



Embaixada Britânica
Brasília



RELATÓRIO COMPLETO

ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO BRASIL: ANÁLISE DO IMPACTO DA IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA E POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS FACE AO AQUECIMENTO GLOBAL

APOIO



ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO BRASIL: ANÁLISE DO IMPACTO DA IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA E POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS FACE AO AQUECIMENTO GLOBAL

2016



Instituição de caráter técnico-científico, educativo e filantrópico, criada em 20 de dezembro de 1944, como pessoa jurídica de direito privado, tem por finalidade atuar no âmbito das Ciências Sociais, particularmente Economia e Administração, bem como contribuir para a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Sede: Praia de Botafogo, 190, Rio de Janeiro - RJ, CEP 22253-900 ou Postal Code 62.591 - CEP 22257-970 | Tel.: (21) 2559 6000 | www.fgv.br

Primeiro Presidente e Fundador

Luiz Simões Lopes

Presidente

Carlos Ivan Simonsen Leal

Vice-presidente

Francisco Oswaldo Neves Dornelles, Marcos Cintra Cavalcanti de Albuquerque, Sergio Franklin Quintella

CONSELHO DIRETOR

Presidente

Carlos Ivan Simonsen Leal

Vice-presidentes

Francisco Oswaldo Neves Dornelles, Marcos Cintra Cavalcanti de Albuquerque, Sergio Franklin Quintella

Vogais

Armando Klabin, Carlos Alberto Pires de Carvalho e Albuquerque, Cristiano Buarque Franco Neto, Ernane Galvêas, José Luiz Miranda, Lindolpho de Carvalho Dias, Marcílio Marques Moreira, Roberto Paulo Cezar de Andrade

Suplentes

Aldo Floris, Antonio Monteiro de Castro Filho, Ary Oswaldo Mattos Filho, Eduardo Baptista Vianna, Gilberto Duarte Prado, Jacob Palis Júnior, José Ermírio de Moraes Neto, Marcelo José Basílio de Souza Marinho, Mauricio Matos Peixoto

CONSELHO CURADOR

Presidente

Carlos Alberto Lenz César Protásio

Vice-presidente

João Alfredo Dias Lins (Klabin Irmãos & Cia.)

Vogais

Alexandre Koch Torres de Assis, Antonio Alberto Gouvêa Vieira, Andrea Martini (Souza Cruz S/A), Eduardo M. Krieger, Estado do Rio Grande do Sul, Heitor Chagas de Oliveira, Estado da Bahia, Luiz Chor, Marcelo Serfaty, Marcio João de Andrade Fortes, Marcus Antonio de Souza Faver, Murilo Portugal Filho (Federação Brasileira de Bancos), Pedro Henrique Mariani Bittencourt (Banco BBM S.A.), Orlando dos Santos Marques (Publicis Brasil Comunicação Ltda), Raul Calfat (Votorantim Participações S.A.), José Carlos Cardoso (IRB-Brasil Resseguros S.A.), Ronaldo Vilela (Sindicato das Empresas de Seguros Privados, de Previdência Complementar e de Capitalização nos Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo), Sandoval Carneiro Junior, Willy Otto Jordan Neto

Suplentes

Cesar Camacho, José Carlos Schmidt Murta Ribeiro, Luiz Ildefonso Simões Lopes (Brookfield Brasil Ltda), Luiz Roberto Nascimento Silva, Manoel Fernando Thompson Motta Filho, Nilson Teixeira (Banco de Investimentos Crédit Suisse S.A.), Olavo Monteiro de Carvalho (Monteiro Aranha Participações S.A.), Patrick de Larragoiti Lucas (Sul América Companhia Nacional de Seguros), Clóvis Torres (VALE S.A.), Rui Barreto, Sergio Lins Andrade, Victório Carlos De Marchi

Diretor da FGV-EESP

Yoshiaki Nakano

Diretor da FGV Projetos

Cesar Cunha Campos

Diretor da FGV-IBRE

Luiz Guilherme Schymura de Oliveira

Diretor da FGV-EAESP

Luiz Artur Ledur Brito



GV AGRO
CENTRO DE ESTUDOS
DO AGRONEGÓCIO

Coordenador do GVagro

Roberto Rodrigues

Gerente do GVagro

Cecília Fagan Costa

Coordenador

Eduardo Assad (Pesquisador Visitante da FGV e Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária)

Equipe técnica

Eduardo Pavão
(Consultor da Fundação Getúlio Vargas)
Juliana Monti
(Consultora da Fundação Getúlio Vargas)
Márcio Santos
(Engenheiro e mestre em Agronegócio pela GV Agro)
Priscila Lacerda
(Consultora da Fundação Getúlio Vargas)
Susian C. Martins
(Consultora da Fundação Getúlio Vargas)

Projeto gráfico e diagramação

Alexandre Monteiro

Revisão

Alexandre Sobreiro

Esta edição está disponível para
download no site:
<http://gvagro.fgv.br/pesquisa>

Lista de siglas

ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos

ANA – Agência Nacional de Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CNPMS – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – Embrapa

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento

CPAC – Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado – Embrapa Cerrados

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

MI – Ministério da Integração Nacional

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PNI – Política Nacional de Irrigação

SENIR – Secretaria Nacional de Irrigação

SISPPI – Sistema de Informações sobre os Projetos Públicos de Irrigação

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SPD – Sistema de Plantio Direto

USP – Universidade de São Paulo

Agradecimentos

Os agradecimentos são para Embaixada Britânica, que financiou este trabalho e para a ANA, a SENIR, a ABIMAQ, que gentilmente nos cederam os dados necessários para a análise e o desenvolvimento da pesquisa.

Índice de figuras

Figura 1. Regiões hidrográficas brasileiras	12
Figura 2. Demanda consuntiva (m^3/s) por região hidrográfica	15
Figura 3. Evolução da área irrigada no Brasil (ha/ano)	16
Figura 4. Métodos de irrigação implementados no Brasil a partir de 2000 (área irrigada ha/ano).....	17
Figura 5. Distribuição dos pivôs centrais no Brasil em 2013.....	30
Figura 6. Área ocupada por pivôs centrais em cada região hidrográfica no Brasil	32
Figura 7. Mapeamento da distribuição de áreas com irrigação no Brasil, usando o número de estabelecimentos agropecuários com irrigação por município do IBGE (2006).....	35
Figura 8. Mapeamento da estimativa da área irrigada (hectares) no Brasil segundo a ANA (2012)	37
Figura 9. Mapeamento da estimativa da área irrigada (hectares) de acordo com a ANA (2012) cruzado com os dados de outorga da ANA (2015a) e o levantamento de pivôs centrais da Embrapa (2013)	38
Figura 10. Municípios com informações sobre a situação dos mananciais	60
Figura 11 Áreas com concentração de irrigação e sua intensidade, distribuídas no território nacional	61
Figura 12. Municípios com manancial em situação crítica e/ou muito crítica.....	62
Figura 13. Municípios com problemas de abastecimento urbano de água.....	63
Figura 14. Pontos de outorgas da ANA.....	64
Figura 15. Áreas com possível conflito de água.....	65

Índice de tabelas

Tabela 1 Precipitação média no Brasil (mm/ano) por região hidrográfica	11
Tabela 2 Vazão média, disponibilidade hídrica superficial e estiagem no Brasil	13
Tabela 3 Vazão retirada por uso em 2010.....	14
Tabela 4 Produção e principais culturas nos perímetros irrigados	19
Tabela 5 Área e número de pivôs por estado.....	31
Tabela 6 Vantagens e desvantagens dos sistemas de irrigação	39
Tabela 7 Eficiência de irrigação dos diferentes sistemas.....	40
Tabela 8 Custo, consumo de energia e mão de obra para sistemas de irrigação	40
Tabela 9 Consumo, tarifa e receita de energia elétrica no setor de irrigação.....	42
Tabela 10 Expansão anual de área irrigada e potência estimada necessária	43
Tabela 11 Demanda de água das culturas analisadas no estudo.....	46
Tabela 12 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário-base (5,8 milhões ha).....	47
Tabela 13 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário 25% (7,2 milhões ha).....	47
Tabela 14 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário 50% (8,7 milhões ha).....	48
Tabela 15 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário 100% (11, 6 milhões ha).....	48
Tabela 16 Produtividade em sequeiro e irrigado de culturas de interesse econômico.....	50

Tabela 17 Produção brasileira em 2014	52
Tabela 18 Estimativa de área irrigada no cenário-base (5,8 milhões ha) e impacto da irrigação na produção.....	53
Tabela 19 Estimativa de produção irrigada no cenário 25% (7,2 milhões ha) e impacto da irrigação na produção	54
Tabela 20 Estimativa de produção irrigada no cenário 50% (8,7 milhões ha) e impacto da irrigação na produção total	54
Tabela 21 Estimativa de produção irrigada no cenário 100% (11,6 milhões ha) e impacto na produção total	54
Tabela 22 Necessidade de ureia e emissão de CO ₂ das culturas de interesse do estudo	56
Tabela 23 Emissão de CO ₂ eq. nos diferentes cenários (milhões tCO ₂ eq.)	56
Tabela 24 Situação dos mananciais e respectivos municípios	58
Tabela 25 Objetivos e iniciativas do Programa de Agricultura Irrigada (2013)	67
Tabela 26 Descrição dos objetivos e dos instrumentos da Política Nacional de Irrigação	69

Sumário

1. Introdução	8
2. Objetivos	10
2.1. Objetivos específicos	10
3. Disponibilidade hídrica no Brasil.....	10
4. Demanda por água no Brasil e usos múltiplos	14
5. Expansão da área irrigada no Brasil	15
5.1. Perímetros públicos irrigados	17
6. Mapeamento da irrigação no Brasil.....	29
6.1. Mapeamento dos pivôs centrais no Brasil.....	30
6.2. Distribuição espacial da irrigação no Brasil.....	33
7. Eficiência do uso de água e energia nos diferentes sistemas de irrigação.....	38
8. Consumo de energia no setor de irrigação.....	41
9. Estimativa de demanda de água para irrigação no Brasil	45
10. Potencial de produção agrícola devido a irrigação e emissão de CO ₂	50
11. Conflito pelo uso de água no Brasil.....	56
12. Impactos da irrigação na adaptação às mudanças climáticas	66
13. Políticas públicas para irrigação no Brasil	67
14. Considerações finais	70

1. Introdução

A água é um recurso essencial à vida e, sendo assim, é igualmente primordial para a produção agrícola. Como fator crucial para a viabilidade da agricultura, é um dos principais limitantes de produtividade. Ela é responsável pelo transporte de nutrientes, absorção de nutrientes, além de ser o meio de reações biogeoquímicas na planta. Sua escassez ou excesso afetam diretamente o desenvolvimento e a saúde da cultura. Segundo a ANA (2012), em 2010 a atividade de irrigação foi responsável por 54%¹ da vazão retirada de água no Brasil, ou 1.270 m³/s, seguida de abastecimentos urbano, industrial, animal e humano rural.

A irrigação contribuiu muito para o aumento da produção agrícola mundial nas décadas recentes. China e Índia, por exemplo, triplicaram suas produções em 25 anos, principalmente por conta de investimentos em irrigação (FAO, 2011). Aproximadamente 62% da área irrigada no mundo utilizam fontes de água superficiais, enquanto 38% das áreas são irrigados com água subterrânea (FAO, 2011).

Embora o Brasil possua, aproximadamente, 29 milhões de hectares de área com potencial de uso de irrigação, apenas 5,8 milhões de hectares são irrigados (ANA, 2015a). Entretanto, um estudo desenvolvido pela ESALQ/USP publicado em 2015 aponta que a área possível de expansão para irrigação no Brasil é de 27 milhões de hectares.

Espera-se que a irrigação no mundo alcance 318 milhões de hectares em 2050 (FAO, 2011). Este aumento refletirá em uma maior oferta de alimentos e incremento no desenvolvimento agrícola graças ao aumento da produção, e, conseqüentemente, haverá um aumento da demanda de água para irrigação.

Diante do crescimento da população mundial e, conseqüentemente, da demanda por recursos naturais, é importante analisar a necessidade de irrigação nas diferentes culturas agrícolas e aplicar técnicas eficientes que tragam retornos social e financeiro compatíveis aos custos da

¹ Segundo a ANA (2012), “A demanda de água corresponde à vazão retirada(...)”. Porém, parte dessa água captada é devolvida ao ambiente após o uso e é chamada de vazão de retorno. A água não devolvida ao ambiente de alguma forma é denominada vazão de consumo e é calculada a partir da diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

implantação, da manutenção e do uso de água e energia desses sistemas. O grande desafio é equilibrar a segurança hídrica com a segurança alimentar e a segurança energética. A irrigação é uma alternativa para o aumento da produção de alimentos, porém não deve competir com o abastecimento urbano por água. Para fins de análise, segundo a ANA (2010), 55% dos municípios brasileiros podem ter problemas de abastecimento de água até 2025, decorrentes da qualidade dos corpos hídricos ou simplesmente por escassez, o que acaba por gerar conflito com o uso da água para agricultura, principalmente na irrigação.

Um levantamento feito em 2010 mostra que a vazão consumida² no Brasil e usada para irrigação é de 836 m³/s, enquanto a vazão de consumo para o abastecimento urbano é de 104 m³/s, 78 m³/s para indústrias, 125 m³/s para dessedentação animal e 18 m³/s para abastecimento rural (ANA, 2015a). Em países desenvolvidos, o uso de água para agricultura é de 30% e, para indústria, 59% (UNESCO, 2003). Isso mostra que, em países desenvolvidos, a demanda de água na indústria é maior do que na agricultura. No Brasil, porém, o quadro se inverte. Segundo a vazão consumida supracitada, o consumo da agricultura é de 72%; da indústria, de 7%; do abastecimento urbano, de 9%; da dessedentação animal, de 11%; e do abastecimento rural, de 1%.

Com esse quadro de consumo de água, é preciso aumentar a eficiência do uso da água no Brasil. Nesse sentido, diversas ações são necessárias no que diz respeito ao consumo de água na agricultura, tanto na pré, como na pós-colheita e na agroindústria. Novas técnicas de irrigação têm garantido um uso mais racional da água e uma maior eficiência na aplicação. Essas técnicas, como irrigação localizada, aspersão, microaspersão, subirrigação, evitam desperdício por aplicarem apenas a quantidade necessária e no local correto (BERNARDO, 1989).

No Brasil, entretanto, 95% da produção de grãos Conab (2015) provêm da agricultura de sequeiro, e os ganhos incrementais de produtividade vêm acontecendo por avanço tecnológico. No que diz respeito à irrigação, já se trabalha com alto nível tecnológico, e, portanto, espera-se patamares elevados de produtividade; por exemplo, no milho irrigado, espera-se 10t/ha.

Diante do que foi exposto, o presente estudo tem como foco o uso da água na agricultura via tecnologia de irrigação, visando mostrar seu *status* atual no Brasil e como o seu uso pode

² A vazão consumida é calculada a partir da diferença entre a vazão retirada e a vazão de retorno (ANA, 2012).

incrementar a produção agrícola, tornando-se uma alternativa de adaptação à oferta de alimentos em função das ameaças do aquecimento global.

2. Objetivos

O objetivo do presente trabalho é mapear o panorama da irrigação no Brasil com base em dados públicos disponíveis, mostrando o uso de diferentes sistemas de irrigação e suas respectivas eficiências em termos de consumo de água e energia elétrica. Com base nestas premissas, intenciona-se estimar o potencial de produção de alimentos no Brasil com o uso de tecnologias de irrigação.

2.1. Objetivos específicos

- i) Estimar o potencial de produção de diferentes culturas agrícolas no Brasil com o uso da irrigação e seu respectivo consumo de água;
- ii) Verificar a existência de conflito de água entre abastecimento urbano e irrigação;
- iii) Verificar a importância da irrigação na oferta de alimento face aos impactos do aquecimento global;
- iv) Estimar as emissões de gases do efeito estufa (GEE) a partir do uso da irrigação.

3. Disponibilidade hídrica no Brasil

A disponibilidade hídrica é observada pela água disponível na superfície e em aquíferos subterrâneos, sendo que ambos os casos são influenciados pela precipitação pluviométrica.

A média histórica de precipitação no Brasil é de 1761 mm, porém a variação nas diversas regiões hidrográficas é mostrada na Tabela 1. A região hidrográfica Amazônica apresenta a maior média de precipitação do País, enquanto as regiões hidrográficas Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco e Atlântico Leste, concentradas em boa parte na região Nordeste, apresentam as menores médias. Ainda que mantendo uma relação

com a média histórica, foi registrada uma queda na média de precipitação em todas as regiões hidrográficas entre 2011 e 2012, principalmente nas regiões hidrográficas Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Leste, Parnaíba e São Francisco. Esta queda refletiu na maior seca já registrada no País nos últimos cem anos (PBMC, 2014), que perdurou até 2015. A precipitação tem relação direta com a disponibilidade hídrica superficial de cada região, e esta, por sua vez, relaciona-se com a disponibilidade de água para os múltiplos usos. A Figura 1 indica as áreas de abrangência das regiões hidrográficas brasileiras.

Tabela 1 Precipitação média no Brasil (mm/ano) por região hidrográfica

Total anual precipitado					
Região hidrográfica	2009	2010	2011	2012	Média histórica (1961-2007)
Tocantins-Araguaia	1.952	1.549	1.941	1.530	1.774
Amazônica	2.329	2.019	2.330	2.246	2.205
Paraguai	1.441	1.369	1.517	1.412	1.359
Atlântico Nordeste Oriental	1.390	771	1.295	575	1.052
Atlântico Leste	1.037	989	983	686	1.018
Paraná	1.786	1.487	1.632	1.450	1.543
Parnaíba	1.356	901	1.242	732	1.064
São Francisco	1.109	888	1.127	668	1.003
Atlântico Sul	1.897	1.719	1.770	1.454	1.644
Uruguai	1.798	1.686	1.822	1.476	1.623
Atlântico Sudeste	1.556	1.401	1.533	1.265	1.401
Atlântico Nordeste Ocidental	2.284	1.460	2.004	1.252	1.700
Brasil	1.928	1.619	1.894	1.651	1.761

Fonte: (ANA, 2013)



Figura 1. Regiões hidrográficas brasileiras

Fonte: (ANA, 2003)

A Tabela 2 mostra a vazão média, a disponibilidade hídrica superficial e a estiagem nas regiões hidrográficas brasileiras. Em períodos secos, a disponibilidade hídrica superficial no Brasil representa, aproximadamente, 50% da vazão média disponível e, em períodos de estiagem, 47% da vazão média. Em períodos de estiagem, a disponibilidade hídrica do Rio São Francisco é de 29% da vazão média e, no Parnaíba, é de 38%. As situações mais críticas estão nas regiões Atlântico Leste, Atlântico Ocidental e Atlântico Nordeste Oriental, que, em períodos de estiagem, apresentam 16%, 12% e 4% da vazão média, respectivamente, abrangendo os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe, de Alagoas, da Bahia, do Espírito Santo e de Minas Gerais. Estudos recentes feitos

no estado de Pernambuco (LACERDA, NOBRE, *et al.*, 2015) mostra que há uma redução anual de 3 mm de chuva por ano em parte das bacias do São Francisco e do Atlântico Nordeste Oriental. Já Schaeffer *et al.* (2008) mostram que os modelos de simulação de impactos do aquecimento global indicam possível perda de 25% da vazão da bacia do Rio São Francisco até 2100. Estudo de balanço hídrico regionais de Salati *et al.*, (2009) evidenciam aumento no déficit hídrico das bacias com abrangência na região Nordeste, utilizando os mesmos modelos de Schaeffer *et al.* (2008), com impactos previstos na disponibilidade de água até 2100.

Tabela 2 Vazão média, disponibilidade hídrica superficial e estiagem no Brasil

Região hidrográfica	Vazão média	Disponibilidade hídrica	Estiagem Q95
m ³ /s.....		
Amazônica	132.145	73.748	73.748
Tocantins-Araguaia	13.799	5.447	2.696
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	320	320
Parnaíba	767	379	294
Atlântico Nordeste Oriental	774	91	32
São Francisco	2.846	1.886	852
Atlântico Leste	1.484	305	252
Atlântico Sudeste	3.162	1.109	986
Atlântico Sul	4.055	647	647
Paraná	11.414	5.792	3.901
Uruguai	4.103	565	394
Paraguai	2.359	782	782
Brasil	179.516	91.071	84.904

Fonte: SHIKLOMANO (1998) *apud* (PBMCI, 2014)

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil m³/s, o que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade hídrica superficial mundial, que é de 1,5 milhão m³/s, ou seja, 44.000 km³/ano (SHIKLOMANOV, 1998 *apud* PBMCI, 2014).

A distribuição dos recursos hídricos no Brasil é heterogênea, sendo que a região hidrográfica Amazônica concentra 81% da água disponível no País e abriga somente 5% da população total. A região hidrográfica Paraná, por outro lado, concentra 32% da população e, portanto, também tem a maior demanda por água do País, porém dispõe de aproximadamente 7% da água superficial disponível no Brasil (ANA, 2015); (MMA, 2006a).

4. Demanda por água no Brasil e usos múltiplos

A irrigação é o uso que mais demanda água no Brasil (ANA, 2015a). A vazão retirada pelo setor é 1.270m³/s e representa 54% do total retirado, sendo que a vazão efetivamente consumida em 2010 foi de 836 m³/s. Como mostra Tabela 3 o abastecimento urbano, o uso industrial, a dessedentação animal e o abastecimento humano rural são, nesta ordem, os outros usos que mais demandam recursos hídricos no Brasil. Apesar de a região hidrográfica Paraná ter a maior vazão retirada do País, em torno de 310m³/s só para irrigação (ANA, 2015a), as regiões do Sul do Brasil, caracterizada pela rizicultura, do oeste baiano (que faz parte da nova fronteira agrícola no País denominada MAPITOBA) e do polo de irrigação Petrolina (CE)-Juazeiro (BA), grande produtor de frutas, também aparecem como grandes consumidoras de água para irrigação.

Tabela 3 Vazão retirada por uso em 2010

Uso	m ³ /s	Percentual
Abastecimento urbano	522,0	22%
Abastecimento rural	34,5	1%
Dessedentação animal	151,6	6%
Irrigação	1.270,0	54%
Industrial	395,0	17%
Total	2.373,0	100%

Fonte: ANA (2015a)

A Figura 2 mostra a alta demanda de água para irrigação nas regiões hidrográficas Paraná e São Francisco, que abrange 48% do território da Bahia, 36,9% do estado de Minas Gerais, além de menores porcentagens dos estados de Pernambuco, Alagoas e Goiás (MMA, 2006b). Outros estados do Nordeste são contemplados pela região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**; são eles Ceará (46%), Paraíba, Rio Grande do Norte, Paraíba e pequenas porções de Piauí, Pernambuco e Alagoas. Nesta região, aproximadamente 53% da demanda de água são destinados à irrigação (MMA, 2006c). A região hidrográfica Atlântico Sul engloba todo o litoral do Paraná e de Santa Catarina e 76,4% do território do Rio Grande do Sul, o que justifica a alta demanda por irrigação por conta do cultivo abundante de arroz no estado (MMA, 2006d).

