



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-9917-RPQ/748

**GERAÇÃO DE MOSAICO DE IMAGEM DE LUZES ESTÁVEIS
PARA 2002 A PARTIR DE IMAGENS NOTURNAS DO SISTEMA
DMSP/OLS**

Silvana Amaral
Sidnei João Siqueira Sant'Ana

Relatório Técnico de Atividade de Pesquisa

INPE
São José dos Campos
2003

GERAÇÃO DE MOSAICO DE IMAGEM DE LUZES ESTÁVEIS PARA 2002 A PARTIR DE IMAGENS NOTURNAS DO SISTEMA DMSP/OLS

RESUMO

Imagens do sistema sensor DMSP/OLS (*Defense Meteorological Satellite Program's Operational Linescan System*), originalmente planejado para observação noturna da cobertura de nuvens e previsão meteorológica, têm sido utilizadas para detectar e quantificar atividade humana através da ocorrência de luzes noturnas. A necessidade de uma imagem recente para estudos relacionados à ocupação humana e futura detecção de focos de queimada motivou a elaboração de uma imagem mosaico para 2002. Este trabalho tem como objetivo descrever os procedimentos desenvolvidos para gerar uma imagem de luzes estáveis, a partir de imagens noturnas do sistema DMSP/OLS do período de janeiro a junho de 2002. Inicialmente o procedimento sugerido pela literatura de ponderar a ocorrência de *pixels* com luz pelo número de passagens livre de nuvens foi implementado. Adicionalmente, algumas possibilidades para detectar as luzes estáveis como restrição de espaço amostral e consideração de distribuição binomial foram implementadas e testadas sobre o conjunto de imagens originais. As imagens resultantes foram avaliadas quanto à ausência de ruídos e à capacidade de detectar sedes de municípios. Um produto final resultante da aplicação das rotinas implementadas e eliminação de luzes efêmeras é apresentado.

PROCEDURES TO GENERATE A STABLE NIGHT-TIME LIGHTS MOSAIC-IMAGE FROM DMSP/OLS NOCTURNAL IMAGES OF 2002.

ABSTRACT

DMSP/OLS night-time satellite sensor imagery was originally designed for meteorological purposes. However, the high contrast between lighted and unlighted areas in the night-time imagery and the sensor's spatial resolution makes it a useful tool to identify regions of intense human activity. An actual DMSP time series mosaic image would provide data to detect and monitor forestry fires and to continue the studies about human activity. This paper describes the procedures developed to generate a stable night light image, from nocturnal DMSP/OLS individual images obtained from January to June, 2002. First, it was implemented the standard procedure, resulting an image whose values are percentages of night-time light occurrences free of cloud for each pixel. Then, some alternative procedures to detect stable night-light, like the sample restriction and the binomial distribution threshold, were suggested and tested over the original image data set. The resulting images were compared to each other considering the ability to detect urban settlements and the presence/absence of noise (anomalous and isolated lighted pixel). Finally, it is presented the algorithms implemented and the stable night-time light DMSP image generated for 2002.

SUMÁRIO

<u>Pág.</u>		
	<u>LISTA DE FIGURAS</u>	5
	<u>LISTA DE TABELAS</u>	6
<u>CAPÍTULO 1</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO 2</u>	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	3
<u>2.1</u>	<u>Dados</u>	3
<u>2.2</u>	<u>Metodologia</u>	4
<u>CAPÍTULO 3</u>	<u>RESULTADOS</u>	9
<u>3.1</u>	<u>Estudo da ocorrência de nuvens</u>	12
<u>3.2</u>	<u>Resultados da abordagem através de Probabilidade Binomial</u>	13
<u>3.3</u>	<u>Estudo das Transições</u>	14
<u>3.4</u>	<u>Identificação de queimadas</u>	16
<u>3.5</u>	<u>O produto de luzes estáveis</u>	18
<u>CAPÍTULO 4</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	19
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	20
	<u>APÊNDICE A</u>	
	<u>LUZFLAG</u>	22
	<u>DIVISAO</u>	23
	<u>LUZCLOUD</u>	24
	<u>BINOMIAL</u>	26
	<u>TRANSICAO</u>	28
	<u>TRANSICAO1</u>	29

