

**LEVANTAMENTO E ATUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL INSTALADOS NOS MUNICÍPIOS DE PARAÚNA E PALMEIRAS DE GOIÁS**Cristian E. de Toledo¹ & Eduarda E. de Moraes²1 - Docente do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Palmeiras de Goiás - GO, Brasil; cristian.toledo@ueg.br.

2 - Discente do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Palmeiras de Goiás - GO, Brasil.

Palavras-chave:sensoriamento remoto
processamento de imagem
irrigação**RESUMO**

Entre os sistemas de irrigação, o uso de pivô central foi o que mais cresceu no país nos últimos anos, principalmente no estado de Goiás, com a área irrigada por pivôs centrais passando de 118 mil ha em 2000 para 212 mil ha em 2010 e o número de equipamentos passaram de 1.532 para 2.895. O objetivo deste trabalho foi levantar e atualizar a área de irrigação por pivô central, bem como o número de equipamentos instalados nos municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás - GO, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. A quantificação dos pivôs centrais nos municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás foi realizada com base em imagens de satélite Recurso 2, selecionadas de maio a agosto de 2016. As áreas com sistema de irrigação por pivô foram identificadas considerando características circulares na cena e a presença de vegetação com reflectância de energia na faixa correspondente ao verde. No município de Palmeiras de Goiás foram registrados 74 pivôs e em Paraúna 132 pivôs, ocorrendo em ambos os municípios uma expansão de 51 e 42%, respectivamente, em relação a 2010. Quanto à área irrigada, Palmeiras de Goiás mostrou aumento de 669 ha e Paraúna de 2314 ha entre 2010 e 2016. Conclui-se que nos municípios de Palmeiras de Goiás e Paraúna houve um contínuo crescimento da área irrigada por pivô central, sendo que entre os anos de 2010 e 2016 esse crescimento foi significativo, confirmando a região como outro polo agrícola irrigado brasileiro.

Keywords:remote sensing
image processing
irrigation.**SURVEY AND UPDATE OF CENTRAL PIVOT IRRIGATION SYSTEMS INSTALLED IN THE MUNICIPALITIES OF PARAÚNA AND PALMEIRAS DE GOIÁS****ABSTRACT**

Among irrigation systems, the use of central pivot was the one that grew the most in the country in the last years, mainly in the state of Goiás, the area irrigated by central pivots increased from 1180 thousand ha in 2000 to 212 thousand ha in 2010 and the number of equipment went from 1,532 to 2,895. The objective of this work was to update the irrigated area by central pivot, as well as the number of equipment installed in the municipalities of Paraúna and Palmeiras de Goiás - GO, using remote sensing techniques. The quantification of the central pivots in the municipalities of Paraúna and Palmeiras de Goiás were carried out based on satellite images Resource 2, selected from May to August 2016. The areas with a pivot irrigation system were identified considering circular features and, in the scene and the presence of vegetation with energy reflectance in the range corresponding to green. It was observed that in the municipality of Palmeiras de Goiás, it registered 74 pivots and in Paraúna 132 pivots, occurring in both municipalities an increase of 51 and 42%, respectively, in relation to 2010. Regarding the irrigated area, Palmeiras de Goiás showed an increase of 669 ha and Paraúna of 2,314 ha between 2010 and 2016. It concluded that in the municipalities of Palmeiras de Goiás and Paraúna there was a continuous growth of the area irrigated by the central pivot, and between 2010 and 2016, this growth was significant, confirming the region as another Brazilian irrigated agricultural center.

INTRODUÇÃO

Para a otimização da produção mundial de alimento, uma importante estratégia que vem sendo utilizada é a agricultura irrigada, proporcionando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável. Mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas com algum tipo de sistema de irrigação (MANTOVANI *et al.*, 2009).

A agricultura irrigada vem garantir o suprimento da água onde ela seja insuficiente para agricultura (ASANO, 2002). Segundo Setti *et al.* (2001), a irrigação é uma prática utilizada para complementar ou substituir a disponibilidade da água provida naturalmente pela precipitação, proporcionando uma umidade no solo suficiente para suprir a demanda hídrica das plantas.

