Emprego de imagens do sensor *Operational Linescan System* para estimar a ação depredatória do Bioma Cerrado

Maria Cristina Xavier e Azevedo[1]
Manuel Eduardo Ferreira[1, 2]
Flávio Fernandes Faleiro[1]

[1] Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA
[2] Lab. Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG
Caixa Postal 131 – 74001-970 – Goiânia – GO, Brasil
mcxazevedo@gmail.com; fff3fs@hotmail.com; manuel@iesa.ufg.br

Abstract. The Brazilian Cerrado is experiencing an accelerated process of degradation due to the intense process of converting this anthropic environment. Among other factors the growth of cities located on it are significant measurable impacts. This work consists of a brief analysis of the expansion of light pollution within the limits of the Cerrado biome limit through image data obtained by Meteorological Satellite Program Defense satellites (or DMSP - Defense Meteorological Satellite Program) from the Department of Defense American and administered by the Center for Space and Missile Systems of the United States Air Force. The DMSP has an OLS sensor (Operational Linescan System), which can detect low levels of radiation in the near infrared (VNIR) overnight that the premise of this study are (lights) indicative of urban settlement. Through data collection / satellite pictures of the year 1992 to 2009, cut for the limits of Cerrado, vectorization and analysis of vector data in SIG environment each year, we could see an increased incidence of light in some areas of Cerrado, these areas are indicated in other studies (mapping PROBIO) as areas of greater conversion of the Cerrado and the resulting urban sprawl, which validates the results.

Palavras-chave: Cerrado, urban area, light pollution, DMSP/OLS images, Cerrado, área urbana, poluição luminosa, imagens DMSP/OLS

1. Introdução

A região do Cerrado ocupava originalmente cerca de 204,7 milhões de hectares, representando aproximadamente 24% do território nacional (IBGE, 2004), compreendendo os estados da Bahia, Goiás (incluindo o Distrito Federal), Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, São Paulo, Tocantins e Paraná.

O avanço da fronteira agropecuária no Centro-Oeste colocou o Cerrado dentre os biomas mais ameaçados do mundo, devido ao intenso processo de conversão antrópica. Os desmatamentos ocorrem de forma intensa, como visto no período de 2003 a 2004, terem sido desmatados 8.500 km^2 de áreas do Cerrado (FERREIRA et al., 2009). Em pouco mais de três décadas, cerca de 40% da área do bioma foram convertidos em áreas de pastagens, agricultura e urbanização (SANO et al., 2008).

A degradação deste ambiente foi decorrente ao avanço da agricultura moderna que deu-se pelo baixo custo das terras, associado ao uso de tecnologia moderna e a políticas públicas e aos incentivos econômicos direcionados à ocupação do solo, incentivados pelos vários governantes ao longo dos anos (KLINK et al., 2008). Considerado um dos pilares da economia nacional, a região se transformou num grande celeiro agrícola ocupada, principalmente, por monoculturas comerciais (ex. soja, milho, etc.) e pela bovinocultura (SANO et al., 2002 *apud* FERREIRA et al., 2009). Atualmente, essa área vem se destacando com o crescimento do mercado energético de bicombustíveis.

Nos últimos anos têm sido empreendidos vários esforços para compreender as mudanças na dinâmica de uso e ocupação no bioma cerrado e os impactos ambientais inerentes destas novas relações homem/meio neste complexo social/ambiental. Os sistemas de monitoramento compreendem uma gama de ferramentas que objetivam obtenção de dados em um dado espaço e tempo, são capazes de identificar e localizar fenômenos na superfície terrestre.

Estes sistemas que possuem como produtos bases de dados têm subsidiado estudos com informações de suma importância para a compreensão das relações dinâmicas e processuais dos ambientes naturais e antrópicos.

Cabe destacar dentre as ferramentas de obtenção de base de dados, os sensores remotos, dentre eles destacamos para fins deste estudo as imagens obtidas pelos satélites do Programa de Satélite Meteorológico de Defesa (ou DMSP - *Defense Meteorological Satellite Program*), pertencente ao Departamento de Defesa Norte Americano, e administrado pelo Centro de Sistemas Espaciais e Mísseis da Força Aérea dos Estados Unidos.

