

Espraiamento urbano na Região Metropolitana de Goiânia 1991 – 2010 a partir de imagens Landsat

Lindolfo Caetano Pereira Júnior¹
Luis Otávio Rodrigues Sampaio¹
Rejane Moreira da Silva¹
Carlos Antônio de Melo Cristóvão¹

¹ Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos - IMB
Av. República do Líbano nº 1945, 3º andar, Setor Oeste, Goiânia - Goiás - Brasil
CEP: 74.125-125

{lindolfo-cpj, luis-ors, rejane-ms, carlos-amc}@segplan.go.gov.br

Abstract. In this work was mapped the urban expansion of the metropolitan area of Goiânia, composed by twenty municipalities, between the years of 1991, 2000 and 2010. For that were used images Landsat-5 TM, segmented by the application of Isoseg method. The segments were classified into two categories using visual interpretation: urbanized and undeveloped. During the period, a significant increase in urban areas from 267.15 Km² in 1991 to 369.20 Km² in 2000, and 520.63 Km² in 2010, with the municipalities of Goiânia (State Capital) and Aparecida de Goiânia the main actors of this process. Those municipalities account around 76% of the region's entire urban area, however over the studied period they have shown a slower expansion than other municipalities. This group stands out is Senador Canedo, which had a growth of over 260% between 1991 and 2010. Regarding the urban sprawl, the densification of urbanization in the period occurred by reducing the amount of isolated urban centers, which have decreased from 140 in 1991 to 100 in 2010. Those areas with higher to 90% urbanization rate showed the greatest growth, from 71.76 km² in 2000 to 106.43 km² in 2000 and 205.07 km² in 2010.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, urban expansion, sensoriamento remoto, processamento de imagens, expansão urbana.

1 Introdução

Atualmente 54% da população mundial vive em áreas urbanas. Sendo que, em 1950 esta taxa era de 30% e em 2050 será 66% (ONU, 2014). Na América do Sul, este número atualmente é de 83% e chega a 85% no Brasil (ONU, 2014). Associado a isto, Inostroza et al. (2013) revelam que ao analisarem dez cidades na América Latina, entre elas Brasília, ficou claro que a população destas cidades tende a dobrar entre 2010 e 2030. Tais taxas de urbanização provocam um crescimento desordenado das áreas urbanas causando problemas de trânsito, sobretudo em função da migração pendular (ANAS e RHEE, 2006), degradação ambiental (BENGSTON et al., 2005), problemas de infraestrutura (NASCIMENTO e MATIAS, 2011) e até mesmo segregações de renda e racial na periferia (BLANCHARD et al., 2009; NASCIMENTO e MATIAS, 2011).

Esta expansão pode ser analisada sobre a ótica do espraiamento urbano, que é definido por Galster et al. (2001) como sendo um padrão de ocupação de áreas urbanas que apresenta baixos níveis de uma combinação de oito dimensões: densidade, continuidade, concentração, compacidade, centralidade, nuclearidade, diversidade e proximidade. Já a NumbersUSA (2005) trata o tema como sendo a expansão da cidade e seus subúrbios para áreas rurais. Neste contexto, Nadalin e Iglioni (2010), definem o espraiamento como sendo o crescimento urbano que é desconcentrado, não denso e que deixa vazios urbanos. Esta última definição congrega os conceitos anteriores e simplifica o entendimento e a análise deste termo. Sendo a definição adotada para este trabalho.

De acordo com Pinto (2009), os municípios localizados nas regiões metropolitanas brasileiras, por receberem fortes contingentes populacionais, crescem de maneira exorbitante e adquirem graves problemas urbanos. Insere-se neste contexto a expansão urbana pela qual a

Região Metropolitana de Goiânia (RMG) vem passando nas décadas de 1990 e 2000, com uma taxa de urbanização da ordem de 98% (IBGE, 2010). Além disto, essa é composta por um conjunto de vinte municípios que contam com 36,2% de toda a população do Estado de Goiás. Sua população passou de 1.312.709 habitantes em 1991 para 2.173.141 em 2010 (IBGE, 2010), o que representa um crescimento de 66%, ao passo que a taxa de crescimento estadual ficou por volta de 49% no período. Estes dados demonstram a importância da análise dos padrões espaciais deste crescimento ocorrido nas últimas décadas.

