

Sensoriamento remoto aplicado no levantamento de áreas irrigadas por pivôs centrais na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema – SP – Brasil.

Remote sensing applied to survey areas irrigated by central pivots in the Middle Paranapanema River Basin - SP - Brazil.

La teledetección se aplicó a áreas de prospección irrigadas por pivotes centrales en la cuenca media del río Paranapanema - SP - Brasil.

João Gabriel da Costa Bertoli

Mestrando, UNESP, Brasil
jg.bertoli@gmail.com

Maria Cristina Rizk

Professora Doutora, UNESP, Brasil
mc.rizk@unesp.br

RESUMO

O objetivo do presente artigo foi mapear a existência/localização de pivôs centrais utilizados para irrigação agrícola nos municípios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Médio Paranapanema (UGRHI-17), a fim de determinar a área irrigada e discutir a importância da adequada gestão dos recursos hídricos. O mapeamento foi feito por sensoriamento remoto pela identificação visual em um mosaico formado com imagens do satélite Sentinel 2B do ano de 2019. Foram identificados 245 pivôs centrais com uma área irrigada de 12.914,28 ha. Os pivôs centrais estavam presentes em 31 (56,36%) dos 55 municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema. Os municípios de Avaré (11,83%), Maracaí (7,75%), Santa Cruz do Rio Pardo (7,34%) e Cândido Mota (6,93%) apresentaram, respectivamente, o maior número de pivôs centrais. Os municípios com maior área irrigada foram, em ordem decrescente, Avaré (10,52%), Cândido Mota (8,60%), Maracaí (7,69%) e Santa Cruz do Rio Pardo (7,68%). Apesar dos pivôs centrais serem equipamentos de alta eficiência, os mesmos podem causar impactos ambientais significativos como eutrofização dos corpos d'água e salinização do solo, além de poder causar redução da disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas, devido ao elevado consumo de água. Desta forma, se faz necessário um maior rigor no manejo dos pivôs centrais, por parte dos usuários, e melhorias na implantação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos por parte dos órgãos de fiscalização e controle.

PALAVRAS-CHAVE: Pivôs Centrais. Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The purpose of this article was to map the existence/location of pivots used for agricultural irrigation in the municipalities of the Médio Paranapanema Water Resource Management Unit (UGRHI-17), in order to determine the irrigated area and discuss the importance of adequate resource management water resources. The mapping was done by remote sensing by visual identification in a mosaic formed with images from the Sentinel 2B satellite dated 2019. 245 pivots with an irrigated area of 12,914.28 ha were identified. The pivots were present in 31 (56.36%) of the 55 municipalities with an area belonging to the Médio Paranapanema Hydrographic Basin. The municipalities of Avaré (11.83%), Maracaí (7.75%), Santa Cruz do Rio Pardo (7.34%) and Cândido Mota (6.93%) presented, respectively, the highest number of pivots. The municipalities with the largest irrigated area were, in decreasing order, Avaré (10.52%), Cândido Mota (8.60%), Maracaí (7.69%) and Santa Cruz do Rio Pardo (7.68%). Although the pivots are highly efficient equipment, they can cause significant environmental impacts such as eutrophication of water bodies and salinization of the soil, in addition to reducing the water availability of hydrographic basins, due to the high consumption of water. Thus, greater rigor is required in the management of pivots, by users, and improvements in the implementation of water resources management instruments by the inspection and control bodies.

KEYWORDS: Pivot. Médio Paranapanema Hydrographic Basin. Remote Sensing.