A irrigação garante uma melhoria no rendimento de grande parte das culturas, proporcionando um incremento médio na produtividade da ordem de 200% e, com isso, propicia uma redução dos custos unitários de produção (GONZAGA NETO, 2000). Segundo Mantovani *et al.* (2009), a importância da irrigação pode ser sintetizada nas seguintes vantagens: seguro contra secas, em estiagens mais prolongadas a irrigação permite suprir a falta de água à cultura assegurando a safra; melhor produtividade das culturas, aumentando o rendimento da área cultivada e propicia condições para mais colheitas por ano nessa área; melhor qualidade do produto, em virtude do desenvolvimento vegetal ocorrer em condições mais favoráveis; possibilidade de fazer um programa de cultivo com colheitas fora da época tradicional, o que proporciona melhores cotações no mercado; maior eficiência no uso de fertilizantes e introdução de culturas mais rentáveis, minimizando o risco do investimento.

Entre os sistemas de irrigação, o uso do método por pivô central foi o que mais cresceu no país nos últimos anos. Uma parceria da Embrapa com a Agência Nacional de Águas – ANA, executou um levantamento de pivôs centrais e constataram que, em 2013, o Brasil possuía quase 18 mil pivôs centrais, perfazendo uma área de aproximadamente 1,2 milhão de ha, 32% maior do que o Censo Agropecuário de 2006. Da área ocupada por pivôs

centrais no país, cerca de 80% estão concentradas nos estados de Minas Gerais (31%), Goiás (18%) e Bahia (16%) (GUIMARÃES e LANDAU, 2014).

No estado do Goiás entre 2000 e 2010, a área irrigada por pivôs centrais passou de 118 mil ha para aproximadamente 212 mil ha, um incremento de 80% da área irrigada, e o número de equipamentos passou de 1.532 para 2.895, equivalente a 89% de aumento (LANDAU *et al.*, 2013). Nos municípios goianos com maior concentração de pivôs centrais, Cristalina se destaca, com um total de 659 equipamentos e uma área irrigada de 53.000 mil ha, o que corresponde a aproximadamente 25% de toda a área irrigada do estado. Jussara vem em seguida com 9.570 ha irrigados por 86 equipamentos e, em terceiro, Paraúna com uma área irrigada de 7.625 ha e 116 equipamentos (IMB, 2014).

Desse modo, o objetivo do trabalho foi levantar e atualizar área irrigada por pivô central, bem como o número de equipamentos instalados nos municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás - GO, utilizando as técnicas de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de trabalho da pesquisa foram os municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás (Figura 1). O município de Paraúna está localizado na região sudeste do estado de Goiás, à 155 km da capital Goiânia, nas coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM): 558679 m E e 8126140 m N (Geográfica 16° 56' S, 50° 26' W), possui uma área territorial de 3.780 km² e, em 2015, sua população foi estimada em 11.199 habitantes (IBGE, 2015). Também localizado na região sudeste do estado de Goiás, Palmeiras de Goiás está a 72 km da capital, nas coordenadas UTM: 614918 m E e 8141072 m N (Geográfica 16° 48' S, 49° 55' W), possui uma área territorial de 1.540 km² e, em 2015, sua população foi estimada em 26.855 habitantes (IBGE, 2015).

A quantificação e a espacialização dos pivôs centrais existentes nos municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás foram realizadas com base em imagens de satélite. Essas imagens foram obtidas