O DMSP possui o sensor OLS (*Operational Linescan System*), que é capaz de detectar os baixos níveis de radiação no infravermelho próximo durante a noite, como, as luzes das cidades, vilarejos, centros industriais, fogos de queima de gases e de queimadas.

Nas imagens é possível ver a distribuição geográfica dos pontos luminosos noturnos pela superfície da Terra, sendo possível distinguir os contornos litorâneos dos continentes, dos oceanos, das posições de vários países, de muitas capitais, devido às intensidades luminosas que proporcionam o contraste entre o fundo escuro e as manchas e pontos claros.

A presença de luzes pode ser considerada como indicativos da ocupação humana, desta forma, podem ser utilizados para quantificar a população urbana (TOMÁS, 2010), por outro lado, as imagens noturnas representam uma alternativa para o monitoramento de uma região em que os dados censitários podem ser escassos e o trabalho de campo muito dispendioso (AMARAL et al., 2006).

As luzes registradas nas imagens do sensor DMSP/OLS, não são compreendidas pela maioria da população como desperdício de iluminação, nem que seja uma nova forma de poluição que pode afetar negativamente a vida dos seres humanos, mas como algo inevitável ao crescimento e desenvolvimento das cidades.

Essa forma de poluição, denominada, como luminosa é um problema ambiental pouco conhecido e debatido que de acordo com o CONAMA/Chile (1999) compreende a toda luz artificial que não é aproveitada para iluminar os solos e as construções, mas que é vista no céu noturno das áreas urbanas, devido ao excesso de iluminação.

Em estudos baseados nas imagens do sistema sensor DMSP/OLS realizados por Cinzano et al. (2000), estimam que cerca de 1/10 da população mundial, 1/6 da população da União Européia e 40% da população estadunidense não conseguem mais olhar para o céu noturno com o olho acomodado a uma visão escotópica (proporcionada em condições de baixa luminosidade) devido às luzes artificiais urbanas serem superiores a 10% da luminosidade natural do céu. Este trabalho teve como objetivo mostrar que é possível acompanhar a evolução da poluição luminosa no bioma Cerrado utilizando imagens do sensor DMSP/OLS, entre 1992 e 2009.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

Esta pesquisa envolve todo o limite do bioma Cerrado, abrangendo os estados da Bahia, Goiás (incluindo o Distrito Federal), Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins. Os pontos e as manchas luminosas no mapa produzido revelam as localizações e extensões da ocupação humana no bioma (Figura 1).

