

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**EVOLUÇÃO DA ÁREA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO  
OESTE PAULISTA**

JULIA TRINDADE DA SILVA  
Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez  
Orientador

Ilha Solteira - SP  
Julho - 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**EVOLUÇÃO DA ÁREA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO  
OESTE PAULISTA**

JULIA TRINDADE DA SILVA

Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez  
Orientador

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de  
Engenharia do Campus de Ilha  
Solteira - UNESP, como parte dos  
requisitos para obtenção do grau de  
Engenheira Agrônoma.

Ilha Solteira - SP

Julho - 2018

*Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos que sempre tiveram fé em mim e me motivaram em cada desânimo. Essa conquista é por eles que não saíram do meu lado em momento nenhum.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço primeiramente a Deus por me dar a oportunidade de cursar uma universidade pública e por cuidar dos meus caminhos, me guiando para as melhores experiências.*

*Agradeço a minha família e em especial aos meus pais e avós que sempre acreditaram em mim, que apoiaram as minhas escolhas e lutaram para que eu pudesse ter sucesso em tudo que faço, agradeço a eles por superarem as suas dificuldades, pois sei que não foi fácil, e por terem conseguido manter meus estudos longe de casa.*

*Agradeço aos meus amigos Talita, Everton, Manu, Lucas, Mariele, Vitor, Daniela, Izabela e Thais Lana, por me fazer feliz, me motivar e por cada dificuldade que passaram junto a mim e pela oportunidade de eu poder fazer parte de suas vidas.*

*Agradeço a Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira por todas as experiências, por todos os aprendizados e apoio de todos os integrantes que passaram esse período de 3 anos comigo.*

*Agradeço a todos os docentes que me proporcionaram grandes aprendizados e principalmente ao Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez por tudo que me ensinou e por me incentivar a ser melhor em tudo que faço.*

*Agradeço a empresa GeoBrasil Engenharia e a Usina Santa Adélia por ter me dado a oportunidade de realizar estágio e por ter investido tanto na minha formação profissional.*

*Agradeço à PROEX por ter me concedido bolsa no Projeto "PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO HIDROAGRÍCOLA E AMBIENTAL".*

*Por fim, agradeço à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP e a toda a sociedade do Estado de São Paulo que possibilitaram os meus estudos e a minha formação.*

*Muito obrigado a todos!*

*“A persistência é o caminho do êxito.”*  
*Charles Chaplin*

## RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo de identificar as áreas irrigadas por pivô central nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) dos Rios Tietê (margem esquerda), Aguapeí, Peixe e Paranapanema (margem direita), na região Oeste Paulista, incorporando as áreas desde 2000 até 2017. Para tanto foram utilizadas imagens Landsat e ResourceSat processadas em ambiente do software ArcGIS como ferramenta para identificação das áreas irrigadas por pivô central e estabelecimento do banco de dados relacional em escala de município e UGRHIs. O levantamento e a sistematização das áreas irrigadas foram concluídos conjuntamente com o aprendizado das ferramentas computacionais, em que se pôde obter como resultado a instalação de 77 novos equipamentos de irrigação - sistemas pivô central - com um acréscimo de 6.710 hectares irrigados na região Oeste Paulista entre abril de 2000 e dezembro de 2017. No mesmo período, pode-se constatar que a Margem Esquerda da UGRHI do Baixo Tietê foi a que obteve maior crescimento em área irrigada e em número de equipamentos, com 3.214 hectares e 40 equipamentos novos instalados. Constatou-se também, que houve perdas de 5 equipamentos e 494 hectares irrigados na UGRHI Aguapeí. Assim, se concluíram que ao final de 2017 o total de área irrigada e de equipamentos contabilizados foi de 8.596 hectares e 102 equipamentos, irrigando áreas média de 84,3 hectares por equipamento.

Palavra-chave: Agricultura irrigada. UGRHI. Irrigação.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to identify of irrigated areas by central pivot in the Water Resources Management Units (UGRHI) of the Rivers Tietê (left bank), Aguapeí, Peixe and Paranapanema (right bank), from 2000 to 2017. For this purpose, Landsat and Resourcesat images were processed in ArcGIS software environment as a tool for the identification of irrigated areas by central pivot and establishment of the relational database at county level and UGRHIs. The survey and systematization of the irrigated areas were completed in conjunction with the learning of computational tools, which resulted in the installation of 77 new irrigation equipment - central pivot systems -, with an increase of 6,710 hectares irrigated in the region of Oeste Paulista between April 2000 and December 2017. In the same period, it can be seen that the left bank UGRHI Baixo Tietê was the one that obtained the highest growth in irrigated area and in number of equipment, with 3,214 hectares and 40 new equipment installed. It was also verified that there were losses of 5 equipment and 494 irrigated hectares in the Aguapeí UGRHI. Thus, it is concluded that at the end of 2017 the total of irrigated area and equipment counted was 8,596 hectares and 102 equipment, irrigating average areas of 84.3 hectares by equipment.

Keyword: Irrigated agriculture. UGRHI. Irrigation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de estudo do trabalho. ....	6
Figura 2 - Etapas de coleta e processamento das imagens de satélite .....	7
Figura 3 - Evolução da área irrigada no Oeste Paulista dos anos 2000 a 2017 .....	9
Figura 4 - Comparação do número de Pivôs Central da área de estudo no ano de 2014 publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA, publicado em 2016 e a evolução que compõe o banco de dados deste trabalho.....	16
Figura 5 – Divergência da distribuição dos sistemas pivô central no Oeste Paulista contabilizados por ANA & EMBRAPA (2016) e o realizado neste estudo, no ano de 2014.....	17
Figura 6 - Distribuição dos sistemas pivô central no Oeste Paulista no ano 2000. ....	18
Figura 7 - Distribuição dos sistemas pivô central no Oeste Paulista no ano 2017. ....	18
Figura 8 - Incremento de equipamentos de 2000 para 2017 nos municípios da área de estudo.....	19



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cenário da agricultura irrigada na região Oeste Paulista em 2017. ....	9
Tabela 2 - Evolução da agricultura irrigada em nível de UGRHI entre os anos de 2000 e 2017.....	10
Tabela 3 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na Margem Esquerda da UGRHI Baixo Tietê (ME-BT), entre 2000 e 2017. ....	12
Tabela 4 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Aguapeí (AG), entre 2000 e 2017.....	13
Tabela 5 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Peixe (PE), entre 2000 e 2017.....	13
Tabela 6 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Pontal do Paranapanema (PP), entre 2000 e 2017. ....	14

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1. Irrigação no Brasil .....	2
2.2. Irrigação no Sudeste Brasileiro e Oeste Paulista .....	3
2.3. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	3
2.4. Métodos e Sistemas de Irrigação .....	4
2.5. Sensoriamento Remoto .....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
3.1. Caracterização da área de Estudo .....	5
3.2. Coleta e Processamento das imagens.....	6
3.3. Composição do banco de dados relacional .....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
4.1. Identificação e evolução das áreas irrigadas nas UGRHIs .....	10
4.2. Identificação e evolução das áreas irrigadas em nível de municípios .....	11
5. CONCLUSÃO .....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os países com maior área potencial para irrigação, embora de acordo com o Levantamento da Agência Nacional de Águas – ANA (2014) são 6,95 milhões de hectares, cerca de 20% desta área sejam utilizadas. Esse grande potencial se deve tanto à extensão territorial quanto ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis ao desenvolvimento da atividade (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO, 2016). Estima-se que existam no Brasil cerca de 110 milhões de hectares de solos aptos para expansão e desenvolvimento anual da agricultura tradicional em bases sustentáveis. (CHRISTOFIDIS, 2013).

Segundo a ANA (2013), em 2010 comparativamente a 2006, houve um aumento de aproximadamente 29% da retirada de água total do país, passando de 1.842 m<sup>3</sup>/s para 2.373 m<sup>3</sup>/s. Esse aumento ocorreu, principalmente, devido à vazão de retirada para fins de irrigação que passou de 866 m<sup>3</sup>/s (47% do total) para 1.270 m<sup>3</sup>/s (54% do total).