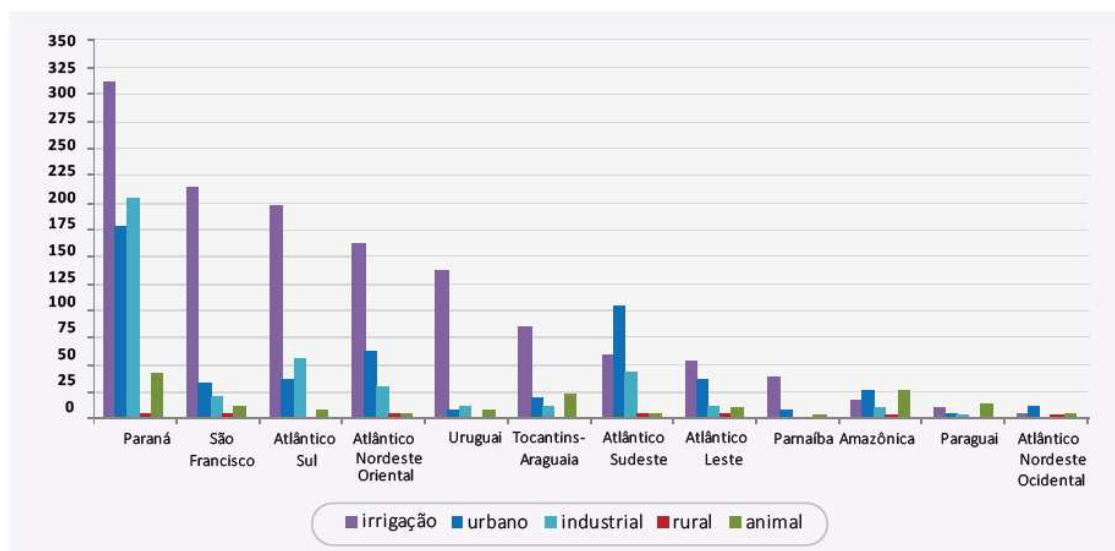


Figura 2. Demanda consuntiva (m³/s) por região hidrográfica

Fonte: ANA (2015a)

A análise da disponibilidade hídrica relacionada ao contexto regional no que se refere a população e atividade econômica é muito relevante para discutir a distribuição da água dentre os diferentes setores e usos múltiplos. A irrigação é o maior consumidor de água no Brasil segundo dados nacionais, e, por isso, é válido explorar sua expansão ao longo dos anos, assim como sua representatividade em cada região brasileira.

5. Expansão da área irrigada no Brasil

Segundo a ANA, até 2012 a área total irrigada no Brasil era de 5,8 milhões de hectares, considerando as áreas irrigadas pelos métodos de aspersão por pivô central e outros métodos, como localizada (gotejamento, microaspersão e outros), inundação, sulcos e outros métodos de irrigação/molhação. Os estados com maior área irrigada são Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, com 1.027.973, 1.027.504 e 824.946 hectares, respectivamente (ANA, 2013).

A Figura 3 ilustra a evolução da área irrigada no Brasil segundo os dados da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ). É válido ressaltar que as informações fornecidas pela ABIMAQ são baseadas na venda e demanda para equipamentos para irrigação para todo o Brasil, podendo trazer uma visão real da expansão do setor e suas respectivas demandas.

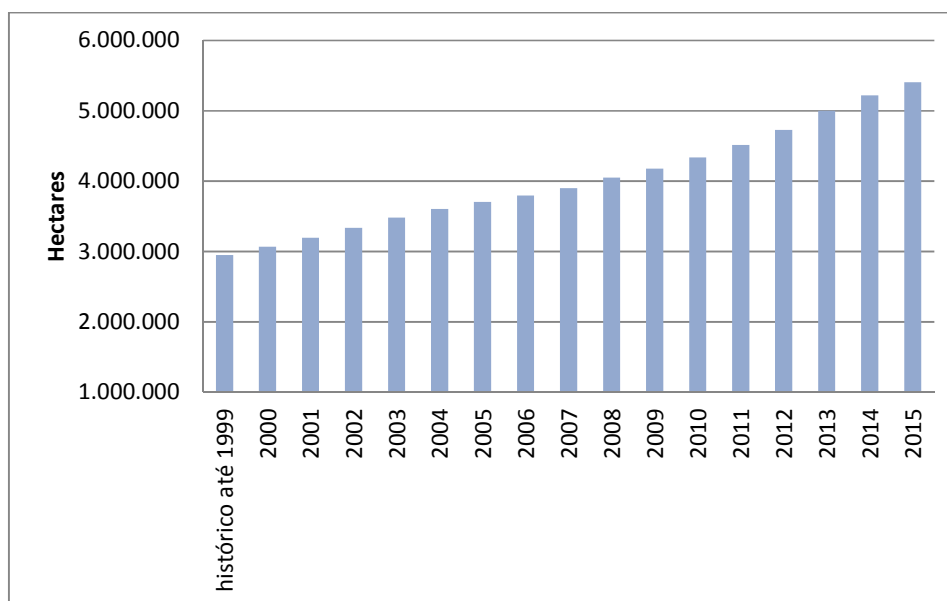


Figura 3. Evolução da área irrigada no Brasil (ha/ano)

Fonte: ABIMAQ (2015)³

A Figura 4, mostra a aquisição anual de diferentes sistemas de irrigação no Brasil desde 2000. Os sistemas de irrigação foram agrupados em:

- Pivô central;
- Carretel/autopropelido: irrigação por aspersão com carretel enrolador;
- Convencional: irrigação por aspersão fixa, convencional, tubo de PVC ou canhão;
- Localizada: irrigação localizada por gotejamento ou microaspersão

O pivô central aparece como a tecnologia mais difundida no Brasil, acumulando 924.730 hectares irrigados entre 2000 e 2015, com exceção do sistema de inundação, que não aparece no levantamento da ABIMAQ por não demandar tanto uso de maquinário. Entretanto, levantamentos recentes feitos pela Embrapa e pela ANA indicam que a área irrigada por pivô central no Brasil é de 1.179.176 ha (EMBRAPA, 2013). A versatilidade do pivô central e sua grande possibilidade de automação fazem desta tecnologia uma atraente opção para

³ Informações fornecidas por e-mail.

produtores de diversas culturas, mesmo sendo menos eficiente energeticamente e quanto ao consumo de água quando comparada a outros métodos⁴.

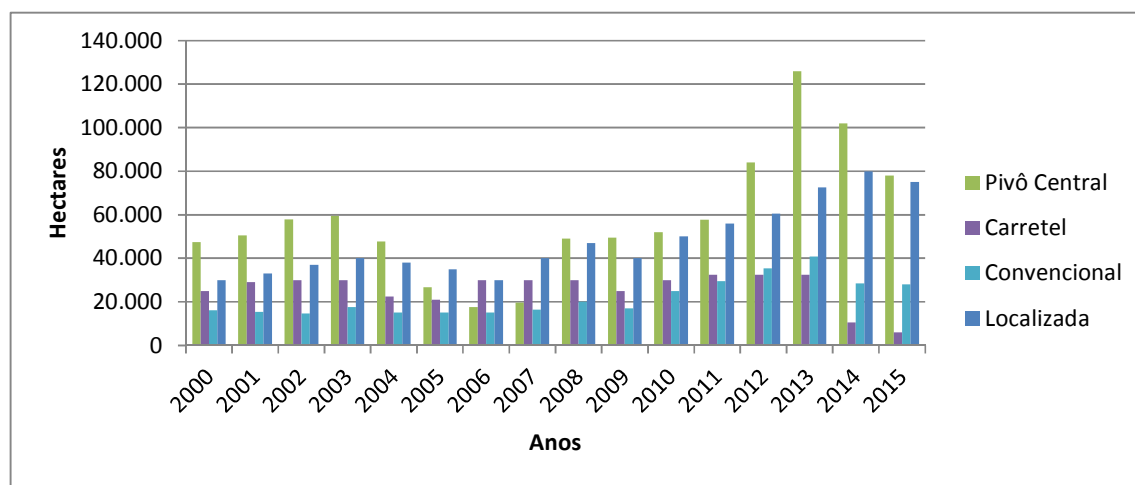


Figura 4. Métodos de irrigação implementados no Brasil a partir de 2000 (área irrigada ha/ano)

Fonte: ABIMAQ (2015)⁵

5.1. Perímetros públicos irrigados

Os perímetros irrigados desempenharam, e ainda desempenham, papel importante na agricultura no Nordeste e no Centro-Oeste do Brasil. Foram criados com o intuito de gerar um ambiente propício ao desenvolvimento de tecnologia de irrigação e à agricultura comercial que não de subsistência (ORTEGA e SOBEL, 2010). A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF e o Departamento Nacional de Obras Contra Secas – DNOCS são os principais responsáveis pela implementação e pela gestão dos perímetros irrigados, que começaram a ser instalados a partir da década de 1960 (CODEVASF, 2016) (DNOCS, 2016). Polos de desenvolvimento regional foram e são identificados a partir da implantação dos perímetros públicos irrigados e da sua área de abrangência, servindo como importante indutor de desenvolvimento regional.

Segundo os dados do relatório do Sistema de Informação sobre Projetos Públicos de Irrigação (SISPPI) da Secretaria Nacional de Irrigação (SENIR) vinculada ao Ministério da Integração Nacional (MI), emitidos em junho de 2015, os 83 projetos públicos de irrigação (em operação

⁴ Aspectos relacionados à eficiência energética serão discutidos posteriormente neste relatório (item Eficiência do uso de água e energia nos diferentes sistemas de irrigação).

⁵ Informações fornecidas por e-mail.

ou em fase de implantação) são responsáveis por irrigar uma área de 300.494,3 hectares, sendo que a maior parte desta área está localizada nos estados do Nordeste. A fruticultura, considerada produção de alto valor agregado, é atividade predominante nos perímetros irrigados, como mostra a Tabela 4. Entre 2011 e 2014, calcula-se que a população direta e indiretamente beneficiada pelos projetos seja de 563.046 pessoas (SISPPI, 2015).

Os projetos públicos de irrigação são geridos por secretarias de agricultura e infraestrutura em diversos estados, além da presença do DNOCS e da CODEVASF, responsáveis pela maioria dos perímetros, 36 e 34, respectivamente. Pela análise do valor da produção, é possível perceber a importância dos perímetros para a economia e o desenvolvimento locais. Como mostra a Tabela 4, em 2011 somente os projetos sob responsabilidade do DNOCS apresentaram um valor total de produção de mais de R\$ 237 milhões. Essa Tabela, gerada pelo SISPPI, mostra um panorama geral de produção de alguns perímetros irrigados.

Esses perímetros são importantes, no entanto existem algumas lacunas, como problemas de gestão por estarem vinculados diretamente às instituições públicas, acarretando problemas normais de gerenciamento de sistemas públicos, como, por exemplo, falta de assistência técnica, baixa tecnologia, recursos escassos e outros. Existem casos de sucesso, como os perímetros da região de Petrolina, mas existem diversos casos que exigem gestão permanente dos estados.

Tabela 4 Produção e principais culturas nos perímetros irrigados

Órgão responsável: CODEVASF									
Nome do projeto	Ano de início da operação	Município(s)-UF	Situação	Principais culturas exploradas	Produção		Ano de referência	Principais destinos da produção	Principais canais de comercialização
					Produção vegetal (t)	Valor Bruto da Produção (R\$)			
Barreiras Norte	1999	Barreiras-BA	Em operação	Banana, caju, limão, manga, abóbora, feijão, mandioca, milho e melancia	2.631,50	1.346.920,00	2005	-	-
Bebedouro	1968	Petrolina-PE	Em operação	Uva, manga, goiaba, coco, feijão, melancia, maracujá, tomate e milho	13.874,50	11.814.196,00	2003	Mercado externo, Petrolina-PE e Juazeiro-BA – mercado do produtor, feiras livres, centros comerciais	Comercialização Individual (mercado interno externo)
Ceraíma	1973	Guanambi-BA	Em operação	Manga, banana-nanica, banana-prata, coco, uva, goiaba	5.474,90	1.174.587,31	2005	-	Cooperativa Agrícola de Irrigação do Projeto Ceraíma (COOPERC) e Atravessadores.
Curaçá	1980	Juazeiro-BA	Em operação	Manga, coco, melancia, feijão Vigna, feijão-de-corda, uva e maracujá	23.988,50	6.875.040,00	2005	Mercados local, regional e externo (produção dos médios produtores e empresários)	Cooperativa Agrícola Mista do Perímetro Irrigado de Curaçá (CAMPIC) e Atravessadores.
Estreito	1975	Sebastião	Em	Banana-nanica,	21.436,40	6.028.100,00	2005	Mercados local	Associação de

		Laranjeiras-BA, Urandi-BA	operação	banana-prata, coco, manga, feijão e pinha				e regional, incluindo os mercados de Salvador-BA, Belo Horizonte-MG, São Paulo-SP e Brasília-DF	produtores.
Formoso	1989	Bom Jesus da Lapa-BA	Em operação	Banana, manga, algodão, melancia e capim	108.806,90	31.607.677,14	2003	Mercado local (hortaliças) e mercado externo (frutas)	Central das Associações de Fruticultores de Bom Jesus da Lapa e Região (CENTRAL LAPA), Cooperativa COOFRULAPA Intermediários.
Gorutuba	1978	Nova Porteirinha-MG	Em operação	Banana	55.774,00	68.211.000,00	2013	-	-
Itiúba	-	Porto Real do Colégio-AL	Em operação	Arroz e cana-de-açúcar	26.658,00	-	2005	Mercado Local	Atravessadores
Jaíba – Etapa I	1975	Jaíba-MG, Matias Cardoso-MG, Verdelândia-MG	Em operação	Limão, banana, pastagem, manga e mamão	144.856,00	152.000.660,00	2013	-	-
Lagoa Grande	1978	Janaúba-MG	Em operação	Banana e caju	22.249,00	22.508.140,00	2013	-	-
Mandacaru	1971	Juazeiro-BA	Em operação	Manga, melão, goiaba, cebola e coco	4.026,50	1.730.925,00	2005	Mercados local e regional	Atravessadores e Mercado do Produtor
Maniçoba	1980	Juazeiro-BA	Em operação	Manga, coco e maracujá	30.483,90	10.560.000,00	2005	Mercados local e regional,	Comercialização Individual e

								além do mercado externo (médios produtores e empresários)	Atravessadores.
Nupeba	1998	Riachão das Neves-BA	Em operação	Coco, banana, limão, manga, caju e goiaba	4.371,60	1.113.009,60	2005	Mercado local, Brasília-DF, Salvador-BA e Recife-PE	Cooperativa Cofrutoeste (Mercado Local) Comercialização Individual.
Pirapora	1979	Pirapora-MG	Em operação	Uva, tangerina, banana, manga, goiaba, limão e pinha	7.283,10	6.627.630,00	2005	Brasília-DF, Belo Horizonte-MG, São Paulo-SP, Montes Claros-MG, Rio de Janeiro	Cooperativa Agrícola de Pirapora (CAP) Comercialização Individual.
Riacho Grande	1998	Riachão das Neves-BA	Em operação	Coco, melancia, banana, limão, manga, caju, feijão, milho e abóbora	6.166,70	1.603.234,40	2005	Mercado local, Brasília-DF, Salvador-BA e Recife-PE	Cooperativa COFRUTOESTI (Mercado Local) Comercialização Individual.
São Desidério/Barreiras Sul	1978	Barreiras-BA, São Desidério-BA	Em operação	Coco, milho verde, manga, feijão, mandioca e banana	11.024,00	4.465.000,00	2005	Mercado local (Barreiras-BA e feiras livres da região)	Comercialização individual através de intermediários
Senador Nilo Coelho	1984	Petrolina-PE	Em operação	Manga, uva, goiaba, coco, banana, acerola e feijão	386.307,80	-	2004	Mercados local (Petrolina-PE e Juazeiro-BA), regional e externo	Comercialização Individual e Cooperativas.
Tourão	1979	Juazeiro-BA	Em operação	Cana-de-açúcar, cebola,	1.137.674,90	1.797.000,00	2005	Mercado local (pequenos	Comercialização Individual (com

				melão, coco, manga e uva				produtores) e regional	atravessador) e Mercado do Produtor.
Órgão responsável: DNOCS									
Nome do projeto	Ano de início de operação	Município(s)- UF	Situação	Principais culturas exploradas	Produção		Ano de referência	Principais destinos da produção	Principais canais da comercialização
					Produção vegetal (t)	Valor Bruto da Produção (R\$)			
Araras Norte	1998	Reriutaba-CE, Varjota-CE	Em operação	Banana, coco verde, mamão, goiaba, graviola, milho (grão) e pimentão	9.148,50	4.620.032,80	2011	-	-
Baixo Acaraú	2001	Acaraú-CE, Bela Cruz-CE, Marco-CE	Em operação	Melancia, banana, mamão, mandioca, milho verde, coco verde e caju	33.184,80	17.567.130,90	2011	São Paulo-SP, Rio de Janeiro- RJ, Belém-PA, São Luís-MA, Teresina-PI, Fortaleza-CE, Aracaju-SE e Europa	-
Baixo-Açu	-	Afonso Bezerra-RN, Alto do Rodrigues- RN, Ipangaçu-RN	Em operação	Banana, capim, milho (semente), coco, mamão, manga, melancia e goiaba	20.335,60	12.735.977,20	2011	Ipangaçu, Açu, Mossoró e Natal, no estado do Rio Grande do Norte	-
Boa Vista	1975	Salgueiro-PE	Em operação	Capim, cana- de-açúcar, banana, milho verde, pimentão e maracujá	848,20	148.551,50	2011	Salgueiro, Pesqueira e Recife, no estado de Pernambuco	-

Brumado	1986	Livramento de Nossa Senhora-BA	Em operação	Manga, macaxeira, banana, maracujá, milho (grão), melão, melancia e coco (verde)	54.257,40	32.189.070,00	2011	Livramento de Nossa Senhora, Feira de Santana e Salvador, no estado da Bahia, e Europa	-
Cachoeira II	1972	Serra Talhada-PE	Em operação	Capim, milho verde, banana e tomate	1.638,50	561.223,00	2011	Serra Talhada e Recife, no estado de Pernambuco	-
Caldeirão	1972	Piripiri-PI	Em operação	Melancia, milho espiga verde e feijão	894,80	342.515,35	2011	Fortaleza-CE, Teresina, Paranaíba e Piripiri no estado do Piauí	-
Cruzeta	1975	Cruzeta-RN	Em operação	Capim, milho verde, sorgo (forrageiro), feijão, melancia e pimentão	931,80	612.495,00	2011	Recife-PE e Natal-RN	-
Curu-Paraipaba	1975	Paraipaba-CE	Em operação	Coco verde, cana-de-açúcar, capim, acerola, mamão e macaxeira	10.859,60	13.783.576,70	2011	Paraíba-CE, Fortaleza-CE, Teresina-PI e São Paulo-SP	-
Curu-Pentecoste	1979	Pentecoste-CE, São Luís do Curu-CE	Em operação	Coco verde, cana-de-açúcar, banana, capim, milho (grão), mamão e feijão	4.407,90	2.469.071,61	2011	Pentecoste e Fortaleza, no estado do Ceará	-
Custódia	1975	Custódia-PE	Em operação	Capim, milho verde, cana-de-açúcar, melão,	554,20	106.701,00	2011	Arcoverde, Pesqueira, Custódia e	

				pimentão e goiaba				Recife, no estado de Pernambuco	
Ema	1973	Iracema-CE	Em operação	Sorgo (forrageiro), cana-de-açúcar, feijão e milho (grão)	573,00	152.151,75	2011	Iracema-CE	-
Engenheiro Arcoverde	1972	Condado-PB	Em operação	Banana, capim, feijão, milho (grão), melancia, tomate, goiaba e melão	450,70	171.960,00	2011	Condado, Pombal, Patos, Sousa e Campina Grande, no estado do Paraíba	-
Fidalgo	1973	Simplicio Mendes-PI	Em operação	Banana, feijão, mandioca e melancia	404,10	232.614,00	2011	Oeiras, Floriano, Picos, Simplicio Mendes e Teresina, no estado do Piauí	-
Forquilha	1977	Forquilha-CE	Em operação	Capim, milho verde, coco verde, feijão e goiaba	1.018,40	911.091,59	2011	Forquilha, Sobral e Fortaleza, no estado do Ceará	-
Gurgueia	1977	Alvorada do Gurgueia-PI	Em operação	Melancia, feijão, coco e banana	1.893,40	1.180.286,00	2011	Floriano, Alvorada do Gurgueia e Teresina, no estado do Piauí	-
Icó-Lima Campos	1973	Icó-CE	Em operação	Capim, banana, arroz, coco verde e feijão	14.449,40	3.991.031,20	2011	Icó, Juazeiro, Crato e Fortaleza, no	

								estado do Ceará	
Itans	1977	Caicó-RN	Em operação	Capim, coentro, coco, alface, banana e pimentão	1.949,30	54.000,00	2011	Caicó e Natal, no estado do Rio Grande do Norte	-
Jacurici	1973	Itiúba-BA	Em operação	Capim <i>coast-cross</i> , banana, melancia, quiabo, acerola, pimentão e manga.	342,90	176.295,00	2011	Itiúba-BA, Petrolina-PE, Juazeiro-BA, Feira de Santana-BA e Salvador-BA	-
Jaguaribe-Apodi	1989	Limoeiro do Norte-CE	Em operação	Milho verde, milho (silagem), banana Pacovã, banana-prata anã, milho (semente), banana Williams, soja (grão) e banana Grande-Naine	33.187,40	30.358.861,60	2011	Limoeiro do Norte-CE, Fortaleza/CE e Europa	-
Jaguaruana	1977	Jaguaruana-CE	Em operação	Capim, arroz, sorgo (grão), arroz, banana e coco verde	761,50	61.648,70	2011	Jaguaruana e Fortaleza, no estado do Ceará	-
Morada Nova	1970	Limoeiro do Norte-CE, Morada Nova-CE	Em operação	Arroz, sorgo (forrageiro), capim, feijão, coco verde e banana	17.590,10	7.900.787,90	2011	Morada Nova, Fortaleza e Iguatu, no estado do Ceará	-
Moxotó	1977	Ibimirim-PE, Inajá-PE	Em operação	Banana, milho verde, melancia,	16.295,20	9.383.929,16	2011	Ibimirim, Pesqueira, Custódia,	-

				goiaba, pimentão, tomate e coco verde				Arcoverde e Recife, no estado de Pernambuco	
Pau dos Ferros	1980	Pau dos Ferros-RN	Em operação	Sorgo (forrageiro) e feijão	492,50	382.200,00	2011	Mossoró-RN, Natal-RN e Fortaleza-CE	-
Platôs de Guadalupe	1993	Guadalupe-PI	Em operação	Banana, melancia, goiaba, coco, maracujá e acerola	11.445,70	6.804.400,00	2011	Guadalupe-PI, Teresina-PI, São Luís-MA e Belém-PA	-
Quixabinha	1972	Mauriti-CE	Em operação	Banana-prata anã, milho verde, banana Pacovã e feijão	1.114,80	904.247,50	2011	Crato-CE, Fortaleza-CE e Recife-PE	-
São Gonçalo	1973	Sousa-PB	Em operação	Coco (verde), banana-maçã, arroz, goiaba, maracujá, milho (grão), manga, feijão, graviola	16.921,00	13.525.205,00	2011	Sousa, Cajazeiras, Pombal, Patos, Campina Grande e João Pessoa, no estado da Paraíba	-
Sumé	-	Sumé-PB	Em operação	Tomate industrial, tomate, melancia, milho (espiga), milho (grão), coco (verde), pimentão e feijão	1.885,10	427.594,15	2011	Campina Grande e João Pessoa, no estado da Paraíba	-
Tabuleiros Litorâneos do Piauí	1998	Buriti dos Lopes-PI,	Em operação	Melancia, acerola, coco,	9.200,00	8.043.703,09	2011	São Luís-MA, Parnaíba-PI e	-

