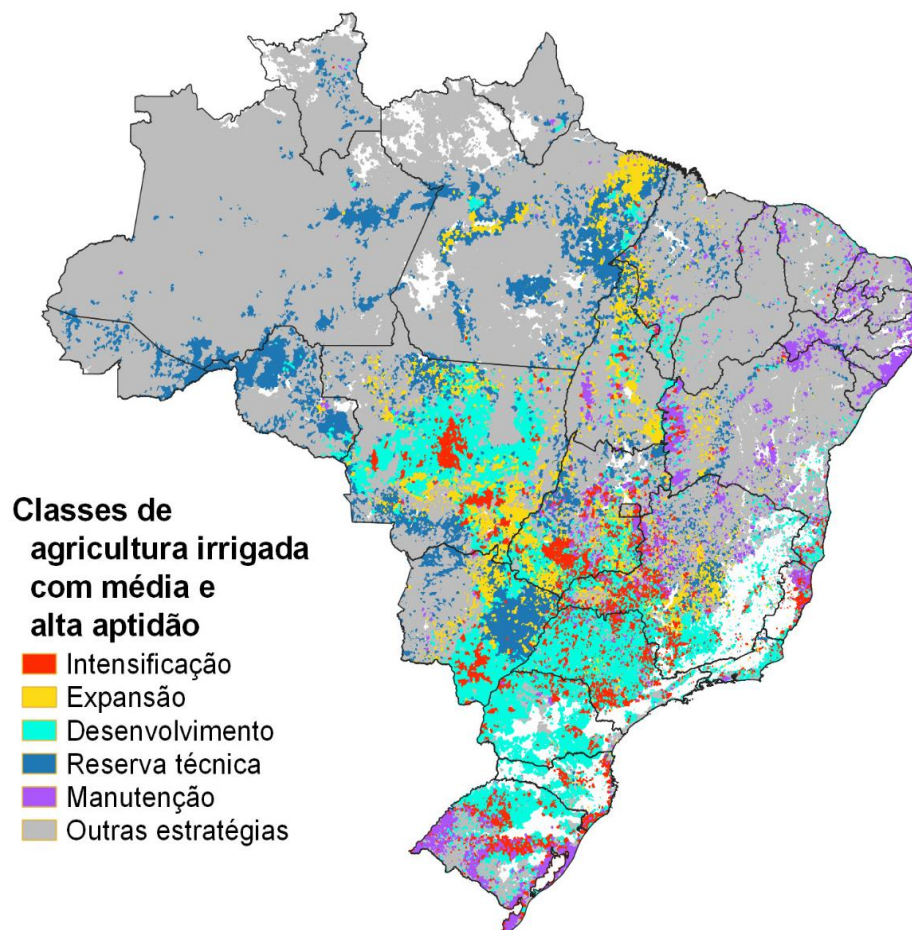
Nesse sentido, a Esalq/USP realizou um diagnóstico do potencial de incremento de área irrigada no País, criando um índice chamado área adicional irrigável, que mostra que é possível melhorar os números da irrigação no Brasil utilizando-se de áreas com potencial para irrigação contidas em áreas de sequeiro, pastagem, silvicultura e até mesmo em certas áreas de

vegetação nativa, porém sem interferir em áreas de proteção pública e privada, cidades, massas d'água, infraestrutura, áreas de preservação permanente (APPs) ou áreas de Reserva Legal.

Denominou-se área de intensificação, as áreas que fazem agricultura de sequeiro e tem a possibilidade de se tornarem áreas irrigadas por existir potencial hídrico, áreas irrigadas já predominantes nesses territórios e ter alta e média condição de infraestrutura (energia, transporte e armazenamento).

Chamou-se de área de expansão as que tem a possibilidade de conversão do uso da terra de pastagem para agricultura irrigada e que possuem as mesmas características das áreas de intensificação). O interessante em se destacar é as áreas adicionais irrigáveis são áreas antropizadas, que realizam a produção agropecuária, e não haverá a necessidade de abertura de novas áreas (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).

A áreas de intensificação (8.083.594 hectares) e expansão (7.535.546 hectares) (Figura 5) totalizam cerca de 15,5 milhões de hectares que teriam maior facilidade para a implantação da produção irrigada no País e impulsionar a produtividade nesses territórios.



**Figura 5. Mapeamento das regiões de média e alta aptidão para agricultura irrigada, por classe (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).**

Essas classificações permitem um melhor planejamento do governo federal e execução de suas ações, no sentido de priorizar as áreas que estão mais próximas de se tornarem irrigadas. Apesar do grande potencial existente, o Estado brasileiro necessita priorizar os territórios a serem trabalhados para que não haja uma dispersão de esforços e poucos resultados.

Acredita-se que na medida em que essas novas áreas expandam em agricultura irrigada, muitos benefícios venham a reboque dessa expansão, como a atração de serviços, empresas de máquinas e equipamentos, empresas de tecnologia, de insumos agrícolas, entre outros.

E da mesma forma que muitos benefícios são gerados com essa expansão, necessitam-se trabalhar, em paralelo, o aperfeiçoamento dos modelos de gestão e monitoramento dos recursos hídricos, para que possa otimizar o uso da água entre os irrigantes e outros usuários.

Além disso, a implantação de agricultura irrigada nessas regiões vem ao encontro das Políticas do Plano ABC, pelo fato de que a produção agropecuária irrigada será realizada em áreas de pastagens atualmente degradadas, contribuindo com a redução na emissão de carbono.

Como a irrigação é uma das técnicas de último grau de intensificação, as práticas de conservação do solo e da água obrigatoriamente serão realizadas nas futuras áreas irrigadas.

### **10.5 Mitos e verdades**

Um dos entraves para o crescimento da agricultura irrigada ainda é a falta de informação e divulgação de muitos mitos. Segundo Rodrigues (2020) a projeção é que até 2050 as retiradas para fins de irrigação cresçam 10%, o que deve trazer ainda mais mídia negativa para o setor. Neste sentido, é essencial que alguns pontos críticos sobre agricultura irrigada sejam discutidos e esclarecidos.

A maior parte da água usada na agricultura irrigada é retirada de fontes superficiais e, por conta disto, dependente do regime de chuvas. Assim sendo, em muitos locais faz-se necessária a construção de barragens para o armazenamento hídrico para períodos de estiagem (RODRIGUES, 2020).

O que deve ser feito considerando todos os usuários de recursos hídricos da mesma bacia hidrográfica, a fim de que todas as necessidades sejam atendidas e respeitadas, com o dimensionamento correto, seguido bom um bom e coletivo gerenciamento (o que pode ser alcançado com o auxílio dos comitês de bacia e polos de irrigação). Seguindo este trâmite, a construção de tais barragens deve ser caracterizada como de interesse social, o que deve ser atrelado ao licenciamento ambiental simplificado.

Atualmente a agricultura irrigada apresenta eficiência de 70% a 90%, pois o desperdício não é interessante ao produtor. As técnicas envolvidas na irrigação são avançadas e o desperdício gera gastos desnecessários de insumos como energia elétrica e baixas produtividades. Ele pode acontecer, principalmente, pelo uso inadequado da tecnologia, o que pode e deve ser resolvido com capacitação para os produtores. Aliada a técnicas como o plantio direto, que favorece a infiltração de água no solo, recarga dos aquíferos e aumento das vazões mínimas atua de em favor da reservação de água (RODRIGUES, 2020).

## **10.6 Desafios e estratégias para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada**

### **10.6.1 Barramentos**

A competição pela água entre os usos urbanos, industriais e ambientais exigirá maior emprego e ganhos cada vez maiores em eficiência na agricultura irrigada, isso demandará investimentos na modernização dos sistemas e maquinário utilizado, entre outros, a fim de equalizar a demanda por alimentos, gerando e, se possível, reduzindo conflitos de ordem hídrica.

Da mesma forma, é essencial garantir suprimento de água para a expansão e intensificação da tecnologia através de barramentos. O armazenamento da água do período chuvoso em barragens para seu uso ao longo do ano é a maneira mais segura de garantir a disponibilidade de água e é parte crucial no suprimento de água para os sistemas de irrigação. No entanto, as dificuldades enfrentadas no licenciamento ambiental para a construção de barragens representam um grande entrave para o crescimento da área irrigada no Brasil.