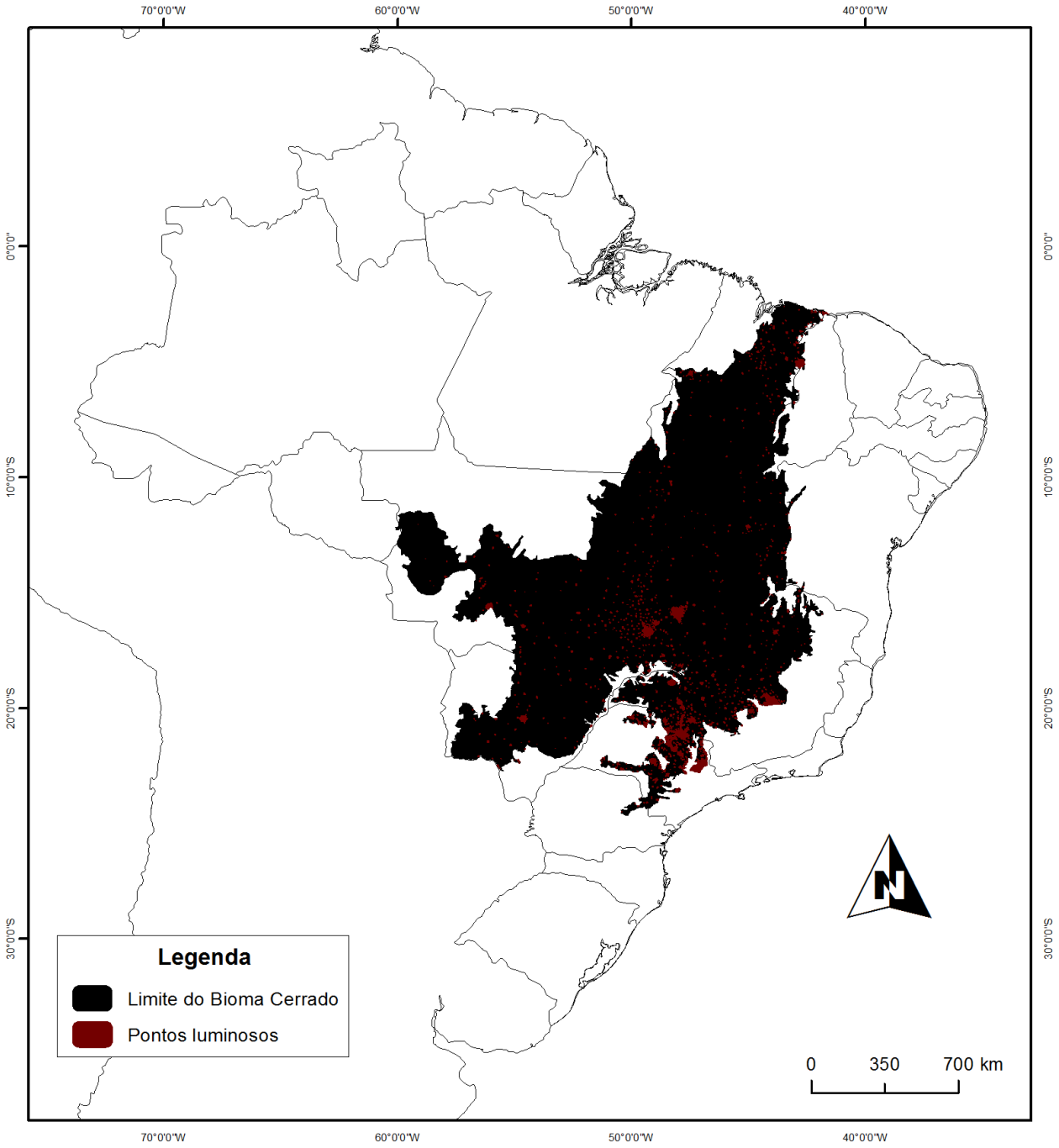


Figura 1. Localização do bioma Cerrado em relação aos estados do Brasil, sobrepostos com um exemplo de pontos luminosos do ano de 1992.

2.2 Bases de dados

Em 1972 foram obtidas as primeiras imagens noturnas da Terra pelo sensor DMSP/OLS, porém só foram disponibilizadas em formato digital as imagens a partir de 1992.

Os satélites do programa DMSP estão em órbita heliossíncrona, quase-polar a uma altitude de aproximadamente 830 km da superfície da Terra. O sensor OLS (*Operational Linescan System*) é capaz de imagear faixas de 3.000 km de largura, com resolução espacial entre 550 m e 2,7 km, operando nas regiões do espectro de luz visível (400 - 1.100 nm) e do infravermelho termal (TIR) (10.000 - 13.400 nm).

As características principais deste sensor é a geração de imagens de objetos com as seguintes propriedades: refletem pouca quantidade de luz natural e/ou geram luz (artificial e/ou natural) e calor.

Durante as noites, este sensor utiliza um instrumento chamado *Photo Multiplier Tube* (PMT), que intensifica o sinal da banda visível (470 - 950nm), favorecendo a detecção das "fracas" fontes emissoras de infravermelho próximo, por apresentar maior sensibilidade entre 500 – 650nm do espectro na faixa de emissões primárias, utilizado pela maioria das lâmpadas de iluminação externa: vapor de mercúrio (545nm e 575nm), sódio de alta pressão (entre 540nm até 630nm) e baixa pressão de sódio (589nm) (CINZANO et al., 2000).

As imagens anuais DMSP-OLS (satélite F10, F12, F14, F15, F16 e F18) para os anos de 1992 a 2010, podem ser obtidas para todo o globo em http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/dmsp.htm.

