

**USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) NA  
DETERMINAÇÃO DE ÁREAS IRRIGADAS POR PIVÔ CENTRAL NO MUNICÍPIO  
DE UNAÍ**

RAFAEL MENEZES PEREIRA<sup>1</sup>, ELIZABETH FERREIRA<sup>2</sup>; ANTÔNIO AUGUSTO AGULIAR  
DANTAS<sup>3</sup>; JOICE HERMENEGILDO DE TOLEDO<sup>4</sup>

**RESUMO**

O município de Unaí, MG, possui uma área de 8.464 km<sup>2</sup> e está localizado na região noroeste do estado, entre as coordenadas 15°36' e 17°03' S, 46°11' e 47°24' WGr. Sabendo-se que este município possui muitas áreas cultivadas e irrigadas por pivôs centrais e que estas áreas podem ser determinadas utilizando-se de método vetorial ou matricial, neste trabalho objetivou-se determinar se há diferenças na medição destas áreas quando são utilizados os diferentes métodos. Estes resultados são importantes principalmente para efeito de fiscalização pelos órgãos ambientais responsáveis pelos recursos hídricos. Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-5-TM, tomadas no ano de 2008, disponibilizadas pelo (DGI/INPE). As imagens LANDSAT foram georreferenciadas a partir de imagens CBERS, que por sua vez foram georreferenciadas automaticamente pelo *software* ENVI, utilizando como base o mosaico da NASA S-22-15-2000. O delineamento das áreas irrigadas foi feito utilizando-se uma ferramenta de traçado elipse e as áreas matriciais foram calculadas com uma resolução de 30 x 30 metros. As medidas vetoriais foram mensuradas no *software* TerraView disponibilizado pelo INPE. Foram necessárias 3 imagens LANDSAT para compor o município de Unaí, órbitas-pontos 220/71, 220/72, 221/71. Para o ano de 2008 foram determinados 394 pivôs centrais, totalizando uma área matricial de 36.267,00 ha enquanto para o método vetorial a área total foi de 35.482,46 ha. A diferença entre os métodos foi de 784,54 ha. O método de avaliação matricial superestimou as áreas, concluindo-se que para efeito de fiscalização e mensuração de áreas irrigadas o método vetorial é o mais indicado.

**Palavras-chaves:** Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Irrigação, Matricial, Vetorial.

**INTRODUÇÃO**

A água é essencial para o desenvolvimento das atividades humanas e sua sobrevivência. Seu uso é permitido pela emissão da outorga de direito do uso da água cuja definição legal, se dá pela Lei nº 9.433/97 que imprime o comando de desenvolvimento sustentável, pois tem por finalidade assegurar o controle dos usos da água, em termos de qualidade e de quantidade, e segundo a citada lei, a água é de bem público, portanto deve ser assegurado o acesso “de todos” a ela (BRASIL,1997). A citada lei refere-se implicitamente que o direito do uso da água deve ser assegurado às presentes e também futuras gerações.

Para fins de garantir o cumprimento da norma e a aplicação de penalidades, uma efetiva fiscalização sobre os usos outorgados e os não outorgados deve ser implementada pelos órgãos ambientais competentes para esta atividade. Sabendo da deficiência de profissionais com esta competência, principalmente em função do tamanho das áreas agricultáveis no Brasil e da quantidade

---

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, DEG/UFLA, rpmenezes@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professora Associada, DEG/UFLA. bethf@deg.ufla.br

<sup>3</sup> Professor Adjunto, DEG/UFLA, auau@deg.ufla.br

<sup>4</sup> Bolsista de Apoio Técnico, DEG/UFLA, joicetoledo@deg.ufla.br

de pivôs centrais, fica cada vez mais difícil a fiscalização. Portanto, seguindo o princípio da eficiência pela administração pública, novos métodos devem ser aplicados neste contexto de maneira a aperfeiçoar e minimizar custos na fiscalização.