Considerando a estimativa para 2012 e os dados dos Censos Agropecuários e das Produções Agrícolas Municipais do IBGE observa-se expressivo aumento da agricultura irrigada no Brasil nas últimas décadas, crescendo sempre a taxas superiores às do crescimento da área plantada total. Em 1970, a irrigação correspondia a apenas 2,3% da área cultivada, chegando a 6,0% em 1995 e alcançando o patamar de 8,3% em 2012. De acordo com Christofidis (2013), em escala global a produtividade obtida com a prática da agricultura irrigada é 2,7 vezes maior do que a obtida pela agricultura tradicional - de sequeiro -, que é dependente das irregularidades das águas das chuvas.

No total das áreas irrigadas no Brasil, a CSEI/Abimaq (2018) estima em sistemas pressurizados até 2017 um total de 5,8 milhões de hectares. Nesse levantamento, a análise foi realizado desde 2000, portanto de 2007 para 2008 o crescimento foi muito representativo devido ao valor de 19.600 para 49.000 sistemas pivô central instalado, acréscimo de 2012 para 2013 também foi de grande destaque passando de 84.000 para 126.000 sistemas. Um valor que decresceu até o ano de 2017 em 84.500 equipamentos.

Ainda segundo a ANA (2016) as áreas ocupadas por pivôs nas regiões hidrográficas do Paraná responde sozinha por 44,1% do total e os principais polos de pivôs centrais encontram-se nas bacias dos rios Paranaíba, Grande e Paranapanema. O Oeste Paulista se insere nesta região, ainda que não haja uma expressiva área irrigada, é uma área potencial devido às condições climáticas, de oferta de água e de infraestrutura de energia e transportes, que se

espera que seja devidamente aproveitada para a geração de oportunidades e renda a partir do campo.

Contudo, a verificação da evolução da área irrigada de uma região ao longo do tempo é ferramenta básica de todo planejamento, seja também para prever possíveis conflitos por água através de tendências de adoção da agricultura irrigada. Por outro lado, técnicas que combinam sensoriamento remoto com estações agrometeorológicas permitem estudos em larga escala do consumo de água em uma bacia hidrográfica, um município e até regiões maiores.

Assim onde é sistema com a maior tecnologia embarcada, podendo ter inclusive seu controle e manejo feito remotamente. Quanto maior a área irrigada, menor o investimento por hectare e assim, a área média irrigada por equipamento em 2015 foi de 60 hectares (CSEI, 2016), e por isso que o pivô central é o sistema tratado neste trabalho por que ele é de fácil identificação através de sensoriamento remoto para a quantificação da área irrigada na região de estudo.

E assim, este trabalho teve por objetivo identificar áreas irrigadas por pivô central de 2000 a 2017, no Oeste do Estado de São Paulo, através da criação de um banco de dados relacional com as informações relativas aos equipamentos de irrigação, base para todo o planejamento do uso dos recursos hídricos e da agricultura irrigada na região.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

### ***2.1. Irrigação no Brasil***

O Brasil ainda possui uma área irrigada considerada pequena frente à área agrícola total, contudo possui extensão territorial e conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica. Por outro lado, os incrementos anuais de área irrigada têm se mantido elevados nos últimos anos, indicando que esse potencial tem sido aproveitado sobre áreas significativamente maiores a cada ano (ANA, 2004).

A ANA tem investido na quantificação das áreas irrigadas como base para a gestão dos recursos hídricos, prova disso está nas publicações do Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014, Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada e Levantamento da cana-de-açúcar irrigada na região Centro-Sul do Brasil. Todos que se basearam no sensoriamento remoto e sistema geográfico da informação.

Conforme afirma Guimarães e Landau (2014) a agricultura irrigada permite a obtenção de aumentos significativos de produtividade de diversas culturas agrícolas, contribuindo para

reduzir a expansão de plantios em áreas com cobertura vegetal natural, aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola no local.

No Brasil, segundo a última operação censitária do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009), o método de irrigação mais utilizado no Brasil era aspersão por pivô central (38,0%), com uma área total de 840.048 hectares, seguido pelos métodos localizados (31,4%), sendo que a região Sudeste do país liderava os números quando se tratava de pivôs. A região Sudeste possui a maior área irrigada do Brasil, apresentando 36,4%, seguida pelas regiões Nordeste (27,7%), Sul (21,2%), Centro Oeste (14,8%) e Norte (3,4%). Deste total, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), em 2013 cerca de 25% representavam áreas irrigadas pelo sistema pivô central, possuindo cerca de 18 mil equipamentos.

## ***2.2. Irrigação no Sudeste Brasileiro e Oeste Paulista***

Em estudo realizado pela Agência Nacional de Águas e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, constatou-se que a área irrigada por pivôs centrais em 2014 teve uma alta de cerca de 43% no mapeamento nacional com relação ao estudo de 2006, apresentando 19,9 mil equipamentos e área irrigada de 1.275 milhão de hectares, sendo que no estado de São Paulo foram contabilizados 4.025 equipamentos com área irrigada de 175.828 hectares, sendo 21% do total do Estado de São Paulo.

De acordo com Araújo et al. (2013) a região Oeste Paulista no ano de 2013 apresenta 55 pivôs em 4.247 hectares irrigados. Já Trinca et al. (2015) afirma que houve um incremento de 17% quando comparados os anos 2013 e 2014, ou seja, um valor expressivo para o desenvolvimento da agricultura irrigada nesta região em apenas um ano.

## ***2.3. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos***

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o Brasil está dividido em doze regiões hidrográficas, sendo que três importantes bacias, em parte, estão localizadas no Estado de São Paulo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009). No entanto, também pode ser definida como uma unidade de planejamento estratégico, uma vez, que a preservação e uso adequado da mesma permitem a expansão da agricultura sem a degradação ambiental (FEITOSA, 2014).

De acordo com o Comitê das Bacias Hidrográficas (2015) para facilitar a gestão no Estado de São Paulo, as bacias hidrográficas foram divididas em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o que melhora o trabalho de planejamento dos recursos

de cada bacia. Serão alvos deste estudo as UGRHI Baixo Tietê (margem esquerda), Aguapeí, Peixe e Pontal do Paranapanema caracterizando o Oeste Paulista.

#### **2.4. Métodos e Sistemas de Irrigação**

A irrigação assume papel primordial no desenvolvimento dos arranjos produtivos. Embora aumente o uso da água, os investimentos no setor resultam em aumento substancial da produtividade e do valor da produção, diminuindo a pressão pela incorporação de novas áreas para cultivo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

Segundo a FAO (2016) a adequação do método de irrigação dependerá de fatores como, tipo de cultura, tipo de tecnologia, custos e benefícios, em que cada método possui vantagens e desvantagens e, basicamente são quatro os métodos de irrigação aplicados atualmente, são eles: o de superfície, aspersão, localizada e subsuperfície. E ainda dentre eles, o sistema de irrigação pivô central é o responsável pelo maior crescimento das áreas irrigadas na região alvo do trabalho.

O Estado de São Paulo representa 14% da área brasileira total irrigada por este tipo de sistema, com uma área de aproximadamente 1,2 milhão de hectares (ANA, 2014) e com 3.528 pivôs (EMBRAPA, 2016). O uso do sistema pivô central tem apresentado expansão significativa nos últimos anos, sendo que houve um incremento médio anual de 63 mil hectares nos últimos dez anos (CSEI, 2016).

#### **2.5. Sensoriamento Remoto**

Segundo Souza (2013) citado por Amendola (2016), atualmente o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto permite realizar estudos diferenciados sobre diversas áreas do mundo. Sendo assim, é possível conhecer informações sobre o objeto sem contato físico entre o sensor e o alvo a ser estudado, devido à captação da energia proveniente do objeto e convertida em informações possíveis de análise e interpretação dos alvos, apresentando grande potencial para a agricultura irrigada.