2.3 Procedimentos de análise

Cada imagem DMSP é formada, por 3 bandas espectrais: uma imagem sem cobertura de nuvens (*cloud free coverages band*), outra do visível (*average visible*) e a terceira chamadas de Luz estabilizada (*stable lights*). Neste trabalho foi utilizada apenas a banda *stable light*, por esta conter os pontos luminosos das cidades, vilas ou outros locais com a iluminação persistente.

As imagens são filtradas das interferências atmosféricas e de outras fontes de luzes que não-urbanas, e são tratadas pelos técnicos da Divisão Física Terrestre e Solar do Centro Nacional de Dados Geofísicos do Grupo de Observação da Terra, garantindo assim, que retratem apenas as fontes artificiais de luzes, sem que haja focos de queimadas e de luzes de embarcações marítimas.

Os valores válidos possuem níveis de cinza na escala de 1 a 63, cujas unidades estão marcadas em W/m^2 (watts por metro quadrado), que demonstram, portanto, o fluxo de energia luminosa direcionada para o céu e que foi registrada pelo satélite.

Para a organização das legendas nos mapas, os valores do fluxo de energia luminosa foram agrupadas em 5 classes. Estes intervalos são proporcionais à intensidade do brilho da luz artificial detectada pelo sensor.

Nos centros urbanos o agrupamento de luzes formam uma extensa mancha luminosa composta por 4 intervalos. Nessas regiões a visibilidade do céu noturno a cada ano está ficando comprometida pela poluição luminosa. Assim, o intervalo de 48-63 corresponde nos mapas (Figuras 3 e 4) às áreas urbanas que apresentaram maior concentração de luzes, enquanto no intervalo de 1-7 indicam a ocupação humana, o intervalo 0 representa as áreas no bioma em que não foram detectadas uma iluminação persistente.

Para fins deste estudo efetuou-se a manipulação das imagens captadas pelos satélites DMSP F10 (ano de 1992), F14 (1997), F15 (2002) e F16 (2009) para todo o globo terrestre, procedendo ao recorte para a área do Cerrado em seguida, utilizando para tanto a delimitação da área e a aplicação de uma máscara do "Cerrado" para todas as cenas analisadas. Os dados obtidos das imagens de cada ano foram vetorizados possibilitando sua análise em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG.

3. Resultados e Discussão

Em estudo preliminar avaliou-se a taxa de urbanização por meio de imagens do sensor DMSP/OLS para o bioma Cerrado, ficou constatado através da concentração de luzes por km^2, que São Paulo, Minas Gerais e Goiás representam os estados mais urbanizados, seguidos de Mato Grosso, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia e Piauí. Enquanto, o

estado do Paraná apresentou baixo índice de iluminação, o Distrito Federal teve aumento significativo da mancha luminosa nos anos que foram analisados (AZEVEDO et al., 2011).

Essas informações são corroboradas pelos dados censitários do IBGE como demonstra a Figura 2, que entre 2000 e 2010, a população residente no bioma passou de 37.294.511 habitantes para 42.758.697, um aumento considerável de 14,65%.

Ainda na porção consolidada pela expansão da fronteira agropecuária no Cerrado, os graus de urbanização por serem elevados apresentam ao mesmo tempo um importante crescimento da população urbana. Como ao sul de Goiás, Mato Grosso, oeste de Mato Grosso do Sul que apresentam taxas de urbanização próximas às encontradas no estado de São Paulo (GIRARDI, 2008).

De acordo com Rocha et al. (2011) no mapeamento realizado pelo PROBIO, baseado nas imagens Landsat ETM+ de 2002 ficou comprovado que alguns estados o Cerrado se encontra bem conservado, enquanto em outros a situação é crítica. Como no caso dos estados do Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins, em que a proporção de Cerrado remanescente é superior a 80%, ao passo que no Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná, a quantidade de vegetação nativa não chega a 50%. Enquanto na porção de Cerrado do estado de São Paulo, restam apenas 0,013% de vegetação nativa remanescente.