Segundo Braga e Oliveira (2005) devido à alta tecnologia empregada na agricultura em busca da maior produtividade, muitas áreas utilizam a irrigação controlada por meio de pivô central para o controle da demanda hídrica da cultura. Em certas regiões agrícolas como Unai, o emprego desta tecnologia gera alta demanda dos mananciais devido ao grande número de equipamentos instalados e suas dimensões. Sendo assim, o sensoriamento remoto torna-se uma alternativa para identificação e quantificação de áreas irrigadas por meio de pivô central, devido à forma geométrica dos alvos estarem intrinsecamente definidos na imagem. Estas por sua vez, que são produto de sensoriamento remoto, servem para extrair informações do uso da terra de maneira relativamente precisa, rápida e econômica (CAROLO, 2007). Desta forma, o sensoriamento remoto pode ser visto como um importante sistema de aquisição de informações para as diversas áreas do conhecimento em especial a referida fiscalização sobre as áreas irrigadas. Em face disso, objetivou-se determinar se há diferenças na medição destas áreas quando utilizados os métodos matriciais ou vetoriais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Na metodologia do presente trabalho algumas perguntas foram levantadas: qual região explorar, que satélite e sensor utilizar, qual método de georreferenciamento das imagens e quais métodos de estimativa de área usar? O primeiro fator considerando, foi respondido em consulta a literatura. A região de Unai é uma das mais exploradas pelo sistema de irrigação em questão, esta previa consulta possibilitou que fosse feita a escolha do citado município. Em seguida, visando economia, qualidade e rapidez na obtenção das imagens, o satélite norte americano Landsat, de responsabilidade da NASA, série 5 e sensor TM (*Thematic Mapper*) foi escolhido. Este equipamento foi escolhido dentre todos por ser um satélite que apresenta características ótimas para este tipo de trabalho, pois as imagens produzidas pelo LANDSAT possuem resolução espacial de 30 x 30 metros e apresenta 6 canais multiespectrais e 1 canal termal, resolução temporal de 16 dias, e são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens foram tomadas na data de 4 de julho de 2008. Esta data foi escolhida pois, nesta região do Brasil, o período das chuvas já cessaram, portanto apenas áreas irrigadas se destacaram nas imagens, o que facilita o trabalho do operador.

O *software* utilizado, (ENVI), possui ferramentas de georreferenciamento automático das imagens CBERS e lançando mão disso, as imagens Landsat foram georreferenciadas tomando por base as do CBERS. O referenciamento geográfico foi feito de forma manual, capturando em média 40 pontos com erro (RMS) menor que 3. O município de Unai, possui dimensão de 8.464 km<sup>2</sup>, foram utilizadas 3 imagens LANDSAT-5, sendo as órbitas-pontos 220/71, 220/72, 221/71, para cobrir a área. O mosaico das imagens foi realizado, extraíndo-se o município com a utilização do vetor limite disponibilizado gratuitamente pelo GEOMINAS.

Utilizando traçado elipse, os pivôs centrais foram delineados. Este formato foi o escolhido em decorrência do formato particular que este sistema de irrigação possui (PEREIRA et al. 2009). As áreas no formato matricial ou *raster* foram extraídas utilizando-se uma estrutura matricial com resolução de 30 x 30 metros. No modelo matricial, o terreno é representado por uma matriz  $M(i, j)$ , composta por  $i$  colunas e  $j$  linhas, que definem células, denominadas como *pixels* (*picture cell*), ao se cruzarem cada *pixel* apresenta um valor referente ao atributo, além dos valores que definem o número da coluna e o número da linha, correspondendo, quando o arquivo está georreferenciado, às coordenadas  $x$  e  $y$ , respectivamente. Neste tipo de representação, a superfície é concebida como contínua, onde cada *pixel* representa uma área no terreno, definindo a resolução espacial (FRANCISCO et al., 2010).

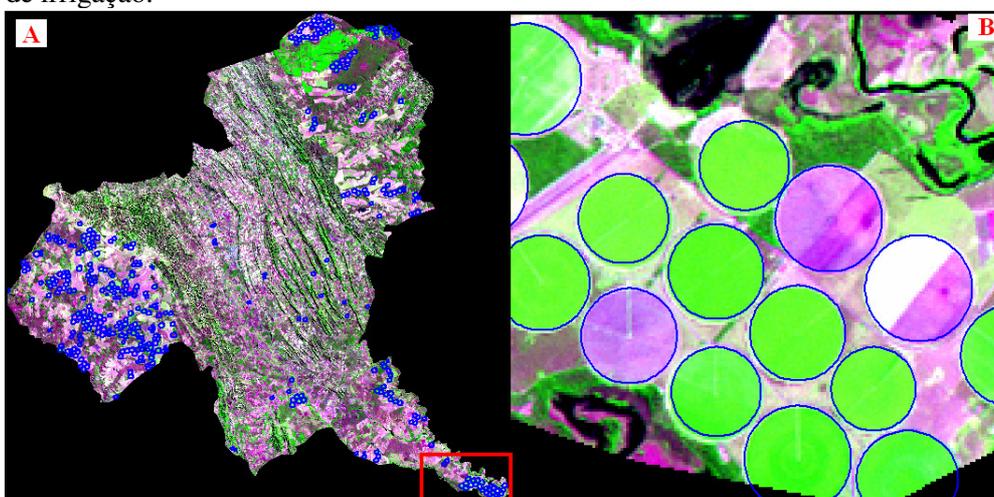
Exportando os vetores para o *software* TerraView, de responsabilidade do INPE, as áreas no formato vetorial foram extraídas. Neste formato, a localização e a feição geométrica dos elementos são armazenadas e representadas por vértices definidos por um par de coordenadas. Dependendo da sua forma e da escala cartográfica, os elementos podem ser expressos por pontos, polígonos, linhas poligonais ou arcos. As feições geométricas (ponto, linha e polígono) utilizadas para representação