2 Caracterização da área de estudo

A área de estudo é a região metropolitana de Goiânia (RMG), que foi definida pela Lei Complementar Estadual nº 27 de dezembro de 1999, inicialmente composta por onze municípios. Esta composição foi modificada nos anos de 2004 e 2005 quando foram inseridos outros dois municípios, e no ano de 2010 chegou-se à configuração atual, com vinte municípios (Figura 1).

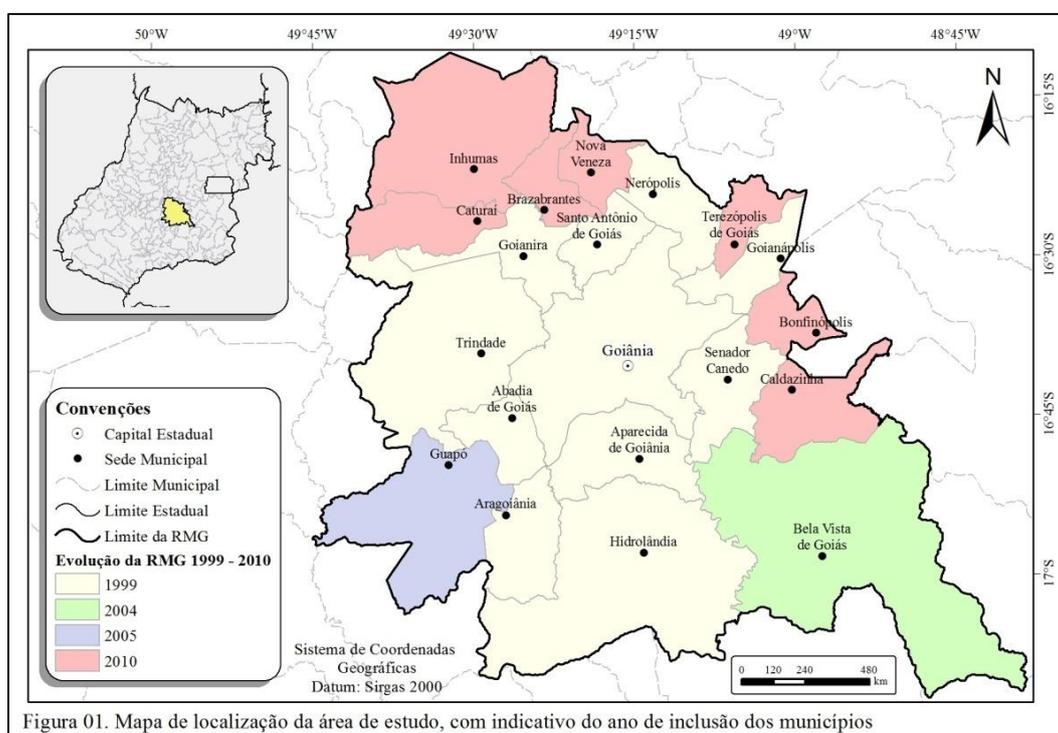


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo, com indicativo do ano de inclusão dos municípios

A RMG é a região mais populosa do Estado de Goiás e, além disto, é uma área que vem apresentando uma taxa de crescimento superior à média estadual. Tal fato tem contribuído para que, no período analisado, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a participação relativa da população da RMG no Estado tenha aumentado cerca de 4%.