Logo, essas imagens possibilitam fazer associações com estudos que estimam a ação depredatória do Cerrado. Nos mapas das Figuras 3 e 4, os estados mais urbanizados, com maior concentração de pontos luminosos são os que apresentaram maior degradação do meio ambiente.

Entretanto, o emprego das imagens do sensor DMSP/OLS não se limita apenas aos estudos de expansão urbana, mas é um aliado que possibilita fazer o acompanhamento da evolução da poluição luminosa no mundo, sendo até o momento o único satélite com imagens noturnas do globo terrestre disponíveis gratuitamente.

Os mapas das Figuras 3 e 4 expõem a evolução da problemática da poluição luminosa no bioma Cerrado. Entre 1992 e 1997 (Figura 3), verifica-se o aumento de pontos luminosos, sobretudo nos interiores do Tocantins, Minas Gerais, Maranhão, São Paulo, Goiás e Mato Grosso e no Distrito Federal. Nos demais estados as concentrações de luzes se mantiveram estáveis.

Analisando as imagens de 1997 (Figura 3) e 2002 (Figura 4), constata-se certa uniformidade na distribuição dos pontos luminosos no bioma, mas com destaque para o aumento dos pontos luminosos em Minas Gerais, São Paulo, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso.

Dentre 2002 e 2009 (Figura 4) embora as concentrações de luzes se mantivessem estáveis, é possível destacar relativo aumento dos pontos luminosos em Minas Gerais e Bahia.

Comparando os mapas de 1992 (Figura 3) e 2009 (Figura 4), o estado de Minas Gerais foi o "campeão" com o aumento de números de pontos luminosos, seguido do Tocantins, Maranhão, Mato Grosso, São Paulo e Goiás.

Nos mapas (Figura 3 e 4), os diversos pontos correspondentes às luzes artificiais registradas pelo satélite, muitos estão reunidos formando as manchas luminosas que se localizam, sobretudo nas regiões metropolitanas da metrópole nacional – Brasília e das metrópoles regionais como Goiânia e Belo Horizonte.

Embora, exista uma maior concentração de luzes nas regiões metropolitanas, elas podem ocorrer como se percebe nos mapas analisados, ao redor das capitais regionais que exercem influências no desenvolvimento do estado e interferem nos estados próximos, podendo ser de nível A – Teresina, Campo Grande, Cuiabá; de nível B – Uberlândia, Palmas, Ribeirão Preto e Campinas, e ainda de nível C – Araguaína, Barreiras, Bauru, Uberaba e Araraquara.