Nas últimas décadas, as utilizações do sensoriamento vêm sofrendo grande impulso devido principalmente ao desenvolvimento de novos sensores que possibilitam a estimativa e monitoramento dos recursos hídricos e climáticos, como por exemplo, estimativas instantâneas de evapotranspiração, que permitem quantificar a perda de água pela cultura (WARREN, 2014), além de possibilitar o estudo de variáveis climáticas, auxilia na quantificação das áreas irrigadas, em que se podem desenvolver estudos do progresso econômico, tecnológico e ainda, ambiental (SOUZA, 2013).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

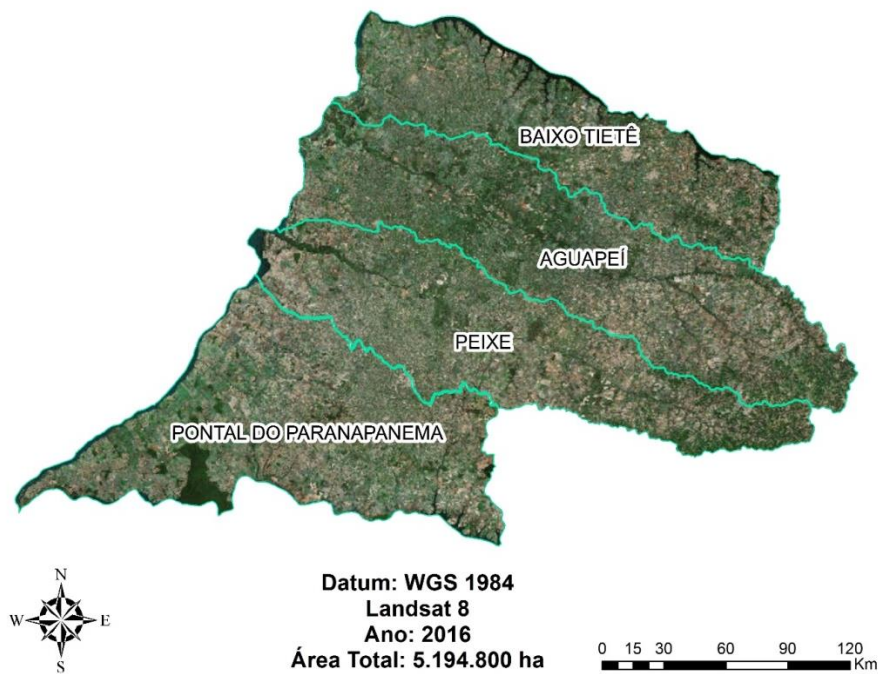
#### ***3.1. Caracterização da área de Estudo***

Este trabalho compreende as Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) do Baixo Tietê (margem esquerda), Aguapeí, Peixe e Pontal do Paranapanema inseridas entre as coordenadas 51° 31' 32,93" O; 20° 34' 18,44" S e 50° 53' 24,02" O; 22° 48' 48,66" S, tendo como referência o trabalho da ANA - Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil (2014) que identificou e compilou as áreas irrigadas por pivô central em todo o Brasil e de maneira análoga, identificamos os polos irrigados dentro do Oeste Paulista, em uma área total de 4.529.980 hectares.

Destes, 893.980 hectares localizam-se nas UGRHI do Baixo Tietê (margem esquerda), 1.319.600 hectares no o Aguapeí, 1.076.900 hectares no Peixe e 1.239.500 hectares no Pontal Paranapanema (CBH, 2015). Para a identificação das áreas irrigadas por pivô central ano a ano, foram analisadas as cenas do período seco compreendido entre abril e dezembro dos anos de 2000 a 2017, nas orbitas 221, 222, 223 e pontos 74, 75 e 76. A localização dos municípios nas UGRHI e bacias hidrográficas foram extraídas as informações do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SigRH, <http://www.sigrh.sp.gov.br>).

Figura 1 - Área de estudo do trabalho.

### Área de estudo: OESTE PAULISTA



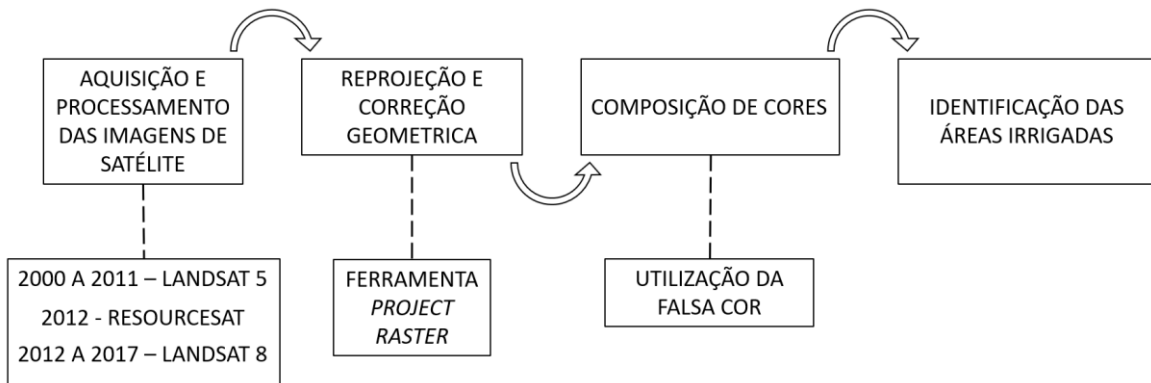
**Fonte:** Próprio autor.

### 3.2. Coleta e Processamento das imagens

As imagens trabalhadas neste estudo foram adquiridas através das bases de dados do USGS (*United States Geological Survey*) e INPE, disponibilizadas gratuitamente.



Figura 2 - Etapas de coleta e processamento das imagens de satélite



**Fonte:** Próprio autor.

Para o período de abril a dezembro dos anos 2000 a 2011 foram utilizadas as imagens do satélite americano *Landsat 5*, que segundo o INPE (2009) possui 6 bandas espectrais, com resolução espacial de 30 metros e ainda uma banda termal com resolução espacial de 120 metros e cenas de 185 x 185 km; Para o mesmo período do ano 2012 foram utilizadas as imagens do satélite indiano Resourcesat, que segundo a Embrapa Monitoramento por satélite (2013) oferece uma resolução espacial de 23,6 metros e cenas de 148 x 148 km;

Para o período de abril a dezembro dos anos 2013 a 2017 foram utilizadas as imagens do satélite americano *Landsat 8*, que segundo a NASA possui 8 bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, 1 banda pancromática com resolução espacial de 15 metros e 2 bandas termais com resolução espacial de 100 metros, oferece cenas de 185 x 185 km, revisitando uma mesma área a cada 16 dias, está em órbita polar sincronizada com o sol, possui período de revolução de 14,5 órbitas/dia.

Para o processamento das imagens utilizou-se do aplicativo ArcMap - pacote ESRI ArcGIS - que oferece boa qualidade gráfica e muitas ferramentas práticas e licenciado para a Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira. As imagens foram submetidas a processos de reprojeções e correções geométricas para coordenadas projetadas em UTM, sob o *Datum* WGS 1984, Hemisfério Sul e Zona 22 S, que puderam ser realizadas de maneira individual, imagem por imagem, através da ferramenta *Project Raster*, no ArcGIS.

Para a composição de cores das imagens foram utilizadas as bandas que compõem a “falsa - cor” RGB 543, para melhor visualização das áreas irrigadas. Após o processamento das imagens realizou-se a identificação das áreas irrigadas do ano 2000 produzindo assim um shapefile que posteriormente foi utilizado como base para as demais cenas das determinações

de áreas irrigadas a partir de 2001 até o ano de 2017, sucessivamente. Consolidando um banco de dados com informações detalhadas de áreas irrigadas por município e por bacia.

Realizou-se a verificação e contagem das áreas irrigadas por pivô central nas bacias, primeiramente foi necessário criar um shapefile do ano de interesse do tipo polígono, no software ArcGis, que é um formato de dados vetoriais da empresa criadora do programa para armazenar a posição, formato e atributos de feições geográficas, para que as imagens possam estar corretamente alinhadas com as projeções das cenas de satélite.

As imagens foram georreferenciadas no software ArcGis, processando as para “falsa - cor”, para facilitar a visualização das áreas de pivô central, identificada pelo círculo correspondente, seu número de ordem, área, perímetro, coordenadas e demais informações que o caracterizam. Para a identificação das áreas irrigadas em nível de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) e de municípios foi utilizado *shapefile* disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### **3.3. Composição do banco de dados relacional**

O banco de dados foi constituído através do Excel, em que foi composto por tabelas e gráficos. Então, contou-se e atualizou-se o número de sistemas pivô central e a quantidade de área irrigada existentes na região Oeste Paulista no ano de 2017. Foram necessárias analisar 9 cenas do satélite por ano para ter controle da área completa do trabalho, novos pivôs e retiradas foram identificados na tabela do *shapefile*.