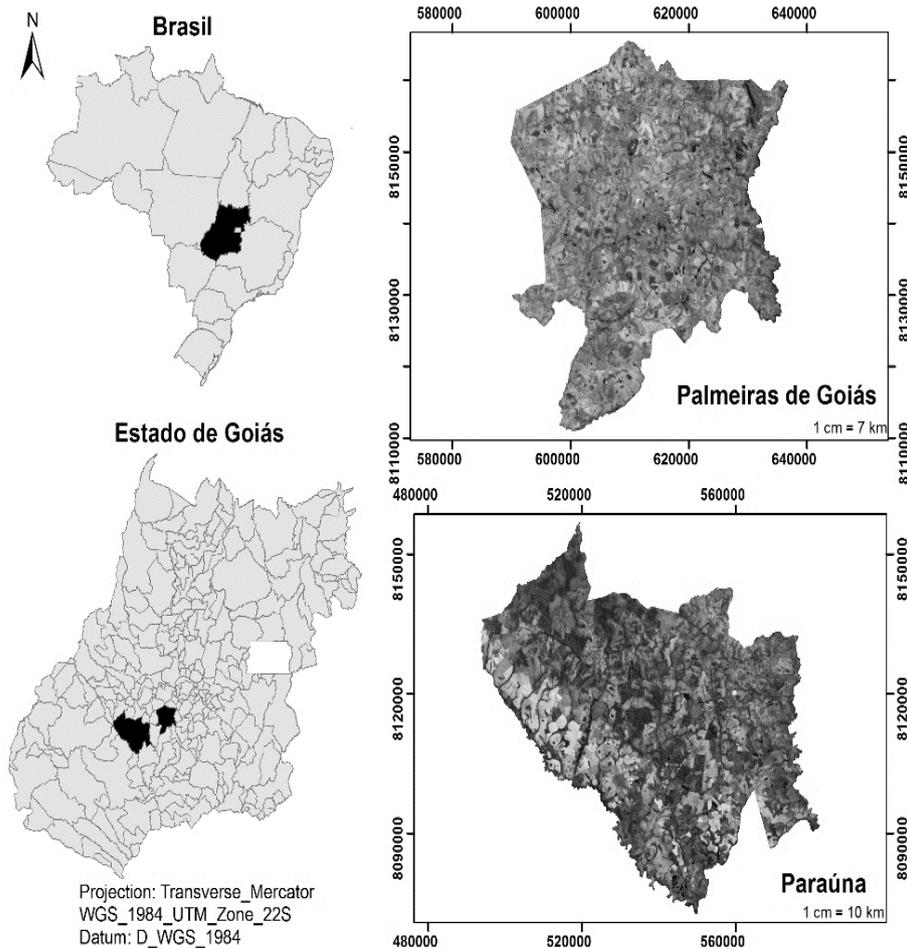


Figura 1. Localização dos municípios de Palmeiras de Goiás e Paraúna, tendo sua área territorial preenchida com a imagem do satélite Resource 2 de agosto de 2016.

no catálogo de imagem do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - <http://www.dgi.inpe.br/catalogo>) e o satélite utilizado foi o Resource 2 - AWiFS com 56 m de resolução espacial.

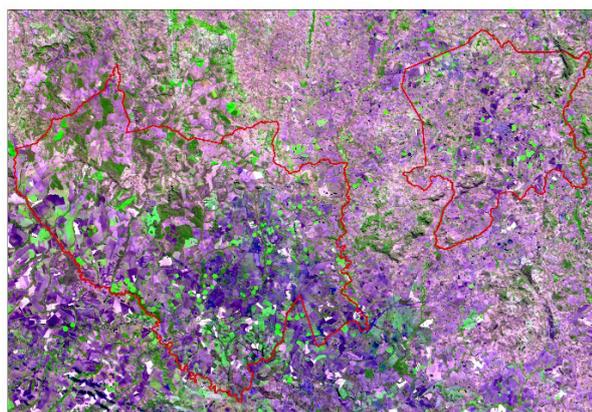
As imagens foram selecionadas de acordo com a visibilidade da área, de modo a cobrir as órbitas 328, os pontos 91 e data A, entre os meses de maio e agosto de 2016. Vale ressaltar que esse período corresponde ao período seco da região. Com isso, tentou-se garantir que as áreas com presença de vegetação verde ocorressem apenas nas regiões de curso de água (mata-ciliar) e em locais irrigados, como nos pivôs centrais.

Para cada mês que se adquiriu dados de imagem, no software *Envi 4.2*, foi criado uma imagem (Figura 2) falsa-cor combinada RGB (Red, Green e Blue), utilizando as bandas de infravermelho médio

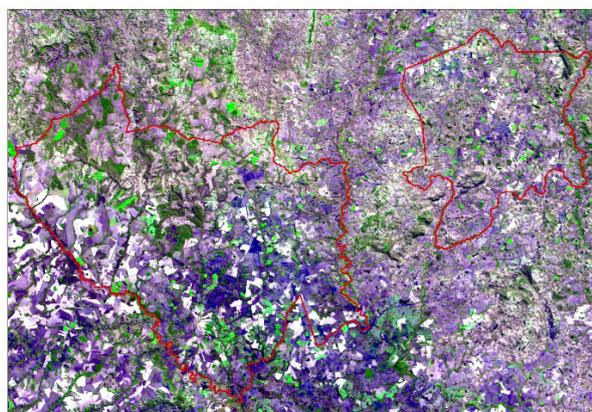
(banda 5), a infravermelho próximo (banda 4) e a vermelha (banda 3) do espectro eletromagnético, possibilitando expor claramente os limites entre o solo, a vegetação e a água (FITZ, 2008; INPE, 2011; TOLEDO et al., 2014).