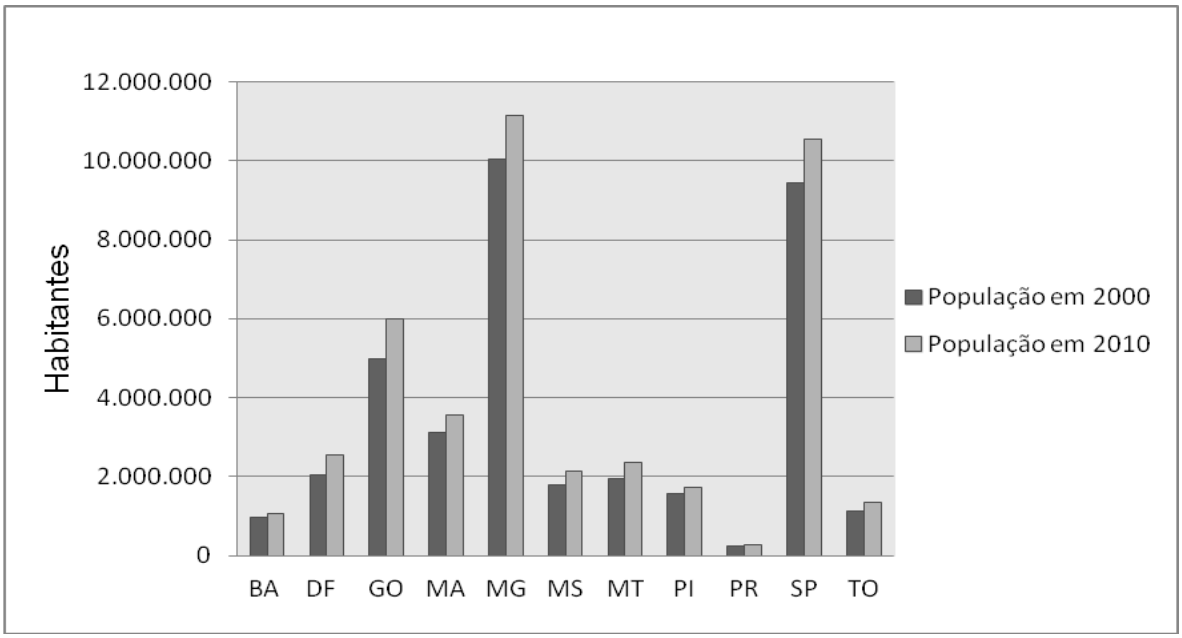


Figura 2. Aumento da população residente no bioma Cerrado entre os anos de 2000 e 2010.

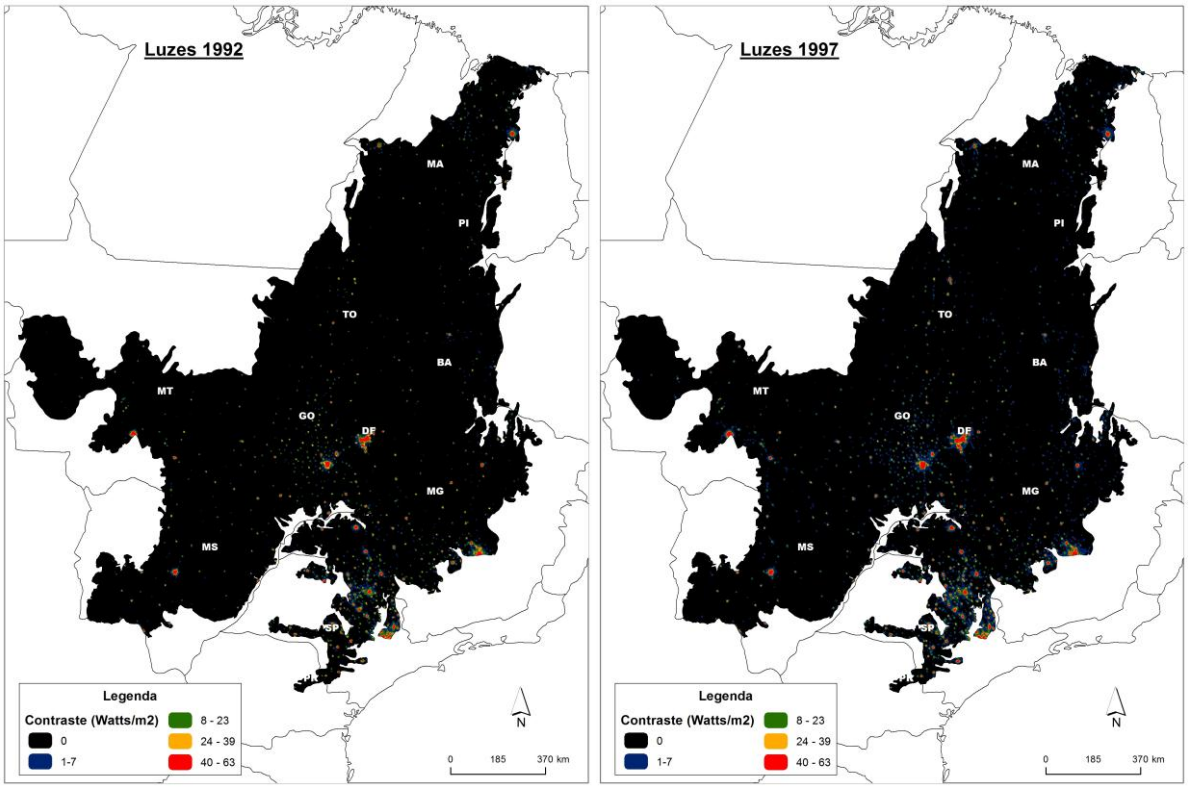


Figura 3. Expansão das manchas luminosas nas áreas urbanas nos estados do Cerrado, correspondente aos anos de 1992 e 1997.