LISTA DE FIGURAS

<u>3.1 – (a) Imagem Sem Nuvem - contagem de dias sem nuvem; (b) Imagem Luz - contagem de dias onde se detectou luz, de janeiro a junho de 2002.</u>	9
<u>3.2 – Imagens percentagem de luz e contagem de dias sem cobertura de nuvens das regiões de Belém – PA (a e b) e Sinop - MT (c e d).</u>	10
<u>3.3 – Imagem Percentagem de Luz, com limiares de (a) 0, (b) 10, (c) 20 e (d) 30% para a região de Belém - PA.</u>	11
<u>3.4 – Imagem Percentagem de Luz com espaço amostral de (a) 5 e (b) 10.</u>	11
<u>3.5 - Imagens diferença entre as imagens com e sem processamento do algoritmo luzcloud para (a) Belém - PA, (b) Sinop - MT e (c) São Paulo - SP.</u>	12
<u>3.6 - Imagens de média(a) e desvio padrão(b) para (a) Belém – PA.</u>	13
<u>3.7 - Imagens com limiares de $k = 1$(a), $k = 3$ (b) $k = 3$ (c) e imagem percentagem de luz com limiar de 30% (d) para Belém – PA.</u>	14
<u>3.8 – Imagens resultantes das transições dos <i>pixels</i> (a) não luz/luz, e (b) luz/nuvem/outros.</u>	15
<u>3.9 – Imagens Transição para regiões de (a) Belém - PA e (b) Sinop - MT.</u>	15
<u>3.10 - Imagem Percentagem de Luz para a região de Sinop, com limiares e espaço amostral de (a) 10, 10 (b) 10, 30 (c) 30, 30.</u>	16
<u>3.11 – Focos de queimada acumulados para os meses de maio e junho de 2002, na região de Sinop - MT.</u>	17
<u>3.12 – Imagens Percentagem de Luz para Sinop: (a) limiar = 30, espaço = 0 e (b) após edição de queimadas.</u>	18

LISTA DE TABELAS

<u>2.1 - Níveis digitais (<i>flags</i>) das imagens DMSP/OLS.....</u>	3
<u>2.2 – Algoritmo luzcloud: critério de alteração dos valores de níveis digitais comparando-se a ocorrência de luz em três imagens consecutivas.....</u>	6
<u>2.3 – Algoritmo transicao: critério de atribuição de pesos para cada transição dos valores de níveis digitais (<i>flags</i>) de duas imagens consecutivas.....</u>	8
<u>2.4 – Algoritmo transicao1: critério de atribuição de pesos para cada transição dos valores de níveis digitais (<i>flags</i>) de duas imagens consecutivas.....</u>	8

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O sistema sensor DMSP/OLS (*Defense Meteorological Satellite Program's Operational Linescan System*) foi originalmente planejado pela Força Aérea Americana para observação noturna da cobertura de nuvens e previsão meteorológica. Porém, imagens noturnas do sistema DMSP/OLS possibilitam uma visão interessante da configuração de ocupação humana no espaço, através da associação com luzes. Historicamente, Croft (1978), seguido por Kramer (1994) foram os primeiros a explorar o uso de imagens DMSP para fins de mapeamento de áreas urbanas. Welch (1980) e Welch e Zupko (1980) procuraram relacionar imagens DMSP das cidades com densidade populacional e consumo de energia em áreas urbanas. Porém, o uso de imagem de luzes noturnas como fonte de dados confiável tornou-se possível com a evolução da tecnologia de geração de imagens-mosaico digitais. O método para mapear luzes das cidades utilizando dados digitais é baseado na detecção de fontes emissoras de radiação da porção visível do infravermelho próximo através de dados DMSP/OLS noturnos georreferenciados e na análise de uma série temporal para identificar as luzes estáveis das cidades, vilas e pólos industriais (Elvidge et al., 1997a).

Diversos trabalhos exploraram os mosaicos de imagens de luzes noturnas para detectar e quantificar atividade humana em escala continental (Imhoff et al., 1997; Elvidge et al., 1997b; Sutton et al., 1997). Mais recentemente, dados DMSP/OLS também foram utilizados como variável indicativa da distribuição espacial da atividade humana para simular a evolução dos padrões espaciais de atividades sócio-econômicas na China (Plutzer et al., 2000).