Maio



Junho



Julho



Agosto

Figura 2. Imagem RGB com a combinação de Bandas 5, 4 e 3 dos meses de maio, junho, julho e agosto dos municípios de Palmeiras de Goiás e Paraúna.

Essas imagens RGB 5, 4 e 3 foram salvas como GeoTiff e exportadas para ArcGis 10.1, onde se iniciou a identificação manual das áreas com irrigação por pivô central. O programa ArcGis foi

utilizado, devido o mesmo permitir sobrepor todas as imagens de uma só vez e selecionar aquele que se deseja analisar com rapidez e facilidade, mantendo a mesma localização e escalada da cena.

Trabalhando numa escala de 1:10.000 m, as áreas com sistema de irrigação por pivô central foram identificadas considerando as feições circulares e semicirculares na cena, com raio maior do que 80 m e que possuíssem, em algum dos meses avaliados, a presença de vegetação com refletância de energia na faixa correspondente ao verde (presença de alta atividade fotossintética). Desse modo, essas áreas foram digitalizadas, criando polígonos circulares a partir do centro da área identificada até a borda, possibilitando o cálculo do raio do equipamento, bem como a área ocupada por cada pivô central mais próxima do real. Devido ao processo de identificação ser realizado manualmente, o procedimento foi refeito 3 (três) vezes, objetivando evitar que algum pivô existente deixasse de ser mapeado.

Ao final do processo, o número e área dos pivôs levantados para o ano de 2016 foram comparados com o levantamento realizado em 2010 para o estado de Goiás e Distrito Federal por Landau et al. (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois municípios, o levantamento utilizando imagens de 2016 possibilitou identificar 206 pivôs centrais, ocupando uma área irrigada de 12.447 hectares, variando as áreas de 6 a 151 ha e uma média de 60 ha (Figura 3). Vale ressaltar que não foi identificado nenhum sistema de pivô central com formato de funcionamento restrito ao semicírculo, todos os sistemas identificados possuíam formato circular. Contudo, foi observado sistemas de irrigação com cultivo em parte da área circular possível ou com cultivos com estágio de desenvolvimento vegetativo diferentes e/ou culturas diferentes. Mas, era nítido o perímetro circular do pivô e, muitas vezes, era identificado até mesmo o caminho formado pelas

rodas da última torre.

Comparado com o levantamento de 2010 (LANDAU et al., 2013), ocorreu um aumento de 31% no número de pivôs centrais e 24% na área ocupada com irrigação por pivô central, porém o tamanho médio da área irrigada reduziu 10% (Tabela 1).

Analisando individualmente os municípios, observou-se que no município de Palmeiras de Goiás foram registrados 74 pivôs e em Paraúna 132 pivôs, ocorrendo nos dois municípios um aumento de 51 e 42%, respectivamente, em relação a 2010 (LANDAU et al., 2013). Com relação a área irrigada, Palmeiras de Goiás

demonstrou um incremento de 669 ha entre 2010 e agosto de 2016. Porém, os sistemas instalados, como no geral, possuíam tamanho inferior (47,4 ha) à média levantada em 2010 (58,4 ha). Já em Paraúna, o incremento na área irrigada foi de 2314 ha e a área média irrigada por pivô central reduziu aproximadamente 5%, passando de 71,0 para 67,5 ha.

Com relação a distribuição dos sistemas de irrigação nos municípios, é possível observar que em Palmeiras de Goiás ocorre uma menor concentração dos pivôs centrais dentro do município. Já em Paraúna, os pivôs centrais estão instalados principalmente na faixa sudeste