Nesse sentido, necessita-se de um normativo a ser emitido pelo Estado brasileiro, para caracterizar a construção dos barramentos como de interesse social e/ou interesse público, possibilitando assim, que os barramentos sejam construídos em regiões estratégicas, e respeitando-se a legislações existentes referente a segurança de barragens e composição de área de preservação permanente ao redor dos barramentos.

Destaca-se, que a construção de barramentos não traz impactos negativos ao meio ambiente, desde que respeitadas as legislações vigentes, e permite que a produção de alimentos seja realizada ao longo de todo ano, melhorando a oferta de alimentos que são produzidos, principalmente, só com irrigação (hortifrutigranjeiros), além de reduzir os conflitos entre os usuários em bacias mais exploradas.

### **10.6.2 Licenciamento ambiental**

Atualmente, a ausência de Lei Federal que trata do licenciamento ambiental no País, gera repercussão negativa nas legislações estaduais, com pouca ou nenhuma padronização nas normas, ocasionando insegurança jurídica para empreendedores.

Os critérios e prazos para o licenciamento ambiental da atividade agropecuária estão definidas na Resolução Conama 237, de 19 de dezembro de 1997 e adicionalmente, a norma federal que trata do licenciamento ambiental para a irrigação é a Resolução Conama 284, de 30 de agosto de 2001, a qual traz que empreendimentos de irrigação em áreas superiores a 50 ha é altamente impactante ao meio ambiente. E, ainda, para a prática de irrigação é necessário que seja expedida a outorga de direito de recursos hídricos.

Então, para que um agricultor se torne irrigante no Brasil é preciso que ele atenda aos critérios de três normativos, o que gera um caminho longo para que ele tenha a autorização para irrigar.

O Estado brasileiro tende a aperfeiçoar seus mecanismos de regulação e licenciamento e nesse sentido, acredita-se que a Resolução Conama 284/01, traz uma exigência que já está sendo cumprida pela Resolução Conama 237/97.

A produção irrigada é a mesma produção de sequeiro. O que diferencia as duas é a forma como a água chega ao solo e as plantas. Entende-se, então, que o licenciamento exigido na Conama 237/97, para atividade agropecuária, se estende a produção irrigada, já que para esta exige-se a outorga, outro licenciamento, que regula a quantidade de água azul a ser usada pelo produtor.

Além disso, a Resolução Conama 284/01, possui um vício de origem, uma vez que erra ao considerar a irrigação como um empreendimento. Na verdade, a literatura sempre defendeu que a irrigação é uma ferramenta de produção, é uma técnica, um método de aplicação de água utilizada na agropecuária.

Segundo o Manual de Irrigação Bernardo *et al.* (2006), "a irrigação é uma técnica milenar que nos últimos anos tem-se desenvolvido acentuadamente". E segundo a Embrapa Semiárido, "a irrigação é uma técnica milenar que tem como finalidade disponibilizar água às plantas para que estas possam produzir de forma adequada" (BRAGA; CALGARO, 2010).

Destaca-se que na Câmara dos Deputados está em tratativa o Projeto de Lei (PL) 3729/2004, que estabelecerá o marco regulatório para o Licenciamento Ambiental no Brasil, que irá trazer disposições atualizadas e mais adequadas as condições da agropecuária brasileira.

### **10.6.3 Outorga**

A outorga de direito de uso de recursos hídricos (outorga) é um dos instrumentos da política nacional de recursos hídricos, instituída pela Lei 9.433/1997. O objetivo da outorga é assegurar o controle quantitativo e qualitativo das águas além de garantir que o acesso à água e que os usos sejam compatíveis com a disponibilidade hídrica, feita majoritariamente por entes estaduais.

Ela usualmente respeita a ordem cronológica dos pedidos de outorga e também o balanço hídrico da região. Cada entidade possui um sistema e metodologia de cálculo, porém todas necessitam assegurar as vazões de referência do corpo hídrico a ser outorgado como a Q<sub>7,10</sub> (vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência, indicando uma probabilidade de 10% de ocorrer valores menores ou iguais a este em qualquer ano) e a Q<sub>90</sub> (referência que indica que as vazões são maiores ou iguais a ela durante 90% do tempo).

As outorgas são expeditas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no âmbito federal, e pelos órgãos ambientais dos Estados, quando o instrumento é solicitado pelo produtor.

O tempo de análise e liberação das outorgas é um dos principais gargalos existentes para o início da produção irrigada. Há situações em que o produtor aguarda cerca de três a quatro anos para obter uma resposta. Entretanto, a ANA e alguns Estados da Federação automatizaram os processos de análise de outorga, fato este que melhorou muito a sistemática de concessão do instrumento. Os estados que ainda não automatizaram seu sistema de concessão de outorga e possuem alta demanda, estão no caminho de sistematizá-lo.

Na medida em que as áreas irrigadas foram crescendo e as disputas pelo uso da água/outorga aumentaram, foi preciso utilizar estratégias de gestão de recursos hídricos mais modernas, que se adequem melhor à nova realidade.

A outorga (coletiva e sazonal) é uma dessas estratégias, que, se aplicada juntamente com a gestão compartilhada, pode contribuir efetivamente para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada, reduzindo as disputas pelo uso de água.

No tocante às outorgas coletivas, parte-se do princípio de que um órgão ou entidade que tem um bom domínio e conhecimento da bacia e interação com todos os usuários, faça a alocação da água entre os usuários naquele determinado trecho da bacia.

Entretanto, ainda é necessário evoluir no modelo de gestão e monitoramento nas bacias para o melhor acompanhamento e distribuição da água entre os usuários. Alguns Estados da Federação estão avançando nessa modelagem, a exemplo do estado de Minas Gerais que regulamentou a outorga coletiva no ano de 2020.

O modelo de outorga sazonal preconiza o uso de uma maior quantidade de água (mais outorgas) no período em que há maiores precipitações e conseqüentemente maiores vazões nos corpos hídricos. Assim, potencializa-se o uso da água nesses períodos e aumenta-se a área irrigada sem prejuízo à bacia e os demais usuários.

A outorga Sazonal permite que os agricultores aumentem a prática da "irrigação de salvamento", termo utilizado entre os agricultores irrigantes, que preconiza a aplicação de uma lâmina de água quando ocorre pequenos interstícios sem precipitação, mesmo no período chuvoso. Quando ocorre esse "salvamento" possibilita-se que as culturas apresentem sua

maior resposta produtiva, permitindo que os agricultores invistam com segurança em insumos (sementes, adubos, etc.) em quantidade e qualidade, pois o retorno é praticamente garantido.

#### 10.6.4 Infraestrutura

A irrigação é uma prática dependente de uma fonte de energia para alimentar os equipamentos que levam a água dos mananciais hídricos até a área pretendida para produção. Atualmente, as fontes de energia que alimentam os conjuntos motobombas podem ser a combustível (Diesel), mas preferencialmente usa-se a energia elétrica, por ser mais barata.

Mesmo tendo um custo inferior aos combustíveis, a energia elétrica representa um valor relevante no custo de produção das culturas e em alguns casos ultrapassa os 20% desses custos totais, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1. Custo de energia sem os descontos do subsídio rural (V: valor da energia - 30% de desconto, C<sub>1</sub>: custo dos insumos, C<sub>2</sub>: custos de produção total, E<sub>1</sub>: energia em 2019 - 24% de desconto, E<sub>2</sub>: energia em 2020 - 18% de desconto, E<sub>3</sub>: energia em 2021 - 12% de desconto, E<sub>4</sub>: energia em 2022 - 6% de desconto, e E<sub>5</sub>: energia em 2023 - sem desconto) (LAGE, 2020).**