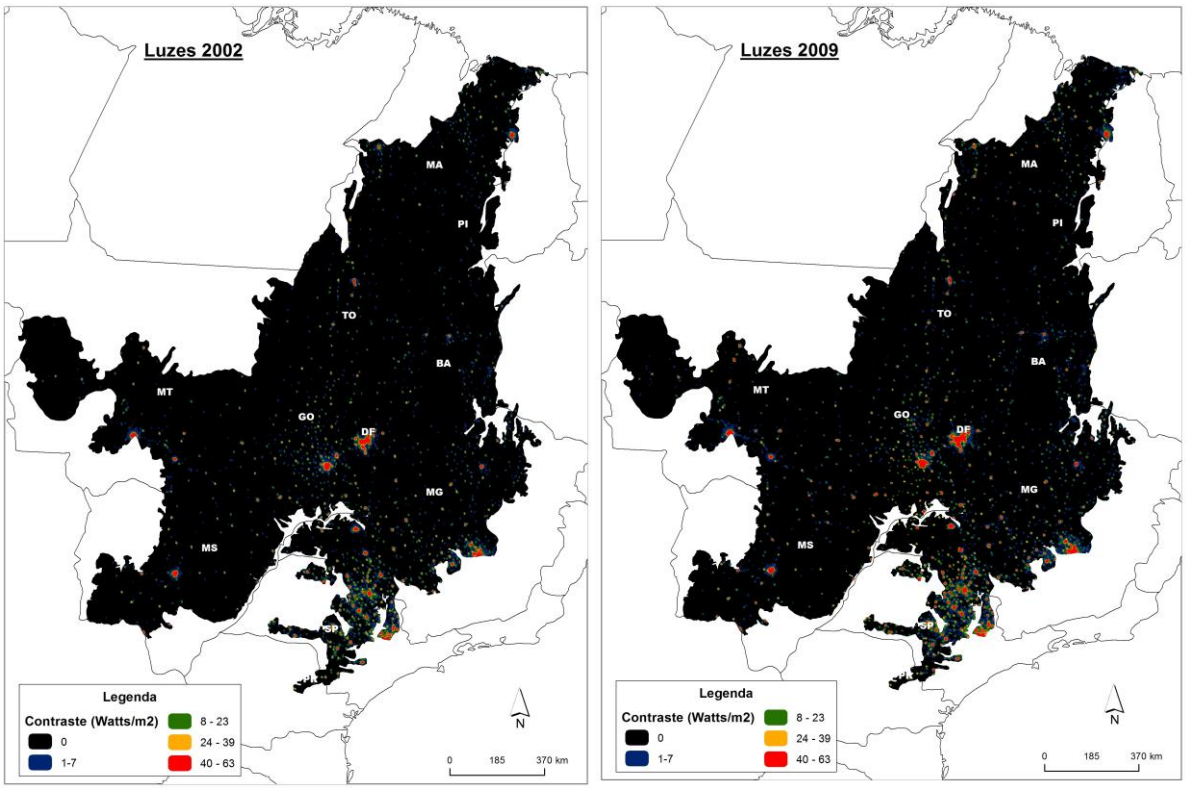


Figura 4. Expansão das manchas luminosas nas áreas urbanas nos estados do Cerrado, correspondente aos anos de 2002 e 2009.

Desse modo, as áreas mais degradadas pela ação antrópica correspondem aos estados mais urbanizados no bioma de acordo com o mapeamento do PROBIO e os dados censitários do IBGE. Consequentemente representam as regiões onde existe maior concentração de luzes com a formação de manchas luminosas. Com a concentração regional da população brasileira acarretada pelo processo de metropolização da população, com a concentração nas metrópoles nacionais e regionais e centros urbanos regionais (GIRARDI, 2008, p. 161), os habitantes nessas áreas a cada ano encontram dificuldades para observarem o céu noturno por estarem poluídos pela luz artificial que deveria iluminar apenas o chão das cidades, caminham assim, para a formação de uma extensa neblina luminosa sobre o bioma Cerrado.