Resultados promissores foram obtidos com uma imagem mosaico de luzes noturnas a partir de dados DMSP/OLS ao se investigar a presença e atividade humana na Amazônia Brasileira referente ao ano de 1999 (Amaral et al., 2003). Todos os focos de luzes foram associados à presença de atividades humanas, incluindo assentamentos urbanos, minerações, e outras atividades. Dos 749 municípios da região, 248 tiveram suas sedes detectadas. Adicionalmente foram observadas relações estatísticas lineares entre a extensão dos focos de luzes estáveis e a área dos limites urbanos, o total de população urbana e o consumo de energia elétrica. Um mosaico recente de luzes estáveis permitiria acompanhar a evolução temporal dos processos de ocupação da região Amazônica, especialmente se este mosaico

incluísse uma série temporal maior que a disponível anteriormente, onde apenas imagens obtidas para o mês de setembro foram utilizadas.

Outra aplicação para as imagens de luzes noturnas DMSP/OLS é a detecção de focos de queimada (Elvidge et al., 2001). Para esta aplicação, o mosaico de luzes estáveis é utilizado para se retirar de uma seqüência de imagens os focos que não podem ser atribuídos às queimadas, realçando assim, as luzes efêmeras, de interesse para o monitoramento de queimadas em áreas florestais.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) operacionalizou um sistema, baseado nas técnicas de geoprocessamento e previsão meteorológica, para monitoramento e avaliação de risco da ocorrência de incêndios florestais – o PROARCO (Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal) (Ibama, 2002). Neste sistema, o uso das imagens DMSP/OLS como fonte adicional aos dados dos satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*) e MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) depende da existência de uma imagem de luzes estáveis precisa para a correta detecção dos focos de queimada.

Assim sendo, a geração de uma imagem DMSP/OLS recente, resultante do mosaico de luzes noturnas, viria de encontro aos interesses do IBAMA, para auxiliar no programa de detecção de queimadas, e do INPE, para dar continuidade aos estudos dos assentamentos humanos na Amazônia.

Este trabalho tem por objetivo descrever os procedimentos desenvolvidos para elaboração de uma imagem de luzes estáveis, a partir de imagens noturnas do sistema DMSP/OLS do período de janeiro a junho de 2002.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Dados

Para gerar o mosaico de luzes estáveis foi utilizado um conjunto de 61 imagens DMSP/OLS, referentes a dias de lua nova dos meses de janeiro a junho de 2002. As imagens do satélite DMSP/F15 foram recebidas pela *Air Force Weather Agency* (AFWA) e registradas em arquivos pelo *National Geophysical Data Center's Solar Terrestrial Physics Division* (NGDC/STP). Esta base de dados foi disponibilizada ao IBAMA que realizou a primeira fase do processamento.

Na primeira fase, as rotinas de geo-localização e detecção de luzes, desenvolvidas pelo NGDC para geração de produtos de fogo (Elvidge et al., 2000), foram aplicadas sobre as bandas visível (VNIR - *Visible Near Infrared*) e termal (TIR - *Thermal Infrared*) do conjunto de imagens. Neste procedimento, as fontes emissoras e as nuvens foram identificadas e então, os *pixels* contendo fontes emissoras de VNIR foram geo-localizados e identificados na grade de referência. Uma grade/imagem foi gerada para cada órbita. Estas imagens contendo informação quanto à presença de luz, nuvem e *glare* (brilho), para cada órbita (denominadas imagens *flag*), foram então fornecidas para este trabalho. Os valores digitais (ND) utilizados para quantificar a informação presente nos *pixels* (células) de cada imagem *flag* são apresentados na TABELA 2.1. O acesso às imagens e a execução desta primeira fase foi responsabilidade do IBAMA, que forneceu ao INPE as imagens com os *pixels* de luz e nuvem detectados e com o georreferenciamento adequado.

TABELA 2.1 - Níveis digitais (*flags*) das imagens DMSP/OLS.