dos elementos, bem como a sua estrutura de armazenamento, estabelecem as relações espaciais entre os elementos geográficos, ou seja, relações existentes entre si e entre os outros elementos, denominadas de topológicas (BURROUGH, 1998).

Ainda no *software* Terra View, uma tabela foi construída e posteriormente foi exportada para o Microsoft Excel, onde novas tabelas foram confeccionadas. Neste último, as áreas matriciais (M) e vetoriais (V) foram avaliadas e a diferença entre ambas foi avaliada ( $Dif = M - V$ ), em hectares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2008, 394 pivôs centrais foram delimitados totalizando uma área matricial e vetorial de 36.267,00 ha e 35.482,46 ha, respectivamente. Estas áreas representam 4,28% e 4,19% da área total de Unai. A Tabela 1 representa valores mínimos, máximos e médios das áreas e suas diferenças, bem como a média geral dos 394 sistemas de irrigação mensurados neste período. A Figura 1 representa todos os pivôs mensurados neste trabalho e em *zoom* os vetores delimitando estes sistemas de irrigação.



**Figura 1** – Em (A), observa-se o município de Unai em composição colorida 342/RGB do satélite Landsat-5, destacados em azul os 394 pivôs centrais delimitados. Em (B) vê-se em *zoom* a região destacada pelo retângulo vermelho.

A diferença entre tonalidades dentro de um mesmo pivô ou entre pivôs, é devido a diferentes estádios fenológicos da planta cultivada sob este sistema ou mesmo diferentes sistemas de plantio, sendo plantio direto ou plantio convencional.

**Tabela 1** - Valores mínimos, máximos e médios das áreas e suas diferenças e também a média geral dos 394 pivôs<sup>1</sup>.

	Área (ha)		Diferença - Dif. (ha)
	Matricial (M)	Vetorial (V)	M - V
<b>Mínima</b>	14	15.19	-1.19
	18	18.08	-0.08
	21	19.58	1.42
<b>Máxima</b>	162	158.2	3.8
	166	162.72	3.28
	170	167.24	2.76
<b>Média</b>	89	84.87	4.13
	91	88.14	2.86
	92	88.14	3.86
<b>Média Geral<sup>1</sup></b>	92.51	90.51	2

Na Tabela 1, pode-se observar uma diferença média entre os pivôs centrais de aproximadamente 2 hectares. Para efeito de fiscalização esta área pode gerar inconvenientes quando

comparadas com um possível banco de dados criado pelo órgão responsável, pois, ao constatar que possivelmente as torres do sistema de irrigação foram aumentadas, o órgão deverá verificar a ocorrência deste fato indo ao local observado, podendo se verificar que na verdade esta tudo de acordo com os termos de outorga conferidos ao proprietário.

Geometricamente o método matricial consiste em avaliar o tamanho dos pixels dentro do vetor sobreposto na imagem. Sabendo que o pixel tem formato quadrangular, no caso de 30 x 30 metros, e o vetor do pivô possui formato elipsóide, portanto evidentemente existirão pontos em que o pixel irá ultrapassar e não preencher corretamente os limites propostos pelo vetor em questão, superestimando a área observada. Tal explicação pode ser entendida na Figura 2. Em 2A observa-se todo o pivô central (em vermelho) e em amarelo a área de cada pixel. Em 2B observa-se em *zoom*, a área descrita em azul, os pixels superestimados, conferido uma área maior que a de fato.