Cultura	V	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>		E <sub>1</sub>		E <sub>2</sub>		E <sub>3</sub>		E <sub>4</sub>		E <sub>5</sub>	
		Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%
Feijão	594,00	3.911,24	15%	4.403,24	13%	644,91	15%	695,83	16%	746,74	17%	797,66	18%	848,57	19%
Alface Aspersão	642,00	7.381,58	9%	20.821,56	3%	697,03	3%	752,06	4%	807,09	4%	862,11	4%	917,14	4%
Banana	540,00	8.138,05	7%	17.448,05	3%	586,29	3%	632,57	4%	678,86	4%	725,14	4%	771,43	4%
Uva	560,70	34.031,23	2%	62.251,23	1%	608,76	1%	656,82	1%	704,88	1%	752,94	1%	801,00	1%
Tangerina	675,00	2.977,81	23%	7.667,81	9%	732,86	10%	790,71	10%	848,57	11%	906,43	12%	964,29	13%
Quiabo	1.048,05	5.641,49	19%	17.501,49	6%	1.137,88	7%	1.227,72	7%	1.317,55	8%	1.407,38	8%	1.497,21	9%
Feijão Verde	407,25	3.035,55	13%	10.315,55	4%	442,16	4%	477,06	5%	511,97	5%	546,88	5%	581,79	6%
Batata-doce	992,70	2.490,92	40%	7.110,92	14%	1.077,79	15%	1.162,88	16%	1.247,97	18%	1.333,05	19%	1.418,14	20%
Berinjela	1.052,10	8.646,95	12%	23.796,95	4%	1.142,28	5%	1.232,46	5%	1.322,64	6%	1.412,82	6%	1.503,00	6%
Beterraba	450,00	6.360,00	7%	13.850,00	3%	488,57	4%	527,14	4%	565,71	4%	604,29	4%	642,86	5%
Chuchu	1.027,80	7.024,62	15%	19.819,62	5%	1.115,90	6%	1.203,99	6%	1.292,09	7%	1.380,19	7%	1.468,29	7%
Goiaba	810,00	3.602,73	22%	9.412,73	9%	879,43	9%	948,86	10%	1.018,29	11%	1.087,71	12%	1.157,14	12%
Limão	810,00	4.541,63	18%	10.351,63	8%	879,43	8%	948,86	9%	1.018,29	10%	1.087,71	11%	1.157,14	11%

Para atender a demanda dos agricultores irrigantes é necessário a existência de um ponto de conexão trifásico próximo ao empreendimento para que a implantação de grandes e médios projetos de irrigação seja possível (ASSUNÇÃO, 2017).

Caso a distância entre o empreendimento rural e o ponto de distribuição da rede trifásica seja muito grande, a implantação/expansão de projetos de irrigação pode ser inviável ao produtor. É comum que os órgãos estaduais gestores de águas não emitam outorgas preventivas, que não dão direito ao uso do recurso hídrico, mas atuam como reservação de água, enquanto os produtores buscam assegurar o fornecimento de energia elétrica.

As redes de distribuição trifásicas existentes não são suficientes para suportar a área potencial irrigável existente (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020). Este fato é um dos principais gargalos existentes para o avanço da irrigação no país.

Nesse sentido, o governo federal pretende executar ações de identificação de áreas de expansão em agricultura irrigada, e que necessitam de um suporte nas redes de distribuição e melhoria de carga, e assim potencializar a instalação de infraestrutura elétrica nesses territórios. Acredita-se que esse suporte do governo federal irá acelerar a implantação de novas áreas irrigadas e melhorar as condições de áreas já implantadas, propiciando aos agricultores irrigantes a instalar seus equipamentos de irrigação e modernizar os seus sistemas.

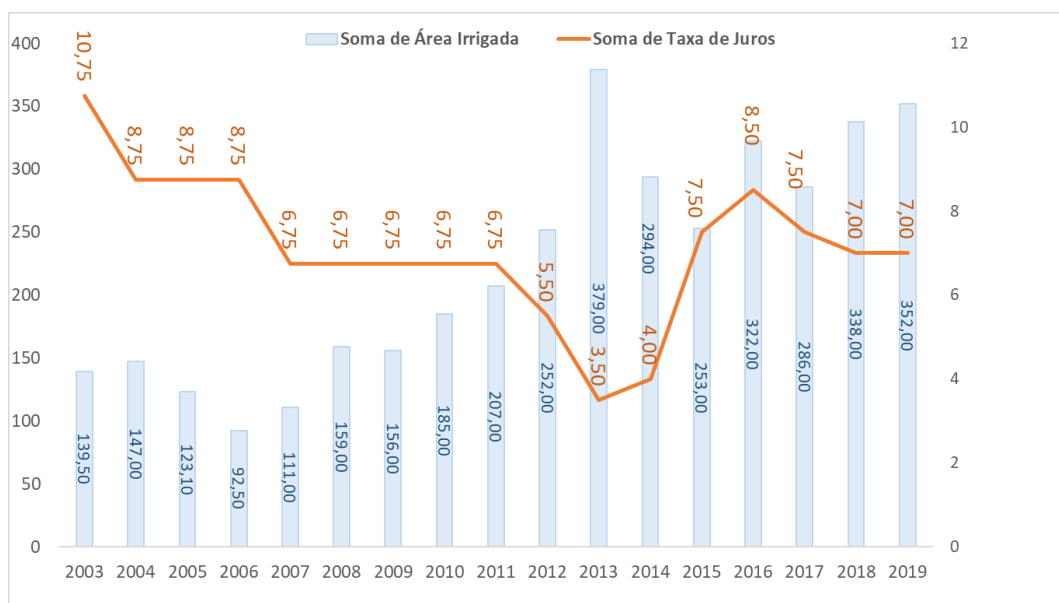
Além disso, é importante criar ações de incentivo à implantação de energia renovável, principalmente a solar. A elaboração de uma modelagem que consiste na construção de usinas de energia solar em regiões estratégicas, em parceria com associações de irrigantes, conforme preconiza a Política Nacional de Irrigação, é de extrema importância. Essa estratégia visa levar energia elétrica para regiões com alto potencial de expansão de áreas irrigadas e que estão mais distantes de linhas de distribuição e em regiões que tem problemas de carga de energia. Pretende-se, também minimizar os impactos dos altos preços das tarifas de energia elétrica por meio da implantação destas usinas, possibilitando a sustentabilidade financeira dos agricultores irrigantes.

### 10.6.5 Crédito e Ater

O crédito rural e a assistência técnica e extensão rural (Ater) são instrumentos da Política Nacional de Irrigação e se mostraram muito importantes para a consolidação da irrigação na agricultura brasileira.

Dentre as políticas de crédito do Mapa, contempla-se o Programa de Incentivo à Irrigação e à Produção em Ambiente Protegido – Moderinfra, que financia os investimentos relacionados com todos os itens inerentes aos sistemas de irrigação, inclusive infraestrutura elétrica e para a construção do reservatório de água.

Observou-se, ao longo do tempo, que as taxas de juros dos financiamentos tiveram uma relação direta no crescimento da área irrigada. Conforme gráfico abaixo (Figura 6), pode-se verificar este fato, destacando-se o ano de 2013, onde foram concedidas condições diferenciadas para acesso ao crédito e que impactou positivamente no acréscimo das áreas irrigadas.



**Figura 6. Variação do crescimento da área irrigada no Brasil em função da taxa de juros das linhas de crédito (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019).**

Outro incentivo referente ao crédito rural existente são as linhas de crédito específicas para agricultura irrigada, financiadas pelos Fundos Constitucionais de Financiamento, criados para fomentar o desenvolvimento das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. As taxas de juros são as mais baixas do mercado e contemplam agricultores familiares por meio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).

Além desses, existe também um incentivo fiscal do Governo Federal, coordenado atualmente pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) Irrigação, que é um instrumento criado para estimular projetos privados de irrigação e suspende a exigência da contribuição para o PIS/Pasep (1,65%) e Cofins (7,6%), reduzindo em até 9,25% os custos para a execução do projeto de irrigação, como a contratação de serviços e a compra de materiais e equipamentos. O REIDI foi instituído pela Lei 11.488, de 15 de julho de 2007, regulamentada pelo Decreto 6.144, de 3 de julho de 2007 e alterações posteriores.

Com o intuito de potencializar a agricultura irrigada na região Nordeste do País, no ano de 2021, o governo federal, por meio do Mapa, lançou o Programa de Fomento à Agricultura Irrigada no Nordeste – PROFINOR, para a promoção do desenvolvimento sustentável da Região Nordeste, norte de Minas Gerais e norte do Espírito Santo. O objetivo do programa é realizar o suporte ao agricultor irrigante que acessa as linhas de crédito do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE, por meio da Ater.