Flag (N.D.)	Evento
0	Sem Nuvem e Sem Luz
1	Nuvem
2	Luz
3	Nuvem e Luz
4	<i>Glare</i>
5	Nuvem

Dados auxiliares foram utilizados para avaliar as imagens resultantes do mosaico temporal. Considerando-se que luzes estáveis estão associadas às manchas urbanas, pontos com as coordenadas geográficas das sedes de municípios (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), foram sobrepostos às imagens como dados de referência. Imagens de sensoriamento remoto, disponíveis na base de dados do Mosaico do Brasil, proporcionaram informação da cobertura do solo para regiões de dúvida.

2.2 Metodologia

No procedimento padrão, a contagem da ocorrência de luz livre de nuvem em cada célula da série temporal de imagens *flag* é realizada após a detecção dos *pixels* de luz e nuvem, e o georreferenciamento (Elvidge et al., 1997a). Este valor é dividido pelo número total de observações livres de nuvens e multiplicado por 100. Obtém-se, assim a percentagem de detecção de emissão de VNIR que foi detectada em cada célula da grade baseando-se somente nas observações OLS livres de nuvem. Este procedimento padrão foi implementado em duas etapas através das rotinas¹ denominadas **luzflag** e **divisão**. A rotina **luzflag**, contabilizando os *flags* de cada imagem da série temporal, é usada para gerar duas imagens, aqui denominadas de “Imagem Sem Luz” e “Imagem Luz”. O valor de cada *pixel* na primeira imagem corresponde ao total de dias sem ocorrência de nuvens na série temporal (i.e., contagem dos *flags* 0 e 2), enquanto na segunda imagem corresponde ao total de dias em que se registrou luz (contagem do *flag* 2).

A rotina **divisao**, seguindo o procedimento padrão, gera uma imagem percentagem de luzes estáveis, denominada “Percentagem de Luzes”, através da operação de divisão *pixel a pixel* da Imagem Luz pela Imagem Sem Nuvem e posterior multiplicação por 100. Matematicamente tem-se:

$$IPL(i, j) = \left(\frac{IL(i, j)}{ISN(i, j)} \right) * 100 \quad (1)$$

¹ Todas as rotinas descritas foram desenvolvidas em IDL (versão 5.5 Win32) e encontram-se disponíveis no Apêndice A.

onde $IPL(i,j)$, $IL(i,j)$ e $ISN(i,j)$ representam, respectivamente, o valor da percentagem de luz, o total de dias em que se registrou luz e o total de dias sem ocorrência de nuvens no *pixel* (i,j) .

Sabendo-se que a inclusão de valores muito baixo de percentagens de luz gera uma imagem muito ruidosa, ou seja, gera uma imagem com grande quantidade de *pixels* detectados como luz estável devido à confusão entre *pixels* de luz estável e não-estável. Portanto, além da implementação do algoritmo sugerido pela literatura, acrescentou-se a possibilidade de dois novos parâmetros serem definidos na geração da imagem percentagem de luz: o limiar e o espaço amostral. O **limiar** é o valor a partir do qual os níveis digitais da imagem de saída serão considerados como sendo *pixel* de luz estável. Pode-se ainda restringir o **espaço amostral** para geração da imagem, de modo que apenas os *pixels* que contenham um número mínimo de ocorrências de dias sem nuvem, definido pelo valor do espaço amostral, estejam presentes na imagem de percentagem. Por exemplo, especificando-se um limiar de 10 e um espaço amostral de 30, a imagem de saída conterá apenas os valores de percentagem maiores que 10 e somente para os *pixels* onde pelo menos 30 dias livres de nuvem foram registrados.

Adicionalmente, algumas rotinas foram implementadas buscando-se: (1) melhorar a detecção de luzes estáveis, ampliando-se o espaço amostral (**luzcloud**) antes da geração da imagem percentagem; (2) sugerir alternativas à imagem percentagem para identificar luzes estáveis através de técnicas estatísticas (**binomial**), ou a partir da análise das transições do que foi observado para cada *pixel* na série temporal (**transicao**). Estas rotinas são detalhadas a seguir.

A rotina **luzcloud** teve por objetivo aumentar o espaço amostral, ou seja, o número de dias em que seriam registradas as ocorrências de luz. Para tanto, comparou-se as imagens de três dias consecutivos e alterou-se o *flag* da segunda imagem da seqüência caso este tivesse sido detectado como nuvem e os *flags* da primeira e da terceira imagens detectados como luz. Em nenhuma outra situação de detecção alterar-se-ia o *flag* da segunda imagem. O critério de alteração dos *flags* da segunda imagem, de uma série de três imagens de dias consecutivos é apresentado na TABELA 2.2.