O processo de ocupação e fragmentação do espaço na RMG foi caracterizado por Pinto (2009) a partir de padrões de conurbação refletidas por diferentes momentos da dinâmica demográfica local. Este processo de conurbação gera um grande fluxo pendular, ou seja, migração diária motivada pela dissociação entre o local de moradia e os locais de trabalho e de estudo (IMB, 2012; MOURA, 2010). Um processo que ocorre majoritariamente direcionado para a capital estadual, que concentra 35,1% da taxa de migração pendular de Goiás (IMB, 2012). Dos vinte municípios que compõem a região metropolitana, nove possuíam em 2010 uma migração pendular superior a 15% da população total (IMB, 2012).

Estes dados deixam clara a importância dessa região para o Estado de Goiás e demonstram o alto grau de interdependência destes municípios sobretudo com a capital, Goiânia.

3 Metodologia

Para realização deste trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) dos anos de 1991, 2000 e 2010, sendo as duas últimas obtidas no portal do *United States Geological Survey* (USGS). Estes dados são disponibilizadas com qualidade nove segundos a classificação do USGS, ou seja, imagens acuradas (USGS, 2014), com nível de correção L1T, também chamado de *Standard Terrain Correction*, que engloba a correção radiométrica e geométrica, usando pontos de controle e Modelo Digital de Elevação, tais como o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), NED (*National Elevation Dataset*), CDED (*Canadian Digital Elevation Data*), DTED (*Digital Terrain Elevation Data*), e GTOPO 30 (*Global 30 Arc-Second Elevation*) (USGS, 2014).

Para o ano de 1991, as imagens foram obtidas junto ao Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para estas imagens foi necessária a realização do registro, transformação geométrica que correlaciona as coordenadas de imagem a um referencial geográfico, permitindo a análise multitemporal dos dados orbitais. Este processo depende de uma referência espacial, que neste caso foram as imagens do ano 2000 que encontram-se devidamente referenciadas a um sistema geodésico.

Posteriormente foi realizado o mosaico para cada ano estudado, de modo a gerar uma imagem contínua. Para este processo optou-se por não utilizar nenhum tipo de correção nos níveis digitais das imagens de modo a preservar suas características espectrais originais.

Imagens do satélite *RapidEye* do ano de 2013, também foram utilizadas. Estas imagens foram adquiridas e disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e foram aplicadas como suporte para dirimir dúvidas quanto à ocupação ou não de determinada área, sendo desta forma, um insumo auxiliar ao processo de identificação realizado a partir das imagens Landsat.

O processo de classificação das áreas urbanizadas foi realizado em duas etapas. Na primeira, foi executado o processo de segmentação da imagem, utilizando-se para tal o método Ioseg, que é um método de agrupamento não supervisionado de dados sendo caracterizados por seus atributos estatísticos de média e matriz de covariância e também pela área (INPE, 2014). Após a geração dos segmentos, estes foram convertidos em formato *shapefile* para edição manual a partir da interpretação visual das imagens. Três classes de cobertura e uso da terra foram geradas: urbanizado, vegetação remanescente e não urbano. Com base nesta classificação, foi realizada a análise do espraiamento urbano da região metropolitana de Goiânia.

A análise do espraiamento realizada segue a metodologia já utilizada por diversos autores (GALSTER et al., 2001; BURCHFIELD et al., 2006; NADALIN e IGLIORI, 2010), que analisam a urbanização de um dado local em função da taxa de ocupação observada numa área de 1 (um) quilômetro quadrado, sendo o ponto de análise o centróide desta área. A fim de possibilitar esta análise, os dados vetoriais referentes ao uso e cobertura do solo foram convertidos para o formato *raster*, com resolução espacial de trinta metros, ou seja, cada pixel desta imagem possui 30 x 30 metros, e reclassificados para valores de 0 (não urbano e vegetação remanescente) e 1 (urbanizado).

Essa imagem reclassificada possibilitou a aplicação de um filtro estatístico que calculou em uma grade de 33 x 33 pixels, o valor total destes que encontram-se urbanizados. A definição desta grade de análise parte da resolução espacial atribuída à imagem utilizada, que é de 30 metros. Assim, foi possível analisar uma área de 990 x 990 metros. Este processo gerou uma nova imagem com valores de pixel entre 0 (nenhuma urbanização) e 1089 (totalmente urbanizado). Todo este processo foi repetido para os três períodos, o que permitiu

a análise do espraiamento nos anos de 1991, 2000 e 2010, além da verificação de como se deu a expansão urbana nestes intervalos.