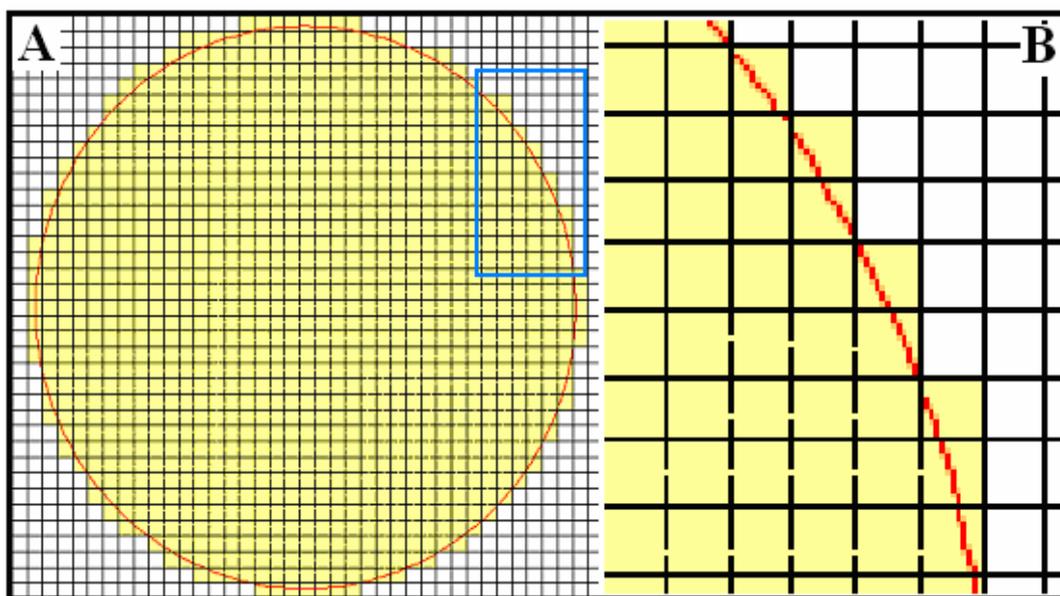


Figura 2 – Esquema representado o método de cálculo de área de forma matricial.

O modelo matricial ou *raster* é mais adequado para armazenar e manipular dados de sensoriamento remoto, principalmente em classificações, pois cada *pixel* representará um valor proporcional à energia eletromagnética refletida pelo alvo na superfície. Uma das classificações mais utilizadas no modelo matricial, entre todos os índices de vegetação, é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) (ROUSE et al., 1973). Que por sua vez é obtido a partir da razão entre a subtração e soma das refletâncias das bandas da região do infravermelho próximo e do vermelho do espectro eletromagnético (KLERING et. al, 2007). Porém, não existem apenas vantagens no modelo *raster*, este possui um formato bem maior que o vetorial, ocupando maior espaço no computador, sua manipulação é mais lenta e associação de banco de dados é dificultada neste modelo.

Em contrapartida o método vetorial representa fielmente a área delimitada pelo vetor, portanto futuros erros se darão em função da vetorização incorreta feita pelo técnico responsável por esta tarefa. A associação entre o atributo e a componente gráfica é mais adequada ao vetorial, já que neste modelo um elemento é identificado como único, enquanto no *raster* este é definido por um conjunto de *pixels* que possuem um atributo comum. Assim, operações de consultas aos atributos são mais adequadas de serem executadas nos arquivos vetoriais (FRANCISCO et al., 2010). Além de que, uma figura desenhada em um programa vetorial, pode ser movida, redimensionada ou rotacionada como um objeto independente, isto porque o programa retém a definição da figura matematicamente.

## CONCLUSÃO

O método de avaliação matricial superestimou as áreas, concluindo-se que para efeito de fiscalização e mensuração de áreas irrigadas o método vetorial é o mais indicado.

## **REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO**

BRAGA, A. L. de OLIVEIRA, J. C. **Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: SBSR, 2005. p. 849 – 856.

**BRASIL. Lei n.º. 9.433**, 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 15 p.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems.** Oxford University Press. 1998.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Instrumento para o desenvolvimento sustentável? Estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** 2007. 203 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração Políticas Públicas e Gestão Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília 2007.

FRANCISCO, C. N.; GUIMARÃES, L. M.; da SILVA, L. P.; VIEIRA, L. de P. I.; **Estudo dirigido em SIG.** Universidade Federal Fluminense, 2010. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido>>. Acesso em: 16 de Agosto de 2010.

KLERING, E. V.; CUSTÓDIO, M. S.; FONTANA D. C.; BERLATO, M. A. **Relação entre os perfis temporais de NDVI/MODIS da cultura do arroz irrigado, a insolação e o rendimento na região da Campanha do RioGrande do Sul.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8, Florianópolis, 2007.

PEREIRA, R. M.; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; SOUZA, P. A. B.; FRANÇA JUNIOR, J. F. **Avaliação Temporal de Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Município de Unaí.** In: CIUFLA - XXII Congresso de Iniciação Científica da UFLA. Lavras, MG. 2009.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the greatplains with ERTS.** In: Earth Resources Technology Satellite – 1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. Proceedings. Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).1973.