		Parnaíba-PI		milho (grão), banana e feijão				Teresina-PI	
Tabuleiros de Russas	2004	Limoeiro do Norte-CE, Morada Nova- CE, Russas- CE	Em operação	Melancia, melão, banana Williams, banana-prata anã, banana Pacova, sorgo (grão), cana-de- açúcar, goiaba e banana Caturra	48.955,40	53.937.531,50	2011	São Paulo-SP, Rio de Janeiro- RJ, Paraná-PR, Fortaleza-CE, Europa (Amsterdã) e EUA	-
Tabuleiros de São Bernardo	2002	Araioses-MA, Magalhães de Almeida-MA	Em operação	Melancia e milho espiga verde	4.560,00	1.385.550,00	2011	São Luís-MA, Parnaíba-PI e Teresina-PI	-
Vaza-Barris	1973	Canudos-BA	Em operação	Capim, quiabo, tomate, pimentão, banana, coco (verde), melancia e milho	7.050,60	12.375.205,40	2011	Juazeiro-BA, Petrópolis-PE e Salvador-BA	-
Várzea do Boi	1975	Tauá-CE	Em operação	Banana, sorgo (forrageiro), feijão, mamão, maracujá e acerola	153,20	51.936,90	2011	Tauá e Fortaleza, no estado do Ceará	-
Várzea do Flores	1985	Joselândia- MA, São José dos Basílios- MA	Em operação	Banana Pacovã, arroz e milho (grão)	263,70	123.150,00	2011	Joselândia e São Luís, no estado do Maranhão	-
Órgão responsável: Secretaria da Agricultura e Pecuária do Estado de Tocantins									
					Produção				
Nome do projeto	Ano de início de	Município(s)- UF	Situação	Principais culturas	Produção vegetal (t)	Valor Bruto da Produção (R\$)	Ano de referência	Principais destinos da	Principais canais da

	operação			exploradas				produção	comercialização
Manuel Alves	2007	Dianópolis-TO	Em operação	Banana, maracujá, coco, abacaxi, pinha, melancia e mandioca,	2.500,00	2.151.074,00	2013	-	-
Rio Formoso	1980	Formoso do Araguaia-TO	Em operação	Arroz	166.722,00	-	2008	-	-
São João	2008	Porto Nacional-TO	Em operação	Abacaxi e banana	12.000,00	-	2013	-	-

Órgão responsável: Secretaria de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Rural de Sergipe

Nome do projeto	Ano de início de operação	Município(s)-UF	Situação	Principais culturas exploradas	Produção		Ano de referência	Principais destinos da produção	Principais canais da comercialização
					Produção vegetal (t)	Valor Bruto da Produção (R\$)			
Jacarecica I	1987	Itabaiana-SE	Em operação	Batata-doce, alface, milho-doce, quiabo, coentro, pepino, maxixe, pimentão e amendoim	5.714,00	-	2008	-	-
Jacarecica II	2002	Areia Branca-SE, Malhador-SE, Riachuelo-SE	Em operação	Batata-doce, mandioca, macaxeira, inhame, milho, pimentão, repolho, tomate, mamão, maracujá, banana e coco	68.080,00	-	2008	-	-

Fonte: (SISPPI, 2015)

6. Mapeamento da irrigação no Brasil

A irrigação no Brasil é caracterizada por adotar diferentes sistemas. O desenvolvimento da irrigação no Brasil começou com a inundação e sulcos, evoluiu, nos anos 80, para a aspersão e, a partir dos anos 90, para a localizada. Apesar da relevância do pivô central, que começou a evoluir nos anos 90, outros sistemas também são popularmente utilizados, porém dados relacionados ao uso de outras tecnologias não são facilmente encontrados. As informações oficiais mais recentes e detalhadas sobre a distribuição da irrigação no Brasil por município tem como referência o Censo Agropecuário de 2006, entretanto as incertezas existentes neste levantamento são grandes, e várias regiões com alta concentração de agricultura irrigada aparecem com baixa concentração de área irrigada, como, por exemplo, a região Centro-Oeste do Brasil. Essas informações do Censo do IBGE indicam o número de estabelecimentos e a área dos estabelecimentos por sistema de irrigação por município. Não há uma grande certeza sobre a área irrigada por município. Além da incerteza em função da defasagem temporal dos dados, os mesmos não representam a agricultura irrigada no Brasil atualmente, já que houve um considerável aumento da agricultura irrigada brasileira nos últimos anos.

Alternativamente, a ANA também dispõe de dados sobre irrigação no Brasil. Segundo a Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000, a ANA é responsável por emitir outorgas de uso de água em corpos hídricos de domínio da União, ou seja, rios, lagos ou qualquer tipo de corrente d'água que banhe mais de um estado, sirva de limites com outros países ou estados, origine-se ou se estenda em países estrangeiros. Sendo assim, a ANA publica, no seu portal, informações relacionadas às outorgas emitidas, como corpo hídrico, região hidrográfica, finalidade da outorga (tipo de uso) e volume anual outorgado. Quando a finalidade do uso é irrigação, informações sobre área plantada, método de irrigação adotado e cultura irrigada também são disponibilizadas, com atualização anual⁶.

⁶ Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/geout.aspx#outorgasana>.

6.1. Mapeamento dos pivôs centrais no Brasil

O pivô central é uma tecnologia de irrigação amplamente utilizada no Brasil, principalmente nos estados de forte atividade agrícola do Centro-Oeste e do Sudeste. Sendo assim, é importante apontar os pivôs ativos no País (Figura 5).

Os mapas apresentados neste capítulo foram gerados com base em dados publicados pela ANA e pela Embrapa.

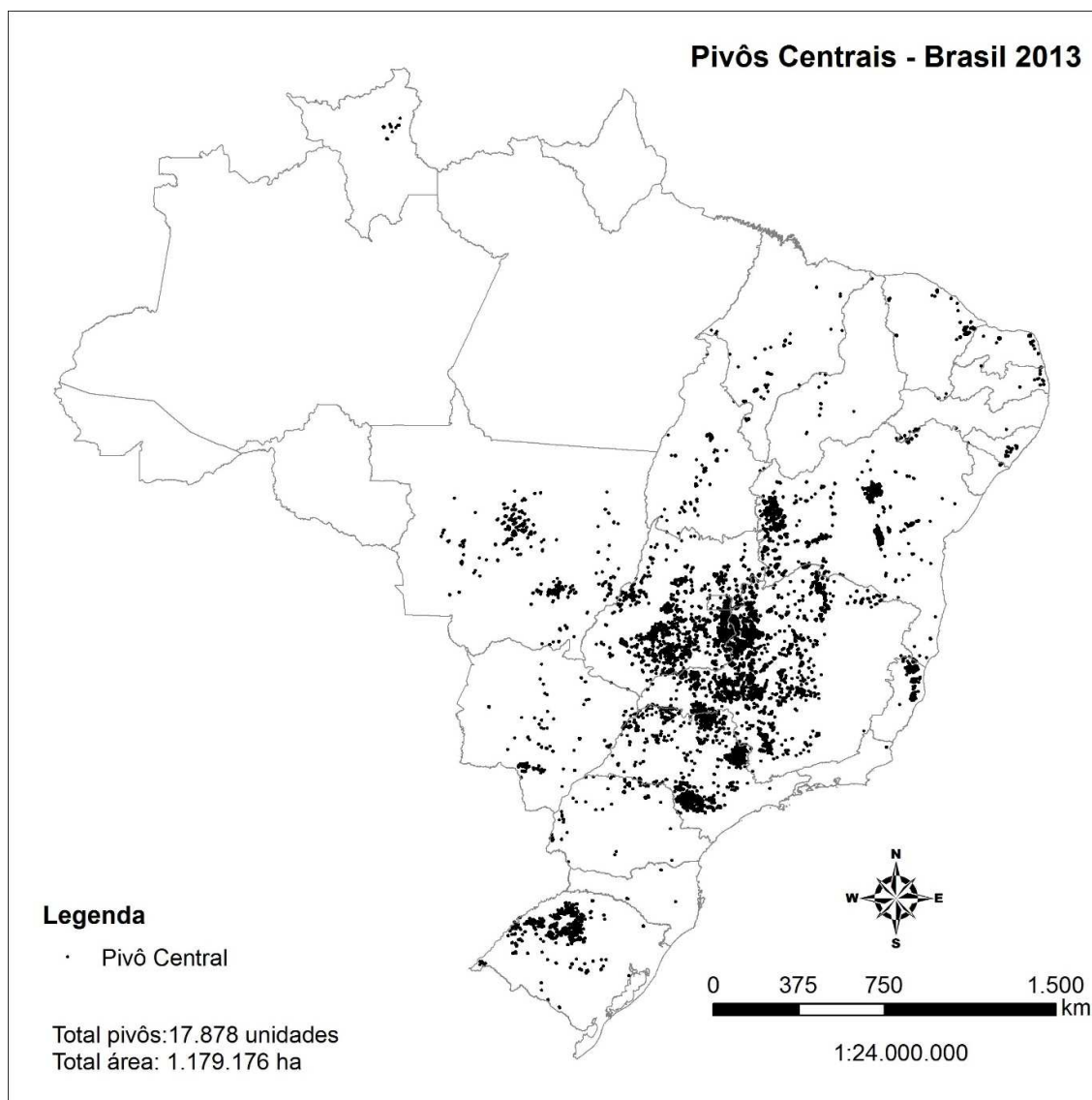


Figura 5. Distribuição dos pivôs centrais no Brasil em 2013

Fonte: Embrapa (2013)

Em 2013, foram identificados aproximadamente 17.878 pivôs centrais, totalizando uma área irrigada de 1,18 milhão de hectares, segundo o mapeamento feito pela Embrapa em parceria com a ANA sobre o uso da tecnologia de pivô central no Brasil. A grande maioria dos pivôs está concentrada na parte oeste de Minas Gerais, na divisa com Goiás e, também, no centro deste último estado, em São Paulo, no centro e no leste da Bahia e no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2013). A Tabela 5 mostra a área e o número de pivôs existentes nos estados brasileiros.

Tabela 5 Área e número de pivôs por estado

UF	Área ocupada por pivôs centrais (ha)	Número de pivôs
AL	775	21
BA	192.223	2.792
CE	7.857	131
DF	13.212	218
ES	12.808	278
GO	210.724	2.872
MA	7.531	118
MG	366.428	5.573
MS	25.882	245
MT	67.071	553
PB	1.035	23
PE	2.334	36
PI	1.181	23
PR	9.202	156
RJ	86	2
RN	2.578	50
RR	2.001	20
RS	76.081	1.111
SC	394	6
SE	337	8
SP	168.674	3.528
TO	10.759	114

BRASIL	1.179.176	17.878
---------------	------------------	---------------

Fonte: (EMBRAPA, 2013)

Do total de pivôs identificados pelo levantamento, 8.849 (49%) estão localizados na região hidrográfica (RH) Paraná, totalizando 527.729 ha, e 4.973 (27,8%) situam-se na RH São Francisco, ocupando uma área total de 350.326 ha, como mostra Figura 6.

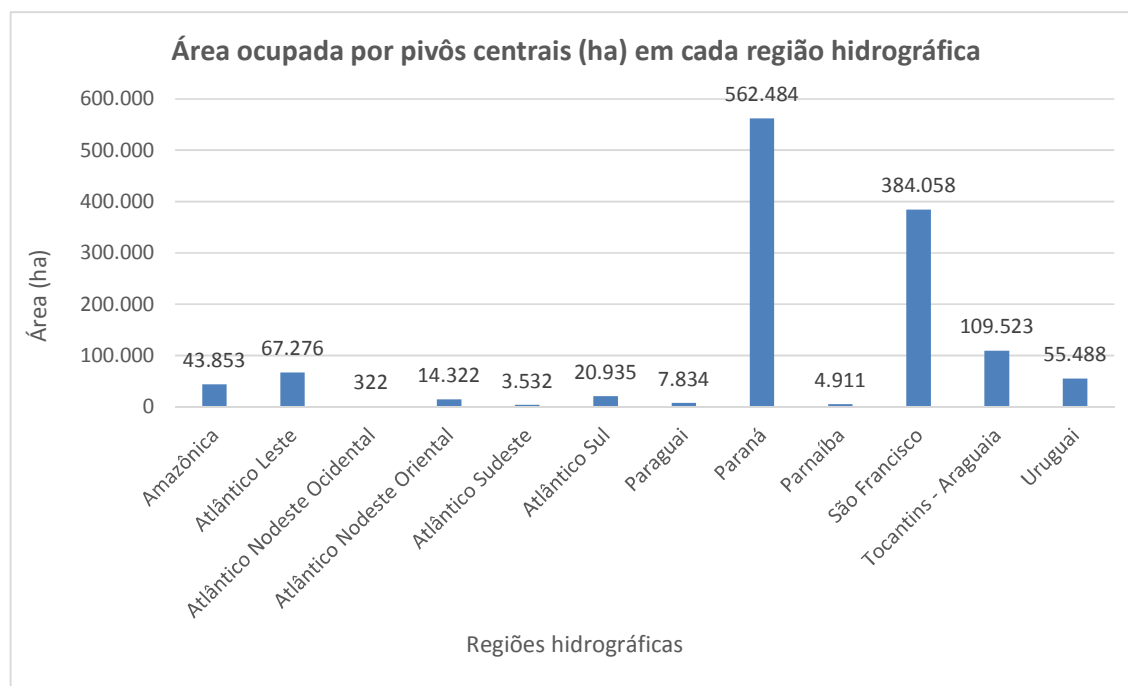


Figura 6. Área ocupada por pivôs centrais em cada região hidrográfica no Brasil

Fonte: (EMBRAPA, 2013)Embrapa (2013)

Deve-se ter cuidado quanto ao fato de que a concentração de pivôs se dá numa área de disponibilidade de água relativamente baixa durante o período de estiagem: a RH Paraná apresenta 34% da água disponível, enquanto a RH Rio São Francisco é de 29%. A expansão da tecnologia de irrigação, qualquer que seja, e, principalmente de pivô central, nestas duas RHs deve ser muito bem avaliada, em função da redução da oferta de água em períodos de estiagem.

6.2.Distribuição espacial da irrigação no Brasil

Devido à dificuldade de obtenção de dados públicos relacionados ao uso da água para irrigação no Brasil, sobretudo dados que contemplem todos os rios do País, bem como a sistematização em uma base de dados central, foram adotadas algumas premissas para o mapeamento do uso da água para irrigação. São elas:

Premissas:

- O mapeamento foi elaborado a partir das informações disponibilizadas pelo IBGE (2006) e pela ANA (2012);
- O mapeamento indica a distribuição e a concentração de áreas com irrigação no Brasil. No caso do IBGE (2006), foi usado o número de estabelecimentos agropecuários com irrigação por município;
- Os mapas baseados nas informações da ANA (2012)⁷ representam uma estimativa da área irrigada no Brasil;
- Um terceiro mapeamento é feito com as informações de outorga, a partir de 2001 até julho de 2015, de rios federais da ANA e com a totalidade dos pivôs levantados pela ANA e pela Embrapa, que podem ser, em alguns casos, rios estaduais. Isso representa 34% da estimativa da área irrigada da ANA (2012)⁸, ou o mesmo número publicado pela ANA em 2015, 5,8 milhões de hectares. Há uma dificuldade em acessar as outorgas estaduais para se ter uma projeção mais completa do uso da água no Brasil⁹.

Metodologia

Com base nessas informações, que são coletadas desde 2001, foi possível elaborar um cenário mais atual em relação à concentração e à distribuição das áreas irrigadas no Brasil. Este mapeamento foi feito utilizando técnicas de interpolação baseadas em “krigagem” ordinária. Desta maneira, é possível visualizar a distribuição da irrigação no Brasil

⁷ Informações fornecidas por e-mail pela SENIR.

⁸ Informações fornecidas por e-mail pela SENIR.

⁹ Para realizar este estudo, os autores entraram em contato com os órgãos estaduais responsáveis pela emissão de outorga de todos os estados da Federação, com exceção de Roraima e Rondônia, para solicitar informações sobre o número de outorgas e o volume outorgado para irrigação. Os estados que disponibilizaram informações atualizadas em relação à outorga, ainda que incompletas (somente número de outorgas emitidas, por exemplo, sem a vazão outorgada), foram: Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Norte, Paraná e São Paulo. Portanto, esses dados não foram utilizados neste estudo.

independentemente do sistema. Em um terceiro mapa, é feita a sobreposição dos pontos com outorgas da ANA (2015) e da totalidade dos pivôs centrais identificados pela ANA e pela Embrapa (2013).

Resultados

Existiam duas possibilidades para ilustrar a distribuição da irrigação no Brasil, sendo:

- Por município conforme a base do IBGE (2006); ou
- Por área de influência.

A primeira informação apresenta uma incerteza que não é possível se medir, porém se verifica alguns pontos de controle, como, por exemplo, municípios com alta incidência de irrigação. Essa verificação não é retratada pelos dados pontuais.

Quando a análise é feita por área de influência, fica mais simples de analisar a concentração da irrigação no Brasil. A dificuldade de utilizar o dado do IBGE (2006), além da incerteza verificada, está relacionada à defasagem no tempo. Não é possível fazer um mapeamento preciso da irrigação no Brasil no ano de 2016 utilizando dados do ano-base de 2006. O mapa, entretanto, indica claramente as áreas de concentração, como sul do Rio Grande do Sul, oeste da Bahia, semiárido nordestino (região oeste de Pernambuco) e região de influência do Distrito Federal e Triângulo Mineiro (Figura 7). O IBGE indica 4,45 milhões de hectares irrigados, considerando os estabelecimentos com irrigação dos municípios. Não é possível saber se é a área total irrigada ou a área total dos estabelecimentos com irrigação.

Para o futuro Censo de 2016 e considerando o crescimento da irrigação no Brasil, o IBGE, assim como a Conab, já manifestou preocupações em aperfeiçoar a metodologia de levantamento de dados primários da irrigação no Brasil

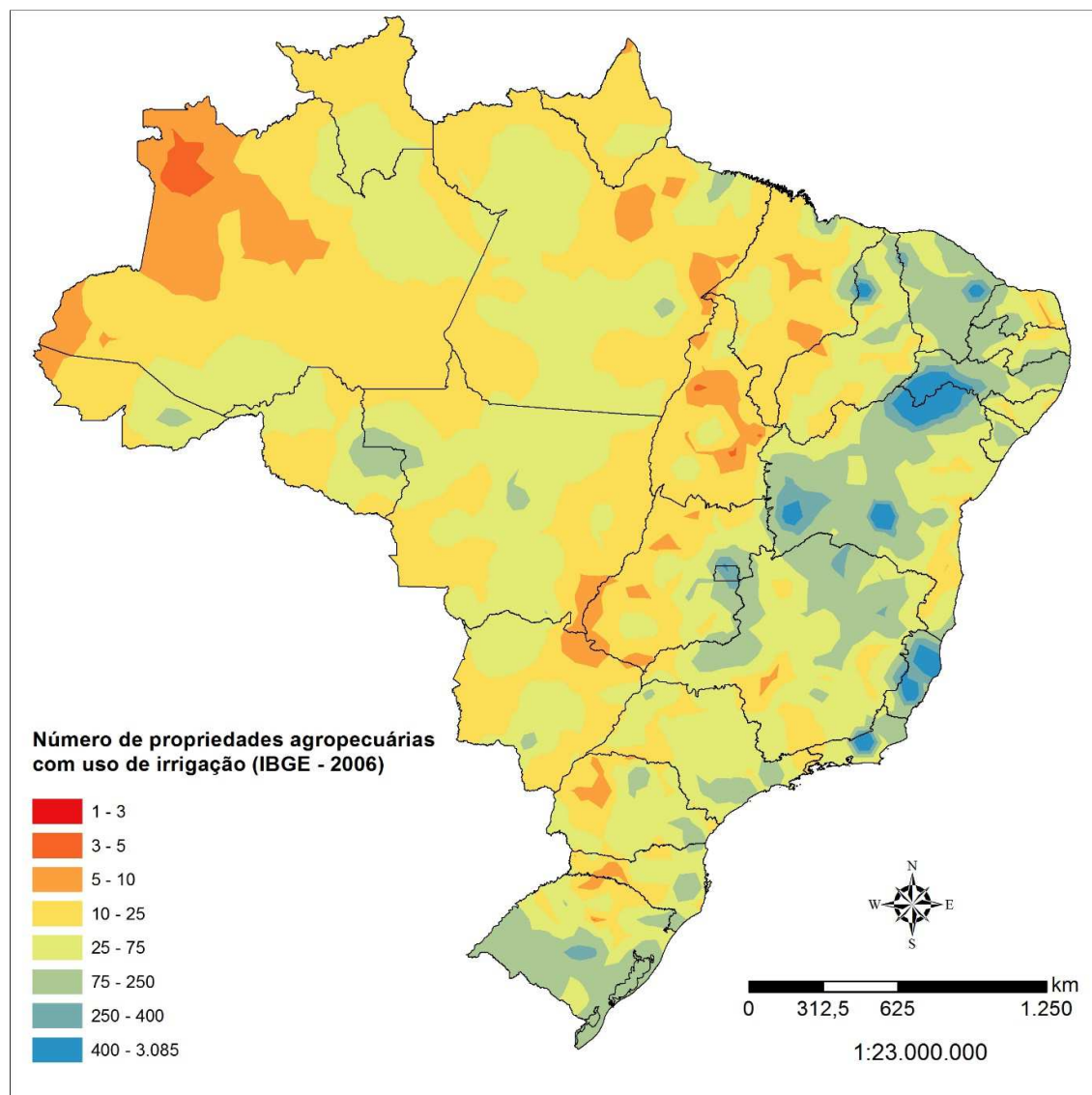


Figura 7. Mapeamento da distribuição de áreas com irrigação no Brasil, usando o número de estabelecimentos agropecuários com irrigação por município do IBGE (2006)

Já o mapeamento da estimativa da área irrigada da ANA (2012)¹⁰ é baseado nos dados do Censo Agropecuário 2006 do IBGE, nas projeções do Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT) 2002-2023 e em cinco planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas interestaduais (ANA, 2013). Estima-se a área irrigada para 2012 em 5,8 milhões de hectares.