RESUMEN

El propósito de este artículo fue mapear la existencia/ubicación de pivotes centrales utilizados para el riego agrícola en los municipios de la Unidad de Manejo de Recursos Hídricos de Medio Paranapanema (UGRHI-17), para determinar el área regada y discutir la importancia de un manejo adecuado de los recursos hídricos. El mapeo se realizó por teledetección mediante identificación visual en un mosaico formado con imágenes del satélite Sentinel 2B con fecha de 2019. Se identificaron 245 pivotes centrales con un área irrigada de 12,914.28 ha. Los pivotes centrales estuvieron presentes en 31 (56.36%) de los 55 municipios con un área perteneciente a la Cuenca Hidrográfica Medio Paranapanema. Los municipios de Avaré (11.83%), Maracaí (7.75%), Santa Cruz do Rio Pardo (7.34%) y Cândido Mota (6.93%) presentaron, respectivamente, el mayor número de pivotes centrales. Los municipios con mayor área de riego fueron, en orden decreciente, Avaré (10.52%), Cândido Mota (8.60%), Maracaí (7.69%) y Santa Cruz do Rio Pardo (7.68%). Aunque los pivotes centrales son equipos altamente eficientes, pueden causar importantes impactos ambientales, como la eutrofización de los cuerpos de agua y la salinización del suelo, además de reducir la disponibilidad de agua de las cuencas hidrográficas, debido al alto consumo de agua. Por lo tanto, se requiere un mayor rigor en la gestión de los ejes centrales, por parte de los usuarios, y mejoras en la implementación de los instrumentos de gestión de los recursos hídricos por los organismos de inspección y control.

PALABRA CLAVE: Pivotes centrales, Cuenca hidrográfica Médio Paranapanema, Teledetección.

INTRODUÇÃO

A unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17) possui uma área territorial de aproximadamente 16.749 km². No total, 55 municípios possuem área dentro da UGRHI. Destes, 42 municípios possuem sede dentro na área da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema e 13 municípios apresentam sua sede fora da área da bacia hidrográfica (CBH-MP, 2018). A principal atividade econômica praticada na UGRHI-17 é a agricultura, destacando-se a cana de açúcar que representa 48% das culturas temporárias cultivadas no território, seguida do milho com 23% e soja com 22% (SEADE, 2012).

De acordo com o Plano de Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (2018) a disponibilidade hídrica na UGRHI-17 é de 55 m³/s. A demanda hídrica na UGRHI-17 é de 11,22 m³/s, referente a todos os usos outorgados na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema.

A maior demanda de captação é para o setor rural (5,73 m³/s), seguida do uso urbano (2,95 m³/s) e do uso industrial (2,50 m³/s). Outros usos correspondem a 0,05 m³/s (CBH-MP, 2018). Tais dados mostram que a Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema possui forte vocação rural, porém deve-se levar em consideração que a demanda apresentada é referente somente aos usos outorgados na UGRHI, não sendo contabilizados os usos sem outorga.

O sistema de irrigação por pivô central chegou ao Brasil na década de 1970, tendo sua expansão nas décadas seguintes, impulsionada por programas governamentais como o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE), o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (PROFIR) e o Programa Nacional de Irrigação (PRONI) (CHRISTOFIDIS et al., 2002).

O pivô central é um sistema mecânico que possui uma linha lateral de aço com saídas para emissores. Os aspersores ficam suspensos por torres de sustentação que possuem rodas em suas bases, o que permite que o equipamento se movimente de maneira circular em torno de um ponto fixo denominado “base” ou “ponto do pivô”, tanto em sentido horário, quanto em sentido anti-horário, formando uma área irrigada de formato circular. As torres são ligadas uma a uma até a extremidade do equipamento na última torre, na qual é acoplado um canhão final com o objetivo de aumentar a área irrigada (COLOMBO, 2003).

Dentre as principais vantagens da utilização dos pivôs centrais, podemos citar o suprimento de água em épocas de escassez de chuvas em períodos críticos de crescimento de culturas, estabilidade na oferta de alimentos pela maior padronização de colheita e plantio, e menor dependência de fatores climáticos (ANA, 2016). Também devemos destacar que o equipamento pode ser utilizado para aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas (LANDAU et al., 2014) e a produção de até três safras ao ano, como, por exemplo, milho, soja e feijão (SILVEIRA, 2011). Atualmente existem 1.476.101 ha irrigados por pivô central no Brasil. O estado de São Paulo possui 13% do total da área irrigada por pivô central, atrás dos estados da Bahia com 15%, Goiás com 18% e Minas Gerais com 31%. A região hidrográfica do Paraná, constituída pelas bacias dos rios Paranaíba, Grande e Paranapanema, corresponde sozinha a 622.075 ha irrigados por pivô central, totalizando 42% de toda a área irrigada em território nacional. Estimativas apontam uma forte tendência ao crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais. Estima-se que até 2030 o método seja responsável por 40% de toda área irrigada do país (ANA, 2019).