Ao final de todos os anos da análise, a tabela foi exportada para o Excel para classificar de acordo com o ano, o município e a bacia hidrográfica. Além disso, realizou-se também a relação área irrigada por área total, número de equipamentos inclusos e retirados, evolução da área irrigada e número de equipamentos pivô central em nível de município e de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI para a criação de gráficos, tabelas e posteriormente mapas provenientes do *shapefile*.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após realizado o processamento das imagens e a identificação dos sistemas pivô central desde abril de 2000 até o fim de 2017, pôde-se então realizar a análise da expansão da agricultura irrigada por pivô central no Oeste Paulista. Assim, como mostrado na Tabela 1, constatou-se que durante o período citado houve a instalação de 77 novos sistemas pivô central no Oeste Paulista, acrescentando uma área irrigada de 6.710 hectares.

Tabela 1 - Cenário da agricultura irrigada na região Oeste Paulista em 2017.

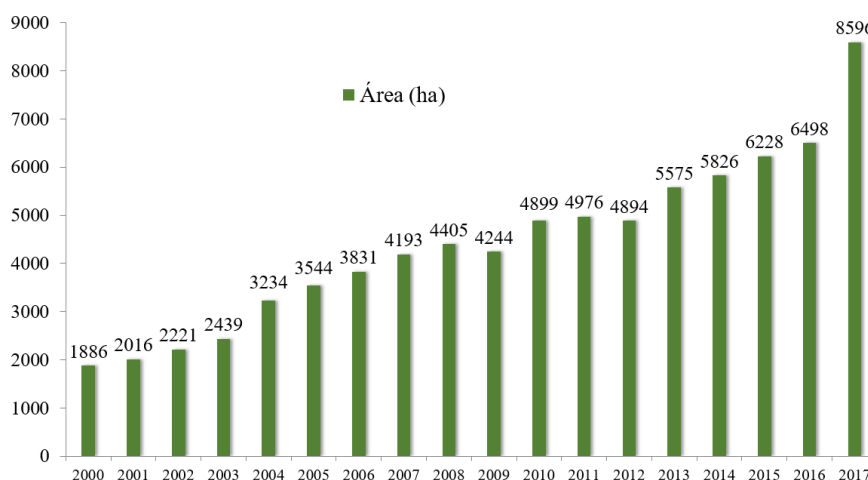
2017	Área Total (AT)	4.529.980 hectares
	Área Total Irrigada (AI)	8.596 hectares
	Total de sistemas pivô central	102
	AI/AT	0,2%
Evolução 2000 a 2017	Área Total Irrigada	6.710 hectares
	Número de sistemas incluídos	77
Perdas de 2000 a 2017	Número de sistemas retirados	5
	Perda de área irrigada	494 hectares

**Fonte:** Próprio autor.

Esta Tabela 1 evidencia o cenário atual da agricultura irrigada no Oeste Paulista, com dados relacionados à evolução, ao valor real de área irrigada e de número de equipamentos no ano de 2017, confrontados com estudo publicado em 2016 pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA, sobre a situação da agricultura irrigada por pivô central no país, em 2014. Assim, pode-se verificar que a área total irrigada no Oeste Paulista ao final do ano de 2017 foi contabilizada em 8596 hectares, somando 102 equipamentos. Além do incremento, no período também houve perdas, em que foram retirados 5 sistemas pivô central, sendo 494 hectares irrigados perdidos.

Na Figura 3 verificou-se que foi crescente o acúmulo da quantidade de equipamento e da quantidade de área. Este fato reforça que a agricultura irrigada se expande a cada ano na região Oeste Paulista, e que vem despertando o interesse dos produtores da região, no âmbito comercial e territorial, devido o valor da terra não ser caro. De 2003 para 2004 o aumento foi de 32,5% e de 2016 para 2017 o aumento foi de 32,3%. Dos 111 municípios analisados, 32 possuem áreas irrigadas por sistemas pivô centrais, representando aproximadamente 30% de todos os municípios que compõem a região Oeste Paulista.

Figura 3 - Evolução da área irrigada no Oeste Paulista dos anos 2000 a 2017



**Fonte:** Próprio autor.

#### 4.1. Identificação e evolução das áreas irrigadas nas UGRHIs

Desta forma, a Tabela 2 permite a análise da quantidade total de área irrigada, da quantidade de equipamentos e a relação área irrigada por área total (AI/AT), nas UGRHIs. Assim, verificou-se que ao final de 2000 a UGRHI que apresentou a maior quantidade de área irrigada foi a Margem Esquerda do Baixo Tietê (ME-BT), devido a sua menor extensão, 893.980 hectares, com 672 hectares e apresentando relação AI/AT de 0,08 %, seguida pela UGRHI Aguapeí (AG), com 625 hectares e relação AI/AT de 0,05 % e posteriormente pela UGRHI Pontal do Paranapanema, com 589 hectares e relação AI/AT de 0,05%.

Quando se refere a quantidade total de sistema pivô central, a Margem Esquerda da UGRHI Baixo Tietê lidera o ranking, apresentando 11 equipamentos, as UGRHI Aguapeí e Pontal do Paranapanema, com 7 equipamentos cada uma, e a UGRHI Peixe, sem nenhuma evolução em equipamento ou área irrigada.

Desta forma, observou-se que a UGRHI que obteve maior evolução entre os anos estudados, com relação aos três aspectos analisados, sendo área irrigada, número de equipamentos e relação AT/AI, foram a Margem Esquerda do Baixo Tietê, com acréscimo de 3214 hectares irrigados, 40 equipamentos e assim sendo acrescentados 0,4% na relação AI/AT.

Assim, quando se confronta os dados de evolução de toda a região Oeste Paulista citada anteriormente, com os dados de evolução da Margem Esquerda da bacia Baixo Tietê (BT), constatou-se que a Margem Esquerda do Baixo Tietê foi responsável por aproximadamente 47% do crescimento da agricultura irrigada por pivô central na região Oeste Paulista.

Tabela 2 - Evolução da agricultura irrigada em nível de UGRHI entre os anos de 2000 e 2017.

UGRHI	Área Total (ha)	2000			2017			Evolução 2000 a 2017		Perda de 2000 a 2017	
		Área irrigada (ha)	Eq	AI/AT (%)	Área irrigada (ha)	Eq	AI/AT (%)	Área irrigada (ha)	Eq	Área irrigada (ha)	Eq
ME-BT	893.980	672	11	0,08	3.886	51	0,43	3.214	40	42	0
AG	1.319.600	625	7	0,05	404	4	0,03	-221	-3	452	5
PE	1.076.900	0	0	0,00	1.657	15	0,15	1.657	15	0	0
PP	1.239.500	589	7	0,05	2.649	32	0,21	2.060	25	0	0
Total	4.529.980	1.886	25	0,17	8.596	102	0,83	6.710	77	494	5

Fonte: Próprio autor.

Eq: Equipamentos pivô central.

AI: Área Irrigada.

AT: Área Total.

A bacia Aguapeí (AG) destacou-se negativamente, pois sofreu uma redução de 452 hectares irrigados com a retirada de 5 sistemas pivô central. Desta forma se não tivesse tido retração, a bacia AG seria responsável por 8% do crescimento da agricultura irrigada no Oeste Paulista. A bacia do Peixe teve uma evolução com relação a área irrigada de 100% com o crescimento de 0 para 1.657 hectares irrigados e 15 novos equipamentos, tendo uma contribuição de 20% no crescimento da agricultura irrigada no Oeste Paulista.

#### ***4.2. Identificação e evolução das áreas irrigadas em nível de municípios***

Com os dados obtidos também foi possível analisar a situação da agricultura irrigada ao final do ano de 2017 por município no Oeste Paulista, assim como a evolução entre os anos de 2000 a 2017. As Tabelas 3, 4 e 5 mostram os dados dos municípios que possuem irrigação por sistema pivô central nas bacias Baixo Tietê (margem esquerda) (ME-BT), Aguapeí (AG), Peixe (PE) e Pontal do Paranapanema (PP), respectivamente.