¹⁰ Informações fornecidas por e-mail pela SENIR.

Nesse caso específico, aparece claramente o crescimento da irrigação na região Centro-Oeste, parte do estado de Roraima, a expansão no oeste da Bahia, sobretudo na região de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, além de importante crescimento nas regiões oeste de Minas Gerais, Triângulo Mineiro e sul de Goiás. Aparecem, no mesmo mapa, as áreas de irrigação no estado de São Paulo não indicadas no mapa com os dados do IBGE. A situação da irrigação nos estados do Espírito Santo e do Rio Janeiro e no norte da Bahia praticamente não muda, e há um crescimento nas regiões sul do Maranhão e Piauí, comparando-se a Figura 7.

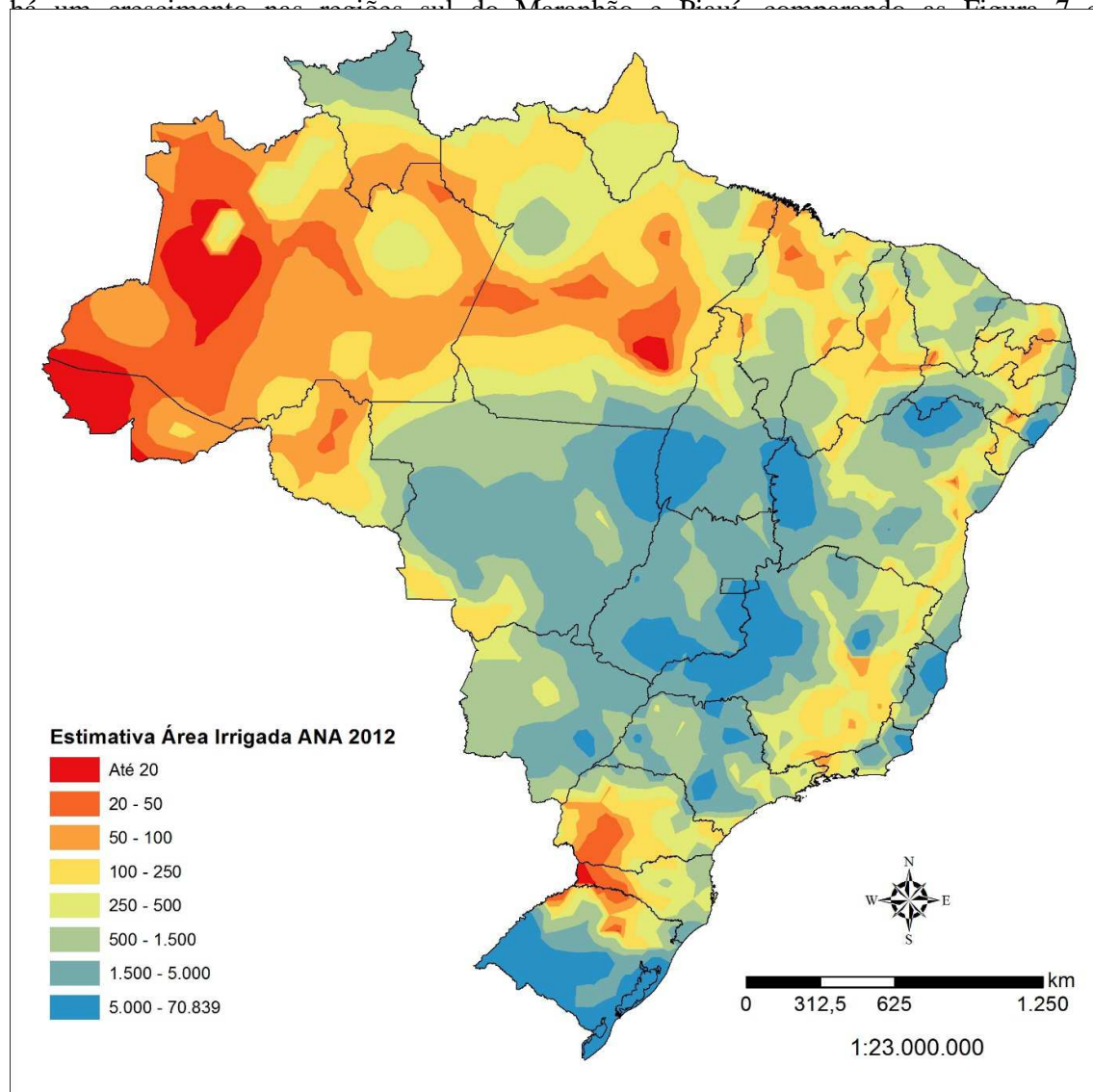


Figura 8. A Figura 9 é uma combinação dos pontos de outorga da ANA (2015a), da distribuição espacial dos pivôs centrais no Brasil e da estimativa da área irrigada da ANA (2012)¹¹. A importância deste mapa é que, com ele, fica claro “o caminho” da irrigação no

¹¹ Informações fornecidas por e-mail pela SENIR.

Brasil. É necessário a partir daí, e isso será discutido mais à frente, verificar se, nessa distribuição da irrigação, há conflito ou não com o abastecimento de água dos municípios brasileiros. Os pontos em vermelho representam as outorgas da ANA e os pontos pretos, a distribuição dos pivôs centrais no Brasil.

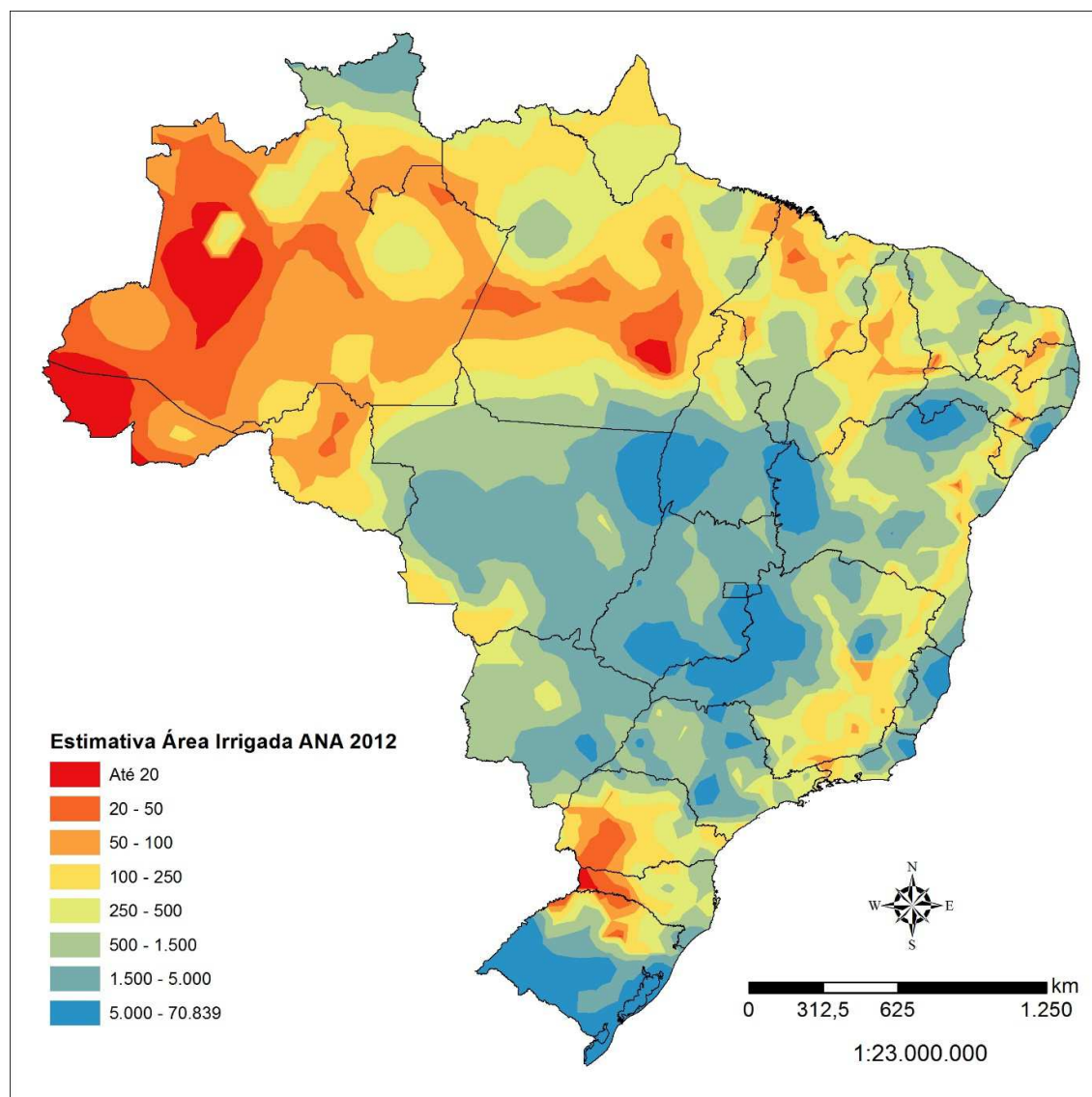


Figura 8. Mapeamento da estimativa da área irrigada (hectares) no Brasil segundo a ANA (2012)¹²

¹² Informações fornecidas por e-mail pela SENIR.

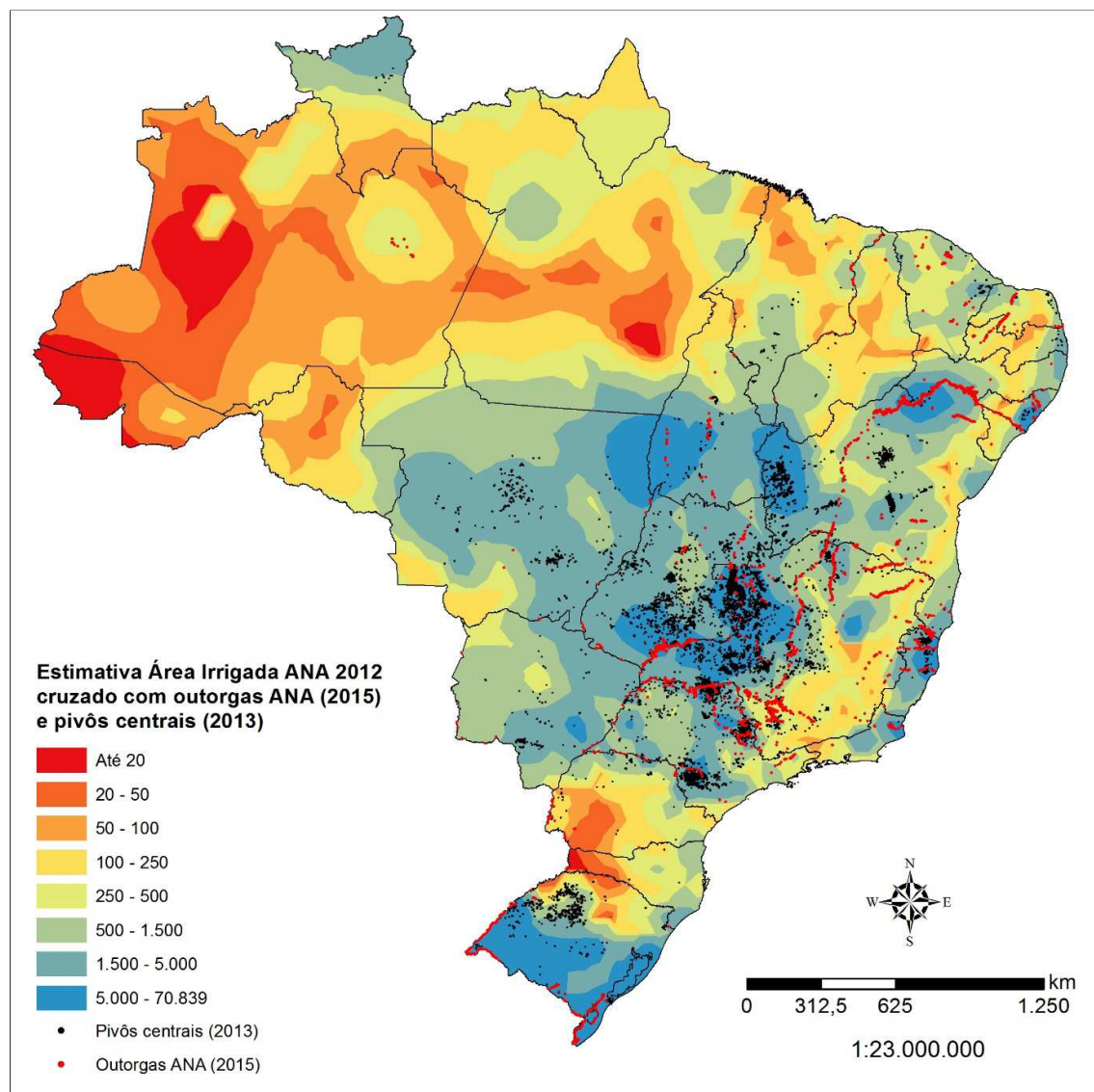


Figura 9. Mapeamento da estimativa da área irrigada (hectares) de acordo com a ANA (2012)¹³ cruzado com os dados de outorga da ANA (2015a) e o levantamento de pivôs centrais da Embrapa (2013)

7. Eficiência do uso de água e energia nos diferentes sistemas de irrigação

Vários fatores são analisados para a escolha de um ou outro sistema de irrigação; dentre eles, estão a cultura, a topografia do terreno, o tipo de solo, o clima da região, a disponibilidade de mão de obra e recursos financeiros, assim como a quantidade e a qualidade da água (BERNARDO, 1989).

¹³ Informações fornecidas por e-mail pela SENIR.

Sendo assim, é válido apresentar as características de alguns sistemas de irrigação mais populares no Brasil (

Tabela 6):

Tabela 6 Vantagens e desvantagens dos sistemas de irrigação

Sistema de irrigação	Vantagens	Desvantagens
Inundação	Baixo custo operacional, baixo consumo de energia, alta adaptabilidade a diversos tipos de solo e culturas, possibilidade de utilização de água com sólidos em suspensão (ANDRADE, 2001)	Impossibilidade de uso em solos com alta capacidade de infiltração; os parâmetros de dimensionamento apresentam grande variabilidade espacial; requer frequentes reavaliações para assegurar desempenho satisfatório, além de possuir baixa eficiência no uso de água (BERNARDO, 1989)
Aspersão convencional	Alta adaptabilidade às diversas culturas e aos tipos de solo e relevo	Alto custo operacional; demanda de boa infraestrutura para distribuição de água; alto consumo de energia (GOMES, 2013); uniformidade da distribuição de água é muito afetada pelo vento; as altas temperaturas afetam a perda de água por evaporação (BERNARDO, 1989)
Localizada	Eficiência no uso da água (BERNARDO, 1989); maior uniformidade de aplicação de água (GOMES, 2013)	Alto custo de instalação e manutenção (GOMES, 2013)

A Tabela 7 mostra diferentes sistemas de irrigação com suas respectivas eficiências de irrigação (Ei). A Ei é a razão entre a água efetivamente usada pela cultura e a quantidade

retirada da fonte (BERNARDO, 1989). Sendo assim, quanto menor a perda de água devido a evapotranspiração, escoamento superficial, deriva e drenagem profunda, maior é a E_i daquele sistema.

Os sistemas de irrigação localizado, por gotejamento e por microaspersão aparecem como as tecnologias mais eficientes no consumo de água, enquanto os sistemas de irrigação por superfície, por inundação e por sulcos de infiltração são os mais ineficientes.

Tabela 7 Eficiência de irrigação dos diferentes sistemas

Sistema de irrigação	E_i (%)
Inundação	30-75
Sulcos de infiltração	40-60
Aspersão convencional	70-80
Pivô central	80-90
Gotejamento e microaspersão	80-95

Fonte: LIMA, FERREIRA & CHRISTOFIDIS (2014); (PIRES, SAKAI, *et al.*, 1999)

Outros pontos relevantes dos sistemas de irrigação são a necessidade de mão de obra e o consumo de energia. A Tabela 8 mostra valores referentes ao custo de cada sistema, ao consumo de energia e à necessidade de mão de obra. Os valores mostrados para o consumo de energia consideram uma altura de recalque (desnível entre o nível dinâmico da captação e o bocal de sucção da bomba) entre 5 e 50 m (MAROUELLI e SILVA, 2015).

Tabela 8 Custo, consumo de energia e mão de obra para sistemas de irrigação

Sistema	Custo (US\$/ha) ¹⁴	Consumo de energia (kWh/mm/ha)	Mão de obra (h/ha/irrigação)
Convencional portátil	245,70-491,40	3,0-6,0	1,5-3,0
Convencional permanente	737,10-1.228,50	3,0-6,0	0,2-0,5
Autopropelido	491,40-737,10	6,0-9,0	0,5-1,0
Pivô central	491,40-858,95	2,0-6,0	0,1-0,7
Gotejamento	737,10-1.474,20	1,0- 4,0	0,1-0,3

Fonte: adaptado de MAROUELLI & SILVA (1998) *apud* MAROUELLI & SILVA (2015)

¹⁴ Preço do dólar em 16 de fevereiro de 2016 – R\$ 4,07.

8. Consumo de energia no setor de irrigação

Além do consumo de água, os sistemas de irrigação demandam energia para seu funcionamento. Esta energia é mais comumente suprida por fonte elétrica, mas o diesel também é uma alternativa. O custo da energia elétrica aparece, portanto, como fator relevante para o produtor quando existe a necessidade de irrigação na sua propriedade.

A ANEEL publica os dados de consumo de energia elétrica, tarifa e receita gerada por todos os setores da economia brasileira. A Tabela 9 mostra estas informações para o setor de irrigação.

Tabela 9 Consumo, tarifa e receita de energia elétrica no setor de irrigação

Ano	Consumo de energia elétrica	Unidades consumidoras	Tarifa média de fornecimento	Tarifa média de fornecimento com tributos	Receita de fornecimento de energia elétrica	Receita de fornecimento de energia elétrica com tributos	Participação de irrigação no consumo de energia total
	MWh	Nº(R\$).....				%
2003	2.404.551	340.205	91,41	98,91	219.795.624,55	237.845.584,63	0,90
2004	2.633.514	606.598	110,14	118,36	290.065.245,63	311.695.510,32	0,99
2005	2.813.281	407.381	123,67	135,68	347.921.603,03	381.707.612,79	1,11
2006	2.839.414	454.818	133,32	149,60	378.558.802,86	424.772.626,86	1,13
2007	3.602.343	523.691	134,42	151,47	484.228.834,86	545.664.691,88	1,37
2008	3.794.894	519.346	137,91	154,55	523.350.758,48	586.496.167,48	1,36
2009	3.329.339	557.799	153,97	171,11	512.628.084,80	569.693.543,95	1,16
2010	4.100.788	620.327	142,38	161,37	583.870.158,50	661.761.819,90	1,36
2011	4.106.475	685.959	155,01	177,55	636.556.356,58	729.103.212,09	1,32
2012	5.009.293	761.666	157,99	179,81	791.393.235,85	900.724.454,77	1,58
2013	5.244.826	865.794	142,40	161,19	746.866.679,22	845.420.411,15	1,59
2014	5.511.228	990.184	171,49	193,77	945.094.279,64	1.067.898.333,31	1,60
2015	5.068.577	1.055.441	248,95	288,48	1.261.813.426,50	1.462.163.378,33	1,60

Fonte: (ANEEL, 2015) consulta em Fevereiro de 2016

O consumo de energia elétrica é crescente no setor desde 2003, sendo que, entre 2013 e 2014, este crescimento foi de 5%. Porém, no mesmo período, a tarifa de consumo apresentou um aumento de 20%.

Ainda assim, quando tem a sua tarifa comparada com as de outras classes de consumo, o setor de irrigação apresenta uma vantagem de custo considerável, que pode ser atribuída, também, à bandeira verde. No ano de 2014, por exemplo, a tarifa média para a indústria foi de R\$ 335,65/MWh, enquanto, para a classe de irrigantes, o valor médio foi de R\$ 193,77/MWh (ANEEL, 2015).

Tendo em vista o cenário de contínuo aumento da área irrigada no Brasil, a ABIMAQ, com base na demanda por projetos de irrigação, que geralmente levam um ano para serem implantados, projetou um cenário de expansão anual de área irrigada e calculou a potência necessária para garantir o funcionamento destes sistemas em cada estado da Federação. A expansão prevista iria demandar um investimento total anual de R\$ 786 milhões, contando, inclusive, com o investimento em rede de distribuição de energia elétrica. A Tabela 10 mostra a área de expansão de irrigação esperada e a potência necessária para implantação em cada estado.

Tabela 10 Expansão anual de área irrigada e potência estimada necessária

Região	Estado	Demanda anual estimada (ha)	Potência estimada necessária (MW)
CENTRO-OESTE	MT	42.000	58,8
	GO	58.000	81,2
	DF	2.000	2,8
	MS	2.000	2,8
SUDESTE	MG	54.000	75,6
	SP	31.000	43,4
	RJ	6.000	8,4
	ES	11.000	15,4
SUL	RS	90.000	126,0
	PR	27.000	37,8
	SC	11.000	15,4
NORDESTE	BA	62.000	86,8
	PE	14.000	19,6

	SE	3.000	4,2
	AL	6.000	8,4
	PB	3.000	4,2
	RN	10.000	14,0
	MA	9.000	12,6
	PI	9.000	12,6
	CE	16.000	22,4
NORTE	TO	11.000	15,4
	PA	6.000	8,4
	RO	6.000	8,4
	AM	4.000	5,6
	AC	2.000	2,8
	AP	2.000	2,8
	RR	3.000	4,2
Total		500.000	700,0

Fonte: ABIMAQ (2015)¹⁵

Sendo assim, estima-se que a área irrigada cresça 500.000 ha no Brasil por ano, o que demanda um adicional de 700 MW de potência para geração de energia elétrica, necessária para suportar o funcionamento do maquinário. A expansão de área seria distribuída em todo território nacional, porém Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás e Minas Gerais são os estados com maior potencial de expansão. O Brasil produz, hoje, 590.479 GWh de energia, pelas fontes hidrelétrica, de gás natural, de biomassa, de derivados do petróleo, nuclear, de carvão vapor, eólica e outras, segundo o Balanço Energético Nacional de 2015, feito pela EPE (EPE, 2015). Portanto, a demanda de energia para irrigação não é um conflito relevante para o consumo de energia gerada. O importante é saber se, onde há maior demanda, há, também, linhas de transmissão e infraestrutura necessárias para que essa energia chegue no campo. Resta saber se, atualmente, o setor de máquinas e equipamentos tem como atender esse possível cenário. Um estudo mais detalhado deve ser feito em função da expansão da área irrigada proposta e da capacidade de atendimento da expansão pelo setor industrial.