A assistência técnica ao pequeno produtor rural e o produtor rural familiar que contrataram o financiamento por meio do FNE é importante para profissionalizar os trabalhos iniciais dos agricultores nos aspectos agrônômicos, na implantação e operação dos equipamentos das culturas irrigadas, nos aspectos de gerenciamento econômico da propriedade e na comercialização da produção.

Assim, com a concessão do crédito aliado à Ater, aumenta-se a possibilidade de sucesso do agricultor, melhorando seu planejamento e execução da produção irrigada e propiciando a sustentabilidade socioeconômica e ambiental.

O governo federal vem trabalhando para cada vez mais aperfeiçoar as suas linhas de crédito para atender os agricultores irrigantes e na proposta do Plano Safra 2020/2021, solicitou-se a inclusão de novas “modalidades” para irrigação.

Apesar da existência desses incentivos, na prática observa-se que o produtor rural ainda trabalha, na grande maioria, com recursos próprios. Muitas vezes o acesso ao crédito é dificultado por exigências que o agricultor não pode atender naquele momento, como a regularização fundiária. Em outras situações, exigências de garantia bancária ou a própria dificuldade do produtor se relacionar com as instituições financeiras, dificultam o acesso ao crédito.

## 10.7 Considerações finais

A agricultura irrigada é uma estratégia tecnológica fundamental para que o Brasil se consolide como uma potência AgroAmbiental, como sempre destaca a Ministra Tereza Cristina. Com uma perspectiva de 10 bilhões de pessoas no mundo em 2050, intensificar sustentavelmente a produção não é uma opção, é uma necessidade.

No contexto da intensificação sustentável, a agricultura irrigada potencializa a produção na mesma área, chegando a registros de produtividade quatro vezes maior do que áreas de sequeiro. Além disso, é uma das principais tecnologias que promovem uma maior resiliência da agricultura frente às mudanças climáticas.

Cabe enfatizar que o Brasil pode aumentar a área irrigada atual em quase sete vezes, chegando a 55 milhões de hectares, com boa disponibilidade hídrica e condições edafoclimáticas. Essa área potencial do Brasil é maior que a área total da Espanha e mais que duas vezes o tamanho do Reino Unido. É por isso que o Brasil é um Estado nacional chave na garantia da segurança alimentar mundial.

Além do aumento da produção, cabe destacar a importância de a produção ser mais bem distribuída ao longo do ano. Com uma estação seca bem definida, ainda que o Brasil já

tenha registrado um grande avanço no melhoramento genético de plantas adaptadas, sem irrigação não é possível produzir o ano todo.

O crescimento da área irrigada no Brasil, com sustentabilidade e eficiência no uso dos recursos naturais, não é algo trivial. É preciso estratégia. O Brasil precisa melhorar a sua infraestrutura, modernizar a gestão dos recursos hídricos, aperfeiçoar a sua legislação e também investir em instrumentos aceleradores, como o crédito, pesquisa, assistência técnica e gerencial.

Assim, sem dúvida, a agricultura irrigada é uma estratégica chave para o desenvolvimento sustentável do setor agropecuário e também do País.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas de Irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, v.2, 86p., 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 86p., 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguaAgriculturaIrigada.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 100 p., 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Polos nacionais de agricultura irrigada: mapeamento de áreas irrigadas com imagens de satélite**. Brasília: ANA, 46p., 2020. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/noticias/levantamento-identifica-principais-polos-nacionais-de-agricultura-irrigada-do-pais/polos\\_nacionais\\_agricultura\\_irrigada.pdf](https://www.ana.gov.br/noticias/levantamento-identifica-principais-polos-nacionais-de-agricultura-irrigada-do-pais/polos_nacionais_agricultura_irrigada.pdf). Acesso em: 5 fev. 2021.

ASSUNÇÃO, A.L.C. **Avaliação da disponibilidade de energia elétrica para expansão da área irrigada no Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. DOI 10.11606/D.11.2018.tde-03052018-103142. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-03052018-103142/en.php>. Acesso em: 16 jan. 2021.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D.D.; SOARES, A.A. **Manual de Irrigação**. 9 Ed. Editora UFRV. 545p., 2006.

BRAGA, M.B.; CALGARO, M. **Sistema de Produção de Melancia**. Petrolina. Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 6). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/irrigacao.htm>. Acesso em: 4 mai. 2021.

BRASIL. Decreto 6.144 de 3 de julho de 2007. Regulamenta a forma de habilitação e co-habilitação ao Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura - REIDI, instituído pelos Arts. 1 a 5 da Lei 11.488, de 15 de junho de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.16, 4 jul. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/D6144.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/D6144.htm). Acesso em: 4 mai. 2021.

BRASIL. Lei 6.938 de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **DOFC**. p.16509, 2 set. 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acesso em: 22 fev. 2021.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.470, 9 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em: 16 fev. 2021.

BRASIL. Lei 11.488 de 15 de julho de 2007. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura - REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, p.2, 15 jun. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação (Mapa). **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030)**: visão estratégica para um novo ciclo. Brasília: Mapa, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/abc-portugues.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2021.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

COLOMBO, A. Pivô central. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, Cap. 11, v.2, p.209-258, 2003.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. **Projetos de irrigação da Codevasf em Petrolina alcançam R\$ 1,4 bilhão em valor bruto de produção**. CODEVASF. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/noticias/2017-1/projetos-de-irrigacao-da-codevasf-em-petrolina-alcancam-r-1-4-bilhao-em-valor-bruto-de-producao>. Acesso em: 5 abr. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Mapeamento do arroz irrigado no Brasil**. CONAB, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Produção de feijão**. CONAB, 2020. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-estimativa-de-evolucao-graos.html>. Acesso em: 5 abr. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução 237, de 19 de Dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acesso em: 5 mai. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução 284, de 30 de agosto de 2001. Dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=282>. Acesso em: 5 mai. 2021.

DIVISÃO DE ESTATÍSTICA (FAOSTAT). Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Países por commodity**. 2020. Disponível em: [http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity). Acesso em: 16 mar. 2021.

DIVISÃO DE ESTATÍSTICA (FAOSTAT). **Novos Balanços alimentares**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>. Acesso em: 16 mar. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA TERRITORIAL. **Agricultura e preservação ambiental: uma análise do cadastro ambiental rural**. Campinas, 2020. Disponível em: [www.embrapa.br/car](http://www.embrapa.br/car). Acesso em: 2 mai. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário Brasileiro de 2017**. IBGE. 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/>. Acesso em: 7 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 6588**: Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. SIDRA. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>. Acesso em: 5 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 839**: Área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/839>. Acesso em: 6 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 1002**: Área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de feijão, 1ª, 2ª e 3ª safras. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1002>. Acesso em: 5 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/17270-pnad-continua.html>. Acesso em: 4 mai. 2021.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO (Lapig). Universidade Federal de Goiás. **Dinâmica das pastagens Brasileiras**: Ocupação de áreas e indícios de degradação – de 2010 a 2018. Lapig/UFG. Goiânia. 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio\\_Mapas1.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio_Mapas1.pdf). Acesso em: 3 mai. 2021.

LAGE, F.C. **Custos de produção**. Emater-DF, ano. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/custos-de-producao/>. Acesso em: 5 mai. 2021.

MALISZEWSKI, E. (Brasília). Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas). **Alagoas terá Rota da Fruticultura**. 2020. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2020/08/alagoas-tera-rota-da-fruticultura/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

MANZATTO, C.V.; ARAUJO, L.S.; ASSAD, E.D.; SAMPAIO, F.G.; SOTTA, E.D.; VICENTE, L.E.; PEREIRA, S.E.M.; LOEBMANN, D.G.S.W.; VICENTE, A.K. **Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123612/mitigacao-das-emissoes-de-gases-de-efeitos-estufa-pela-adocao-das-tecnologias-do-plano-abc-estimativas-parciais>. Acesso em: 4 mai. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030)**: visão estratégica para um novo ciclo / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília: Mapa, 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Brasília. MMA, 2017. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/politica-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa/planaveg\\_plano\\_nacional\\_recuperacao\\_vegetacao\\_nativa.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/politica-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa/planaveg_plano_nacional_recuperacao_vegetacao_nativa.pdf). Acesso em: 4 abr. 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil: Plano de Ação Imediata da Agricultura Irrigada no Brasil para o período 2020-2023**. Piracicaba: Esalq/USP, MDR, 156 p., 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/estudo-base-plano-de-acao-imediata-para-agricultura-irrigada-no-brasil\\_mdr\\_fao\\_gpp.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/estudo-base-plano-de-acao-imediata-para-agricultura-irrigada-no-brasil_mdr_fao_gpp.pdf). Acesso em: 16 mar. 2021.