Na Tabela 3 podem-se observar os dados relacionados à Margem Esquerda do Baixo Tietê (ME-BT), a qual no final de 2017, o município que terminou com maior área irrigada foi Castilho, com 1490 hectares, a evolução foi de 1 para 12 novos equipamentos, o município apresentou também o maior destaque na relação AI/AT em 2017, com 1,4%.

Tabela 3 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na Margem Esquerda da UGRHI Baixo Tietê (ME-BT), entre 2000 e 2017.

Município	UGRHI	Área Município (ha)	2000			2017			Evolução	
			Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq
Glicério	ME-BT	27.280	251	5	0,9	226	7	0,8	-25	2
Andradina	ME-BT	96.423	255	3	0,3	462	6	0,5	207	3
Castilho	ME-BT	106.532	24	1	0,0	1.490	12	1,4	1.466	11
Guararapes	ME-BT	95.564	34	1	0,0	269	5	0,3	236	4
Brejo alegre	ME-BT	10.569	108	1	1,0	91	3	0,9	-17	2
Rubiácea	ME-BT	23.648	0	0	0,0	156	4	0,7	156	4
Valparaíso	ME-BT	85.766	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0
Araçatuba	ME-BT	116.713	0	0	0,0	183	2	0,2	183	2
Mirandópolis	ME-BT	91.769	0	0	0,0	598	4	0,7	598	4
Coroados	ME-BT	24.683	0	0	0,0	80	3	0,3	80	3
Birigui	ME-BT	53.003	0	0	0,0	329	5	0,6	329	5
Total		731.949	672	11	0,1	3.886	51	6,3	3.214	40
Média		66.541	134	2	0,2	389	5	0,6	-	-

**Fonte:** Próprio autor.

Apesar de não ter tido grande destaque em 2017, o município de Mirandópolis foi o que apresentou maior evolução de área irrigada na bacia BT, sendo acrescentados 598 hectares e 4 sistemas pivô central. E o município com menor relação AI/AT foi Valparaíso, passou somente os anos de 2003 a 2008 com 1 pivô central de 109 hectares.

Analisando a Tabela 4, que se refere aos municípios destaques da UGRHI Aguapeí pode-se observar que houve predominantemente retiradas de sistemas pivô centrais do que incrementos, que se justificam por grandes extensões de áreas de reserva e refúgio ecológicos. Conseqüentemente reflete na quantidade de área irrigada também houve reduções, foram 452 hectares perdidos e 5 equipamentos retirados.

As perdas atingiram os municípios de Irapuru e Lucélia, que com 1 pivô central em Irapuru consolidou 124 hectares irrigados enquanto Lucélia manteve seus 111 hectares em 1 pivô central assim no saldo final com relação ao crescimento da área irrigada nesta bacia foram de apenas 227 hectares. Observando o município de Monte Castelo, foi possível concluir que se mantiveram as áreas e o número de equipamentos desde 2006 a 2008 em um pivô central de 53 hectares.

Tabela 4 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Aguapeí (AG), entre 2000 e 2017.

Município	UGRHI	Área Município (ha)	2000			2017			Evolução	
			Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq
Lucélia	AG	31.481	111	1	0,4	111	1	0,4	0	0
Pauliceia	AG	37.409	125	1	0,3	0	0	0,0	-125	-1
Herculândia	AG	36.425	81	1	0,2	0	0	0,0	-81	-1
São Joao do Pau d'alto	AG	11.767	113	1	1,0	0	0	0,0	-113	-1
Irapuru	AG	21.446	0	0	0,0	124	1	0,6	124	1
Monte Castelo	AG	23.355	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0
Rinópolis	AG	35.848	195	3	0,5	62	1	0,2	-133	-2
Junqueirópolis	AG	58.256	0	0	0,0	107	1	0,2	107	1
Total		197.731	625	7	2,4	404	4	1,3	-221	-3
Média		28.247	125	1	0,5	101	1	0,3	-	-

**Fonte:** Próprio autor.

Na UGRHI Peixe, o destaque de área irrigada foi no município de Rancharia em 1140 hectares irrigados em 7 equipamentos pivôs centrais, o que representa 69% da evolução na UGRHI. Em seguida o município de Martinópolis também pode ser identificado com 7 equipamentos e 430 hectares irrigados. Por fim, e não menos importante com 1 sistema e 88 hectares irrigados o município do Ribeirão dos Índios. Contudo, é interessante analisar o crescimento dos 3 municípios citados em 100% desde o ano de 2000 em que nos anos anteriores não existiu área irrigada na bacia Peixe.

Tabela 5 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Peixe (PE), entre 2000 e 2017.

Município	UGRHI	Área Município (ha)	2000			2017			Evolução	
			Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq
Rancharia	PE	158.749	0	0	0,0	1.140	7	0,7	1.140	7
Ribeirão dos índios	PE	196.991	0	0	0,0	88	1	0,0	88	1
Martinópolis	PE	125.356	0	0	0,0	430	7	0,3	430	7
Total		481.097	0	0	0,0	1.657	15	1,0	1.657	15
Média		160.366	0	0	0,0	552	5	0,5	-	-

**Fonte:** Próprio autor.

Em relação os municípios que representam a evolução na bacia do Pontal do Paranapanema, o município que mais se destacou foi Rosana com um acréscimo de 583 hectares irrigados em 5 novos equipamentos desde 2000 quando só possuíam na área 2 sistemas, sendo seguido pelo município de Presidente Venceslau, com a evolução de 0 para 466 hectares irrigados com 5 equipamentos, e posteriormente o município do Iepe, com acréscimo de 235 hectares irrigados e mais 3 novos equipamentos.

Tabela 6 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Pontal do Paranapanema (PP), entre 2000 e 2017.

Município	UGRHI	Área Município (ha)	2000			2017			Evolução	
			Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq	AI/AT (%)	Área Irrigada	Eq
Santo Anastácio	PP	55.288	200	2	0,4	423	6	0,8	224	4
Mirante do Paranapanema	PP	123.893	77	1	0,1	79	1	0,1	2	0
Iêpe	PP	59.497	180	2	0,3	416	5	0,7	235	3
Rosana	PP	74.401	131	2	0,2	714	7	1,0	583	5
Narandiba	PP	35.733	0	0	0,0	112	1	0,3	112	1
Presidente Bernardes	PP	74.923	0	0	0,0	131	3	0,2	131	3
Presidente Venceslau	PP	755.010	0	0	0,0	466	5		466	5
Taciba	PP	608.310	0	0	0,0	142	2		142	2
Caiuá	PP	55.116	0	0	0,0	82	1	0,1	82	1
Marabá Paulista	PP	91.952	0	0	0,0	83	1	0,1	83	1
Total		1.934.123	589	7	1	2.649	32	3	2.060	25
Média		193.412	147	2	0,1	265	3	0,0	-	-

**Fonte:** Próprio autor.

Em estudo recente, Trinca et al. (2015) identificou a quantidade de sistemas pivô central em três UGRHI do Oeste Paulista, sendo elas Baixo Tietê (margem esquerda), Aguapeí e Peixe, totalizando apenas 56 equipamentos acumulados desde o ano de 2000 até o final de 2014, sendo uma diferença bastante significativa quando comparada ao total de equipamentos contabilizados neste estudo no mesmo período, que verificou um acúmulo de 66 equipamentos, englobando as 4 UGRHI sendo ainda comparados aos 71 equipamentos pelo estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA,



publicado em 2016 para a identificação dos sistemas pivôs centrais de todo o país em 2014, como pode ser observado na Figura 5.

Esta diferença demonstra o grande potencial da região com relação a agricultura irrigada quando comparada a outras regiões, e indica um futuro promissor para a irrigação por sistema pivô central, podendo ser de crescente crescimento como se deu entre os anos de 2000 a 2018.

O trabalho publicado pela Agência Nacional de Águas (2016) registrou 17.878 sistemas pivô central no Brasil, sendo identificados 4.025 sistemas somente no Estado de São Paulo. Número de equipamentos é erro, já a diferença na área pode ser reflexo da metodologia de construção dos polígonos representativos de cada equipamento.