Com base nas projeções de expansão de áreas irrigadas e o consequente aumento da demanda de energia, é necessário atentar para o aumento na demanda de água.

¹⁵ Informações fornecidas por e-mail.

9. Estimativa de demanda de água para irrigação no Brasil

Estimar a quantidade de água e energia voltada para a irrigação em todo o território brasileiro não é uma tarefa simples, dada a grande diversidade de temperatura, solo, aptidão de culturas e infraestrutura disponível. Por isso, para estimar o consumo de água dispendida pelo setor de irrigação no Brasil, algumas premissas foram adotadas:

- O levantamento da ANA em relação às outorgas dos rios federais entre 2001 e 2015 foi utilizado como base para determinar a área total irrigada no Brasil. Estes dados trazem informações sobre as culturas irrigadas e suas respectivas áreas. Sendo assim, as áreas irrigadas para cada cultura foram determinadas com base nestes dados de outorga.
- As culturas consideradas para esta etapa do estudo são aqueles com a maior área irrigada segundo os dados da ANA. São elas: arroz, cana-de-açúcar, milho, café, feijão e soja.
- O trigo não foi incluído entre as dez culturas com maior área irrigada no Brasil segundo a base de dados de outorgas de água para rios federais, porém, dada a sua importância como elemento básico para a segurança alimentar, a cultura foi inserida na análise.
- A necessidade de irrigação foi calculada para o período de um ano, ou seja, considera a quantidade de safras de cada cultura dentro deste período.
- A demanda de irrigação de determinada cultura pode variar drasticamente conforme o solo e o regime de chuvas no qual ela se encontra cultivada. Para este estudo, foi utilizado um número genérico para o Brasil (Tabela 11).

Metodologia

A ANA disponibiliza dados que são baseados nas outorgas de água de corpos d'água federais. Essa planilha apresenta informações sobre outorgas de água para diversos usos, inclusive de irrigação, de corpos d'água federais emitidas desde 2001. A plataforma é pública e pode ser acessada no portal da ANA¹⁶.

¹⁶ Link para os dados de outorga dos rios federais:

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/geout.aspx>.

Para determinar a área irrigada com base nesses dados, foram excluídas duplicidades, como renovação de outorga na mesma propriedade, por exemplo. Com isso, foi possível identificar que arroz, cana-de-açúcar, milho, café, feijão, banana e soja são as culturas com maior área irrigada. A cultura de banana não foi incluída na análise, pois o objetivo é estimar o impacto da irrigação no aumento da produção em cenário de aumento de área irrigada. Uma vez que a fruticultura já é amplamente irrigada no Brasil, estimar um cenário de aumento de produção para esses cultivos pautada na irrigação poderia trazer um número superestimado de produção.

Determinadas as culturas, foi estimada a proporção de área irrigada para cada uma delas no montante de 5,8 milhões de hectares irrigados, segundo a ANA (2015b), considerado como o cenário atual de área irrigada no Brasil. Este primeiro cenário foi denominado cenário-base, já que será a referência para o cálculo de estimativas de área irrigada e aumento da produção.

Sendo assim, essa proporção do cenário-base foi mantida e aplicada em três cenários a fim de estimar a demanda de água. São eles:

- Cenário 25%: aumento da produção caso a área irrigada no Brasil seja 25% superior à atual;
- Cenário 50%: aumento da produção caso a área irrigada no Brasil seja 50% superior à atual;
- Cenário 100%: aumento da produção caso a área irrigada no Brasil seja 100% superior à atual.

As demandas de irrigação de cada uma das culturas foram extraídas da literatura referente ao tema. Os dados são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 Demanda de água das culturas analisadas no estudo

Cultura	Demanda de água em um ano (m³/ha)
Cana-de-açúcar	7.100 ^{17 18 19}
Arroz	7.500 ²⁰
Milho	4.800 ²¹
Café	2.600 ²²

¹⁷ (BERNARDO, 2006)

¹⁸ (SILVA, PIRES, *et al.*, 2012)

¹⁹ (SILVA, ARANTES, *et al.*, 2014)

²⁰ Disponível em: <http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>.

²¹ Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/irrigafacil/>.

²² Disponível em: <http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>.

Feijão	5.200 ²³
Soja	2.824 ²⁴
Trigo	4.620 ²⁵

Resultados

As tabelas a seguir (Tabela 12 a Tabela 15) mostram a estimativa de área irrigada e a demanda de água para o cenário-base (5,8 milhões ha) e para os cenários de 25%, 50% e 100% de expansão de área irrigada em relação ao cenário-base.

Tabela 12 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário-base (5,8 milhões ha)

Culturas	Área irrigada segundo outorgas (ANA, 2015b) (ha)	Percentual irrigado de cada cultura (%)	Estimativa de área irrigada aplicando a % de cada cultura (ha)	Demanda de água em um ano (m ³ /ano)	Demanda de água em um ano (m ³ /s)
Arroz	316.275	27,12	1.572.845	11.796.337.706	374
Cana-de-açúcar	294.172	25,22	1.462.926	10.386.775.650	329
Milho	116.776	10,01	580.730	2.787.506.583	88
Feijão	78.278	6,71	389.278	1.012.124.967	32
Café	69.301	5,94	344.635	1.792.106.910	57
Soja	65.674	5,63	326.598	922.314.912	29
Trigo	1.741	0,15	8.658	40.000.168	1
Total	942.217		4.685.670	28.737.166.896	910

O total de área irrigada foi calculado somente para as culturas indicadas. É importante notar que o total da demanda de água no cenário-base é muito próximo da vazão consumida estimada pela ANA, de 836 m³/s.

Tabela 13 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário 25% (7,2 milhões ha)

Culturas	Estimativa de área irrigada (ha)	Demanda de água (m ³ /ano)	Demanda de água em um ano (m ³ /s)
Arroz	1.952.497	14.643.729.567	464
Cana-de-açúcar	1.816.046	12.893.928.394	409

²³ Disponível em: <http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>.

²⁴ (LIMA, FERREIRA e CHRISTOFIDIS, 1999)

²⁵ Disponível em: <http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>.

Milho	720.906	3.460.352.999	110
Feijão	483.242	1.256.430.994	40
Café	427.823	2.224.684.440	71
Soja	405.432	1.144.942.649	36
Trigo	10.747	49.655.381	2
Total	5.816.693	35.673.724.424	1.132

Nesse cenário de aumento de 25%, o incremento da área irrigada para as culturas analisadas seria de 1.130.949 ha. É importante notar que o total da demanda de água é próximo da vazão de retirada identificada pela ANA, de 1.270 m³/s. Segundo a projeção do setor privado, este aumento de área irrigada seria alcançado em pouco mais de dois anos.

Tabela 14 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário 50% (8,7 milhões ha)

Culturas	Estimativa de área irrigada (ha)	Demanda de água (m³/ano)	Demanda de água (m³/s)
Arroz	2.359.267	17.694.506.560	561
Cana-de-açúcar	2.194.389	28.527.059.885	905
Milho	871.095	4.181.259.874	133
Feijão	583.918	1.518.187.451	48
Café	516.953	2.688.160.365	85
Soja	489.898	1.383.472.368	44
Trigo	12.987	60.000.252	2
Total	7.028.507	56.052.646.755	1.778

Com aumento de 50% na área irrigada, a vazão de retirada seria de 61%. Atualmente, é de 54%. Este aumento começa a indicar restrições na expansão de irrigação em relação aos consumos industrial e humano, se comparado com os dados atuais. O aumento de 2,6 milhões de hectares irrigados poderá ser alcançado em 4,6 anos, segundo as expectativas do setor privado. Resta saber se há condições industriais de atender essa projeção.

Tabela 15 Estimativa de área irrigada e demanda de água para o cenário 100% (11, 6 milhões ha)

Culturas	Estimativa de área irrigada (ha)	Demanda de água (m³/ano)	Demanda de água (m³/s)
Arroz	3.145.690	23.592.675.413	748

Cana-de-açúcar	2.925.852	38.036.079.846	1.206
Milho	1.161.461	5.575.013.166	177
Feijão	778.557	2.024.249.934	64
Café	689.271	3.584.213.820	114
Soja	653.197	1.844.629.824	58
Trigo	17.316	80.000.336	3
Total	9.371.344	74.736.862.339	2.370

No cenário de aumento de 100% da área irrigada, alcançam-se 9 milhões ha, ou seja, 3.343 milhões ha irrigados a mais do que o estimado hoje. Neste cenário, a vazão de retirada é maior do que toda a vazão de retirada do Brasil atualmente.

Além de se apresentarem como as maiores áreas irrigadas segundo os dados de outorga de corpos d'água federais, as culturas selecionadas são representativas na produção agrícola brasileira. Somente a soja e o milho representaram em 2014, aproximadamente, 60% da área plantada no País, com 39,7% e 20,7%, respectivamente. O trigo, apesar de relevante na alimentação do brasileiro, representa somente 3% da produção agrícola brasileira. Além de apresentar baixa demanda de água, a área de trigo considerada no estudo é pequena, o que justifica a baixa participação desta cultura no consumo de água em todos os cenários. Cana, arroz, feijão e café foram responsáveis por 13,7%, 3,0%, 2,6% e 4,4 % da área plantada, respectivamente (IBGE, 2015). No caso dos grãos, a cultura de arroz aparece como a maior consumidora de água dentre as outras culturas, em todos os cenários, como já era esperado pelo seu amplo cultivo em sistemas inundados e pela sua grande demanda de água, de 7.500 m³/ha/ano. Além disso, o arroz é a cultura com maior área irrigada segundo os dados de outorga da ANA (2015), com 316.275 ha (Tabela 12).

Apesar de não ser parte da análise, é importante ressaltar que a fruticultura e o cultivo de hortícolas são grandes consumidores de água na agricultura, já que necessitam de mais água durante as fases do seu desenvolvimento e, por isso, demandam irrigação mais frequente. Além disso, as hortaliças são alimentos essenciais na mesa do brasileiro e são, em grande parte, produzidas localmente e em pequena ou média escala. Essas podem ser as justificativas para que este grupo não tenha aparecido como uma das maiores áreas irrigadas segundo os dados de outorga da ANA, que mostram somente outorgas de rios federais.

Além disso, vale destacar a relevância da fruticultura para a economia e o desenvolvimento dos estados do Nordeste do Brasil, onde se encontra a maioria do cultivo de frutas como melancia, banana, melão e abacaxi. Somente os Valores de Produção Brutos da banana e da laranja representam 4,4% do total do valor da produção agrícola brasileira (IBGE, 2015).

10. Potencial de produção agrícola devido a irrigação e emissão de CO₂

Deve-se ter em vista que, mesmo com grande disponibilidade hídrica, o Brasil já apresenta regiões onde o abastecimento de água para a população está comprometido. Apesar de extremamente relevante para a produção de alimentos, o uso da água na agricultura para irrigação não é prioridade na distribuição deste recurso. Porém, é inegável o quanto o uso da irrigação interfere na produtividade das culturas agrícolas. A Tabela 16 mostra a produtividade em sequeiro e irrigado de algumas culturas, inclusive as de interesse deste estudo.

No cenário mundial, 44% do total da produção agrícola provêm de apenas 18% da área irrigada, e os demais 56% da produção são provenientes da agricultura sem irrigação e ocupam 82% da área colhida. No Brasil, apenas cerca de 5% da área colhida são irrigados e correspondem a 16% do total da produção de alimentos (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2011). Porém, segundo o levantamento sistemático da produção agrícola do Brasil do IBGE (LSPA, 2015), se consideradas somente as culturas de arroz e feijão como irrigadas, o percentual da produção agrícola nacional é claramente caracterizado pela agricultura de sequeiro (cultivado principalmente no verão), o que representa mais de 95% da produção de grãos no País. No que diz respeito às *commodities* agrícolas, o peso maior da produção é evidentemente creditado nas culturas de sequeiro, apesar de haver uma clara diferença entre a produtividade das lavouras de sequeiro e irrigadas, como é mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 Produtividade em sequeiro e irrigado de culturas de interesse econômico

Cultura	Produção (t/ha)	
	Sequeiro	Irigado

Soja	3,0 ²⁶	5,0 ²⁷
Milho	5,0 ²⁸	9,0 ²⁹ a 10,0 ³⁰
Arroz	2 a 4 ³¹	5,5 a 7,0 ³² (Sul do País)
Feijão	1,0 ³³	2,4 ³⁴ a 3,0 ³⁵
Trigo	3,0 ³⁶	7,0 ³⁷
Cana	70,0 a 120,0 ³⁸	170,0 ³⁹
Café	1,4 (23,29 sacas/ha) ⁴⁰	2,8 a 3,6 (46,2 a 59,8 sacas/ha) ⁴¹

Tendo em vista o aumento da produtividade por conta da irrigação, como mostra a tabela 16 e a produção das culturas de interesse deste estudo no ano de 2014 (IBGE, 2015), foi dimensionado o aumento da produção destas culturas em diferentes cenários de aumento de área irrigada.

Metodologia

- Foram usadas as mesmas proporções de área irrigada mostradas no item 9 (Estimativa de demanda de água para irrigação no Brasil) para o cenário-base. As taxas de produtividade foram aplicadas à área irrigada estimada, mostrando o aumento de produção devido ao uso de irrigação (Tabela 16);

²⁶ Disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_gaos_setembro_2015.pdf.

²⁷ Disponível em: http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/11/TDE-2015-06-26T125825Z-6489/Publico/BARZOTTO,%20FLAVIA.pdf.

²⁸ Disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_gaos_setembro_2015.pdf.

²⁹ Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117102/1/Determinacao-produtividade.pdf>.

³⁰ Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/45606/1/Cultura-milho.pdf>.

³¹ Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltas/>.

³² Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap01.htm>.

³³ Disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_gaos_setembro_2015.pdf.

³⁴ Disponível em: <http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/online/zip/COT2011173.pdf>.

³⁵ Disponível em: <http://sistemafaeg.com.br/custo-de-producao-feijao-irrigado>.

³⁶ Disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_gaos_setembro_2015.pdf.

³⁷ Disponível em: <http://www.renorbio.org.br/porta/noticias/embrapa-lanca-cultivares-de-trigo-irrigado.htm>.

³⁸ (DOORENBOS e KASSAM, 1994)

³⁹ (BERNARDO, 2006)

⁴⁰ Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Relatorio_de_atividades_2014_-_2-3-2015.pdf.

⁴¹ Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio4/p446.pdf.

- O mesmo método foi repetido para as áreas estimadas nos cenários de 25%, 50% e 100%;
- A relação entre os aumentos da produção de cada cultura devido à irrigação e à produção das mesmas em 2014 foi feita usando os resultados da metodologia aplicada aos cenários e informações do relatório de Produção Agrícola Municipal do IBGE (IBGE, 2015);
- Com base na faixa de aumento de produção apresentada na Tabela 16, também foi calculada a necessidade de adubação nitrogenada (nesse caso, determinada por meio de ureia) para cada cultura e a respectiva emissão de CO₂ resultante desta adubação para cada uma das culturas.

Resultados

Para fins de comparação, a Tabela 17 mostra a produção brasileira total de cada cultura estudada em 2014.

Tabela 17 Produção brasileira em 2014

Culturas	Produção em 2014 (t)
Arroz	12.175.602
Cana	737.155.724
Milho	79.877.714
Feijão	3.294.586
Café	2.804.070
Soja	86.760.520
Trigo	6.261.895

Fonte: (IBGE, 2015)

As tabelas a seguir (Tabela 18 a Tabela 21) mostram o aumento da produção das culturas escolhidas em função do aumento da área irrigada. É possível perceber que, somente com o aumento de 25% da área irrigada atual, a produção de arroz alcançaria 11,7 milhões de toneladas, o que é pouco menos que o total produzido no Brasil em 2014 para a mesma cultura, como mostra a Tabela 17. No cenário de 50% de expansão de área irrigada, somente a produção de arroz provinda de sistemas de irrigação ultrapassaria o total produzido pelo Brasil em 2014.

É válido ressaltar que, apesar de o arroz ser amplamente cultivado em sistemas de sequeiro no Brasil, a comparação de aumento de produção apresentada nas tabelas a seguir considera que este aumento se deve à mudança do cultivo de sequeiro para irrigado (Tabela 18).

As culturas de feijão e café também apresentam aumentos de produção significativos já no cenário 25%, conforme a Tabela 18. A produção de feijão atingiria quase metade da produção total de 2014; o mesmo ocorre com a cultura de café.

As culturas que já apresentam alta produtividade no Brasil, como milho e soja, devido ao uso de tecnologias como sementes transgênicas e adubação, não apresentam ganhos de produtividade significativos quando comparadas à produção nacional. Isso porque o ganho de produtividade em relação às décadas anteriores ainda é crescente sem a utilização da irrigação. Nesses casos, o ganho de produtividade é devido à intensificação tecnológica e à eficiência no uso da terra, sendo introduzidos sistemas de plantio direto, integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta. Nestes sistemas, o ganho de produtividade, além de estar associado à intensificação tecnológica, é, também, forte indutor de boas práticas agrícolas. O reflexo na produção agrícola nacional é muito claro. Nos últimos cinco anos, o Brasil atingiu 208 milhões de toneladas de grãos, praticamente com a mesma área de agricultura de sequeiro. É preciso considerar que esse impacto na produtividade da agricultura de sequeiro não implicou aumento de desmatamento de maneira significativa como ocorria em 2005 (a taxa de desmatamento caiu de 25 mil km²/ano para menos de 5 mil km²/ano em 2015).

Tabela 18 Estimativa de área irrigada no cenário-base (5,8 milhões ha) e impacto da irrigação na produção

Cultura	Hectares irrigados (ANA, 2015b)	Percentual irrigado de cada cultura (%)	Estimativa de área irrigada (milhões ha)	Estimativa de produção irrigada (milhões t)	Impacto da irrigação na produção (%)	Necessidade de ureia (mil t)
Arroz	316.275	27,12	1,57	9,44	78,00%	366,00
Cana-de-açúcar	294.172	25,22	1,46	248,70	34,00%	390,00
Milho	116.776	10,01	0,58	5,23	7,00%	206,00
Feijão	78.278	6,71	0,39	0,47	14,00%	86,00
Café	69.301	5,94	0,34	0,83	29,00%	122,00

Soja	65.674	5,63	0,33	1,63	2,00%	0
Trigo	1.741	0,15	0,01	0,06	0,97%	2,31
Total	942.217		4,69	17,65 (não considerando a cana-de-açúcar)		1.172,31

Tabela 19 Estimativa de produção irrigada no cenário 25% (7,2 milhões ha) e impacto da irrigação na produção

Cultura	Estimativa de área irrigada (milhões ha)	Estimativa de produção irrigada (milhões de t)	Impacto da irrigação na produção (%)	Necessidade de ureia (mil t)
Arroz	1,95	11,71	96%	456,0
Cana-de-açúcar	1,82	308,73	42%	485,0
Milho	0,72	6,49	8%	257,0
Feijão	0,48	0,58	18%	107,0
Café	0,43	1,03	37%	152,0
Soja	0,41	2,03	2%	0
Trigo	0,01	0,08	1%	2,9
Total	5,82	21,91 (não considerando a cana-de-açúcar)		1.459,9

Tabela 20 Estimativa de produção irrigada no cenário 50% (8,7 milhões ha) e impacto da irrigação na produção total

Cultura	Estimativa de área irrigada (milhões ha)	Estimativa de produção irrigada (milhões t)	Impacto da irrigação na produção (%)	Necessidade de ureia (mil t)
Arroz	2,36	14,16	116,00%	550,0
Cana-de-açúcar	2,19	373,05	51,00%	586,0
Milho	0,87	7,84	10,00%	310,0
Feijão	0,58	0,70	21,00%	130,0
Café	0,52	1,24	44,00%	184,0
Soja	0,49	2,45	3,00%	0
Trigo	0,01	0,09	1,45%	3,5
Total	7,03	26,47 (não considerando a cana-de-açúcar)		1.763,5

Tabela 21 Estimativa de produção irrigada no cenário 100% (11,6 milhões ha) e impacto na produção total

Cultura	Estimativa de área irrigada (milhões ha)	Estimativa de produção irrigada (milhões t)	Impacto da irrigação na produção (%)	Necessidade de ureia (mil t)
Arroz	3,15	18,87	155%	734,0
Cana-de-açúcar	2,93	497,39	67%	781,0
Milho	1,16	10,45	13%	413,0
Feijão	0,78	0,93	28%	173,0
Café	0,69	1,65	59%	245,0
Soja	0,65	3,27	4%	0
Trigo	0,02	0,12	2%	4,6
Total	9,37	35,31 (sem cana-de-açúcar)		2.350,6

Assim, com esses estudos de cenários de aumento da área irrigada em 25%, 50% e 100%, verifica-se que se teriam aumentos de 21,91, 26,47 e 35,31 milhões de toneladas de grão. Os maiores impactos em termos percentuais estariam no arroz irrigado e na cana-de-açúcar. O peso da irrigação na produção de grãos seria em torno de 15% em relação à produção total de grãos no Brasil, no cenário mais otimista.

Para atingir essa produção é necessário o aporte de fertilizantes, principalmente os fertilizantes nitrogenados. Nesse caso, a estimativa foi feita somente com a utilização de ureia. A ureia tem um componente de emissão de CO₂ e um componente de emissão de N-N₂O. Assim, a emissão final é calculada com os dois componentes, que são aqueles utilizados no 3º Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa, ou seja, 100 kg de ureia correspondem a 73 kg de CO₂ eq., considerando que a ureia tem 45% de N (ALCARDE *et al.* 1998). O segundo componente seria a transformação de N em N₂O, com fator de conversão de 0,0088. O cálculo final seria, por exemplo, para o milho:

$$= [(356 \text{ kg de ureia} / 1000) * 0,733] + (356 \text{ kg de ureia} * 0,45 * 0,0088 * 298) / 1000]$$

Em que:

- 0,733 = emissão do CO₂ pela ureia;
- 0,45 = porcentagem da N na ureia;
- 0,0088 = fator de conversão de N em N₂O;
- 298 = relação entre N₂O e CO₂ eq.

Nas tabelas a seguir (Tabela 22 e Tabela 23), são apresentadas as conversões da necessidade de ureia por cultura irrigada e sua conversão em CO₂ eq. Em função dos resultados obtidos nas tabelas 18 a 21, são estimadas as emissões por N₂O na forma de CO₂ equivalente para cada cenário estudado.

Tabela 22 Necessidade de ureia e emissão de CO₂ das culturas de interesse do estudo

Cultura	Necessidade de ureia (kg/ha)	Emissão (tCO ₂ eq./ha)
Arroz	233 ⁴²	0,45
Cana-de-açúcar	267 ⁴³	0,51
Milho	356 ⁴⁴	0,68
Feijão	222 ⁴⁵	0,42
Café	355 ⁴⁶	0,68
Soja	0	0
Trigo	267 ⁴⁷	0,51

Tabela 23 Emissão de CO₂ eq. nos diferentes cenários (milhões tCO₂ eq.)