TABELA 2.1 – Algoritmo **luzcloud**: critério de alteração dos valores de níveis digitais comparando-se a ocorrência de luz em três imagens consecutivas.

1° Imagem	2° Imagem	3° Imagem	2° Imagem
luz	nuvem	luz	luz
nuvem	nuvem	luz	nuvem
luz	nuvem	nuvem	nuvem

Como resultado, um novo conjunto de imagens (*flags*) é gerado para posterior geração de imagem percentagem de luz. Deve-se utilizar esta rotina antes da contagem de ocorrência de luz e nuvem para a geração da imagem percentagem.

A rotina **binomial** permitiu estudar algumas características estatísticas da imagem e propõe uma alternativa para definir luzes estáveis a partir da série temporal de imagens. Neste estudo o valor de nível digital de cada *pixel* é modelado através de uma distribuição Binomial, com parâmetros N e p. Esta distribuição pode ser definida por:

$$P(X) = \frac{N! p^x (1-p)^{N-x}}{x!(N-x)!} \quad (2)$$

tendo respectivamente como média e variância:

$$E(X) = Np \quad (3)$$

e

$$Var(X) = Np(1-p) \quad (4)$$

onde X a variável aleatória é o número de sucessos em N ensaios de Bernoulli independentes e todos com a mesma probabilidade de sucesso. Considerando, então, N como o número de imagens da série temporal (61 para este caso de estudo), p como a probabilidade de ocorrência de luz (dada pela razão entre a Imagem Luz e a Imagem Sem Nuvem) e X como sendo a contagem de luz, gerou-se mais três imagens numa tentativa de identificação dos *pixels* que pudessem ser considerados como ocorrência de luz estável. As imagens geradas foram a imagem da média, a imagem do desvio padrão (raiz quadrada da variância) e uma imagem que se leva em conta a seguinte relação linear entre a média e o desvio padrão da distribuição Binomial:

$$E(X) > k\sqrt{Var(X)} \quad (5)$$

onde k é uma constante. A geração desta última imagem é uma maneira alternativa de se limiarizar a imagem Percentagem de Luz, onde a limiarização é realizada através do modelo binomial.

Na tentativa de mapear os *pixels* representativos de luzes estáveis dada uma série temporal de imagens DMSP/OLS, realizou-se um estudo de identificação e quantificação de mudanças dos valores de *flags* (transição de estado) nas imagens desta série. No processo de quantificação de mudanças dos *flags* associou-se um peso (ponderação) para cada uma das possíveis transições, os quais foram adicionados de modo a gerar uma imagem de saída denominada Imagem Transição. Esta imagem final é indicadora das variações obtidas para todo o conjunto de imagens. Vale ressaltar que numa seqüência de M imagens são computadas $M-1$ transições. A idéia da ponderação é penalizar fortemente os *pixels* que se apresentaram intermitentemente com luz e ressaltar os *pixels* que foram luz e não tiveram muitas transições de estado.

Este estudo consistiu de duas abordagens distintas. Na primeira considerou-se apenas dois estados: um formado pelos *flags* luz (2), e nuvem e luz (3), e o outro formado pelo agrupamento dos *flags* restantes. Na segunda abordagem levou-se em consideração três estados: o formado pelo *flag* luz(2), o composto pelos *flags* nuvem (1 e 5) e nuvem e luz (3) e pelo agrupamento dos *flags* restantes. Para a geração das duas Imagens Transição foram implementadas as rotinas **transicao** (primeira abordagem) e **transicao1** (segunda abordagem). Na rotina **transição** as imagens são inicialmente binarizadas, atribuindo-se o valor 0 para os *flags* sem nuvem sem luz (*flag* 0), nuvem (*flags* 1 e 5), *glare* (*flag* 4) e *bad value* (*flag* 255), e atribuindo-se o valor 1 para os *flags* luz (*flag* 2) e nuvem e luz (*flag* 3). Os valores de ponderação adotados nesta rotina para cada uma das transições são apresentados na TABELA 2.3.