MARTHA JÚNIOR, G.B. Uma agropecuária forte amortece os impactos da COVID-19. **Revista de Política Agrícola**, v.24, p.140-143, 2020. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1612>. Acesso em: 3 mai. 2021.

NOSSO MUNDO EM DADOS. Parcela de áreas agrícolas irrigadas. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/agricultural-land-irrigation>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **O estado da alimentação e agricultura: superando os desafios da água na agricultura**. FAO. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb1447en/CB1447EN.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **O Estado da Alimentação e Agricultura**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1447en>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Transformando sistemas alimentares para dietas saudáveis acessíveis**. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en>. Acesso em: 5 abr. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil**: identificação de áreas prioritárias. Brasília: FAO, 243 p., 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Água para Alimentos Sustentáveis e Agricultura**. Um relatório produzido para a Presidência do G20 da Alemanha. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i7959e/i7959e.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Agricultura Mundial Rumo a 2030/2050**: a revisão de 2012. 2012. Disponível em: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/AT2050\\_revision\\_summary.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/AT2050_revision_summary.pdf). Acesso em: 10 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Sistema de informação sobre água e agricultura**. AQUASTAT. FAO, 2009a. Disponível em: [www.fao.org/nr/aquastat/](http://www.fao.org/nr/aquastat/). Acesso em: 18 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Agricultura Mundial: Rumo a 2015/2030**, uma perspectiva da FAO. 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **A Previsão da FAO de Área Irrigada para 2030**. 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9278EN/i9278en.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Perspectivas da população mundial 2019**. ONU. 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. Acesso em: 5 abr. 2021.

POSTEL, S. Estados Unidos da América. Redesenhando agricultura irrigada. In: STARKE, L. (Ed.). **Estado do Mundo 2000**: um Relatório do Instituto Worldwatch sobre o progresso em direção a uma sociedade sustentável. Nova Iorque, NY: W.W. Norton & Company, 2000.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z.P. **Intensificação sustentável em sistemas agrícolas**. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25351192/>. Acesso em: 4 mai. 2020.

RODRIGUES, L.N. **Mitos e Fatos na agricultura irrigada (Parte I)**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52800136/artigo---mitos-e-fatos-na-agricultura-irrigada-parte-i>. Acesso em: 5 abr. 2021.

RODRIGUES, L.N. **Mitos e Fatos na agricultura irrigada (Parte II)**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/54013024/mitos-e-fatos-na-agricultura-irrigada-parte-ii>. Acesso em: 5 abr. 2021.

RODRIGUES, L.N. **Mitos e Fatos na agricultura irrigada (Parte III)**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55110512/mitos-e-fatos-na-agricultura-irrigada-parte-iii>. Acesso em: 5 abr. 2021.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GLOBAL DA SOBRE ÁGUA E AGRICULTURA. AQUASTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Perfil do país – Índia. Relatórios FAO Aquastat. 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/country/IND>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GLOBAL DA SOBRE ÁGUA E AGRICULTURA. AQUASTAT. **Irrigação por país**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/global-maps-irrigated-areas/irrigation-by-country>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GLOBAL DA SOBRE ÁGUA E AGRICULTURA. AQUASTAT. **Banco de Dados**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en>. Acesso em: 10 mar. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Empregos agricultura de sequeiro**. [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A2CJR3/1/tcc\\_silvana\\_vanessa\\_ramos.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A2CJR3/1/tcc_silvana_vanessa_ramos.pdf). Acesso em: 6 abr. 2021.

VALLEY IRRIGAÇÃO. **Sistema Valley 365**. 2021. Disponível em: <http://www.valleyirrigation.com.br/precision-ag/valley-365>. Acesso em: 5 abr. 2021.

WORLD DATA LAB (Áustria). **Making everyone count**. 2021. Disponível em: <https://worlddata.io/>. Acesso em: 19 mar. 2021.



# CAPÍTULO 11

## 11 CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA, SOCIAL E ECONÔMICA DOS PERÍMETROS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE RECURSO HÍDRICO

*Athadeu Ferreira da Silva*

### Resumo

O presente trabalho tem por objetivo caracterizar e apresentar a contribuição técnica, social e econômica dos perímetros públicos de irrigação sob a égide da Codevasf ao manejo otimizado do recurso hídricos. Os projetos públicos de irrigação foram implantados pelo DNOCS e pela Codevasf em áreas do Semiárido da região Nordeste do Brasil, especialmente ao longo do Vale do Rio São Francisco, a partir do início da década de 70. Essas implantações foram decorrentes de planejamentos e estudos realizados nos anos anteriores (principalmente na década de 60), dentro da concepção de polos regionais de desenvolvimento, a partir de núcleos dinâmicos, sendo o projeto de irrigação irradiador de crescimento social e econômico às populações diretamente instaladas naquele complexo e nas áreas adjacentes de influências, através de linhas de negócios variadas derivadas. Os temas versados abaixo, amostral de um período trabalhado, foram e estão replicados pela sociedade, aperfeiçoando práticas e conceitos exigidos pelo tempo, prática saudáveis ações de políticas públicas. Os Perímetros Públicos de Irrigação têm funções multifacetadas em decorrência de adaptarem-se aos cenários demandados pela sociedade contemporânea, sem, no entanto, dissociar de seu núcleo mantenedor - Agronegócio da Irrigação.

### 11.1 Introdução

Os polos de irrigação públicos estão instalados em regiões de adversidades climáticas, com ocorrência de pluviosidades média anual de 400 a 600mm e em algumas oportunidades, de até 800 mm; as chuvas concentram em períodos curtos, com distribuição espacial irregular e ocorrência de veranicos, comprometendo o planejamento de cultivos agrícolas de modo generalizado.

Os projetos públicos de irrigação sob gestão da Codevasf, na Bacia do Rio São Francisco, estão localizados no estado de Minas Gerais - Polo do Norte de Minas; no Estado da Bahia – Polos Bom Jesus da Lapa, Barreiras, Irecê, Juazeiro e em torno do Lago de Itaparica; Estado de Pernambuco – Polos de Petrolina e entorno do Lago de Itaparica; e Estados Alagoas/Sergipe - Polo do baixo São Francisco.

Os projetos de irrigação sob gestão do DNOCS se concentram nos estados do Ceará (Polos Rio Apodi, Jaguaribe, Acaraú), Rio Grande do Norte (Açu), Paraíba (Bacia do Rio Piancó), Piauí (projeto de irrigação Tabuleiros Litorâneos) e Bahia (Livramento, Itiuba e Canudos).

Diferente de outras regiões do País (como Centro-Oeste, Sudeste e Sul), onde a prática de irrigação na condução de exploração agrícola pode ser de caráter complementar, nos períodos característicos de estiagem (de abril/maio a setembro/outubro), no ambiente da região semiárida, a irrigação é assumida como permanente. Não se considera hiatos de irrigação no plano de um ano fiscal de cultivo. O calendário de irrigação deve ser pleno, desconsiderando a chuva.

Os projetos de irrigação pública, em razão das restrições climáticas da região semiárida, criaram cenários propícios à exploração agrícola, por intermédio de uma rede

hidráulica de captação água em uma fonte com segurança hídrica, condução e distribuição às quadras agrícolas, compostas por lotes familiares de áreas médias de 7 hectares e empresariais de 20 a 200 hectares. Esses lotes, são subdivididos em parcelas agrícolas típicas, modulando o manejo de irrigação aos estágios do ciclo da cultura. Esse aporte viabiliza a produção de alimentos, geração de empregos, dando oportunidade a o homem viver na região, com a melhoria do *status* econômico e social, situação inviável sem a existência desse modelo.