Cultura	Cenário-base	Cenário 25%	Cenário 50%	Cenário 100%
Arroz	0,710	0,880	1,100	1,400
Cana-de-açúcar	0,750	0,930	1,100	1,500
Milho	0,390	0,490	0,600	0,800
Feijão	0,160	0,200	0,200	0,300
Café	0,230	0,290	0,400	0,500
Soja	0	0	0	0
Trigo	0,004	0,005	0,007	0,009
Total	2,3	2,800	3,400	4,500

Apesar de comprovadamente eficiente para o aumento da produção agrícola, a irrigação é uma tecnologia dependente da água, que é um recurso escasso em algumas regiões do Brasil. A demanda deste recurso e seus usos múltiplos devem ser observados para priorizar a alocação do mesmo. Mais da metade dos municípios brasileiros apresentariam algum problema relacionado ao abastecimento de água em 2015, segundo a ANA (2010), o que acaba por gerar conflitos pelo uso da água.

11. Conflito pelo uso de água no Brasil

Para discutir o conflito pelo uso de água no Brasil foram analisados diversos fatores que compõem o complexo sistema de oferta e demanda deste recurso, estando, dentre eles, a

⁴² (VELOSO, BOTELHOS, *et al.*, 2009)

⁴³ (RAU, CANTARELLA, *et al.*, 1996)

⁴⁴ (COELHO, 2006)

⁴⁵ Disponível em:

http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasulMG/calagem_adubacao.htm.

⁴⁶ Disponível em: http://www.cpafrro.embrapa.br/media/arquivos/publicacoes/sp33_cafe.pdf.

⁴⁷ Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/2015inf+tecn+trigo+e+triticale.pdf/205d3919-c572-4410-bc4d-1499b94333ba>.

disponibilidade hídrica, os usos múltiplos de água, a oferta e a demanda de água em diferentes regiões brasileiras.

Para analisar um possível papel da irrigação em áreas de conflito de água, os seguintes dados foram considerados e mapeados:

- i) Classificação estabelecida pela ANA de trechos dos rios federais em 2015 (ANA, 2015c);
- ii) Municípios que, segundo projeção da ANA, até 2025 precisarão de investimentos para atender a demanda urbana de abastecimento de água (ANA, 2010)
- iii) Outorgas de água de corpos d'água federais para irrigação (ANA, 2015b), aqui denominadas “eventos de irrigação”;
- iv) Áreas de expansão de irrigação por pivô (informação do setor privado).

Premissas

- As áreas de expansão de irrigação por pivô são referentes a projetos em fase de aprovação e desenvolvimento do setor privado;
- Definição das áreas de influência dos eventos de irrigação por meio do filtro de Kernel (ver Anexo II).

Resultados

Com os dados disponíveis, foram gerados mapas e tabelas com o objetivo de mostrar quais são as regiões brasileiras que são atingidas, ou que podem ser afetadas, por algum tipo de problema de abastecimento urbano e se os eventos de irrigação e expansão são parte destas áreas.

A Tabela 24 é um extrato que mostra o número de eventos de irrigação em cada município e a situação do manancial que abastece o respectivo município⁴⁸. É possível notar que existem municípios com vários eventos de irrigação e mananciais em situação confortável e excelente, como Juazeiro, e outros municípios, como Parnamirim, em que não existem eventos de irrigação e o manancial está em situação crítica.

⁴⁸ As informações de todos os municípios se encontram no Anexo I.

Tabela 24 Situação dos mananciais e respectivos municípios

Município	UF	Situação do manancial ⁴⁹					Região Kernel	Quantidade eventos de irrigação ⁵⁰
		Excelente	Confortável	Preocupante	Crítica	Muito crítica		
Juazeiro	BA	x	x			x	2	346
Parnamirim	PE				x		2	0
Santa Maria da Boa Vista	PE		x		x	x	2	207
Orocó	PE		x		x	x	2	18
Cândido Sales	BA				x		9	7
Castelândia	GO		x				10	0
João Pinheiro	MG			x			10	88
Brasilândia de Minas	MG		x	x			10	53
Ipameri	GO		x	x			10	52
Campo Alegre de Goiás	GO			x			10	97
Iraí de Minas	MG	x					10	24
Arinos	MG	x	x				10	2

⁴⁹ ANA (2015c).

⁵⁰ ANA (2015b); (EMBRAPA, 2013)

Fortaleza dos Valos	RS	x					16	14
---------------------	----	---	--	--	--	--	----	----

O mapa a seguir mostra os municípios brasileiros onde existe informação, positiva ou não, sobre a situação dos mananciais responsáveis pelo abastecimento. A grande maioria destes municípios está concentrada nos estados de Minas Gerais e Bahia, porém os municípios com mananciais em situação crítica ou muito crítica estão principalmente na Bahia e em Pernambuco, como mostra a Figura 10.

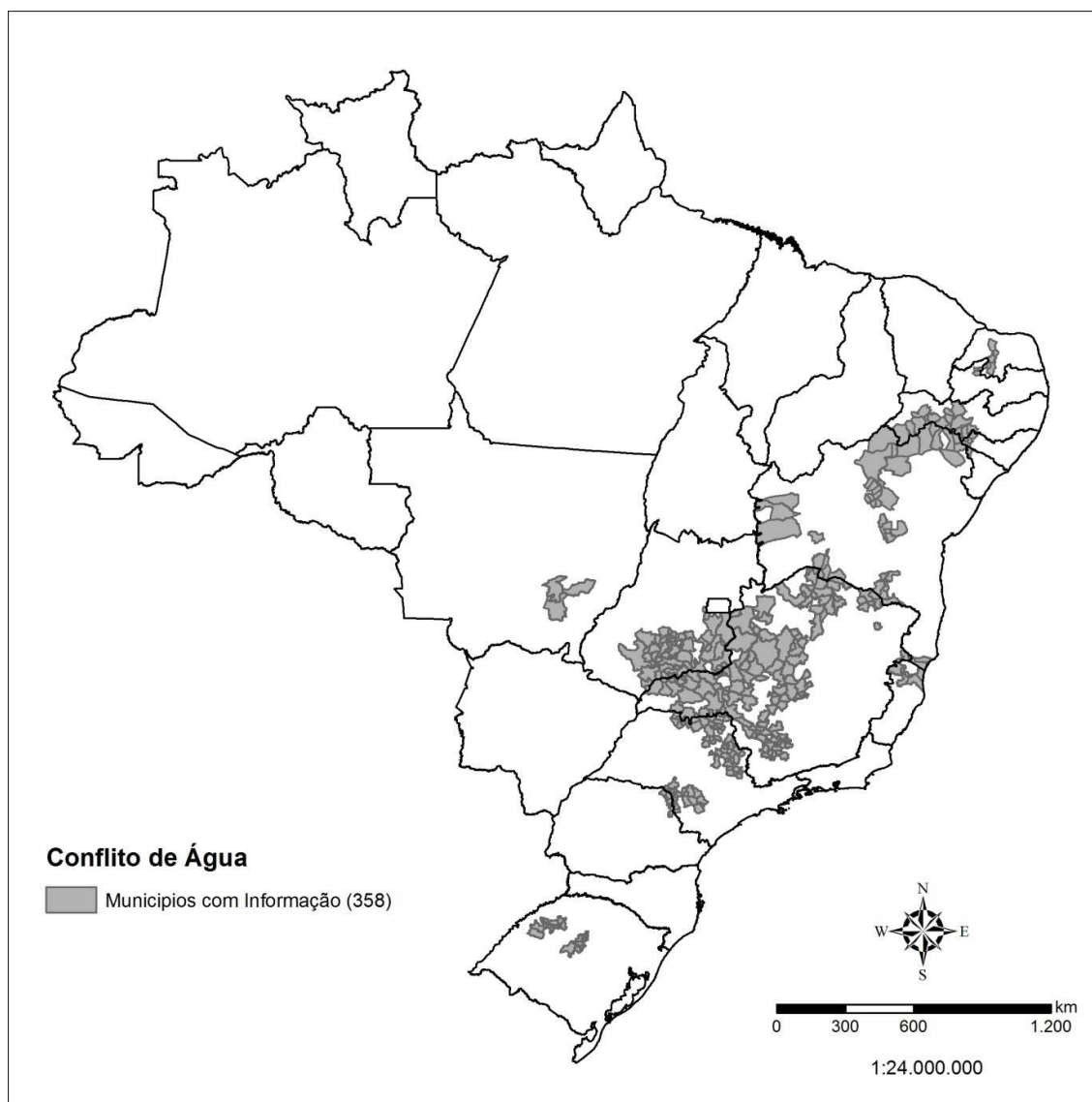


Figura 10. Municípios com informações sobre a situação dos mananciais

A partir dessas informações, foram distribuídos no espaço os eventos de irrigação, independentemente da sua qualidade, ou seja, foram identificados no espaço os pontos com pivô central, aspersão, gotejamento etc. Com os pontos distribuídos, aplicou-se o filtro de Kernel para verificar a área de influência desses eventos. O resultado da aplicação do filtro está ilustrado na Figura 11.

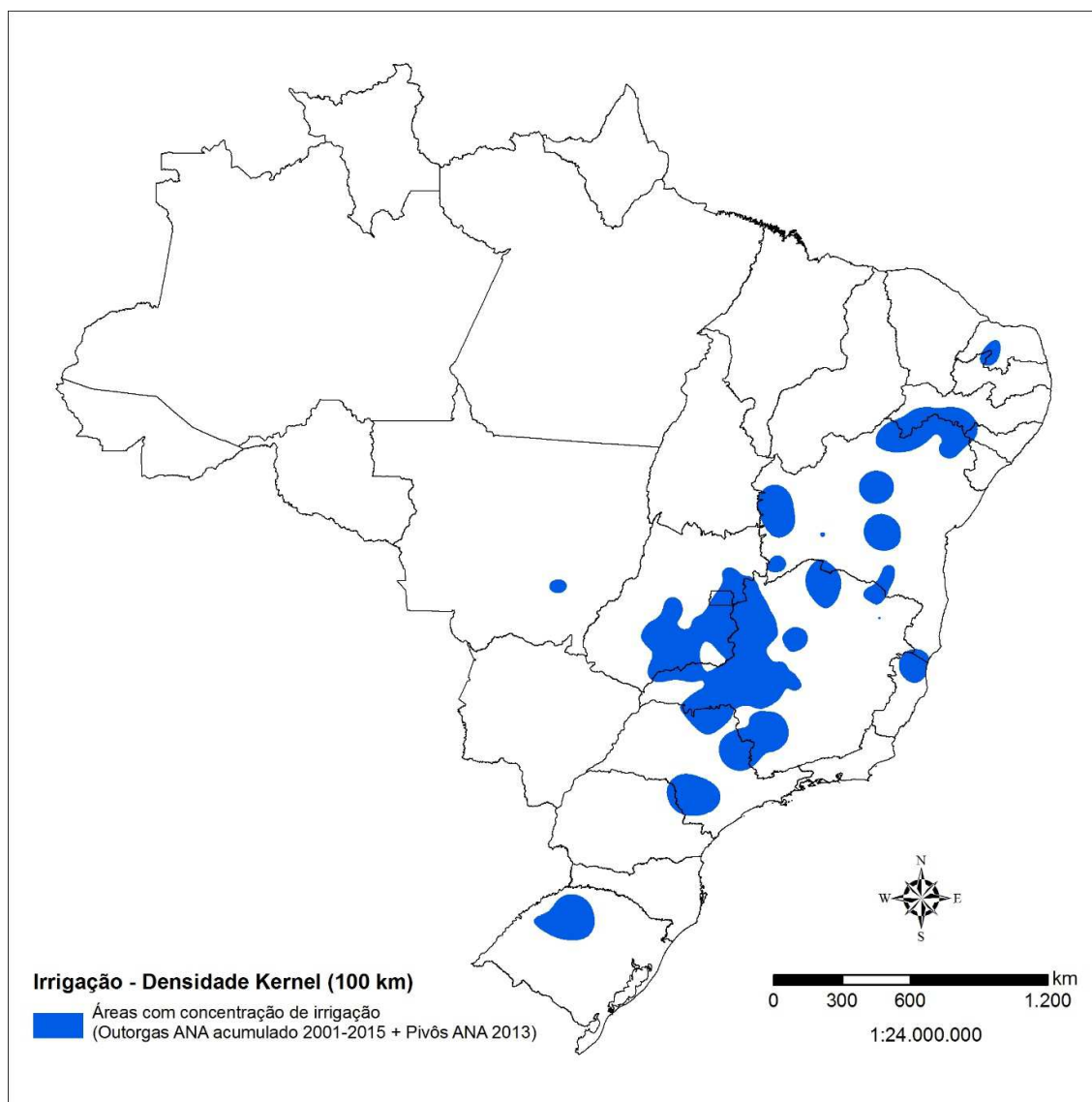


Figura 11 Áreas com concentração de irrigação e sua intensidade, distribuídas no território nacional

Na Figura 12 estão ilustradas quais são as regiões em situação crítica, muito crítica e crítica/muito crítica. Nessas áreas, a expansão da irrigação deve ser vista com muito cuidado, uma vez que certamente haverá conflito com o abastecimento urbano.

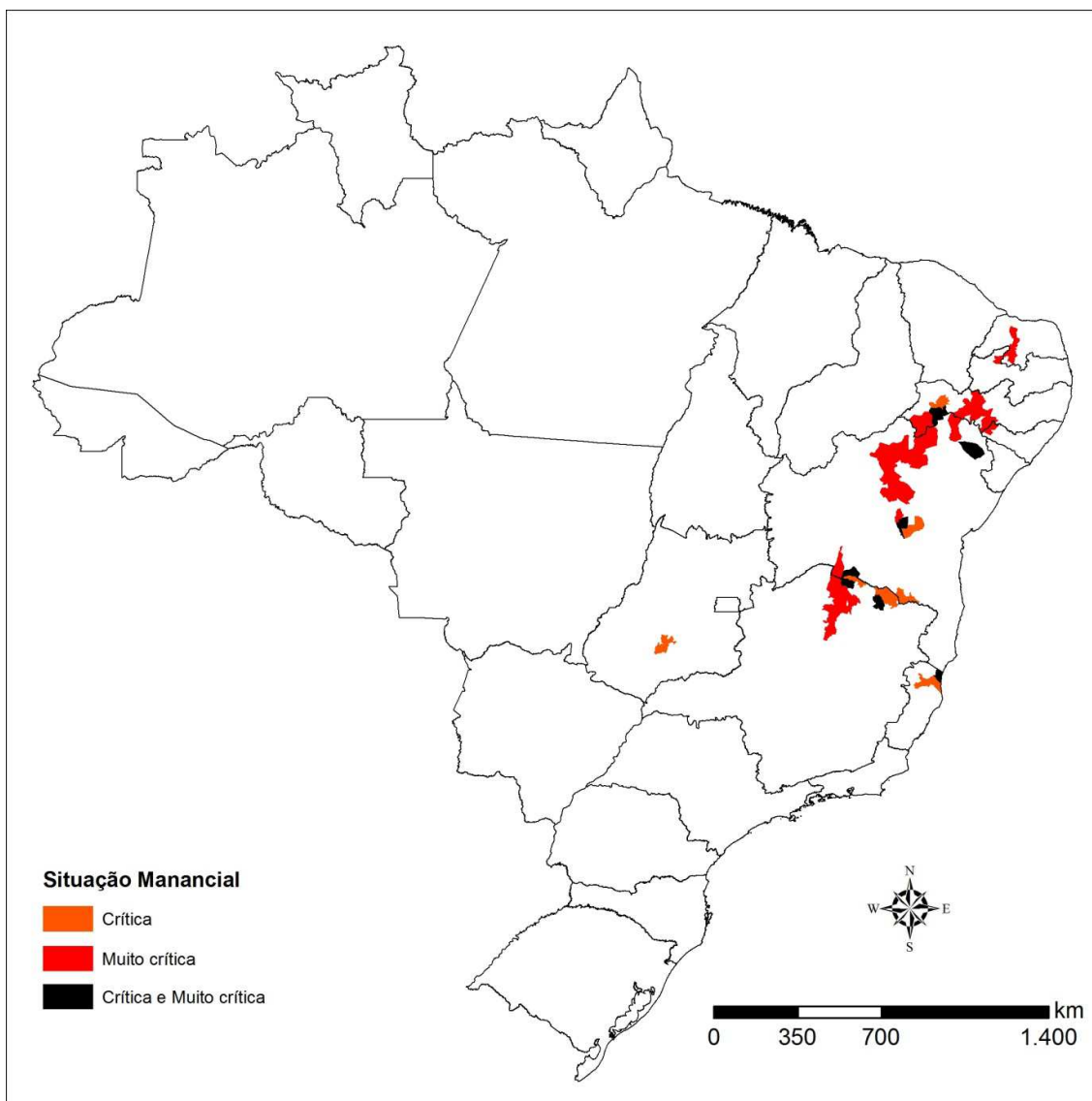


Figura 12. Municípios com manancial em situação crítica e/ou muito crítica

A Figura 13 mostra que a grande maioria dos municípios do Brasil, ou 52%, vai ter algum problema de abastecimento urbano até 2025 se nenhum investimento nesse sentido for feito.



Figura 13. Municípios com problemas de abastecimento urbano de água

Fonte: (ANA, 2010).

Na Figura 14, são ilustrados os pontos de outorga de água da ANA para rios nacionais. É importante ressaltar que os pontos de outorga são mais densos do que o ilustrado, uma vez que não estão inseridas neste mapa as outorgas estaduais.

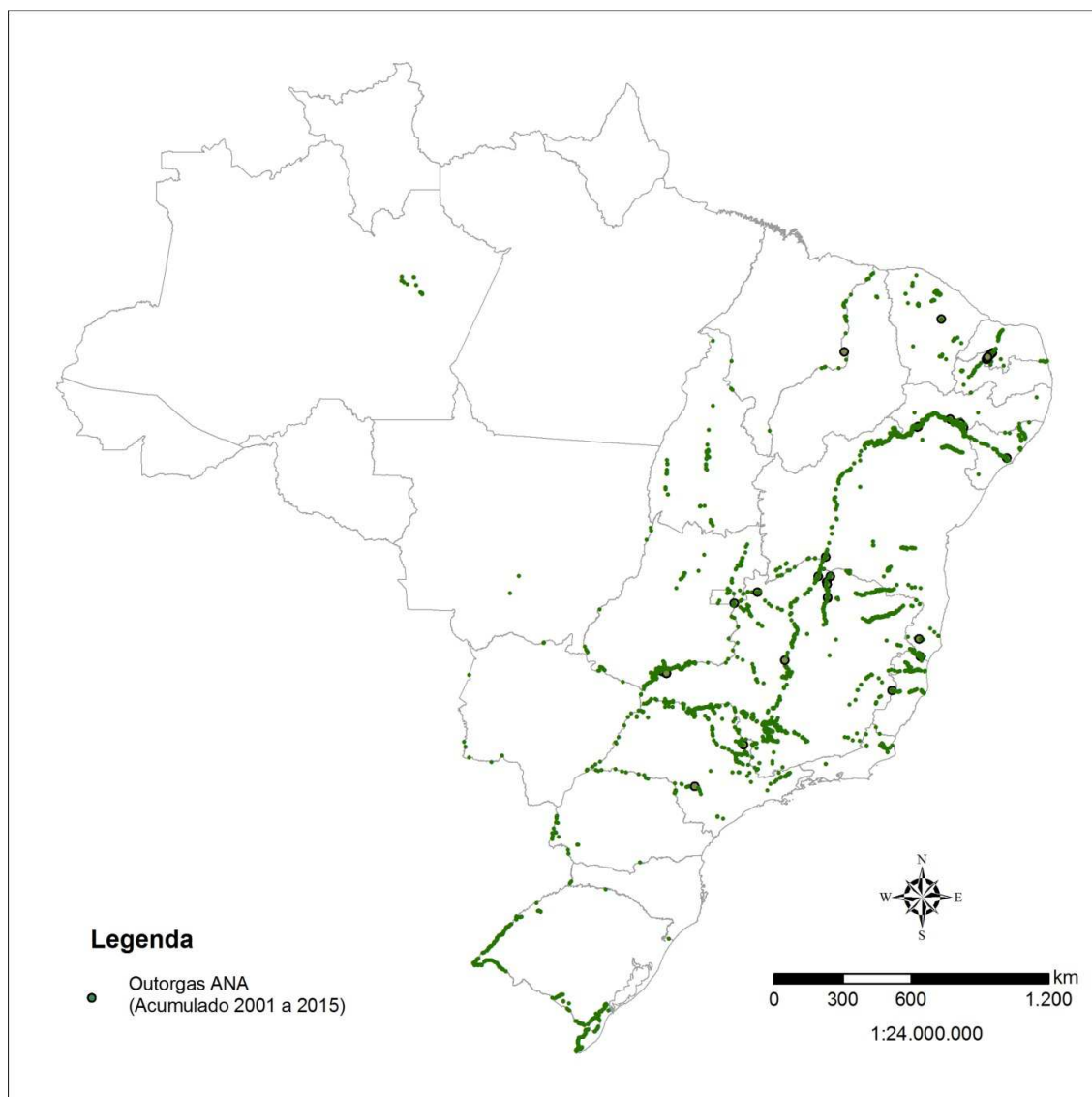


Figura 14. Pontos de outorgas da ANA.

Fonte: ANA, 2015b

Finalmente na Figura 15, é ilustrada a junção de todas as informações, ou seja, pontos de outorga nacionais, áreas de conflito de uso de água a partir da utilização do filtro de Kernel, os municípios com problemas de abastecimento. Os pontos vermelhos indicam os locais onde já foram vendidos, porém não instalados, os equipamentos de irrigação. Fica evidente a existência de conflitos no uso da água em várias regiões, principalmente em parte da região do MAPITOBA, e de condições mais favoráveis para o Mato Grosso e o noroeste do Rio Grande do Sul. As áreas de expansão de irrigação mostradas na mesma figura apontam áreas

de interesse, principalmente, no Rio Grande do Sul, no norte do estado de São Paulo e no sul de Minas Gerais.