Braga; Oliveira (2005) afirmam que em certas regiões agrícolas o emprego da irrigação por pivô central tem gerado alta demanda dos mananciais, devido ao grande número de equipamentos instalados e suas dimensões. Dessa forma, o sensoriamento remoto torna-se uma valiosa ferramenta para a identificação e quantificação de áreas irrigadas por meio de pivôs centrais, uma vez que a forma geométrica dos pivôs está intrinsecamente definida nas imagens de satélite.

As imagens de satélite podem ser utilizadas no sensoriamento remoto para a extração de dados e informações do uso da terra de maneira relativamente precisa, rápida e econômica. Dessa forma o sensoriamento remoto pode ser visto como um importante sistema de aquisição de informações para diversas áreas de conhecimento, uma vez que revela informações sobre um objeto sem a necessidade de contato com o mesmo (BRAGA; OLIVEIRA, 2005).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta efetiva no monitoramento e planejamento do uso agrícola e bacias hidrográficas. As imagens de satélite podem fornecer uma vasta gama de informações quanto a dinâmica de utilização de pivôs centrais, uma vez que os pivôs centrais operam apenas de maneira circular, sendo facilmente identificados, podendo ser feitas análises temporais, cálculo de área irrigada e análises de valorização da paisagem.

O último mapeamento de pivôs centrais no Brasil, realizado pela ANA, relativo ao ano de 2017. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo atualizar o mapeamento, para o ano de 2019, referente à existência/localização de pivôs centrais na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema e a determinação da área irrigada por esse sistema, bem como discutir a importância de entender os impactos ambientais dessa atividade e buscar ações para a adequada gestão dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

Com o objetivo de realizar o mapeamento dos pivôs centrais da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, foi escolhido o QGIS como o principal Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para a delimitação da área de estudo, foram adquiridos shapefiles da malha municipal do Estado de São Paulo (2015) e o shapefile da UGRHI-17 (2011), ambos disponibilizados de maneira online pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC) pela plataforma digital do Governo do Estado de São Paulo o DataGeo.

Após, foi feito o mapeamento dos pivôs centrais na UGRHI-17 para o ano de 2019. A metodologia escolhida foi a de identificação visual em imagens de satélite. Para isso, foram adquiridas imagens do satélite Landsat 2B do ano de 2019.

Foram utilizadas as imagens do satélite Sentinel 2B disponíveis gratuitamente pela USGS (United States Geological Survey). As imagens escolhidas englobaram a área dos 42 municípios da UGRHI-17 no ano de 2019.

O Sentinel 2 é um satélite produzido pela Agência Espacial Europeia (ESA) e possui um sensor de 13 bandas e resolução radiométrica de 12 bits. O Sentinel 2 é capaz de visitar o mesmo ponto em 5 dias, o que garante uma continuidade de dados necessária para trabalhos de monitoramento. Cada cena possui uma área de 100 km² e foram necessárias 8 cenas para cobrir

a área de estudo. A resolução espacial é de 10 metros (REX et al., 2018), sendo superior aos satélites Landsat 5 e Landsat 8, o que justifica a sua escolha.

Para uma boa identificação visual, foram escolhidas imagens dos meses de estações mais secas (julho, agosto e setembro) que possuem menos de 10% de cobertura de nuvens. Esse último filtro visa facilitar a identificação dos pivôs centrais e reduzir ao máximo o erro de interpretação do analista.