4 Resultados e Discussões

4.1 Expansão Urbana

No período analisado (1991-2000-2010), a Região Metropolitana de Goiânia teve um incremento significativo nas áreas urbanas, passando de cerca de 267 km² em 1991 para 520,63 km² em 2010 (Figura 2). Esse crescimento é caracterizado pelo adensamento de núcleos existentes no ano de 1991, ou seja, um adensamento da ocupação. A partir do ano 2000, a expansão urbana na RMG torna-se mais intensa. No intervalo entre 1991 e 2000 a região cresceu cerca de 102 km² e no período entre 2000 e 2010 houve uma expansão da ordem de 151,43 km². Para o período houve um incremento de 82,14% na área urbana da RMG.

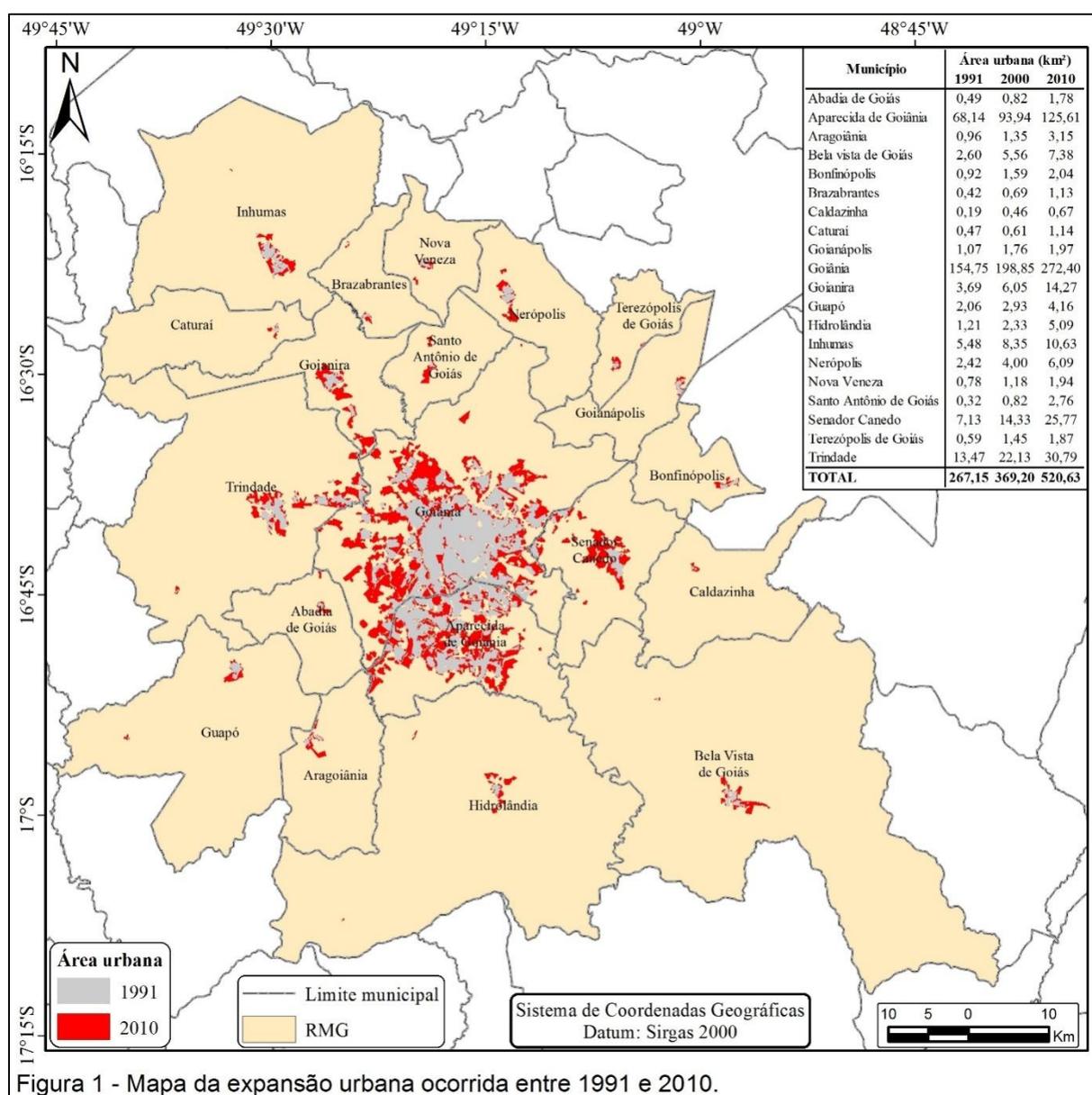


Figura 1 - Mapa da expansão urbana ocorrida entre 1991 e 2010.

Os municípios de Goiânia (Capital Estadual) e Aparecida de Goiânia são os dois mais populosos da RMG, e possuem consequentemente, as maiores áreas urbanas, que ocupam

37,17% e 43,56% de seus territórios, respectivamente. Há uma conurbação entre esses municípios, que ocorre na parte sul de Goiânia e Norte de Aparecida de Goiânia. Outro município que se destaca é Senador Canedo, onde houve um crescimento da ordem de 260%, com aumento da área urbana de 7,13 km² em 1991 para 14,33 km² em 2000 e 25,77 km² no ano de 2010. O município de Trindade também vem apresentando um crescimento expressivo, tendo mais do que dobrado sua área urbana em duas décadas. Dentre os municípios de menor área urbana destaca-se o de Santo Antônio de Goiás, que teve um incremento de área superior a 700% neste intervalo.