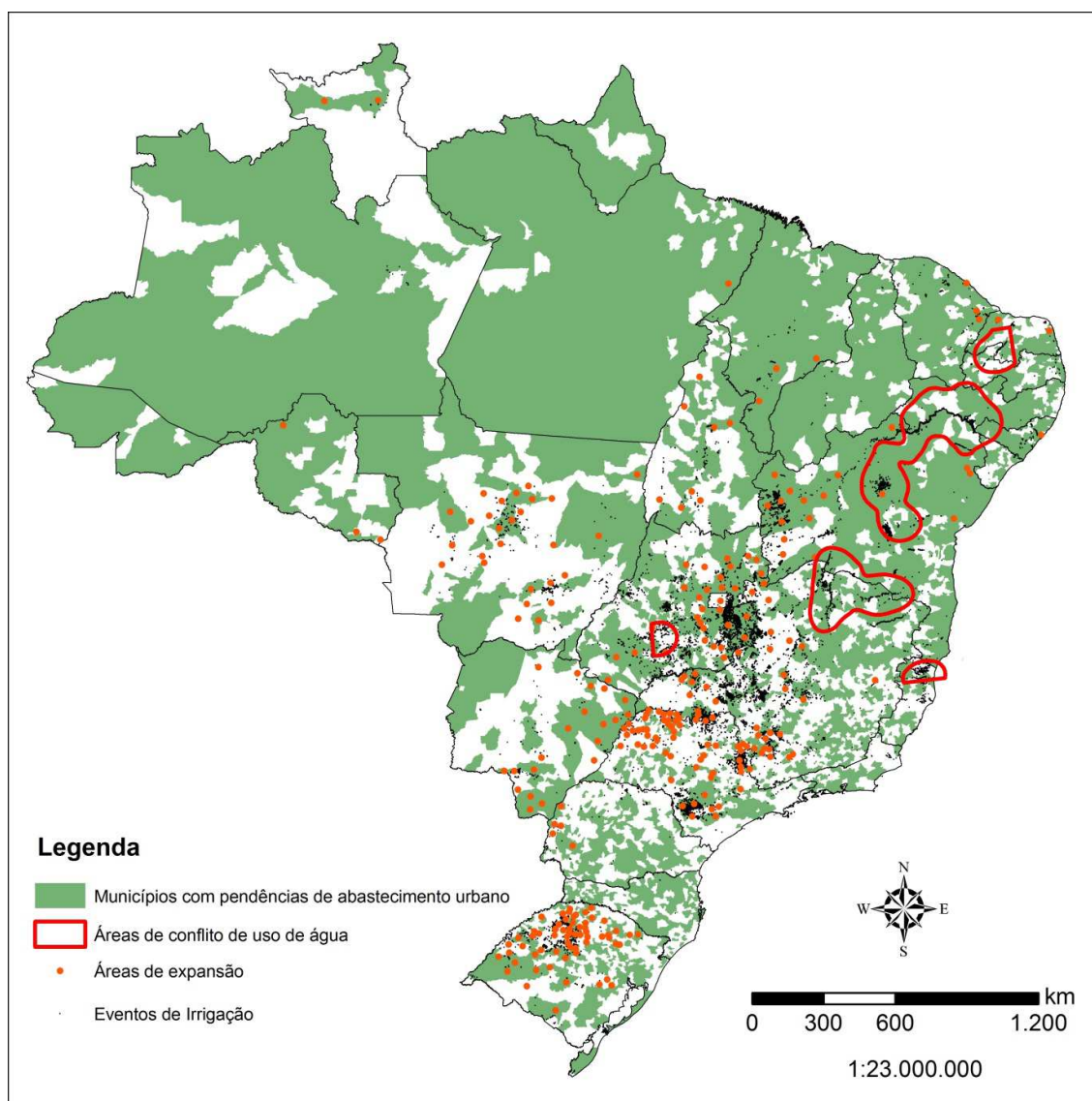


Figura 15. Áreas com possível conflito de água

Fonte: (ANA, 2010, 2015b).

12. Impactos da irrigação na adaptação às mudanças climáticas

Conforme apresentado na seção 10, mesmo com um cenário de, no máximo, 11,6 milhões de hectares irrigados no Brasil, num cenário de 100% de expansão, menos da metade do potencial apresentado pela SENIR (27 milhões, segundo a FEALQ, 2014), o aumento na produção de grãos é de 0,93 milhão de toneladas para feijão, 18,87 milhões de toneladas para arroz e 10,40 milhões para milho, adicionados à produção de 2014.

De qualquer maneira, existem outras alternativas de tecnologia e manejo que podem ser adotadas visando ao aumento de produção. Roquetti Filho (2014), por exemplo, mostra que somente com o uso correto de adubação as produções de arroz, feijão, trigo, milho e soja, juntas, podem chegar a 189,2 milhões de toneladas, na safra 2015/16, e 236,9 milhões de toneladas, na safra 2020/21, antecipando a previsão de produção do MAPA para o mesmo período. Para as culturas de arroz e milho, ocorreria uma antecipação de seis safras em relação à projeção feita pelo MAPA, enquanto, para a soja e o trigo, esta antecipação seria de cinco safras e, para o feijão, de oito safras. Com exceção da soja, não foi considerada expansão de área cultivada para a projeção de aumento do volume produzido (ROQUETTI FILHO, 2014).

Algumas alternativas para a produção de alimentos e algumas medidas adaptativas para o setor agropecuário são citadas a seguir:

- Descentralização da produção e soluções adaptadas às condições locais;
- Melhoramento genético para desenvolvimento de variedades tolerantes a seca;
- Produção em sistemas integrados (iLP e iLPF, por exemplo);
- Zoneamento Agrícola de Risco Climático.

O governo brasileiro e o setor privado vêm facilitando constantemente a adoção de melhores práticas agrícolas de conservação do solo, como o plantio direto e os sistemas mais eficientes em termos de recursos, assim como os esquemas de integração lavoura-pecuária, que são por natureza mais resistentes aos choques climáticos do que alguns modos de cultivo intensivo.

Sendo assim, tendo em vista a disponibilidade de outras tecnologias e a situação dos mananciais que abastecem os municípios, é sensato que a irrigação seja planejada de forma minuciosa e aplicada em regiões e para culturas específicas, levando em consideração,

inclusive, o retorno social e de desenvolvimento regional que o uso da tecnologia e dos recursos hídricos deve trazer.

Em termos de impacto na segurança alimentar, com um possível impacto de 15% de aumento na produção nacional, a irrigação aparece, também, como alternativa de adaptação, mas, devido ao ainda enorme potencial da agricultura de sequeiro, a irrigação estaria entre as prioridades, mas não como a primeira como é proposto em diversos países do mundo.

13. Políticas públicas para irrigação no Brasil

As políticas públicas relacionadas à irrigação no Brasil são, em sua maioria, vinculadas ao MI, como, por exemplo, o Programa de Agricultura Irrigada de 2013, apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 Objetivos e iniciativas do Programa de Agricultura Irrigada (2013)

Objetivos	Iniciativas dos objetivos
Regulamentação da PNI, elaboração dos Planos de Irrigação e reestruturação da gestão da agricultura irrigada dialogando com as políticas públicas	<ul style="list-style-type: none">•Elaborar Plano Nacional e Estadual de Irrigação e Drenagem;•Implantar sistema nacional de informação sobre a irrigação;•Promover o intercâmbio de informações entre os diversos públicos do setor de irrigação em todas as instâncias por meio de um fórum permanente de agricultura irrigada;•Reestruturar instituições responsáveis pela execução da PNI.
Promoção e fortalecimento da pesquisa, do desenvolvimento tecnológico e da inovação da agricultura irrigada objetivando melhorar ganhos de produtividade, qualidade e redução de custos	<ul style="list-style-type: none">•Apoiar a incorporação de novas culturas, como, por exemplo, pastagem;•Realizar estudos e pesquisas relacionados à eficiência do uso da água na agricultura irrigada;•Integrar redes de pesquisa, desenvolvimento e transferência tecnológica sobre agricultura irrigada, bem como promover sua difusão e a divulgação dos benefícios da irrigação;•Fortalecer ATER estaduais;•Promover a certificação do uso racional da água dos projetos de irrigação e o uso da agricultura de precisão.
Capacitação para agricultura irrigada em parceria com órgão do governo, órgãos não governamentais e organização privada	<ul style="list-style-type: none">•Promover cursos de capacitação em agricultura irrigada.

Objetivos	Iniciativas dos objetivos
<p>Produção dos perímetros de interesse social, garantindo sua gestão operacional por meio de apoio e viabilização da sua administração, operação, manutenção, revitalização e regularização</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoiar projetos públicos de irrigação de interesse social visando à sua administração, operação, manutenção, revitalização e regularização fundiária e ambiental; • Transferência de gestão dos empreendimentos de interesse social e da gestão do Perímetro de Irrigação São Gonçalo-PB; • Estudos para implementar ou redefinir modelos de gerir empreendimentos de interesse social.
<p>Políticas de créditos e seguros direcionadas para irrigação visando ampliar área irrigada, aumentar produtividade e qualidade dos produtos e conter o avanço da fronteira agrícola</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adequar o seguro agrícola aos riscos da agricultura irrigada; • Criar linhas de crédito específicas para investimentos na agricultura, conforme características da região e calendário agrícola, ou programas de crédito para pequenos produtores dando ênfase para o Nordeste do País; • Receber apoio financeiro do BNDES e de seus agentes para implantação de projetos de irrigação; • Criar normas de crédito ajustadas à peculiaridade da agricultura irrigada, como montante, prazo, garantias, bem como a equalização de juros.
<p>Viabilização da produção dos projetos públicos de irrigação existentes, concluindo suas etapas de implantação; revitalização das infraestruturas de uso comum; e transferência da gestão de áreas implantadas em acordo com leis ambientais, promovendo sua exploração</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de administração, operação, manutenção e revitalização de perímetros públicos de irrigação; • Concluir a implantação do perímetro de irrigação em quatro regiões do Nordeste, uma da região Sul e dois municípios de Goiás, na região Centro-Oeste do Brasil.
<p>Promoção de ATER nas áreas de agricultura irrigada, prevendo uso adequado do solo e água e manejo das culturas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar os modelos de prestação de serviços de ATER visando a seu caráter contínuo, a fim de alcançar resultados econômicos, sociais e ambientais nos projetos públicos de irrigação, em particular nas áreas de agricultura irrigada.
<p>Aumento da produção agrícola de maior valor agregado por meio da promoção da implantação de novos projetos em áreas que possuem potencial para ampliar a agricultura irrigada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construir uma barragem em Castelo e outra em Goiás com a finalidade de irrigação; • Construir dois canais de irrigação na região do Rio Grande do Sul, sendo um em Tacuarembó e outro em Jaguarí; • Realizar estudos e projetos para a implantação de perímetros de irrigação, considerando que já existe uma iniciativa dessas direcionada para Minas Gerais e outra para o Canal do Sertão na Bahia e em Pernambuco. Além disso, realizar o aprofundamento de um canal no Ceará.

Objetivos	Iniciativas dos objetivos
Utilização das áreas potencialmente irrigáveis promovendo seu incentivo e ampliação visando ofertar alimentos, bioenergéticos e fibras de forma sustentável	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar a norma sobre o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI); • Promover a implantação de redes de energia elétrica, bem como de infraestrutura para reservar e distribuir água para aproveitamento da irrigação.

Fonte: (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014)

Algumas medidas importantes propostas no Programa de Agricultura Irrigada do Plano Plurianual 2012-2015 não foram concretizadas, segundo informações contidas no Portal do Ministério do Planejamento. A criação do Conselho Nacional de Irrigação, o cadastro do irrigantes do setor privado e o pleno funcionamento do SISPPi não foram concluídos, ou seja, estas são algumas das ferramentas ligadas à PNI (Lei 12.787, 11 de janeiro de 2013), detalhada Tabela 26 (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014), que não foram implementadas, pois, entre outros motivos, tal legislação ainda não foi regulamentada.

Tabela 26 Descrição dos objetivos e dos instrumentos da Política Nacional de Irrigação

Política	Data de publicação ou implementação	Abrangência	Objetivos	Instrumentos
Política Nacional de Irrigação (PNI)	Instituída pela Lei nº 12.787 (11 de janeiro de /2013)	Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificar a ampliação de áreas irrigadas e aumentar a produtividade levando em consideração a sustentabilidade ambiental; • Reduzir os riscos climáticos, particularmente nos locais com distribuição baixa ou irregular de chuva; • Incentivar desenvolvimento local e regional, privilegiando regiões com baixos indicadores sociais e econômicos; • Aumentar a competitividade do agronegócio do País e contribuir para o abastecimento do mercado interno; <ul style="list-style-type: none"> • Fomentar e gerar transferências tecnológicas direcionadas à irrigação, incentivar projetos privados e 	A PNI prevê uma série de instrumentos abrangidos por planos e projetos de irrigação; sistema de informação; incentivo financeiro, fundo e tarifário especial; assistência técnica e extensão rural (ATER) e formação em recursos humanos; pesquisas científicas e tecnológicas; certificação; e

			capacitar recursos humanos.	Conselho Nacional de Irrigação.
--	--	--	-----------------------------	---------------------------------

Fonte: (BRASIL, 2013)

O Plano Plurianual 2016-2019 apresenta diretrizes para programas temáticos do Governo que têm como objetivo o desenvolvimento do País como um todo. A agricultura irrigada aparece como um recorte dentro da temática “Agropecuária Sustentável”. Em linhas gerais, o foco de ação para o desenvolvimento da agricultura irrigada baseia-se no apoio aos investimentos privados e à transferência dos perímetros públicos de irrigação aos agricultores irrigantes. A meta relacionada à irrigação dentro do programa é incorporar 1,5 milhão de hectares irrigados às áreas de produção agropecuária, bem menos ousada do que a meta de adoção do sistema de plantio direto (SPD), de 5,0 milhões de hectares (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2015). No Plano Plurianual 2012-2015, a meta era expandir em 88.239 ha a área de agricultura irrigada, com ações voltadas, principalmente, a projetos públicos de irrigação e construção de barragens e canais (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014).

Com base na análise da situação da irrigação no Brasil atualmente, da sua relevância para o aumento da produção agrícola e dos usos múltiplos da água e os programas e as políticas públicas já propostas no Brasil para o setor, os seguintes indicadores são sugeridos para a regulação/gestão do setor de irrigação no Brasil:

- Rede de capacitação sobre manejo de irrigação para produtores rurais;
- Levantamento e divulgação de informações atualizadas sobre a irrigação no Brasil;
- Regulação e maior controle das outorgas estaduais.

14. Considerações finais

A irrigação é responsável por 54% da vazão de água retirada no Brasil, a maior dentre todos os usos consuntivos, tendo as RH do Paraná e São Francisco com as maiores vazões retiradas, sendo que nesta última estão localizadas partes dos estados da Bahia, de Minas Gerais e

pequena parte de Pernambuco, Alagoas e Goiás. Apesar de ser um setor representativo no consumo de água, o mesmo não ocorre em relação ao consumo de energia. Nos últimos três anos, a irrigação foi responsável por apenas 1,60% do consumo de energia no País.

No Brasil, os períodos de estiagem afetam, principalmente, as RHs Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental e Atlântico Nordeste Oriental, que abrangem os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe, de Alagoas, da Bahia, do Espírito Santo e de Minas Gerais.

Segundo a ANA (2013), os estados com maior área irrigada são, em ordem decrescente, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. Os dados sobre pivô central levantados pela Embrapa e pela ANA em 2013 confirmam a presença da irrigação nos estados supracitados, assim como no leste da Bahia, onde está a maioria dos pivôs do Brasil (EMBRAPA, 2013). Os mapas apresentados na seção 6.2 mostram que a irrigação aparece, principalmente, no oeste da Bahia e em Minas Gerais (segundo os dados da ANA, 2012, e do IBGE, 2006), na divisa de norte de São Paulo e sul de Minas Gerais, no sul do Rio Grande do Sul e no norte da Bahia (pela concentração de outorgas para irrigação).

Com cenários de aumento de área irrigada gerados neste estudo, é possível ter uma estimativa da demanda de água e do aumento de produção das culturas de arroz, cana-de-açúcar, milho, feijão, café, soja e trigo. As demandas de água no cenário de 25% de aumento da área irrigada (7,2 milhões ha), de 50% (8,7 milhões ha) e 100% (11,6 milhões ha) seriam, respectivamente, de 1.132 m³/s, 1.778 m³/s e 2.370 m³/s. A cultura de arroz é a maior consumidora de água dentre as culturas analisadas no estudo.

No que diz respeito ao aumento da produção, as culturas que teriam maior impacto positivo em função da irrigação são cana-de-açúcar, café e feijão. Apesar de não apresentar o maior número absoluto em toneladas produzidas, proporcionalmente à área irrigada estas culturas seriam as mais beneficiadas pela irrigação. No cenário de 50%, as produções de café e feijão seriam de 1,20 e 0,93 milhão de toneladas, respectivamente. Em 2014, as produções destas culturas foram de 2,8 milhões e 3,2 milhões de toneladas, respectivamente. Sendo assim, o incremento na produção com a irrigação representa 42,7%, no caso do café, e 28,2%, no caso no feijão.

O aumento da produção demanda, além de mais água, mais adubação, o que implica emissões de gases do efeito estufa. A cana-de-açúcar, apesar de não ser a cultura que necessita de maior quantidade de ureia, é a que mais emite CO₂ eq., em função, também, da grande área cultivada. No cenário de 50%, a cana seria responsável pela emissão de 1,1 milhão de toneladas de CO₂ eq./ano. As culturas de feijão e trigo são as que menos emitem, também por apresentarem menores áreas cultivadas, de 0,200 e 0,007 milhão de toneladas de CO₂ eq./ano, respectivamente. A cultura de soja não entra nesta análise, já que não necessita de adubação nitrogenada.

Cruzando informações sobre municípios com problemas de abastecimento urbano, trechos de rios críticos, pontos de outorga para irrigação e localização dos pivôs, foi possível mapear áreas com potencial de conflito de água pelo uso da irrigação. Parte da região do MAPITOBA, o norte da Bahia e parte de Pernambuco são áreas potenciais de conflitos. O Mato Grosso e o noroeste do Rio Grande do Sul parecem apresentar condições favoráveis para a expansão de irrigação.

As políticas públicas nacionais são focadas, principalmente, nos projetos públicos de irrigação, mas não parecem ser suficientes nem eficazes para a expansão do uso da tecnologia. Além disso, é considerável a dificuldade de acesso a dados sobre irrigação e consumo de água no Brasil.

O aumento de produção devido ao uso de irrigação é evidente, porém dadas as possíveis ou já instaladas situações de conflito de água no Brasil, algumas alternativas, como zoneamento, devem ser observadas para o aumento da produção em detrimento do uso da irrigação.

A priorização de culturas a serem irrigadas é essencial para a tomada de decisão quanto à alocação do recurso hídrico. A cultura de cana-de-açúcar apresenta taxa de produtividade muito superior à de feijão quando ambas estão em sistemas irrigados, por exemplo.

15. Referências bibliográficas

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3. ed. – São Paulo, ANDA, 1998, 35p.

ANA. Metadados ANA, 2003. Disponível em:
<<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: jan 2016.

ANA. **Diagnóstico da outorga de direito de recursos hídricos no Brasil, e, Fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil.** Brasília, 2007.

ANA. **Panorama Nacional: Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água.** Engecorps, Cobrape: Brasília, 2010.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012.** Brasília, 2012, p. 215.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013.** Brasília, 2013.

ANA. **Outorgas emitidas pela ANA,** 2015b. Disponível em:
<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/geout.aspx#outorgasana>>. Acesso em: jun 2015.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Informe 2014.** Brasília. 2015a.ANA. Metadados ANA. **Balanco Hídrico Quantitativo.** 2015c. Disponível em:
<<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.house>>. Acesso em: dez 2015.

ANDRADE, C. L. T. **Seleção do sistema de irrigação.** Sete Lagoas, 2001.

ANEEL. Sistema de Apoio à Decisão. 2015. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>>. Acesso em: fev 2016.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1989.

BERNARDO, S. Agência Embrapa de Informação tecnológica. 08 agosto 2006. Disponível em:
<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana_irrigada_producao_000fizvd3t102wyiv802hvm3jlwle6b8.pdf>. Acesso em: 2016.

BRASIL. LEI Nº 12.787, DE 11 DE JANEIRO DE 2013. 2013. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112787.htm>.

CARVALHO, I. R. *et al.* Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, 2013.

CODEVASF. **Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba**. Disponível em: <<http://www2.codevasf.gov.br/empresa/DefaultPage>>. Acesso em: jan 2016.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas, 2006.

CONAB. **Levantamento de Safra**. 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>>. Acesso em: fev 2016.

DNOCS. **Departamento Nacional de Obras Contra as Secas**. Jan 2016. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>>>. Acesso em: jan 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, 1994, p. 306.

EMBRAPA. **Água na Agricultura**. **Embrapa**. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/mapas-sobre-irrigacao>>. Acesso em: set 2015.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2015: Ano base 2014**. Rio de Janeiro, 2015.

FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Managing systems at risk**. New York, 2011.

FEALQ. **Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil**. IICA , MI: Piracicaba, 2014.

GOMES, H. P. **Sistemas de irrigação: Eficiência energética**. João Pessoa, 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. Dez 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=PA&z=t&o=11>>. Acesso em: dez 2015.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Safras. **IRGA**, Dezembro 2015. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150720134318producao_rs_e_brasil.pdf>. Acesso em: dez 2015.

LACERDA, F. F. *et al.* Long term temperature and rainfall trends over northeast Brazil and Cape Verde. **Journal of Earth Science & Climate**, 06, 2015, p. 2-8.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: SIH.; ANEEL.; MME. **Estado das água no Brasil - 1999. Perspectivas de gestão e informação de Recursos Hídricos**. [S.l.]: SRH.; MMA, 1999, p. 73-82.

MAROUELLI, W.; SILVA, R. H. Embrapa Hortaliças. **Embrapa**. Dez 2015. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/sistemas_producao/cultivo_da_pimenta/irrigacao.ht>. Acesso em: dez 2015.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **PPA 2012-2015. Plano Mais Brasil - Mais Desenvolvimento, mais igualdade, mais participação. Mensagem Presidencial**. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. PPA Mais Brasil, 2014. Disponível em: <<http://ppamaisbrasil.planejamento.gov.br/sitioPPA/paginas/todo-ppa/programas.xhtml>>. Acesso em: fev 2016.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Plano Plurianual 2016-2019. Desenvolvimento, Produtividade e Inclusão Social**. Brasília, 2015.

MMA. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. Brasília, 2006c.

MMA. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Sul**. Brasília, 2006d.

MMA. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná**. Brasília, 2006a.

MMA. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco**. Brasília, 2006b.

ORTEGA, A. C.; SOBEL, T. F. Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 35, jul/dez 2010.

PBMC. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas.** [S.l.]. 2014.

PIRES, R. C. M. *et al.* **Métodos e manejo de irrigação.** [S.l.]. 1999.

RAIJ, B. V. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas, 1996, p. 237-239.

ROQUETTI FILHO, D. **Projeções para adoção, produção agrícola e balanços de gases de efeito estufa para o arroz, feijão, trigo, milho e soja no Brasil, 2011-2062.** Tese de mestrado em agronegócio. São Paulo, 2014.

SALATI, E. *et al.* **Economia das mudanças climáticas no Brasil. Estimativas da oferta de recursos hídricos no Brasil em cenários futuros de clima (2015 - 2100).** [S.l.]. 2009.

SCHAEFFER, R. *et al.* **Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil.** [S.l.]. 2008.

SILVA, A. L. B. O. *et al.* **Consumo de água de variedades de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento subsuperficial.** INOVAGRI-International Meeting. Fortaleza: [s.n.]. 2012.

SILVA, M. A. *et al.* Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2014, v. 18, p. 241-9.