Após a aquisição das 8 cenas do satélite Sentinel, 2 foi realizada a composição colorida das imagens. Para elaboração de imagens de cor verdadeira em cada cena, realizou-se a fusão das bandas 4-3-2-8. A banda pancromática (banda 8) foi incorporada com objetivo de aumentar a resolução da composição colorida de cor verdadeira.

Posteriormente à composição colorida, foi necessário a reprojeção para o DATUM Sirgas 2000 e das coordenadas para UTM zona 22 com o objetivo de manter um padrão entre os dados. Após a reprojeção foi realizada a fusão das imagens e recorte para a área de estudo.

Com o mosaico de imagens de cor verdadeira de toda área da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema do ano de 2019 foi possível aplicar a metodologia de identificação visual (fotointerpretação) com o objetivo de classificar somente as áreas irrigadas por pivô central no período de janeiro a dezembro de 2019.

Existem municípios com áreas em mais de uma UGRHI, como é o caso de Avaré, Agudos, Bernardino de Campos, Borebi, Botucatu, Garça, Iepê, Ipaussu, Lençóis Paulista, dentre outros. É importante salientar que a análise visual foi feita com objetivo de identificar os pivôs centrais existentes dentro da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, logo não foram considerados pivôs centrais fora da área da UGRHI-17.

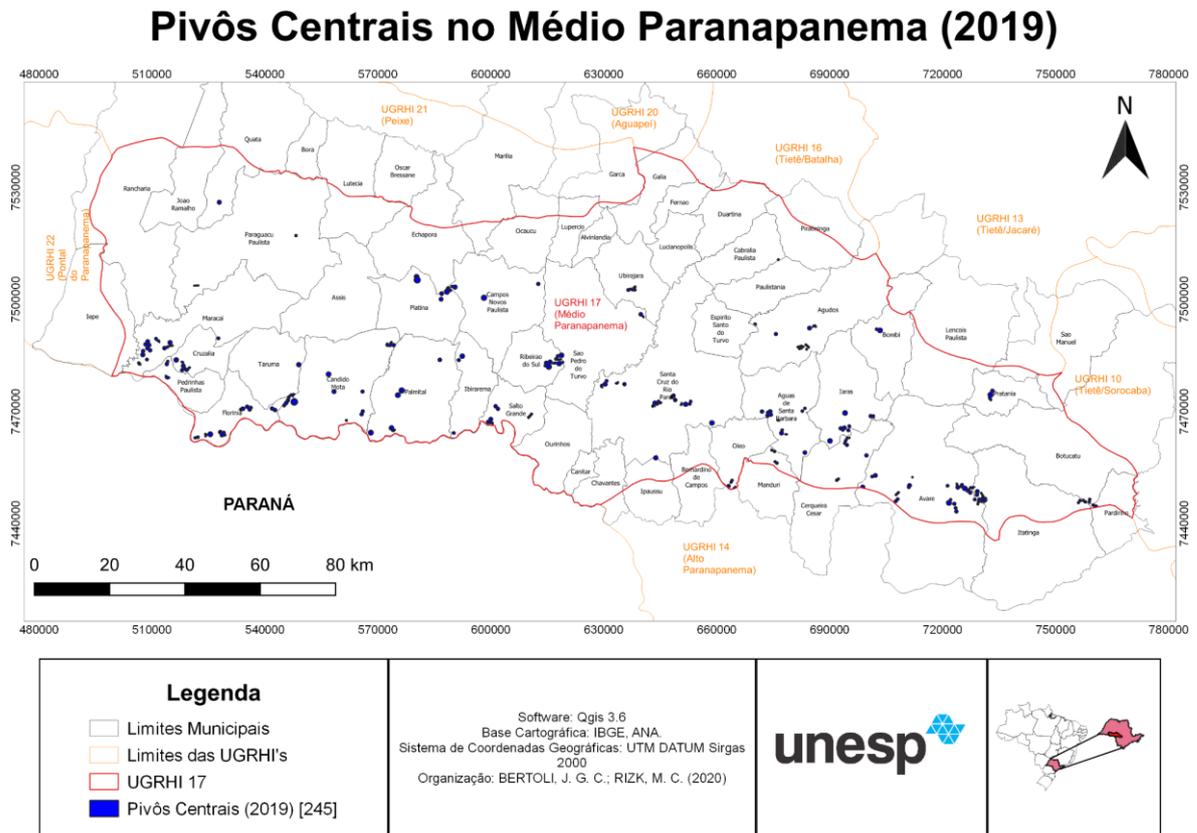
Após a identificação dos pivôs centrais, foi utilizado o mesmo SIG para cálculo das áreas irrigadas e quantificação dos pivôs centrais e elaboração do produto cartográfico.