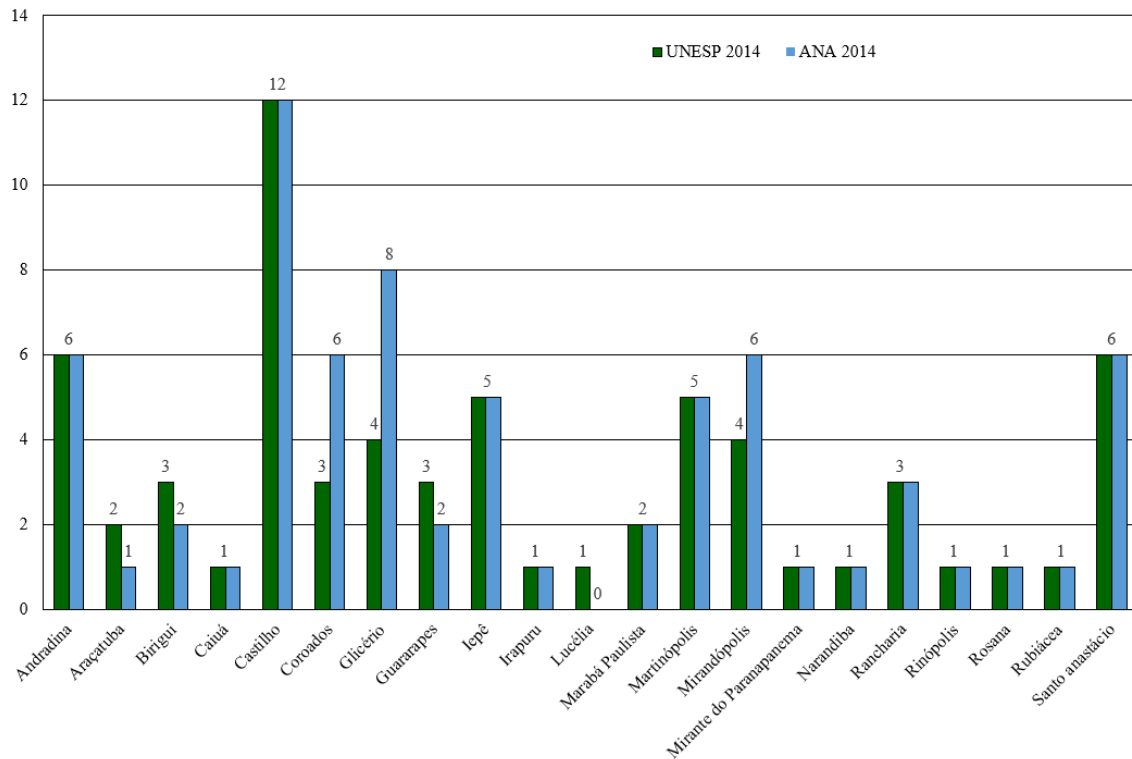
Dentre os métodos utilizados e os sistemas pivô central, analisamos a forma de realização do trabalho presente, devido ao detalhamento de fazer a demarcação do polígono de forma manual, sendo possível ter melhor exatidão dos limites da circunferência da área irrigada, em contrapartida do que foi realizado pelo estudo da ANA (2016) para a esse registro foi realizado na forma automática de análise de circunferências presentes na região de todo o Brasil.

Confrontando esses resultados do estudo e o estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA, publicado em 2016, foi possível identificar alguns aspectos conflitantes, quando se referia a quantidade de área irrigada e de sistemas pivô central no ano de 2014 como pode ser visto na Figura 4.

O presente estudo realizou a contagem de forma detalhada município por município. No resultado da comparação pode se observar que no município de Lucélia não foi identificado nenhum pivô pela ANA (2016), ainda contabilizou 5 pivôs a mais do que o trabalho realizado, totalizando uma diferença de 23 hectares a mais. Os municípios que receberam a quantificação de mais pivôs foram Glicério, coroados e Mirandópolis com 4, 3 e 2 sistemas a mais respectivamente.

Outro caso que pode ser analisado foi de sistemas que foram identificados no estudo e que no Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014 publicado pela ANA em 2016 não foi registrado no banco de dados. Foram o caso dos municípios de Araçatuba, Birigui e Guararapes com 1 equipamento a mais em cada, totalizando em 2014 no banco de dados deste estudo 66 pivôs centrais e 5826 hectares irrigados.

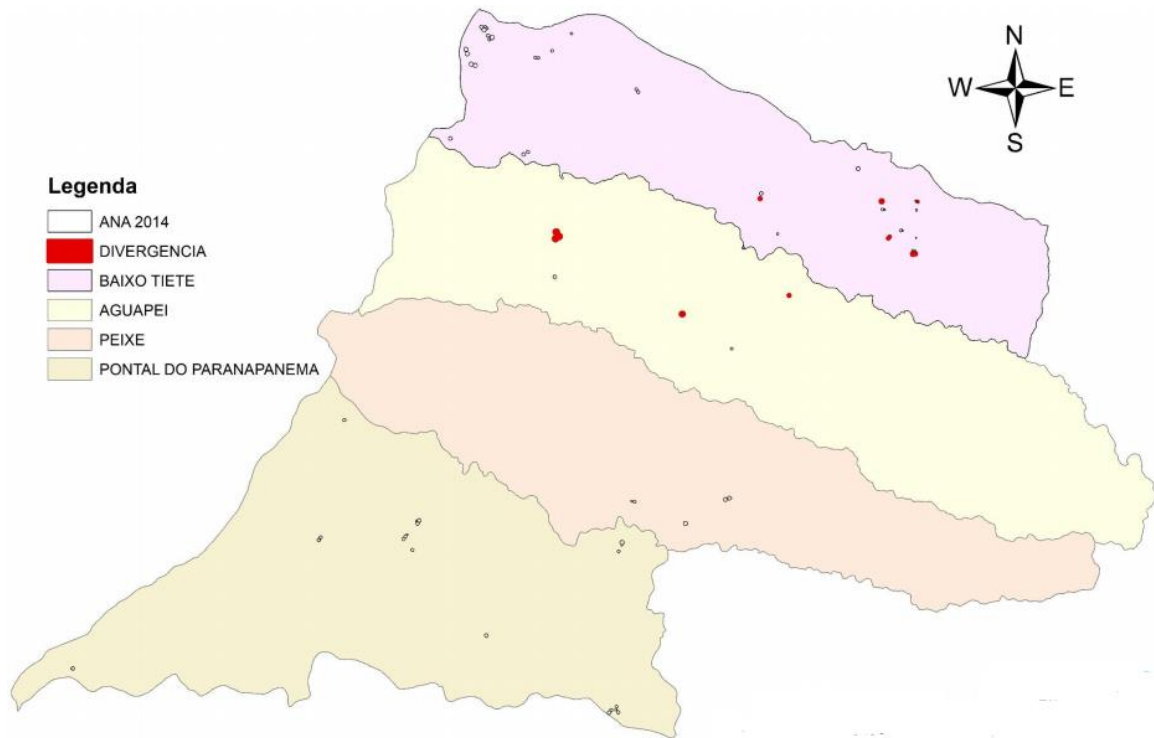
Figura 4 - Comparação do número de Pivôs Central da área de estudo no ano de 2014 publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA, publicado em 2016 e a evolução que compõe o banco de dados deste trabalho.



**Fonte:** Próprio autor.

No mapa representado pela Figura 5, estão expostos os sistemas levantados no estudo da ANA (2016) e equipamentos identificados por este estudo. Os municípios que não entraram em concordância de equipamentos foram Araçatuba, Birigui, Coroados, Glicério, Guararapes, Lucélia e Mirandópolis, ou seja, 7 de 21 municípios, sendo que a área média dos equipamentos foi parecida em 85,3 hectares por pivô central (ANA, 2016) e 85,4 hectares por pivô central registrado neste estudo.