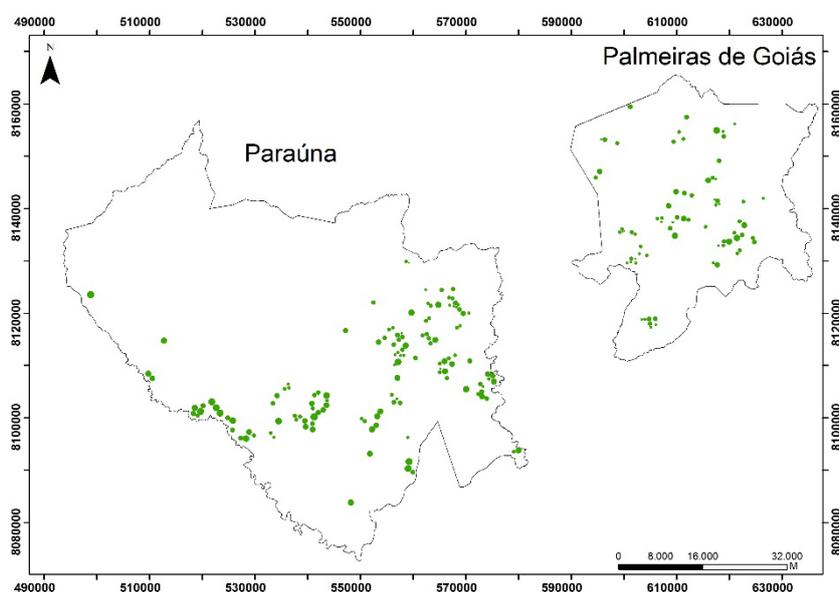


Figura 3. Localização geográfica dos pivôs centrais em 2016 nos municípios de Palmeiras de Goiás e Paraúna – Goiás.

Tabela 1. Análise comparativa do número de pivôs centrais instalados nos municípios de Palmeiras de Goiás e Paraúna nos anos de 2010 e 2016

Local	Ano do levantamento	Número de Pivôs Centrais	Área irrigada (ha)	
			Média	Total
Palmeiras de Goiás	2010*	49	58,4	2861
	2016	74	47,7	3530
Paraúna	2010*	93	71,0	6603
	2016	132	67,5	8917
Total	2010*	142	66,6	9464
	2016	206	60,4	12447

* Conforme levantamento realizado por Landau et al. (2013)

do município, ocupando apenas a metade do território. A concentração de sistemas de irrigação em uma área pequena pode proporcionar graves problemas nos recursos hídricos, já visto que as vazões requeridas por esses sistemas são altas, bem como problemas de abastecimento de energia elétrica na região.

Santos *et al.* (2010) e Vieira *et al.* (2011) comentam que a concentração da área irrigada por pivô central tem aumentado a demanda por recursos hídricos e energéticos, gerando grandes desafios e conflitos. Neste sentido, a disponibilidade de hídrica e energética para a irrigação tem sido reduzida, devido ao aumento da demanda por outros setores considerados prioritários, como abastecimento urbano e industrial. Machado Junior e Pasqualetto (2004) comentam que o volume de água bombeado diretamente dos rios para irrigação por pivô central compromete o abastecimento de pequenas cidades no interior de Goiás, obrigando a Companhia Saneamento de Goiás S.A. (Saneago) a abrir poços artesianos e causando a restrição da vazão fluvial em pequenos rios.

Com relação às demandas rurais e urbanas por energia elétrica, os gestores, como a Companhia Energética de Goiás (CELG), têm buscado administrar esse conflito, modificando o costume

do consumidor rural, oferecendo incentivos e bônus para os irrigantes que consomem energia fora do “horário de ponta” (21:30 h às 06:00 h), que recebem desconto de 67% a 80% no valor do kWh cobrado (ANEEL, 2010).

Vale ressaltar que o processo de digitalização das áreas com irrigação por pivô central foi de certa forma rápido e fácil. Em menos de três dias, o levantamento e as conferências estavam realizadas (processamento das imagens). Essa rapidez e facilidade se deve muito ao programa utilizado, que disponibiliza no seu sistema Editor de Shapefile uma ferramenta de construção de novos polígonos com diferentes formatos pré-determinados e, entre eles, o formato de círculo. Assim, possibilita realizar a digitalização com maior precisão e rapidez (Figura 4). Já visto nos processos anteriores de levantamento de objetos em imagem de satélites, como o descrito por Landau *et al.* (2013), o novo polígono era criado dando-se uma sequência de pontos em torno do seu contorno, o que requeria mais tempo na digitalização e, muitas vezes, em formas circulares causava uma distorção do objeto.