Com o objetivo de melhor estruturar a análise dos dados e em função da discrepância entre Goiânia/Aparecida de Goiânia em relação aos demais municípios, estes dois foram individualizados enquanto os demais foram agrupados em uma única categoria. Deste modo, é possível observar que a participação dos dois primeiros vem caindo gradativamente e a participação dos municípios mais periféricos tem aumentado (Tabela 1). A taxa média de crescimento dos dezoito municípios agrupados ficou acima de 70% no período estudado, enquanto a taxa média de Goiânia e Aparecida de Goiânia foi pouco mais de 30%. Por outro lado, o incremento em área, dado pelo somatório de todos os demais municípios entre 1990 e 2010 é praticamente equivalente ao crescimento de Goiânia entre 2000 e 2010.

Tabela 1 - Participação e crescimento das áreas urbanas entre 1991 e 2010

	participação (%)			taxa de crescimento (%)		crescimento km ²	
	1991	2000	2010	1991-2000	2000-2010	1991-2000	2000-2010
Aparecida de Goiânia	25,51	25,44	24,13	37,86	33,72	25,80	31,68
Goiânia	57,93	53,86	52,32	28,50	36,99	44,10	73,55
Demais municípios	16,57	20,70	23,55	79,91	74,65	32,15	46,21
RMG	100,00	100,00	100,00	38,20	41,02	102,04	151,44

Observa-se na Tabela 2 uma ampla redução na quantidade de núcleos isolados, ou seja, áreas de adensamento populacional que estão desconexas de outras áreas, nos municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia. Já nos demais municípios é possível notar que ocorreu um acréscimo na quantidade destes núcleos até o ano 2000, situação que se inverte a partir daí. Tal fato indica que na última década houve um processo de consolidação destas áreas urbanas isoladas. Estes dados demonstram que existe ao menos uma década de diferença nas características de urbanização dos dois principais municípios (Goiânia e Aparecida de Goiânia) em relação aos outros, sendo que em 2000, os demais municípios começam a passar pelo processo de redução de núcleos isolados, experimentado pelos dois principais já desde 1991.