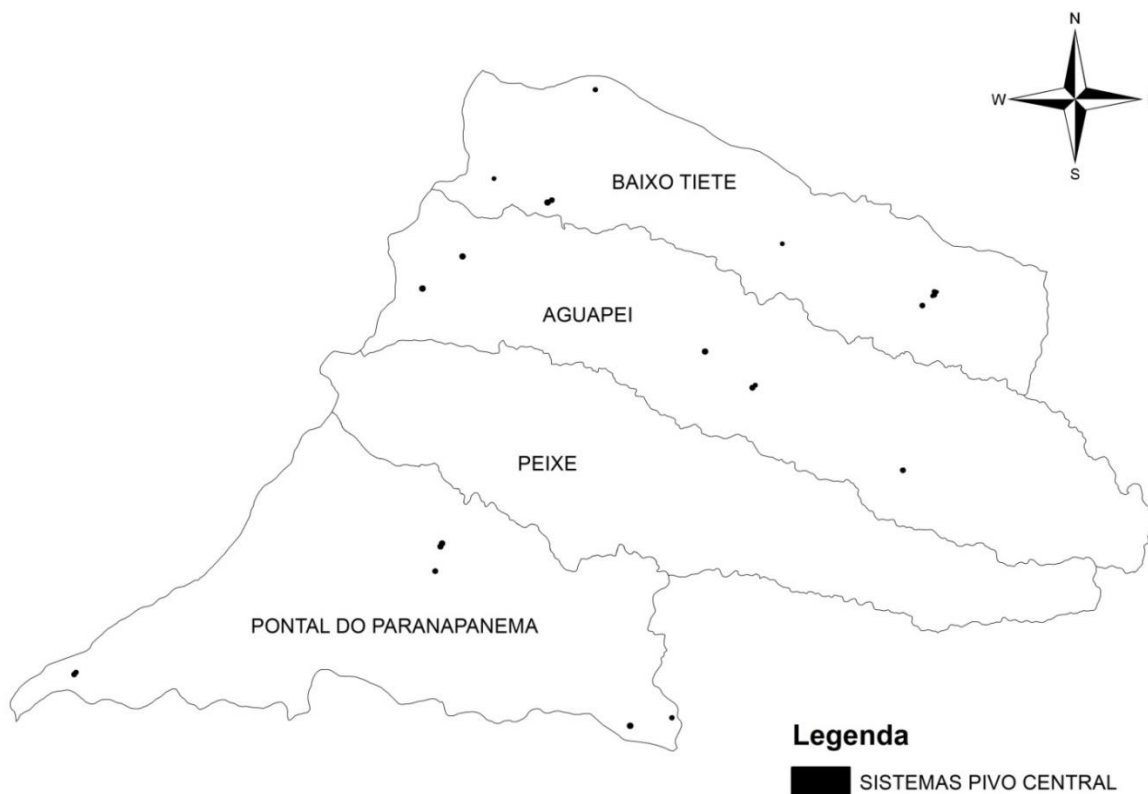
Figura 5 – Divergência da distribuição dos sistemas pivô central no Oeste Paulista contabilizados por ANA & EMBRAPA (2016) e o realizado neste estudo, no ano de 2014.



**Fonte:** Próprio autor.

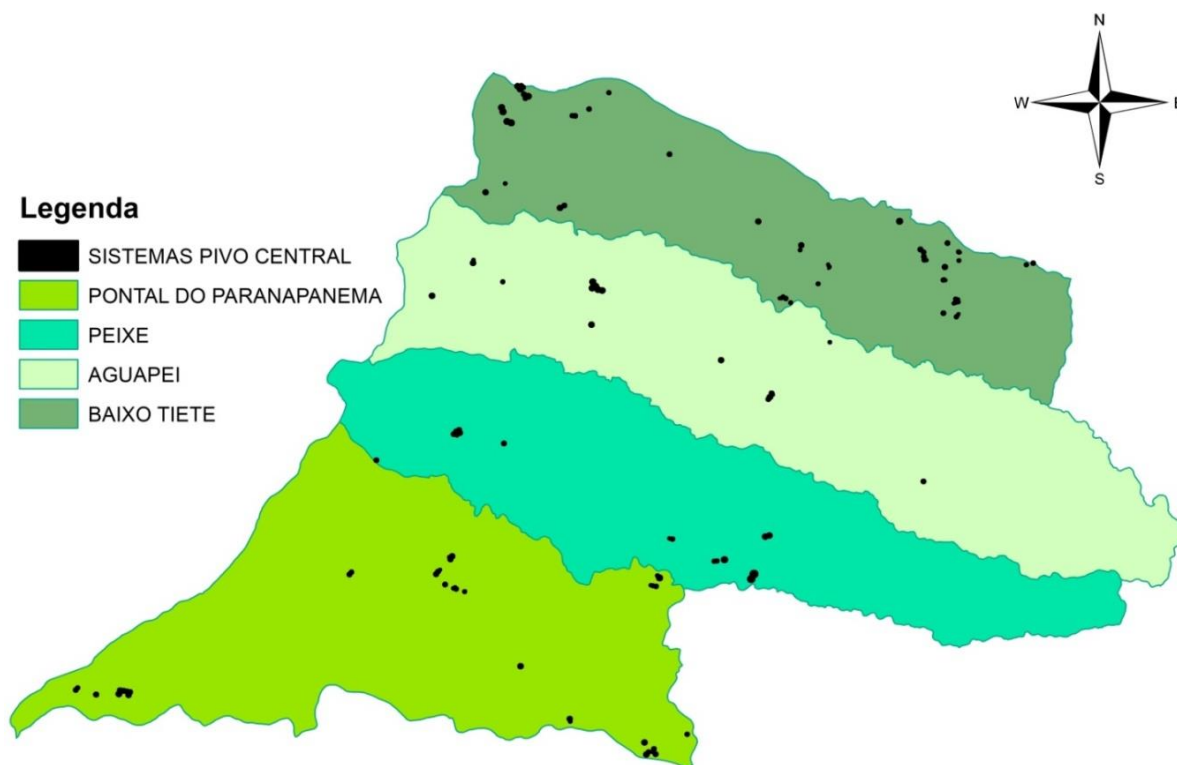
A Figura 7 ilustra a distribuição espacial dos sistemas pivô central acrescentados no ano de 2017, totalizando 77 equipamentos distribuídos, porém foi a UGRHI do Baixo Tietê (margem esquerda) que registrou o maior acréscimo, com 40 equipamentos, seguida pela Bacia do Pontal do Paranapanema com 25 equipamentos e posteriormente pela Bacia Hidrográfica do Peixe, com 15 equipamentos. Confrontando as figuras apresentadas a seguir foi possível identificar que a distribuição e a quantidade de sistemas pivô central das Figuras 6 e 7, estão em concordância sobre a evolução devido a comparação envolver o ano 2000 (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição dos sistemas pivô central no Oeste Paulista no ano 2000.



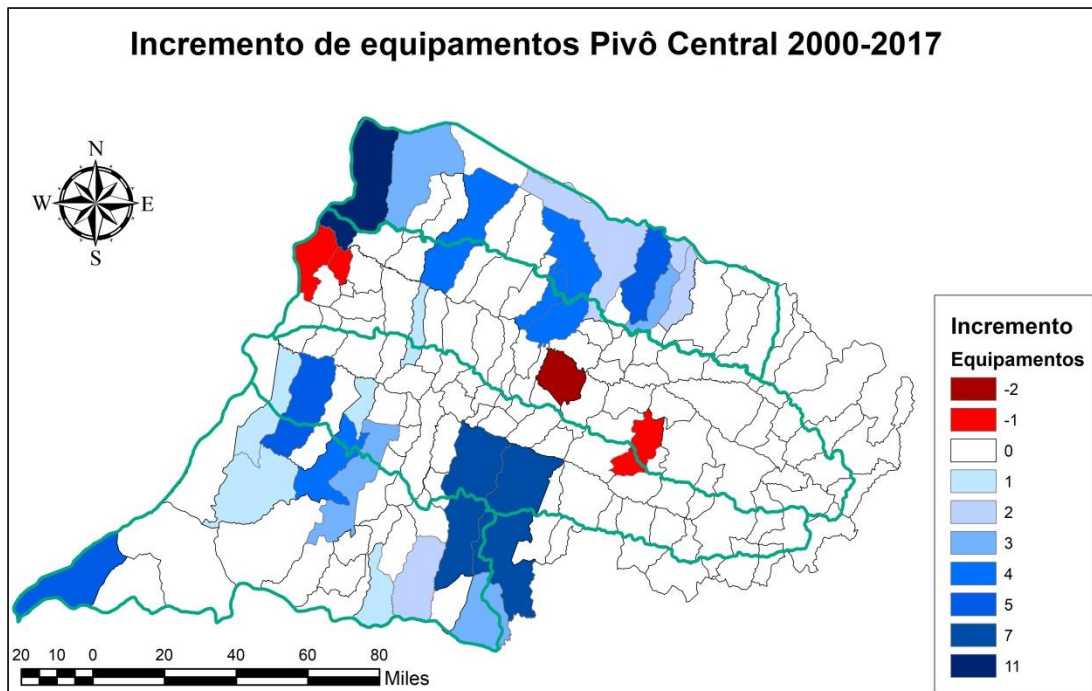
Fonte: Próprio autor.