Os valores de custos de investimentos físicos e financeiros demandados, para implantação dos projetos compatíveis próprios à linha de ação dessa política pública de Estado de desenvolvimento regional, são recuperados dentro de um prazo determinado de plena operação, com receitas diretas dos produtores geradas pelo negócio e dividendos sociais, de modo indireto, às populações das áreas de influência do Projeto, provenientes de impostos pagos aos cofres públicos, ao longo do tempo.

## 11.2 Caracterização e contextualização

Os produtores dos projetos de irrigação, respaldados em lei própria, após a implantação do empreendimento, assumem a gestão do distrito de irrigação, criado para esse fim, com participação plena dos irrigantes.

A vida útil mínima indicada para o empreendimento deve ser assumida de 50 anos.

Estruturas básicas dos núcleos habitacionais foram construídas para alojar irrigantes proprietários de lotes agrícolas e prestadores de serviços nos lotes. Com o passar do tempo, as áreas são transformadas em vilas urbanas, atraindo novos moradores para o local, exigindo elaboração de planos diretores para evitar crescimento desordenado. Essa expansão em alguns casos avançou para dentro dos lotes nas áreas agrícolas.

Os núcleos habitacionais foram construídos para alocação dos proprietários dos lotes agrícolas (instalados em áreas equidistantes dentro dos projetos de irrigação) dotados de moradias básicas (casas) para famílias de cinco pessoas (casal e 3 filhos), centro social para reuniões e cultos, prédio escolar, praça de esportes, postos de saúde e policial, e área para instalação comercial. Com o passar do tempo, esses núcleos foram crescendo com a chegada de prestadores de serviços para agricultura, serviços comerciais diversos e serviços de outra natureza.

As moradias, antes padronizadas, foram recebendo melhorias de seus moradores, onde foram construídos galpões comunitários, salões de festas, prédio para reuniões para alocação dos irrigantes, entre outras benfeitorias.

## 11.3 Contribuições praticadas: métodos de trabalhos, geração e demonstração de tecnologias, treinamentos e capacitações realizadas

### 11.3.1 Sistemas de irrigação superficial

Na maioria dos projetos públicos de irrigação implantados nos idos da década de 70 (1970), pelo DNOCS e Codevasf, época referente ao primórdio do segmento, foi adotado o **método de irrigação superficial**, por indisponibilidade de cobertura da malha de eletrificação rural ao longo da área do projeto para pressurização dos sistemas de aspersão convencional, por exemplo.

A eletrificação, quando existia, limitava-se a atender o sistema de captação de água do projeto (Estação de Bombeamento Principal - EBP) da fonte hídrica, com descarga na rede hidráulica de canais de condução de uso comum (principal, secundário e terciário), por gravidade, de seções trapezoidais livres revestidas de alvenaria, até a entrega nas tomadas d'água (TA) dos lotes agrícolas. Daí pra frente, "território" particular do irrigante, a água

segue por regadeiras (pequenos canais sem revestimentos) construídas longitudinalmente no sentido transversal da cabeceira da parcela agrícola do lote (visando ao ganho de carga hidráulica), liberadas para os sulcos de irrigação por sifão manual de pvc (arco convexo da regadeira para o sulco) e/ou por pequenos cortes espaçados nas regadeiras feitos com enxadas para saídas de água; e também por tubos janelados que pode substituir toda ou parte da regadeira. Para o sistema de inundação, a liberação de água é feita por comportas (de madeiras - tábuas) da regadeira, para área de cultivo.

### **11.3.2 Sistemas de irrigação pressurizados**

No decorrer da década de 80, com a implantação de redes de energia elétrica ao longo da área dos projetos de irrigação, o método de irrigação por superfície foi gradativamente substituído por sistemas pressurizados de aspersão convencional, em maior escala; microaspersão e gotejamento (VILELA, 1984; CODEVASF, 1986). Entretanto, sendo a despesa de mudança de sistemas às expensas do proprietário, ainda hoje, perduram em parcelas do lote, ou em lote todo irrigando pelo método de irrigação por superfície.

Os projetos da região do Baixo São Francisco, região de várzeas próximo à foz do Rio São Francisco, com áreas em cotas negativas, protegidas por diques; e/ou lençol freático prevalecem o cultivo de arroz com sistema de inundação, a aptidão própria do tipo de lavoura.

### **11.3.3 Drenagem**

O sistema de drenagem subterrânea está implantado em pelo menos 4.000 hectares, em lotes de projetos de irrigação localizados em Petrolina e Juazeiro, a partir das décadas de 80 e 90 pioneiramente.

A equipe técnica de drenagem da Codevasf (Engenheiros Agrônomos Manoel Batista, Hermínio Hideo Suguino, Walter Caldas e Valdiney Bezerra; e o Engenheiro Civil Dolizor Silva) implantou em, caráter piloto, malha de drenagem parcelar subterrânea em lotes agrícolas da UOD (Unidades de Observação e Demonstração, da Codevasf) no Perímetro irrigado de Maniçoba, Estado da Bahia, nos anos de 1989 e 1990, utilizando tubo PVC de cor branca rígido, serrilhado no local com arco de serra e envelopado com seixo rolado peneirado na malha de até 2,5 cm de diâmetro e lavado, por não existir na época o tubo de Polietileno corrugado flexível e nem manta sintética de poliéster. Os solos desses locais apresentam camadas impermeáveis. A drenagem subterrânea neste tipo de solo visa escoar água.

Solos agrícolas com camadas impermeável rasa, baixa condutividade hidráulica subsuperficial, retendo águas percoladas excedentes da dotação de irrigação e de chuvas, por ascensão capilar ao atingirem a superfície evaporam e precipitam sais (soluto) dessa solução, no perfil do solo, estabelecendo em pouco tempo reboleiras crescentes do fenômeno de desertificação de solo, inviabilizando cultivos de lavoura. A a instalação do sistema de drenagem subterrânea restabelece a capacidade de produção agrícola da gleba.

### **11.3.4 Sistema de irrigação por gotejamento subterrâneo**

Nos anos de 1997 e 1998 foi realizado teste experimental utilizando inibidor de penetração de raiz no orifício do emissor de descarga do sistema de irrigação por gotejamento subterrâneo, em lavoura de mamão papaia, no Projeto Público de Irrigação do Jaíba (Região Norte de Minas -MG), pela empresa Israelense de equipamentos de irrigação, Netafim.

O campo de observação foi composto por 03 fileiras de pés de mamão. Cada fileira foi irrigada por uma linha de gotejadores enterrada em profundidades distintas, 3 profundidades distintas/filas de plantas.

As informações coletadas e analisadas do uso de diferentes doses de inibidor à penetração de raiz no orifício do gotejador em condições reais de campo, a eficiência do uso da água no bulbo molhado formado pelo gotejador nas faixas distintas estabelecidas na zona de exploração do sistema radicular da planta à performance sua fitotécnica, compôs o acervo suporte aos desdobramentos que seguiram esses trabalhos.

A Codevasf (1997-2002) levava nas reuniões técnicas periódicas da ABNT, realizadas na Sede da Abimaq (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2019), na cidade de São Paulo -SP, informações sobre a dinâmica operacional dos equipamentos dos sistemas de irrigação implantados.

Nas inspeções periódicas de campo de técnicos da CODEVASF, eram identificadas junto aos produtores e serviços de assistências técnicas máquinas e equipamentos necessários a adaptação às necessidades operacionais pela indústria, assim como oferecer produtos novos à evolução das demandas sinalizadas pelo mercado da irrigação, já pujante àquela época.

A indústria passou a produzir tubos de drenagem agrícola subterrânea dados levados pela Codevasf às reuniões da ABNT.

Adaptações às semeadoras-adubadoras agrícolas - foram engendrados acoplar equipamentos para abertura de sulcos de irrigação na plataforma convencional disponível no mercado, dinamizando essa operação final sob método de irrigação superficial. Foram efetuados testes e recomendações às fabricações dos referidos equipamentos (Projeto Gorutuba – 1980).

### **11.3.5 Demanda livre de Irrigação**

A Concepção básicas dos Projetos de Irrigação foram para operarem 12h00/dia, período que todos os lotes de irrigação, de acordo com o turno de rega parcelar definido pelo Plano de Operação do Distrito, dá carga hidráulica no Canal Principal para atender as demandas planejadas. Ou seja, todos devem irrigar, sua parcela prevista do lote, nesse período.