No que tange as taxas de urbanização, mais uma vez há uma discrepância entre Goiânia e Aparecida de Goiânia e os demais municípios da região. Enquanto os dois primeiros possuem taxas de 43,56% e 37,17%, o restante tem uma taxa média de 1,95%. Na grande maioria, os municípios circunvizinhos a Goiânia possuem áreas territoriais extensas o que força para baixo a taxa de urbanização. É perceptível que ocorreu um crescimento da área urbana de todos os municípios estudados, sendo que, no segundo período (2000-2010) a expansão foi mais acelerada.

Tabela 2 - Caracterização da área urbana e taxa de urbanização 1991 - 2010

	Núcleos isolados			Área urbana (km ²)			taxa de urbanização (%)			Área do município
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010	
Aparecida de Goiânia	35	21	9	68,14	93,94	125,61	23,63	32,58	43,56	288,36
Goiânia	52	54	23	154,75	198,85	272,40	21,12	27,13	37,17	732,83
Demais municípios	53	75	68	44,26	76,41	122,62	0,70	1,21	1,95	6294,37
RMG	140	150	100	267,15	369,20	520,63	3,65	5,05	7,12	7315,56

4.2 Espreadimento Urbano da Região Metropolitana de Goiânia

Uma análise mais detalhada do crescimento urbano da RMG pode ser obtida com o estudo do espreadimento urbano existente nos três períodos (Figura 3). Este faz uma caracterização das taxas de ocupação existentes em uma área de 1 km², o que permite avaliar a situação das manchas urbanas quanto ao adensamento da ocupação existente. Vale ressaltar que, esta análise é feita a partir do estudo dos pixels urbanizados ou não em uma área, não sendo considerados outros fatores para a análise.