Por fim, foi realizada uma análise conceitual/qualitativa a respeito dos possíveis impactos ambientais decorrentes do consumo de água por pivôs centrais e a necessidade de atenção política e fiscalização e controle para a adequada gestão dos recursos hídricos e garantia de preservação dos recursos naturais.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos na análise visual de imagens do satélite Sentinel 2B no ano de 2019. Os pivôs centrais estão representados pelos círculos de coloração azul, podendo ser observada forte presença desses sistemas de irrigação, principalmente, nos municípios limítrofes ao Rio Paranapanema.

Figura 1: Mapa dos pivôs centrais existentes na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema no ano de 2019.



Fonte: Autoria Própria, 2020

A partir da Figura 1, foi elaborada a Tabela 1, com a quantificação da área irrigada e do número de pivôs centrais por município na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema.

Tabela 1: Área irrigada e número de pivôs centrais na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema em 2019.

| Município | Área Irrigada (ha) | Nº de Pivôs |
|-------------------------|--------------------|-------------|
| Águas de Santa Bárbara | 603,945 | 14 |
| Agudos | 437,18 | 15 |
| Avaré | 1359,81 | 29 |
| Borebi | 160,41 | 2 |
| Botucatu | 63,41 | 2 |
| Cabrália Paulista | 20,71 | 1 |
| Campos Novos Paulista | 338,49 | 4 |
| Cândido Mota | 1111,21 | 17 |
| Cerqueira César | 295,49 | 8 |
| Cruzália | 398,93 | 7 |
| Florínia | 867,25 | 15 |
| Iaras | 598,157 | 10 |
| Ipaussu | 99,43 | 1 |
| Ibirarema | 213,83 | 3 |
| Itatinga | 566,61 | 16 |
| Manduri | 118,52 | 4 |
| Maracaí | 993,74 | 19 |
| Óleo | 152,08 | 4 |
| Palmital | 626,94 | 6 |
| Paraguaçu Paulista | 70,489 | 5 |
| Pardinho | 81,07 | 2 |
| Pedrinhas Paulista | 178,21 | 3 |
| Platina | 659,24 | 7 |
| Pratânia | 267,14 | 3 |
| Quatá | 89,19 | 1 |
| Ribeirão do Sul | 656,32 | 11 |
| Salto Grande | 402,51 | 8 |
| Santa Cruz do Rio Pardo | 993,01 | 18 |
| São Pedro do Turvo | 216,14 | 3 |
| Tarumã | 100,3 | 1 |
| Ubirajara | 174,52 | 6 |
| TOTAL | 12914,281 | 245 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

Foram identificados 245 pivôs centrais na bacia hidrográfica do Médio Paranapanema, ocupando uma área irrigada de 12.914,28 ha. Foram observados pivôs centrais em 31 (56,36%) municípios da UGRHI-17.

Os municípios com maior quantidade de pivôs centrais foram Avaré (11,83%), Maracaí (7,75%), Santa Cruz do Rio Pardo (7,34%) e Cândido Mota (6,93%). Os municípios com maior área irrigada foram Avaré (10,52%), Cândido Mota (8,60%), Maracaí (7,69%) e Santa Cruz do Rio Pardo (7,68%).