Com a extensão da rede de energia elétrica para dentro da áreas dos Projetos de Irrigação, Codevasf 1987/1988 reformulou lotes de irrigantes categoria agricultura familiar substituindo o método de irrigação superficial (sulco) por pressurização (aspersão convencional), construindo reservatórios pulmão (RP), revestido de manta sintética, para receber e armazenar água recebida para o lote na tomada d'água (TA), para irrigar sua parcela dentro de seu cronograma (tarifa livre), com o sistema de irrigação parcelar pressurizado, com água aduzida do RP por sistema de bombeamento movido por ponto de energia instado no lote.

### **11.3.6 Introdução de cultivares e atividades econômicas**

Em 1979/80 foram cultivadas as primeiras lavouras irrigadas de algodão herbáceo na Região do Norte de Minas, vários lotes dos perímetros de irrigação do Gorutuba, em escala comercial, com as variedades tradicionais plantadas em regime de sequeiro (IPECO-SL 6; IAC 21 I; e IAC 13). Com a irrigação, as plantas desenvolveram muito o dossel e produziram poucas maçãs. A equipe técnica da Empresa ARTEX, S/A, fábrica de artefatos, irrigante de um lote no Projeto Gorutuba, ano seguinte plantou e acompanhou todos os parâmetros da variedade MINAS DONA BEJA (Epamig – Capinópolis –MG, obtendo bons resultados, detectando a exigência de submeter a planta ao stress hídrico, naquelas

No período de 1968 a 1975, a Superintendência do Vale do São Francisco (Suvale, hoje Codevasf) introduziu os primeiros cultivares de uvas no Projeto Bebedouro em Petrolina (PE),

uma das bases do pujante polo de Fruticultura Juazeiro/Petrolina (Engenheiro Agrônomo João Nelly de Menezes Regis).

### **11.3.7 Reúso de água**

Como exemplo de reúso, tem-se: (i) criação de peixes em canais de irrigação nos projetos Jaíba e Mirorós; (ii) tanques escavados nos projetos de Irrigação de Propriá, Contiguiba e Pindoba; (iii) consórcio de peixe (carpa cabeça grande e carpa Capim), com marreco de Pequim (parceria entre Brasil e Hungria no período de 1982 a 1988) no projeto Gorutuba (MG); e (iv) reservatórios pulmão dos perímetros de irrigação de Jaíba e Janaúba (MG).

### **11.3.8 Parcerias com universidades e escolas**

Nos perímetros de irrigação, a Codevasf promoveu estágios a diversos alunos de diferentes universidades do Brasil e do exterior, bem como treinamento de irrigantes (plantio de uva, banana, manga, pêssego, maracujá, goiaba, coco anão, e olerícolas).

Muitas dissertações e teses acadêmicas foram realizadas sobre temas específicos referentes aos perímetros de irrigação, versando sobre a irrigação propriamente dita, economia e evolução social, entre outros.

A Codevasf, em 2001, participou da criação do Sisda (Sistema Suporte À Decisão Agrícola) no âmbito da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) do Ministério do Meio Ambiente, sob Coordenação do Prof. Everardo Chartuni Mantovani, fornecendo informações: (i) da dinâmica operacional hidráulica de uso comum do projeto de irrigação de Formoso (Polo de Irrigação em Bom Jesus Lapa, BA), e (ii) do sistema de automação de operação em perímetros de irrigação com de válvulas e hidrômetros implantados pela CODEVASF nos Projetos Riacho Grande e Nupeba, em caráter piloto 2001 e 2002; e participando (iii) da instalação e operação do sistema de coleta e armazenamentos dados de manejo de irrigação parcelar, tendo como base Estação Meteorológica METOS, no Projeto de Irrigação Riacho Grande (polo de Irrigação Oeste da Bahia no município de Barreiras, BA).

Por outro lado, também foram desenvolvidas as seguintes parcerias: otimização de dimensionamentos de comprimento de sulcos em condições de Campo no Projeto de irrigação do Gorutuba, pelo Engenheiro Agrônomo Dirceu Vilela (Codevasf) e Prof. Salassier Bernardo (UFV), 1980/81; e Prof. Everardo Mantovani, em 2008, no Campus de Ciências Agrárias da Univasf junto ao projeto de irrigação Nilo Coelho, em Petrolina (PE) e no Campus de Ciências Agrárias da Unimontes junto ao Projeto Gorutuba, em Janaúba (MG).

A CODEVASF fez doação de áreas e instalações de perímetros irrigação para universidades públicas para implantarem campus de extensão de Ciências Agrárias: i.) Projeto Gorutuba, Escritório Bico da Pedra, Janaúba-MG, para a Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES; e Centro Agropecuário do Projeto Nilo Coelho, Petrolina-PE, para a Universidade do Vale do Rio São Francisco – Projeto Nilo Coelho.

### **11.3.9 Treinamento de técnicos e agricultores**

Cursos teóricos e práticos apresentam as seguintes abordagens: (i) mecanização agrícola, (ii) elaboração e implantação de projetos de irrigação, (iii) manejo da água e do solo, e (iv) operação e manutenção de área agrícola.

O treinamento contribui para a melhor formação teórica dos técnicos, os quais recebem informações dos processos da dinâmica de operação dos projetos de irrigação, como a melhor

definição de parâmetros dos processos de captação, condução e distribuição de água nos lotes agrícolas.

### **11.3.10 Desenvolvimento econômico e social**

O desenvolvimento econômico e social dos perímetros públicos de irrigação provocou oportunidades e negócios, ocasionando a ampliação de agências bancárias e de segmentos comerciais diversos, tais como lojas, supermercados, serviços de saúde, agências de veículos, maquinários automotivos, creches, unidades hospitalares, ocasionando transformação em tempo recorde.

Os perímetros de irrigação fornecem extensão de suas redes hidráulicas para abastecimentos de cidades e vilarejos que surgem e/ou crescem na sua área de influência decorrente da exploração de piscicultura, associação, canais de usos múltiplos e/ou individualmente nos reservatórios pulmões para irrigação dos lotes e tanques escavados, dinamizando o uso da água (reúso).

O aperfeiçoamento de parâmetros de classificação de terras para irrigação, fundamentado nos indicadores físicos e nos comportamentos observados nas áreas irrigadas, com o passar do tempo, otimizam o uso dos recursos naturais propiciando uma agricultura mais sustentável.

### **11.4 Considerações finais**

Os polos de irrigação são mostruários influenciadores na expansão da irrigação pública e privada nas adjacências.

Por outro lado, para constante aprimoramento dos sistemas de produção, torna-se importante o monitoramento de todos os componentes do sistema de produção, desde o perfil do solo aos equipamentos dos sistemas de irrigação.

O mercado industrial e de serviços atende às necessidades do setor agrícola, retroalimentado pela constante necessidade do aperfeiçoamento de tecnologias.

A abordagem técnica visa otimizar os sistemas de irrigação, realizando inspeções e coletando e registrando informações de campo, desde classes de solo ao manejo otimizado do recurso hídrico, observando as escalas espaciais e temporais.

### **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Câmara Setorial de Irrigação. Atualização de área irrigada no Brasil, Abimaq, 2019.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8 Ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008. 625p.

CODEVASF. Transformação parcial do sistema de irrigação. Perímetro de irrigação da margem direita. Projeto Executivo. Brasília, 1982. **Plantas** – CODEVASF-MINTER, v.3, 14p., 1984.

VILELA, D. Consumo de água na irrigação por sulcos em terrenos de latossolo. Montes Claros, CODEVASF-MINTER, 44p., 1984.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Polos de Irrigação**. Brasília: MDR, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/irrigacao/polos-de-irrigacao>. Acesso em: 2 dez. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Portaria 2.154** de 11 de agosto de 2020. Estabelece a iniciativa polos de agricultura irrigada como parte integrante das ações de implementação da política nacional de irrigação [...]. Brasília: MDR, 2020b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-2.154-de-11-de-agosto-de-2020-271712506>. Acesso em: 2 dez. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Perspectivas da população mundial**: revisão de 2017. Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, Desa. 2017.