4. Conclusões

A análise dos dados das imagens anuais do sensor DMSP-OLS, no período de 1992 a 2009 conforme era esperado, apresentaram acréscimo de manchas de luz em áreas do Cerrado que condizem com áreas de maior crescimento demográfico e expansão urbana, tais como maiores cidades, capitais e entorno. Áreas com maiores taxas de conversão do Cerrado mapeadas pelo PROBIO apresentaram maiores manchas de luz, enquanto áreas mapeadas com maior preservação apresentaram menor incidência de luz captada pelo sensor, o que também era esperado. Os resultados obtidos validam o mapeamento do PROBIO e os dados censitários do IBGE.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento/ Universidade Federal de Goiás (UFG/LAPIG) pela colaboração na obtenção e processamento dos dados.

Referências Bibliográficas

AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; QUINTANILHA, J. A. **DMSP/OLS nigth-time ligths imagery and urban population estimates in the Brazilian Amazon**. International Journal of Remote Sensing, v. 27, n. 5, p.855-870, 2006.

AZEVEDO, M. C. X.; FERREIRA, M. E.; ROCHA, G. F.; FERREIRA JUNIOR, L. G.; SOBREIRA, P. H. A. Avaliação da taxa de urbanização do Bioma Cerrado através dos produtos DMSP-OLS: uma análise preliminar para os anos de1992 a 2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6757-6762. DVD. ISBN 978-85-17-00057-7 (DVD).

CINZANO, P.; FALCHIL, P. F.; ELVIDGE, C. D. **The first World Atlas of the artificial night sky brightness.** Disponível em: <www.lightpollution.it/cinzano/download/0108052.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2010.

CONAMA-Chile. Comision Nacional Del Medio Ambiente. **Manual de aplicacion. Norma de emision para la regulacion de la contaminacion luminica**. La Serena, Chile, 1999. Disponível em: < http://www.sinia.cl/1292/articles-26275_documento_pdf.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2011.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E.; ROCHA, G. F.; NEMAYER, M., FERREIRA, N. C. **Dinâmica agrícola e desmatamentos em áreas de Cerrado: uma análise a partir de dados censitários e imagens de resolução moderada**. Revista Brasileira de Cartografia, nº 61/2, 2009.

FERREIRA, M. E.;SILVA, J. R.; ROCHA, G. F.; ANTONIAZZI, L.; NASSAR, A.; ROCHA, J. C. S. Caracterização das áreas desmatadas no bioma Cerrado via sensoriamento remoto: uma análise sobre a expansão de culturas agrícolas e pastagens cultivadas. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba – PR, **Anais**, 2011.

GIRARDI, E. P. **Proposição teórico-metodológica de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira**. 2008. 347 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente: 2008.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: http: //mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm. Acesso em: 15 out. 2009.

KLINK, C. A.; SANTOS, H. G. dos; CAMPARI JUNIOR, J. S.; MATSUMOTO, M. H.; FREITAS, G. K. de; BAUMGARTEN, L. **Conservação dos recursos naturais em terras privadas: o papel das reservas legais no arranjo funcional das paisagens produtivas do bioma Cerrado**.Cerrado: ecologia e flora. Editores técnicos: Sueli Matiko Sano, Semíramis Pedrosa de Almeida, José Felipe Ribeiro. Embrapa Cerrado. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, v. 1, 2008.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.;FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E.. **Detecção de desmatamentos no Bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos**. Revista Brasileira de Cartografia, nº 63/03, 2011. Disponível em: < http://www.rbc.ufrj.br/_pdf_63_2011/63_03_3.pdf>. Acesso em: 10 out 2011.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA, L.G. **Mapeamento semidetalhado (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

TOMÁS, L. R**. Inferência populacional urbana baseada no volume de edificações residenciais usando imagens IKONOS-II e dados LIDAR. 2010**. 108 p. (INPE-16712-TDI/1651). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010.