CONCLUSÕES

- Conclui-se que nos municípios de Palmeiras

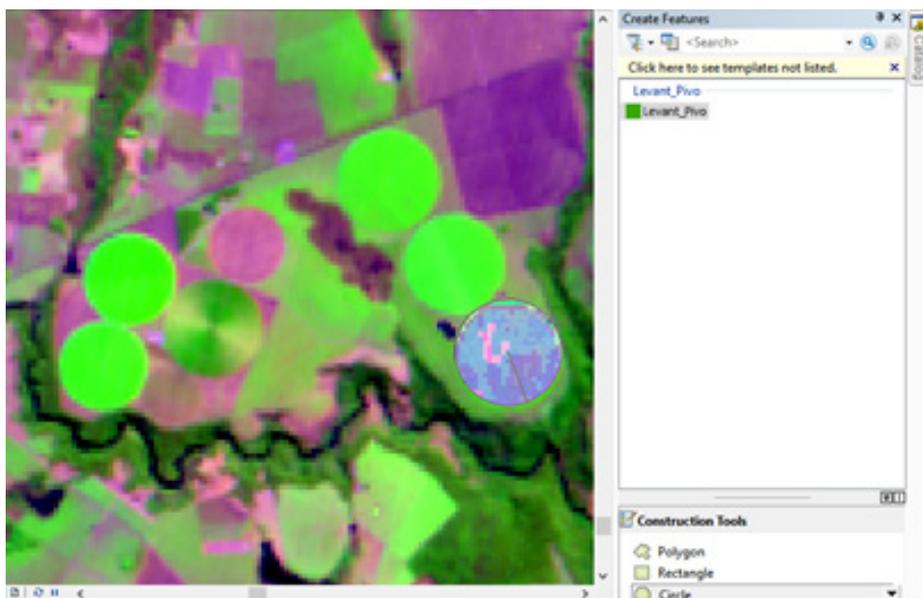


Figura 4. Sistema utilizado para realizar a digitalização das áreas irrigadas por pivôs centrais.

de Goiás e Paraúna ocorreu um aumento significativo na área irrigada por pivô central entre os anos de 2010 e 2016, confirmando a região como mais um polo agrícola irrigado brasileiro.

- Os municípios demonstraram perfis diferentes da distribuição dos sistemas de irrigação por pivô central, com o município de Paraúna demonstrando uma maior concentração da área irrigada na faixa sudeste do município, o que causa preocupação com relação a demanda por recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Estadual de Goiás – UEG pelo apoio oferecido aos membros da pesquisa para participar do evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução 414-ANEEL Art. 107 e 109, de 09/09/2010. 2010.

ASANO, T. Water from (waste) water – the dependable water resource. **Water Science and Technology**. v.45, p.23-33, IWA Publishing. 2002.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem Complicação**. Ed. Oficina de Textos. 2008. 160p.

GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. **Revista dos Agrônomos**, v.3, p.14-20, 2000.

GUIMARÃES, D.P.; LANDAU, E.C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs Centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@ - Paraúna e Palmeiras de Goiás**. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=521640&search=goias>>.

Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

IMB - Instituto Mauro Borges. **Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás**. Informe Técnico 01, 2014.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagens LANDSAT TM e ETM. 2011**. Disponível em:<http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LandSat.php>. Acesso: 12 de fevereiro de 2016.

LANDAU, E.C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D.P.; REIS, R.J. **Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 77).

MACHADO JUNIOR, R.P.; PASQUALETTO, A. **Gestão racional do uso da água e energia nos pivôs centrais no Estado de Goiás**. Senai-Goiás/UCG. 2004.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2009. 318p.

SANTOS, C.; LORITE, I.J.; TASUMI, M.; ALLEN, R.G.; FERERES, E. Performance of an irrigation scheme using indicators determined with remote sensing techniques. **Irrigation Science**, New York, n.28, p.461-477, 2010.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001.

TOLEDO, C.E.; ARAÚJO, J.C. ALMEIDA, C.L. The use of remote-sensing techniques to monitor dense reservoir networks in the Brazilian semiarid region. **International Journal of Remote Sensing**, vol.35, n.10, p.3683-3699, 2014.

VIEIRA, G.H.S. ; MANTOVANI, E.C. ; SOARES, A.A. ; MONTES, D.R.P. ; CUNHA, F.F. Custo da irrigação do cafeeiro em diferentes tipos de equipamento e tamanhos de área. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.19, p.53-61, 2011.