A existência do pivô central pode trazer diversos benefícios para a produção agrícola, como a aplicação de água em quantidade adequada para satisfazer os requisitos da cultura em suas diversas fases de crescimento; plantio mais uniforme, uma vez que com a irrigação é possível manejar a umidade do solo, não sendo mais necessário a espera da chuva para realização do plantio; e a aplicação de defensivos e fertilizantes. Porém, o sistema deve ser muito bem manejado para que não exerça grande pressão na bacia hidrográfica na qual foi instalado.

Pelas imagens satélites, foi possível observar a existência de vários pivôs instalados próximos uns dos outros, o que evidencia que existem captações superficiais próximas umas das outras na mesma microbacia. Tal fato chama atenção, uma vez que, os pivôs centrais consomem grande quantidade de água.

Segundo a Lei Federal nº 9.433/97, a outorga tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo da água e disciplinar sua utilização, de maneira a compatibilizar a demanda e disponibilidade dos recursos hídricos.

No Estado de São Paulo cabe ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) o poder outorgante, o deferimento sobre captações superficiais e subterrâneas com o objetivo de suprir a demanda de pivôs centrais (SÃO PAULO, 1996). Ao considerar que a outorga é um direito de uso da água, sendo essa um bem público, a Portaria DAEE nº 1.630 de 2017 estabelece algumas obrigações a serem seguidas ao outorgado, entre elas: responder em próprio nome pelos danos causados aos recursos hídricos, preservar as características físicas e químicas de águas superficiais e subterrâneas e utilizar os recursos hídricos de acordo com a vazão e forma de utilização dispostos nas portarias publicadas de outorga. Além disso, a Portaria ainda prevê que a outorga pode ser suspensa ou readequada de acordo com o aumento da demanda ou insuficiência natural de recursos hídricos para atendimento dos usuários, sem qualquer tipo de indenização ao outorgado.

Na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, o Departamento de Águas e Energia Elétrica utiliza a Q95 como vazão de referência para concessão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos. A Q95 pode ser obtida pelo método da regionalização hidrológica, um método estatístico que leva em consideração análises de frequências de ocorrência de um determinado evento, sendo a Q95 a vazão igual ou superior a 95% do tempo no ponto de interesse. Para captações a fio d'água, é permitida a captação de 50% da Q95 para os usuários da bacia hidrográfica (CBH-MP, 2018).

Em geral, os produtores rurais da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema seguem a normativa e requerem a outorga de direito de uso de recursos hídricos, uma vez que grande parte da implantação e aquisição dos equipamentos de irrigação é feita por meio de linhas de crédito bancário e a outorga de captação é requisitada pelos financiadores.

Os produtores rurais reconhecem, na maioria das vezes, a necessidade de controlar a quantidade de insumos agrícolas, como: sementes, fertilizantes e defensivos agrícolas. No entanto, a necessidade de medir ou controlar o volume de água captada pelo sistema de irrigação é quase sempre ignorada (SANDRI; CORTEZ, 2009). Apesar da água ser um bem público e dotado de valor econômico, a cobrança pelo uso da água para irrigantes ainda não está implantada em grande parte do país, levando os produtores rurais a uma visão de não se caracterizar como uma medida de controle de custos.

Outro fator que deve ser levado em consideração é que, apesar da Portaria DAEE nº 5.578, de outubro de 2018 estabelecer a obrigatoriedade da instalação de equipamentos medidores de vazão para captações superficiais, na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema ainda não existe um sistema para declaração dos volumes registrados por tais equipamentos. A normativa estabelece que, para irrigantes, os volumes devem ser registrados pelo usuário do recurso hídrico e mantidos no local da captação, podendo ser requisitados a qualquer momento por uma possível fiscalização. Dessa forma, a gestão da uniformidade de aplicação pivô central, em geral, é negligenciada, podendo levar ao desperdício de água, uma vez que a fiscalização do volume captado e do volume outorgado é pouco realizada.