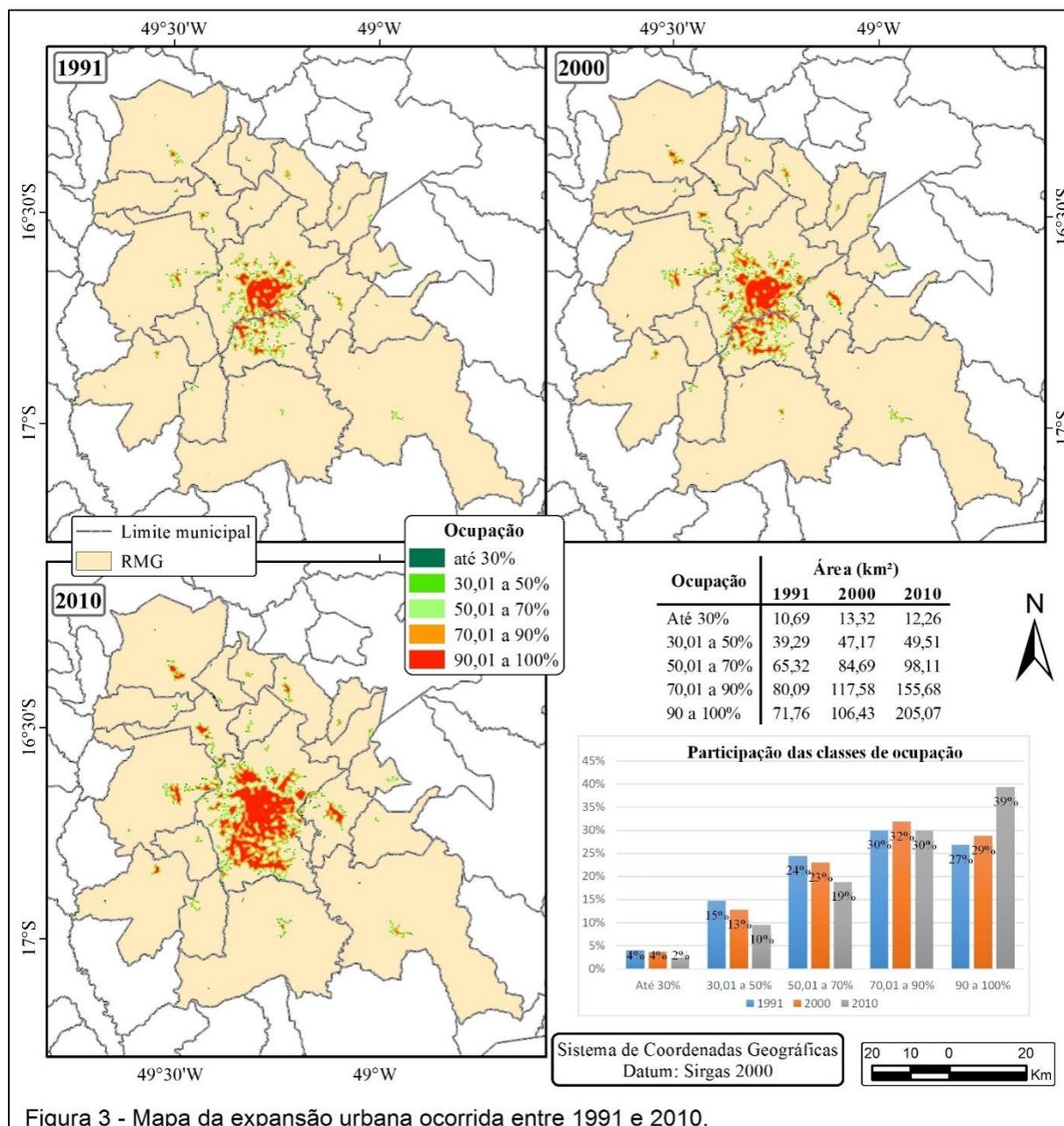


Figura 3 - Mapa da expansão urbana ocorrida entre 1991 e 2010.

Identifica-se que a expansão das manchas ocorreu em todos os níveis de ocupação. Apenas no intervalo 2000-2010 ocorreu um pequeno decréscimo da classe de ocupação até 30%, mas esta ainda é superior ao levantado em 1991. As taxas de ocupação até 50% tiveram um decréscimo de participação no período, o que demonstra um aumento na densidade de

ocupação das áreas urbanas e corrobora com os dados já observados na Tabela 2 de redução da quantidade de núcleos urbanos.

As áreas com taxa de ocupação superior a 90% foram as que obtiveram maior ganho no período, sobretudo a partir do ano 2000, o que demonstra o aumento da ocupação de forma densa e compacta, contemplando áreas antes tidas como vazios urbanos. Vale salientar que para a elaboração do espraiamento urbano da região, as áreas de preservação permanente que se encontram preservadas e os parques foram caracterizados como não urbanizados. Neste sentido, o presente estudo não avaliou se o processo de densificação ocorreu de maneira harmoniosa do ponto de vista urbanístico e ambiental.

Dos vinte municípios da RMG, oito não apresentaram taxa de ocupação a 90%, sendo eles: Abadia de Goiás, Aragoiânia, Bonfinópolis, Brazabranes, Caldazinha, Caturai e Nova Veneza. Isto decore do fato destas áreas terem sido urbanizadas em um sentido, ou seja, predominantemente em uma direção que, na grande maioria dos casos, está intimamente ligada às rodovias que dão acesso a Goiânia. Deste modo, mesmo tendo áreas urbanas que chegam a ultrapassar 2 km², a metodologia utilizada não caracteriza essas áreas como de alto adensamento urbano.

Os dados ainda revelam que Senador Canedo, Trindade e Goianira estão passando nas últimas décadas por um processo de ocupação que as direciona à conurbação com o município de Goiânia, assim como já acontece com Aparecida de Goiânia.

5 Considerações Finais

As imagens Landsat, apesar de sua baixa resolução espacial, permitiram a análise do espraiamento urbano na região metropolitana de forma satisfatória. Entretanto, é importante ressaltar que pequenos vazios urbanos não puderam ser mapeados a partir destes dados. A grande confusão espacial existente dificulta o mapeamento destas áreas e inviabiliza a utilização de técnicas automatizadas de extração.