Figura 7 - Distribuição dos sistemas pivô central no Oeste Paulista no ano 2017.



Fonte: Próprio autor.

Figura 8 - Incremento de equipamentos de 2000 para 2017 nos municípios da área de estudo.



**Fonte:** Próprio autor.

Na Figura 8 percebe-se que no município Rinópolis - destacado em vermelho escuro - não houve incremento de sistemas de irrigação, mas sim, a redução de dois equipamentos. Também, verificou-se que os municípios de Herculândia, São João do Pau d'Alho e Paulicéia não incrementaram suas áreas irrigadas por pivô central, e sim, retiraram equipamentos ao final dos 18 anos da análise, em situação contrária à dos outros 21 municípios que registraram incremento de sistemas de irrigação pivô central ao final do estudo.

Inclusive observando a região da margem direita do Rio Tietê, concluímos que a expansão foi maior para Rancharia, Martinópolis por um incremento de 7 equipamentos para cada. Além do incremento de 5 sistemas em cada município Birigui, Presidente Venceslau e Rosana.

Estes municípios ao não investirem em agricultura irrigada, desprezam a oportunidade do desenvolvimento socioeconômico proporcionado pela possibilidade de cultivo o ano todo, e os demais efeitos multiplicadores inerentes a esta forma de cultivo, que traz a segurança hídrica ao Produtor de Alimentos.

## 5. CONCLUSÃO

A evolução de área irrigada por sistema pivô central no Oeste Paulista foi de 6.710 hectares, com acréscimo de 77 equipamentos no período de 2000 a 2017. Ao final do ano de 2017 a área irrigada acumulada foi de 8.596 hectares e 102 equipamentos.

- A metodologia utilizada neste trabalho para identificação e determinação das áreas irrigadas por pivô central foi adequada. O principal esforço consiste na determinação dos melhores tipos de imagens, devido à porcentagem de nuvem, das melhores composições de bandas das imagens, do período do ano mais adequado, dos processamentos adicionais necessários para correção atmosférica.

- Apesar da região ainda oferecer grande oportunidade de crescimento na agricultura irrigada por pivôs centrais, foi identificado um incremento de 6.710 hectares irrigados por 77 pivôs centrais entre os anos de 2000 e 2017, sendo em média 05 equipamentos de 65 hectares por ano, ou 366 hectares a cada ano.

- Os sistemas de irrigação foram instalados aproveitando os principais cursos d'água da região, especialmente os Rio Tietê, Aguapeí, Santo Anastácio, Paranapanema, Paraná e seus afluentes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013. Brasília, DF, 2013. 432p. il.

AMENDOLA, E.C. Evolução da agricultura irrigada por pivô central no noroeste paulista. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016. 51p.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014: relatório síntese / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2016. 33 p.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas da irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada - Brasília: ANA, 2017. 86 p. Acesso em: abril de 2018. Disponível em: <

<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacaoUsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>

ANA - Agência Nacional de Águas. ANA divulga relatório de Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012. 215 p.: Il. Acesso em: agosto de 2016. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>.

ANA - Agência Nacional de Águas. ANA divulga relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Informe 2014. 20 de março de 2015. Acesso em novembro de 2016. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=12683](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683)>.

ANA - Agência Nacional de Águas. Informações sobre recursos hídricos. 2013. Acesso em: novembro de 2016. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh>>

ARAÚJO, E.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; AMENDOLA, E.C.; SABBAG, O. Área irrigada e valor da produção agropecuária no oeste paulista. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XXIV, Brasília, 8 a 12 de setembro de 2014. 5p. Anais eletrônicos. Acesso em: novembro 2016. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird\\_2014/057\\_esa.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird_2014/057_esa.pdf)>

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 22, n. 1, p. 115-127, jan./mar. 2013.

COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. Estado de São Paulo. Agência Nacional de Águas - ANA. Brasília-DF, 2015. Acesso em: abril de 2018. Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridSaoPaulo.aspx>>.

CSEI - Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação / ABIMAQ. Atualização da área irrigada no Brasil. 2016. Acesso em: agosto de 2016. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/csei\\_area\\_irrigada\\_brasil.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/csei_area_irrigada_brasil.pdf)>.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Satélites de Monitoramento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Acesso em: novembro de 2016. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Água na agricultura. Brasília, 2016. Acesso em: setembro de 2016. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura>>.

FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrigation Water Management, Chapter 7: Choosing an Irrigation Method.* 2016. Acesso em: setembro de 2016. Disponível em:< <http://www.fao.org/docrep/S8684E/s8684e08.htm>>.

FEITOSA, D.G.; MARIANO, J.C.Q.; HERNANDEZ, F.B.T.; SANTOS, G.O.; TEIXEIRA, A.H.C. Software SMAI 2.0 para estimativa da evapotranspiração de referência diária e horária. CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Brasília - DF. 2014. Disponível em < [http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird\\_2014/101\\_dgf.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird_2014/101_dgf.pdf)> Acesso em: março de 2017.

GUIMARÃES, D.P.; LANDAU, E.C. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs Centrais no Brasil em 2013. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).

HERNANDEZ, F.B.T. Segurança hídrica se atinge armazenando e usando adequadamente a água. Revista Irrigazine, Votuporanga, Irrigazine, Ano 12, n.45, p.26-27, março de 2016. Hernandez, F.B.T. Sistemas de Irrigação para todos os fins. Acesso em: 03 de novembro de 2016. Disponível em:< <http://www.agr.feis.unesp.br/sistemas.htm>>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário de 2006. Rio de Janeiro, 2009. 777p. Acesso em 02 de novembro de 2016. Disponível em: < [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro\\_2006.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf)>



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Imagens LANDSAT TM e ETM. 2009. Acesso em: 17 de dezembro de 2016. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS\\_LandSat.php](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LandSat.php)>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Rios e Bacias do Brasil formam uma das maiores redes fluviais do mundo. 2009. Acesso em dezembro de 2016. Disponível em:<<http://www.brasil.gov.br/meioambiente/2009/10/riosebaciasdobrasilformamumadasmaioresredesfluviaisdomundo>>.

NASA - *National Aeronautics and Space Administration. Landsat 8 Instruments. Page Last Updated: April 28, 2016.* Disponível em: <<http://www.nasa.gov/content/landsat-8instruments>>. Acesso em: dezembro de 2016.

Portal SigRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo). Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhap/apresentacao>>. Acesso em: outubro 2016.

SOUZA, V.A. Utilização De Técnicas De Sensoriamento Remoto Para A Estimativa Da Evapotranspiração Em Uma Cultura De Arroz Irrigado. 2013. Porto Alegre - RS. Acesso em 24 de janeiro de 2016. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/diss\\_Vanessa\\_Arruda.pdf](http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/diss_Vanessa_Arruda.pdf)>.

TRINCA, V.F.; AMENDOLA, E.C., HERNANDEZ, F.B.T.; COAGUILA, D.N.; FEITOSA, D.G. Evolução da Área Irrigada por Pivô Central no Oeste Paulista. In: Anais do III INOVAGRI - International Meeting. Fortaleza - CE. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a268>>. Acesso em 3 de dez de 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. USGS. Earth explorer. Reston, 2016. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: maio de 2018.

WARREN, M.S.; TEIXEIRA, A.H.C.; RODRIGUES, L.N.; HERNANDEZ, F.B.T. Utilização do Sensoriamento Remoto Termal na Gestão de Recursos Hídricos. Revista Brasileira de Geografia Física, v.7, n.1, p.65-82, 2014.