Além do desperdício de água, a contaminação dos recursos hídricos também pode ser apontada como um impacto negativo. A água utilizada no processo de fertirrigação carrega fertilizantes (nitrogênio, fósforo e nitratos) que podem infiltrar e atingir reservas de águas subterrâneas ou escoar superficialmente até rios, impactando diretamente o ecossistema aquático ocasionando a eutrofização (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

A agricultura irrigada também pode ocasionar a salinização do solo. A salinização do solo afeta diretamente a germinação, a densidade e o desenvolvimento vegetativo das culturas, reduzindo assim a produtividade. Pode-se dizer que a salinização é proveniente da irrigação sem manejo. O sal presente na água captada acumula-se na superfície do solo e caso não exista lixiviação e drenagem adequada, o solo pode-se tornar altamente salino, sendo impróprio para a prática da agricultura. Estima-se que no estado de Minas Gerais já existem problemas com a salinização do solo, tanto em áreas de projetos públicos de irrigação, quanto em áreas de projetos privados. Quanto maior a eficiência de aplicação, menor a lâmina d'água aplicada, o que resguarda o solo em relação a problemas com a salinização (SALASSIER, 2008).

Apesar de se mostrar presente em 31 dos 55 municípios que tem território nos limites da UGRHI-17, a cobrança pelo uso da água não é exigida dos irrigantes. Apesar de corresponder a maior parcela do consumo, o uso rural e a irrigação não são citados na deliberação que aprovou a proposta para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema de acordo com o Decreto Estadual nº 50.667/2006. Com a ausência de exigência/fiscalização da leitura dos hidrômetros e ausência de cobrança monetária pelo uso da água é questionável a eficiência das políticas públicas no que tange a correta operação dos equipamentos de irrigação.

Uma vez que existe a normativa a ser seguida (outorga) e não existe a devolutiva pública quanto a cobrança pelo cumprimento da legislação (fiscalização), o resultado pode incentivar a irregularidade como captações acima do limite estabelecido pela outorga.

Em condições de abundância e uso pouco intensivo são desnecessários maiores cuidados com o controle. Porém, quando em situação de escassez relativa, essa medida precisa ser exercida considerando o controle do regime de uso, poluição, erosão do solo e assoreamento (LIMA, 1997).

Dentre os mecanismos de gestão de recursos hídricos à disposição do Poder Público, o zoneamento ambiental tem se destacado como instrumento estratégico de planejamento regional, buscando a compatibilização entre desenvolvimento econômico e qualidade ambiental. Uma melhor abordagem de zoneamento levando em consideração a característica

dos recursos hídricos poderia ser uma alternativa ao simples cálculo da vazão de permanência utilizado atualmente.

O zoneamento pode ser feito por meio de um melhor enquadramento dos corpos hídricos, sendo esse um instrumento de gestão já instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). O zoneamento poderia determinar as microbacias com maior aptidão para implantação de pivôs centrais.

O zoneamento para implantação dos pivôs centrais visaria promover uma maior distribuição dos equipamentos dentro da UGRHI-17 de forma a evitar a aglutinação e grande pressão dos equipamentos sobre os recursos hídricos.

Atualmente, dentre os instrumentos de gestão de recursos hídricos existentes, apenas a outorga de direito de uso de recursos hídricos tem se mostrado ativa na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, sendo necessário investimentos em ações para atendimento dos demais instrumentos previstos na políticas públicas pertinentes ao tema.

O setor do agronegócio também deve apresentar a devolutiva do respeito aos limites impostos pelo poder público, principalmente no quesito de volume captado para irrigação, uma vez que também são usuários de recursos hídricos e dependem deles para o funcionamento de seus pivôs centrais.

CONCLUSÃO

O sistema de irrigação por pivô central se mostrou presente na maioria dos municípios da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema. Porém, deve-se levar em consideração que o usuário deve prezar pela eficiência de aplicação do uso da água com esse tipo de equipamento, caso contrário, a demanda de volume de água e energia elétrica podem impactar significativamente a bacia hidrográfica.