# João Nelly Menezes Regis

## HOMENAGEM

### Pioneirismo



João Nelly de Menezes Regis nos mostrou que não existem sonhos impossíveis, pois acreditou nos seus e com determinação e poder realizador os tornaram realidade, transformando a realidade de uma das regiões mais pobres e semiárida do País. Nasceu em 12 de outubro de 1928, na cidade de Lençóis, na Bahia.

Em 1952, concluiu o curso de Engenharia Agrônômica na Escola de Agronomia da Bahia, localizada em Cruz das Almas. Fez Pós-Graduação no Curso Intensivo de Engenharia Rural do CETER, em São Paulo, e especializou-se no *Soil Scientist Institute*, na *Colorado State University* e no *River Basin Studies*, no *Bureau of Reclamation*, em Fort Collins e Denver, respectivamente. Sua trajetória profissional conta com importantes passagens em órgãos de articulação, fomento, inovação e desenvolvimento da atividade agrícola e, principalmente, da irrigação. Chefiou os Serviços de Assistência à Irrigação do Sub-Médio São Francisco no período de 1953 a 1963, tendo como principais realizações: promoção do cultivo de cebolas, que possibilitou a substituição de importações de 20.000 toneladas anuais; promoção do cultivo irrigado de algodão de fibra extra longa, tomates e outras culturas para o mercado interno nos períodos de baixa oferta; introdução da cultura do melão valenciano no Sub-Médio São Francisco, substituindo importações da Espanha e popularizando o consumo dessa fruta nos mercados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Ainda no mesmo período, promoveu o início do cultivo de uvas de mesa que, anos mais tarde, revolucionaria a atividade agrícola na região. A produção inicial foi de 60.000 mudas da variedade Itália e, em 1961, essas mudas geraram a coleção de videiras com 568 variedades nobres de uva dos tipos mesa, vinho e passas. Hoje, a fruticultura irrigada responde por 1,2 milhão de empregos diretos e indireto no Vale do São Francisco (região que compreende cidades de Pernambuco e Bahia), com exportação para 16 mercados diferentes como Alemanha, Argentina, Emirados Árabes Unidos, Estados Unidos, Holanda, Noruega e Reino Unido, dentre outros.

Em 1965, assumiu a 5ª Agência Regional da Superintendência do Vale do São Francisco (SUVALE), onde viabilizou importantes empreendimentos como: implantação e operação dos Perímetros de Irrigação de Bebedouro e Mandacarú, recebidos os projetos pilotos da SUDENE. Deu novas orientações para explorações das culturas de alto valor agregado; e estudos e início da implantação dos Projetos de Irrigação Massangano hoje Senador Nilo Coelho, Tourão, Curaça e Maniçoba. Concebeu, ainda, a mudança da captação na calha do Rio São Francisco para o Dique "B" da Barragem de Sobradinho.

Foi Professor Titular da cadeira de Solos na Faculdade de Agronomia do Vale do São Francisco, de 1965 a 1975. A partir de 1976, assumiu a gerência do Departamento Técnico da recém criada Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), em Brasília, onde foi ajudar o então Diretor Técnico Fernando Antonio Rodriguez, quem o convidou para mais esse desafio, estruturando-a, realizando diversos trabalhos em desenvolvimento regional lastreado na agricultura irrigada. Em 1983, passou a responder pela

área técnica da HYDROS Engenharia e Planejamento Ltda, sempre com foco em irrigação, onde contribuiu até 2018.

Hoje, aos 93 anos, fala na produção de azeitona, cacau, bicho da seda, pimenta do reino, em terras nunca antes cultivadas. Além de energia eólica e solar, nestas mesmas terras.

É responsável direto por hoje dispormos de frutas como uva, melão entre outras nas gondolas dos supermercados brasileiros durante todo o ano, graças ao seu pioneirismo na irrigação.

**Fernando Antonio Rodriguez**

3 de junho de 2022

## RELAÇÃO DE AUTORES, CAPÍTULOS E E-MAILS

<b>Id</b>	<b>Autor</b>	<b>Capítulo</b>	<b>E-mail</b>
1	Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto	7/8	barretto.alberto@gmail.com
2	Alessandra Terezinha Chaves Cotrim Reis	1	chavescotrim@gmail.com
3	Amarildo José Brumano Kalil	2	amarildo.kalil@emater.mg.gov.br
4	Ana Letícia Sbitkowski Chamma	7	anachamma@usp.br
5	Ana Maria Soares Valentini	2	anamariavalentini@gmail.com
6	Arthur Nicolaus Fendrich	7/9	arthfen@gmail.com
7	Athadeu Ferreira da Silva	11	athadeu.ferreira@codevasf.gov.br
8	Durval Dourado Neto	7/8/9	ddourado@usp.br
9	Frederico Cintra Belém	7/10	frederico.belem@agricultura.gov.br
10	Frederico Orlando Calazans Machado	5	frederico.calazans@codevasf.gov.br
11	Gustavo dos Santos Goretti	10	gustavo.goretti@agricultura.gov.br
12	João Rebequi	3	jbrebequi@gmail.com
13	José Lucas Safanelli	7	jose.lucas.safanelli@usp.br
14	Klaus Reichardt	8/9	klaus@cena.usp.br
15	Liciana Alice Nascimento Peixoto	10	liciana.peixoto@agricultura.gov.br
16	Lineu Neiva Rodrigues	10	lineu.rodrigues@embrapa.br
17	Luciano Baião Vieira	2	lbaiao@ufv.br
18	Marcela Almeida de Araujo	7/8/9	marcela.araujo@usp.br
19	Maria Emília Borges Alves	4	maria.emilia@embrapa.br
20	Mariane Crespolini dos Santos	10	mariane.crespolini@agricultura.gov.br
21	Paulo Afonso Romano	2	pa.romano42@gmail.com
22	Pedro Alves Quilici Coutinho	7/8	pedro.alves.coutinho@usp.br
23	Rodrigo Fernando Maule	7/8/9	rfmaule@usp.br
24	Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima	6	silviocarlos@yahoo.com.br
25	Simone Beatriz Lima Ranieri	8/9	sblranieri@gmail.com
26	Thiago Henriques Fontenelle	7	thiago.fontenelle@ana.gov.br
27	Vagney Aparecido Augusto	4	vagney@hotmail.com



## OS ORGANIZADORES



**Alysson Paolinelli.** Engenheiro Agrônomo (ESAL, 1959). Diretor da ESAL (1967-1971). Secretário de Agricultura do Estado de Minas Gerais (1971-1974). Ministro da Agricultura (1974-1979). Presidente do Banco do Estado de Minas Gerais (1979-1982). Presidente da Associação Brasileira de Bancos Comerciais Estaduais (Asbace) (1980-1982). Presidente da Fiat Allis Latino Americana (1982-1996 e 1998-2001). Deputado Federal (1987-1991). Presidente da Confederação Nacional de Agricultura do Brasil (CNA, 1988-1990). Presidente do Fórum Nacional de Agricultura (1992-1993). Presidente da Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Abramilho, 2010-2015). Prêmio *World Food Prize* (2006). Indicado ao Prêmio Nobel da Paz (2021 e 2022). Terceiro Titular da Cátedra Luiz de Queiroz (Esalq/USP, 2020-2022).



**Durval Dourado Neto.** Engenheiro Agrônomo (UFV, 1984). Especialização (Física do Solo, ICTP/Itália, 1989). Mestre (Irrigação e Drenagem, Esalq/USP, 1989). Doutor (Solos e Nutrição de Planta, Esalq/USP, 1992). Pós-Doutor (University of California/EUA, 1993-1995). Pesquisador CNPq (Nível 1A). Coordenador do Grupo de Políticas Públicas e do Laboratório de Modelagem Agrícola, Pecuária e Ambiental - Pixel. Professor Titular do Departamento de Produção Vegetal. Diretor da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.



**Everardo Chartuni Mantovani.** Engenheiro Agrícola (UFV, 1981). Mestre (Engenharia Agrícola, UFV, 1986). Doutor (Agronomia – Manejo da Irrigação, Universidad de Córdoba, 1993). Criou e coordenou por 20 anos o Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada – Gesai (DEA/UFV). Professor (desde 1983) Titular Sênior do Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. É o atual Presidente da ABID (Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem).

# AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

Políticas Públicas



Portal Monumental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de São Paulo