SISPPI. Sistema de Informações sobre os Projetos Públicos de Irrigação. **Ministério da Integração Nacional.** 2015. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/sistema-de-informacoes-sobre-projetos-publicos-de-irrigacao>>. Acesso em: jun 2015.

SPAROVEK, G. *et al.* Análise territorial e potencial da agricultura irrigada no Brasil. **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna.** 2015.

UNESCO. **Water for people, water for life.** [S.l.]. 2003.

VELOSO, C. A. C. *et al.* **Nutrição mineral e adubação da cultura de arroz de sequeiro.**
Belém, 2009.

Anexo I

Situação dos municípios que têm irrigação com algum tipo de conflito de uso de água

Região	Município	UF	Excelente	Confortável	Preocupante	Crítica	Muito crítica
Centro-Oeste	Novo São Joaquim	MT	x				
Centro-Oeste	Primavera do Leste	MT	x				
Centro-Oeste	Itumbiara	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Edealina	GO		x	x		
Centro-Oeste	Pontalina	GO		x	x		
Centro-Oeste	Poxoréu	MT	x				
Centro-Oeste	Maurilândia	GO		x	x		
Centro-Oeste	Turvelândia	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Acreúna	GO	x		x	x	
Centro-Oeste	Cachoeira Dourada	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Bom Jesus de Goiás	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Goiatuba	GO		x	x		
Centro-Oeste	Panamá	GO			x		
Centro-Oeste	Luziânia	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Porteirão	GO		x	x		
Centro-Oeste	Cristalina	GO		x	x		

Centro-Oeste	Santa Helena de Goiás	GO	x				
Centro-Oeste	Davinópolis	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Santo Antônio do Descoberto	GO	x				
Centro-Oeste	Castelândia	GO		x			
Centro-Oeste	Ipameri	GO		x	x		
Centro-Oeste	Campo Alegre de Goiás	GO			x		
Centro-Oeste	Água Limpa	GO	x				
Centro-Oeste	Buriti Alegre	GO	x				
Centro-Oeste	Morrinhos	GO	x		x		
Centro-Oeste	Pires do Rio	GO		x			
Centro-Oeste	Urutaí	GO		x			
Centro-Oeste	Hidrolândia	GO			x		
Centro-Oeste	Piracanjuba	GO			x		
Centro-Oeste	Edeia	GO		x	x		
Centro-Oeste	Vicentinópolis	GO		x			
Centro-Oeste	Cezarina	GO			x		
Centro-Oeste	Varjão	GO			x		
Centro-Oeste	Gouvelândia	GO	x				
Centro-Oeste	Professor Jamil	GO			x		
Centro-Oeste	Quirinópolis	GO	x	x			
Centro-Oeste	Corumbaíba	GO	x				
Centro-Oeste	Joviânia	GO			x		
Centro-Oeste	Mairipotaba	GO			x		

Centro-Oeste	Bela Vista de Goiás	GO			x		
Centro-Oeste	Orizona	GO		x			
Centro-Oeste	Catalão	GO	x	x	x		
Centro-Oeste	Três Ranchos	GO	x				
Centro-Oeste	Paraúna	GO	x				
Centro-Oeste	Aloândia	GO			x		
Centro-Oeste	Rio Verde	GO	x				
Centro-Oeste	Marzagão	GO	x				
Centro-Oeste	Ouvidor	GO	x				
Centro-Oeste	Inaciolândia	GO	x				
Centro-Oeste	Campestre de Goiás	GO			x		
Centro-Oeste	Guapó	GO			x		
Centro-Oeste	Palmeiras de Goiás	GO			x		
Centro-Oeste	Paranaiguara	GO	x				
Centro-Oeste	Santo Antônio da Barra	GO	x				
Centro-Oeste	São Simão	GO	x	x			
Centro-Oeste	Indiara	GO				x	
Centro-Oeste	Jandaia	GO				x	
Nordeste	Casa Nova	BA	x				
Nordeste	Jucurutu	RN					x
Nordeste	Jardim de Piranhas	RN					x
Nordeste	América Dourada	BA					x
Nordeste	Morro do Chapéu	BA					x
Nordeste	São Rafael	RN					x
Nordeste	São Fernando	RN					x
Nordeste	Riachão das Neves	BA			x		
Nordeste	Delmiro Gouveia	AL		x			
Nordeste	Paulo Afonso	BA		x			

Nordeste	São Desidério	BA	x	x	x		
Nordeste	Itacuruba	PE	x	x			
Nordeste	Cabrobó	PE		x			
Nordeste	Belém de São Francisco	PE	x	x			x
Nordeste	Anagé	BA			x		
Nordeste	Belo Campo	BA			x		
Nordeste	Caraíbas	BA			x		
Nordeste	Juazeiro	BA	x	x			x
Nordeste	Parnamirim	PE				x	
Nordeste	Santa Maria da Boa Vista	PE		x		x	x
Nordeste	Cândido Sales	BA				x	
Nordeste	Orocó	PE		x		x	x
Nordeste	Petrolina	PE	x	x			x
Nordeste	São Bento	PB					x
Nordeste	Caicó	RN					x
Nordeste	Paulista	PB					x
Nordeste	Riacho dos Cavalos	PB					x
Nordeste	Acu	RN					x
Nordeste	Tacaratu	PE					x
Nordeste	Mata Grande	AL					x
Nordeste	Jeremoabo	BA				x	x
Nordeste	Itaetê	BA				x	
Nordeste	Nova Redenção	BA				x	x
Nordeste	Andaraí	BA				x	x
Nordeste	Boa Vista do Tupim	BA				x	
Nordeste	Tremedal	BA			x		
Nordeste	Lençóis	BA					x
Nordeste	Petrolândia	PE		x			
Nordeste	Glória	BA		x			
Nordeste	Barreiras	BA		x	x		
Nordeste	Encruzilhada	BA				x	
Nordeste	Mucuri	BA		x			
Nordeste	Nova Viçosa	BA		x			
Nordeste	Sobradinho	BA	x				
Nordeste	Canindé de São Francisco	SE		x			
Nordeste	Iuiú	BA					x
Nordeste	Sebastião Laranjeiras	BA				x	x
Nordeste	Canarana	BA					x
Nordeste	Lapão	BA					x
Nordeste	Carinhanha	BA	x	x			
Nordeste	Ibititá	BA					x
Nordeste	Malhada	BA	x	x			x
Nordeste	São Gabriel	BA					x
Nordeste	Santana	BA		x			
Nordeste	Sento Sé	BA	x				x

Nordeste	Inajá	PE					x
Nordeste	Jatobá	PE	x	x			x
Nordeste	Jussara	BA					x
Nordeste	Campo Formoso	BA					x
Nordeste	Lagoa Grande	PE		x			x
Nordeste	Floresta	PE	x	x			x
Nordeste	Rodelas	BA		x			
Nordeste	Chorrochó	BA	x				x
Nordeste	Cafarnaum	BA					x
Nordeste	Água Branca	AL					x
Nordeste	Pariconha	AL					x
Nordeste	Curaçá	BA		x			
Nordeste	Mirandiba	PE					x
Nordeste	Serra Talhada	PE					x
Nordeste	Carnaubeira da Penha	PE					x
Nordeste	Abaré	BA					x
Nordeste	João Dourado	BA					x
Sul	Guarani das Missões	RS	x				
Sul	Vitória das Missões	RS	x				
Sul	Mato Queimado	RS	x				
Sul	Cerro Largo	RS	x				
Sul	Entre-Ijuís	RS	x				
Sul	Santo Ângelo	RS	x				
Sul	Catuípe	RS	x				
Sul	Coronel Barros	RS	x				
Sul	Ijuí	RS	x				
Sul	Bossoroca	RS	x				
Sul	São Luiz Gonzaga	RS	x				
Sul	Fortaleza dos Valos	RS	x				
Sul	Ribeirão Claro	PR	x				
Sul	Salto do Itararé	PR	x				
Sul	Carlópolis	PR	x				
Sul	Jacarezinho	PR	x				
Sul	Estrela Velha	RS	x				
Sul	Júlio de Castilhos	RS	x				
Sul	Salto do Jacuí	RS	x				
Sul	Santana do Itararé	PR	x				
Sul	Campos Borges	RS	x				
Sul	Alto Alegre	RS	x				
Sul	Quinze de Novembro	RS	x				
Sul	Selbach	RS	x				
Sul	Pinhal Grande	RS	x				
Sul	São José da Boa Vista	PR	x				
Sudeste	Vazante	MG			x		
Sudeste	Paracatu	MG			x		

Sudeste	Paranapanema	SP	x	x			
Sudeste	Conceição da Barra	ES			x	x	x
Sudeste	São Mateus	ES			x	x	
Sudeste	Araguari	MG	x	x			
Sudeste	Tupaciguara	MG	x				
Sudeste	Lagamar	MG		x			
Sudeste	Patos de Minas	MG		x	x		
Sudeste	Presidente Olegário	MG		x			
Sudeste	Araporã	MG	x	x			
Sudeste	Cajuru	SP		x			
Sudeste	Guaíra	SP	x	x	x		
Sudeste	Morro Agudo	SP		x	x		
Sudeste	Ituiutaba	MG	x	x			
Sudeste	Miguelópolis	SP	x	x			
Sudeste	Manga	MG	x	x			
Sudeste	Matias Cardoso	MG	x				x
Sudeste	Cordislândia	MG		x			
Sudeste	Nova Ponte	MG	x				
Sudeste	Santa Juliana	MG	x				
Sudeste	Dores do Indaiá	MG	x				
Sudeste	Martinho Campos	MG	x	x			
Sudeste	Monte Alegre de Minas	MG		x			
Sudeste	Prata	MG		x			
Sudeste	Santa Cruz do Rio Pardo	SP		x			
Sudeste	Jaboticabal	SP			x		
Sudeste	Pitangueiras	SP			x		
Sudeste	Guapé	MG	x				
Sudeste	Igarapava	SP	x				
Sudeste	Felixlândia	MG	x				
Sudeste	Morada Nova de Minas	MG	x				
Sudeste	Capinópolis	MG	x		x		
Sudeste	Frutal	MG	x				
Sudeste	Colômbia	SP	x				
Sudeste	Buritizero	MG	x				
Sudeste	Pirapora	MG	x	x			
Sudeste	Passos	MG	x				
Sudeste	Abaeté	MG	x	x			
Sudeste	Serra do Salitre	MG	x				
Sudeste	Pontal	SP		x	x		
Sudeste	Sacramento	MG	x				
Sudeste	Rifaina	SP	x				
Sudeste	Pompeu	MG	x	x	x		
Sudeste	Jequitaiá	MG			x		
Sudeste	Unaí	MG	x	x	x		
Sudeste	Nanuque	MG		x			

Sudeste	Verdelândia	MG					x
Sudeste	Guará	SP		x			
Sudeste	São Joaquim da Barra	SP		x			
Sudeste	Capitão Enéas	MG					x
Sudeste	São João da Ponte	MG					x
Sudeste	Itaobim	MG	x				
Sudeste	Itacarambi	MG	x				
Sudeste	Bom Despacho	MG	x				
Sudeste	Luz	MG	x				
Sudeste	Várzea da Palma	MG	x	x	x		
Sudeste	Pedras de Maria da Cruz	MG	x				
Sudeste	Januária	MG	x				
Sudeste	Canitar	SP		x			
Sudeste	Ourinhos	SP	x	x			
Sudeste	Chavantes	SP	x	x			
Sudeste	Uberlândia	MG	x	x			
Sudeste	Patrocínio	MG	x				
Sudeste	Perdizes	MG	x				
Sudeste	Lagoa dos Patos	MG	x		x		
Sudeste	Coromandel	MG		x			
Sudeste	Altinópolis	SP		x			
Sudeste	Santa Cruz da Esperança	SP		x			
Sudeste	Serra Azul	SP		x			
Sudeste	Alfenas	MG	x				
Sudeste	João Pinheiro	MG			x		
Sudeste	Brasilândia de Minas	MG		x	x		
Sudeste	Iraí de Minas	MG	x				
Sudeste	Arinos	MG	x	x			
Sudeste	Icém	SP	x	x			
Sudeste	Conquista	MG	x				
Sudeste	Luís Antônio	SP			x		
Sudeste	Juvenília	MG	x	x			
Sudeste	Capitório	MG	x				
Sudeste	Itapagipe	MG	x				
Sudeste	Paulo de Faria	SP	x				
Sudeste	Conceição das Alagoas	MG	x				
Sudeste	Guaraci	SP	x				
Sudeste	Uberaba	MG	x				
Sudeste	Nova Granada	SP		x			
Sudeste	Orindiúva	SP		x			
Sudeste	Formiga	MG	x				
Sudeste	Itaí	SP	x				
Sudeste	Piraju	SP	x				
Sudeste	Bernardino de Campos	SP	x	x			
Sudeste	Ipaussu	SP	x				

Sudeste	Timburi	SP	x				
Sudeste	Mococa	SP	x	x			
Sudeste	Cachoeira Dourada	MG	x	x			
Sudeste	Água Comprida	MG	x				
Sudeste	Nuporanga	SP		x			
Sudeste	São José da Bela Vista	SP		x			
Sudeste	Campo do Meio	MG	x				
Sudeste	Carmo do Rio Claro	MG	x				
Sudeste	Cristais	MG	x				
Sudeste	Avaré	SP	x				
Sudeste	Itatinga	SP	x				
Sudeste	Cerqueira César	SP	x				
Sudeste	Araras	SP		x			
Sudeste	Mogi Guaçu	SP		x			
Sudeste	Palestina	SP		x			
Sudeste	Delta	MG	x				
Sudeste	Ipuã	SP		x			
Sudeste	Ibiá	MG	x				
Sudeste	Pirassununga	SP		x	x		
Sudeste	Porto Ferreira	SP			x		
Sudeste	Boa Esperança	MG	x				
Sudeste	Angatuba	SP	x	x	x		
Sudeste	Buri	SP			x		
Sudeste	São João Batista do Glória	MG	x				
Sudeste	São José da Barra	MG	x				
Sudeste	Delfinópolis	MG	x				
Sudeste	Ituverava	SP		x			
Sudeste	Barão de Antonina	SP	x				
Sudeste	Pedrinópolis	MG	x				
Sudeste	Aguanil	MG	x				
Sudeste	Fronteira	MG	x				
Sudeste	Douradoquara	MG	x				
Sudeste	Elói Mendes	MG	x	x			
Sudeste	Três Pontas	MG	x				
Sudeste	Fartura	SP	x				
Sudeste	Ipiaçu	MG	x				
Sudeste	Santa Vitória	MG	x	x			
Sudeste	Alpinópolis	MG	x				
Sudeste	Jardinópolis	SP		x			
Sudeste	Sertãozinho	SP		x	x		
Sudeste	Pedregulho	SP	x				
Sudeste	Planura	MG	x				
Sudeste	Barretos	SP			x		
Sudeste	Santa Rita do Passa Quatro	SP			x		
Sudeste	São Simão	SP		x			

Sudeste	Campos Gerais	MG	x				
Sudeste	Tambaú	SP		x			
Sudeste	Lavras	MG	x				
Sudeste	Perdões	MG	x				
Sudeste	Varginha	MG	x				
Sudeste	Campo Belo	MG	x				
Sudeste	Cana Verde	MG	x				
Sudeste	Coqueiral	MG	x				
Sudeste	Nepomuceno	MG	x				
Sudeste	Campina do Monte Alegre	SP			x		
Sudeste	Abadia dos Dourados	MG	x	x			
Sudeste	Indianópolis	MG	x				
Sudeste	Arandu	SP	x				
Sudeste	Boa Esperança	ES			x		
Sudeste	Nova Venécia	ES		x	x	x	
Sudeste	Indaiabira	MG				x	x
Sudeste	Ninheira	MG				x	
Sudeste	Berizal	MG				x	
Sudeste	São João do Paraíso	MG				x	
Sudeste	Águas Vermelhas	MG				x	
Sudeste	Conchal	SP		x			
Sudeste	Mogi Mirim	SP		x			
Sudeste	Dom Bosco	MG		x			
Sudeste	Ibiaí	MG	x				
Sudeste	São Carlos	SP			x		
Sudeste	Santa Cruz das Palmeiras	SP			x		
Sudeste	Bambuí	MG	x				
Sudeste	Doresópolis	MG	x				
Sudeste	Taiobeiras	MG				x	x
Sudeste	Ecoporanga	ES		x			
Sudeste	Ponto Belo	ES		x			
Sudeste	Itaporanga	SP	x				
Sudeste	Riversul	SP	x				
Sudeste	Serra dos Aimorés	MG		x			
Sudeste	Gurinhata	MG	x				
Sudeste	São Gonçalo do Abaeté	MG		x			
Sudeste	Montes Claros	MG					x
Sudeste	Lassance	MG	x	x			
Sudeste	Quartel Geral	MG	x				
Sudeste	Três Marias	MG	x				
Sudeste	Riachinho	MG		x			
Sudeste	Curvelo	MG			x		
Sudeste	Natalândia	MG		x			
Sudeste	Lagoa Grande	MG			x		
Sudeste	Papagaios	MG			x		

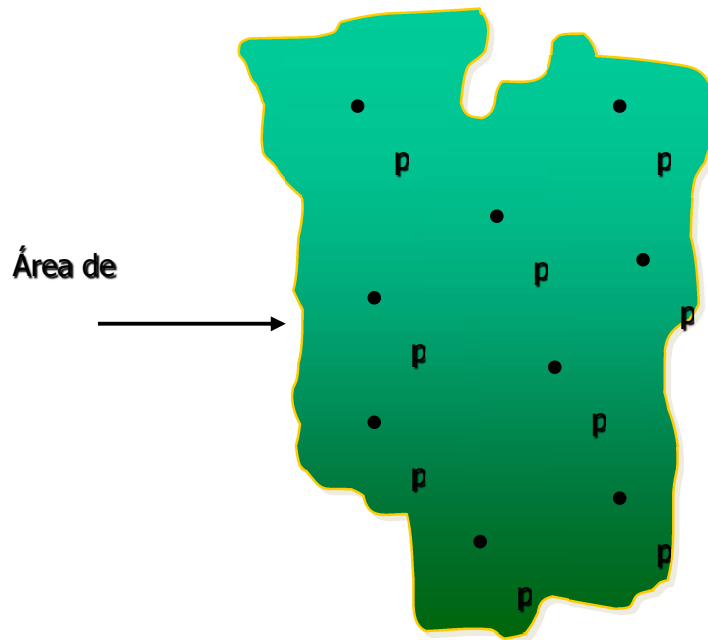
Sudeste	Espinosa	MG				x	
Sudeste	Paraopeba	MG			x		
Sudeste	Piumhi	MG	x				
Sudeste	Cascalho Rico	MG	x				
Sudeste	Gameleiras	MG				x	x
Sudeste	Jaíba	MG					x
Sudeste	Canápolis	MG	x	x			
Sudeste	Janaúba	MG					x
Sudeste	Cabeceira Grande	MG	x				
Sudeste	Pai Pedro	MG					x
Sudeste	Porteirinha	MG					x
Sudeste	Paraguaçu	MG	x	x			
Sudeste	São José do Rio Pardo	SP	x				
Sudeste	Rincão	SP			x		
Sudeste	Centralina	MG	x				
Sudeste	Fama	MG	x				
Sudeste	Grupiara	MG	x				
Sudeste	Leme	SP		x			
Sudeste	Machado	MG		x			
Sudeste	Casa Branca	SP		x			
Sudeste	Três Corações	MG	x				

Anexo II

Filtro de Kernel

O filtro de Kernel faz partes dos métodos utilizados em Estatística Espacial para análise de padrões de distribuição de pontos. No caso deste trabalho, foi preciso identificar:

- A distribuição de pontos;
- A caracterização da distribuição de pontos;
- O estimador de intensidade (“Kernel estimation”);
- Após a identificação dos pontos, normalmente estabelecem-se os *clusters*, que são quaisquer agregados de eventos e resultado de classificação em que se busca definir um agrupamento de “semelhantes”. No caso da irrigação, os eventos foram definidos como a ocorrência da irrigação, podendo, então, se utilizar o conceito de *cluster* espacial, que é um agregado de eventos no espaço ou a ocorrência de “taxas semelhantes” em área próximas. Nesse caso, o padrão pontual é o conjunto de dados que consiste em uma série de localizações pontuais (p_1, p_2, \dots, p_n) que estão associadas a eventos de interesse dentro da área de estudo, conforme a figura a seguir.



- Nesse caso, as localizações não estão associadas a valores, mas apenas à ocorrência dos eventos;
- A dimensão das medidas é zero. Medidas válidas na distribuição de pontos são o # de ocorrências no padrão e as localizações geográficas;
- Área dos eventos não é uma medida válida, apesar de, em muitos casos, ocupar-se espaço;
- Entidades geográficas representadas como pontos no mapa são consideradas de mesma qualidade (pivô central, aspersão, irrigação localizada etc.);
- O estimador de intensidade (*Kernel estimation*) é definido segundo Bailey e Gatrell (1995) como:

$$\hat{\lambda}_{\tau}(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} I\left(\frac{(s - s_i)}{\tau}\right)$$

Em que:

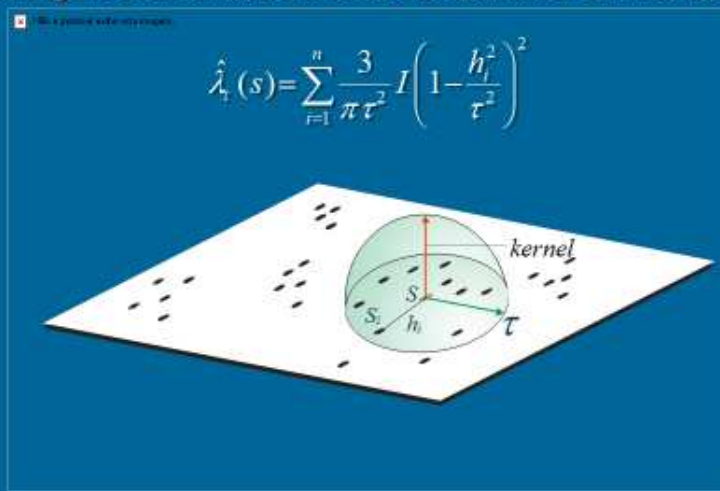
- A função $I(\cdot)$ -> FDP é escolhida de forma adequada para construir uma superfície contínua sobre os dados;

- O parâmetro τ , denominado “largura de faixa”, controla o amaciamento da superfície gerada;
- S representa uma localização qualquer na área de estudo, S_i são as localizações dos eventos observados, e n representa o número de eventos.

A partir dessas condições, foi possível mapear no espaço a área de influência dos eventos de irrigação, utilizando um raio de 100 km.

Estimador de Intensidade (“Kernel Estimation”)

- A Figura abaixo ilustra a idéia do estimador de intensidade





Rua Itapeva, 474 - 6º andar
Tel.: +55 11 3799-3645
<http://gvagro.fgv.br/>
gvagro@fgv.br