Considerando a preocupação de escassez da água, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, bem como o órgão estadual responsável, devem buscar melhorias em suas políticas de gestão e propor soluções para o uso adequado do recurso hídrico na área de estudo. Para isso, podem solicitar a implantação de um sistema de monitoramento da vazão dos equipamentos outorgados e implantar a cobrança pelo uso da água para os irrigantes, mesmo que, num primeiro momento, seja feita com valores simbólicos, pois é necessário que os produtores rurais levem em consideração as restrições de disponibilidade de água para captação no processo de planejamento e implantação de sua irrigação. Caso o equipamento já esteja implantado deve ser priorizada a utilização do mesmo em máxima eficiência de aplicação, reduzindo assim o consumo de água, gasto de energia elétrica e demais impactos gerados pela operação do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil**. Agência Nacional de Águas, Embrapa Milho e Sorgo. – Relatório Síntese. -. Brasília: ANA, 2016. 33 p.: il.

Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 16, número 5, 2020

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil**. Agência Nacional de Águas, Embrapa Milho e Sorgo. - 2. ed. -. Brasília: ANA, 2019. 47 p.: il.

BRAGA, A. L., OLIVEIRA, J. C. **Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CIBERS**. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Goiânia. INPE. P 849-856. 2005.

BRASIL. **Decreto Lei 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, 1997, 470 p.

CBH-MP – COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICAS DO MÉDIO PARANAPANEMA. **Deliberação CBH-MP/149/2012 de 13/12/2012**. Aprova a proposta para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo dos usuários urbanos e industriais, no âmbito da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17) e dá outras providências. 2012.

CBH-MP – COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICAS DO MÉDIO PARANAPANEMA. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema**. 2018. Disponível em: <http://cbhmp.org/publicacoes/pbh/>. Acesso em: 25 fev. 2019.

CHRISTOFIDIS, D. **Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos**. In: THEODORO, S. H. (Org.). Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais. Brasília: Garamont, p. 13-28, 2002.

COLOMBO, A. **Pivô central**. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Portaria nº 1.630, de 30 de maio de 2017**. Dispõe sobre procedimentos de natureza técnica administrativa para obtenção de manifestação e outorga de direito de uso e interferência em recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 30 maio. 2017.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Portaria nº 5.578, de 05 de outubro de 2018. Dispõe sobre condições e procedimentos para instalação e a operação de equipamentos medidores de vazão e volumes de água captados ou derivados, relacionados com outorgas de direito de uso de recursos hídricos ou sua dispensa. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 05 outubro. 2018.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo). **Limite de UGRHI**. São Paulo: IGC, 2011. Escala 1:1.000.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo). **Limite Municipal do Estado de São Paulo**. São Paulo: IGC, 2015. Escala 1:50.000.

LANDAU, E. C., GUIMARÃES, D. P., SILVA, P. A. A., SOUZA, D. L. **Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, 100. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

LIMA, C. A. A. O uso do modelo QUAL2E na simulação da qualidade das águas do rio Jacaré-Guaçu. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1997.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 748p.

SALASSIER, B. **Impacto Ambiental da Irrigação no Brasil**. Universidade Estadual Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf. Acesso em: 06 out. 2019.

SANDRI, D., CORTEZ, D. A. Parâmetros de desempenho de dezesseis equipamentos de irrigação por pivô central. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 271-278, 2009.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual Lei nº 41.258, de 31 de outubro de 1996.** Aprova o Regulamento da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, de que tratam os artigos 9º a 13º da Lei 7.663, de 30/12/1991. Assessoria Técnico-Legislativa, São Paulo, 1996.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual Lei nº 50.667, de 30 de março de 2006.** Regulamenta dispositivos da Lei 12.183, de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo. Assessoria Técnico-Legislativa, São Paulo, 2006.

SILVEIRA, J. M. de C. A importância da agricultura irrigada na sub-bacia Tambaú/Verde, Região Nordeste Paulista. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/1108-a-importancia-da-agricultura-irrigada-na-sub-bacia-tambau-verde-regiao-nordeste-paulista/file.html>. Acesso em: 06 out. 2019.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Informações Demográficas, Econômicas e de Finanças Públicas.** São Paulo. 2012. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/>. Acesso em: 25 fev. 2019.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Earth Explorer. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 08 mar. 2020.