A ocupação da região metropolitana tem ocorrido em função das rodovias, que são os eixos de ligação à capital do Estado. Tal fato tem intensificado o tráfego nestas rodovias e a cada dia vem aumentando o tempo de deslocamento “residência-trabalho”, também conhecido como migração pendular. Neste contexto, a Região Metropolitana de Goiânia precisa iniciar um planejamento a médio e longo prazo, no que tange aos modais de transporte que viabilizem este deslocamento de forma rápida, evitando assim os prejuízos financeiros oriundos dos grandes congestionamentos.

É importante frisar que, não foi objeto de análise deste trabalho caracterizar a expansão urbana do ponto de vista ambiental e urbanístico de modo a definir se o processo de urbanização da RMG é sustentável.

6 Referencias

ANAS, A.; RHEE, H.-J. Curbing excess sprawl with congestion tolls and urban boundaries. **Regional Science and Urban Economics**, v. 36, n. 4, p. 510–541, jul. 2006.

BENGSTON, D. N. et al. An analysis of the public discourse about urban sprawl in the United States: Monitoring concern about a major threat to forests. **Forest Policy and Economics**, v. 7, n. 5, p. 745–756, ago. 2005.

BLANCHARD, O. et al. Inequality and the measurement of residential segregation by income in american neighborhoods by Tara Watson. **Review of Income and Wealth**, v. 55, n. 3, p. 820–844, 2009.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sinopse do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2014.

BURCHFIELD, M. et al. Causes of sprawl: a portrait from space. **Quarterly Journal of Economics**, n. May, p. 587–633, 2006.

GALSTER, G.; HANSON, R.; WOLMAN, H. Wrestling Sprawl to the Ground : Defining and Measuring an Elusive Concept. **Housing policy debate**, v. 12, n. 4, p. 681 – 717, 2001.

GOIÁS. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB). **Cenários Socioeconômicos de Goiás: movimento pendular da população em Goiás**. 2012. Disponível em: <[http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/cenarios/8-Movimento Pendular da Popula%C3%A7%C3%A3o em Goi%C3%A1s-201210.pdf](http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/cenarios/8-Movimento%20Pendular%20da%20Popula%C3%A7%C3%A3o%20em%20Goi%C3%A1s-201210.pdf)>.

INOSTROZA, L.; BAUR, R.; CSAPLOVICS, E. Urban sprawl and fragmentation in Latin America: a dynamic quantification and characterization of spatial patterns. **Journal of environmental management**, v. 115, p. 87–97, 30 jan. 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Segmentação de Imagens - Spring**. 2014. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>>. Acesso em: 2 out. 2014.

MOURA, R. Movimento pendular da população no Paraná : uma evidência da desconexão moradia / trabalho of connection between housing and labour. **Cadernos Metropolitanos**, v. 12, n. 23, p. 43–64, 2010.

NADALIN, V. G.; IGLIORI, D. C. **Texto para Discussão n 1481**, 2010.

NASCIMENTO, E.; MATIAS, L. F. Expansão urbana e desigualdade socioespacial: uma análise da cidade de Ponta Grossa (PR). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 23, p. 65–97, 2011.

NUMBERSUSA. **What is Sprawl?** Disponível em: <<https://www.numbersusa.com/content/learn/issues/environment/what-sprawl.html-0>>. Acesso em: 17 set. 2014.

ONU. Organização das Nações Unidas. **World Urbanization Propects - the 2014 revision**. 2014. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2014.

PINTO, J. V. C. **Fragmentação da metrópole: constituição da Região Metropolitana de Goiânia e suas implicações no espaço intraurbano de Aparecida de Goiânia** Universidade federal de Goiás. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Goiânia, Goiás - Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia), 2009.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat Processing Details**. 2014. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php>. Acesso em: 2 out. 2014.