Na rotina **transicao1** os valores atribuídos a cada um dos três grupos de *flags* são:

- 0 para os *flags*: sem luz (0), *glare* (4), *bad value* (255);
- 1 para o *flags*: luz (2);
- 2 para os *flags*: nuvem (1 e 5) e nuvem e luz (3).

TABELA 2.2 – Algoritmo **transicao**: critério de atribuição de pesos para cada transição dos valores de níveis digitais (*flags*) de duas imagens consecutivas.

Transição		Peso
1º Imagem	2º Imagem	
0	1	2
1	0	-2
0	0	-1
1	1	1

Para a rotina **transicao1** ainda foram consideradas duas ponderações diferentes para cada uma das transições, uma mais conservadora (Int_L) e outra que realçasse as diferenças entre as transições (Int_H). Na TABELA 2.4 são mostradas estas ponderações para cada uma das possíveis transições.

TABELA 2.3 – Algoritmo **transicao1**: critério de atribuição de pesos para cada transição dos valores de níveis digitais (*flags*) de duas imagens consecutivas.

Transição		Peso	
1º Imagem	2º Imagem	Int_L	Int_H
0	0	-1	-2
0	1	4	20
0	2	-1	-2
1	0	-4	-4
1	1	6	18
1	2	-4	-4
2	0	0	0
2	1	4	20
2	2	-2	-3

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

Como resultado da rotina **luzflag**, duas imagens foram geradas, uma imagem que descreve a cobertura de nuvem, e uma imagem com o total de *pixels* identificados como luzes (FIGURA 3.1) para o período considerado.

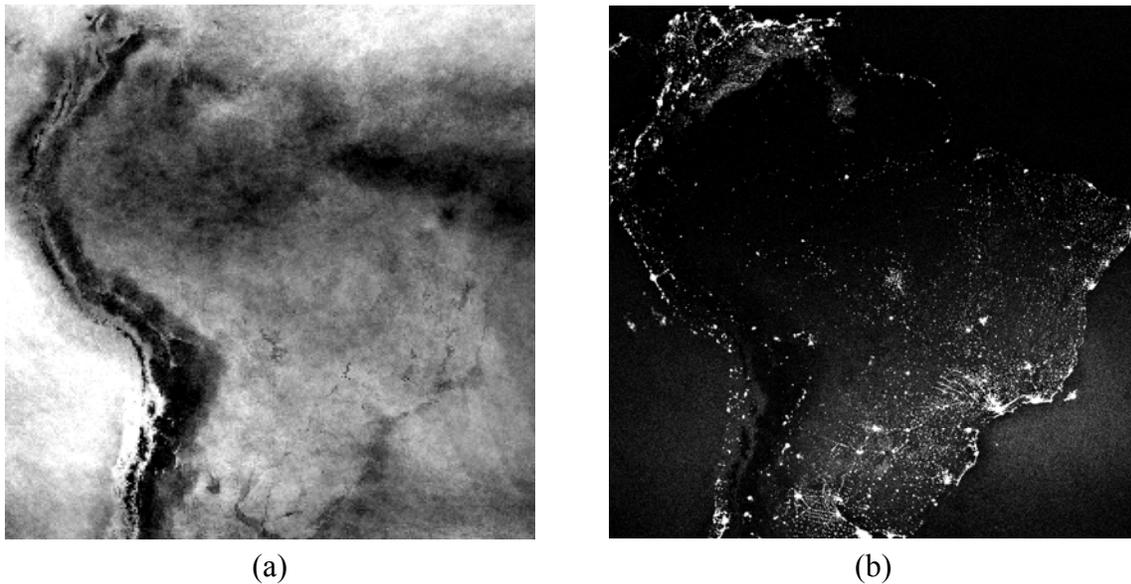


FIGURA 3.1 – (a) Imagem Sem Nuvem - contagem de dias sem nuvem; (b) Imagem Luz - contagem de dias onde se detectou luz, de janeiro a junho de 2002.

Considerando o período de análise, obteve-se para o Brasil uma cobertura de nuvens mais intensa na região norte que a região sudeste-sul. Mesmo com esta limitação, os principais eixos das cidades e metrópoles foram genericamente delineados na imagem de luz.

Dado o interesse na região norte, para a análise dos resultados serão apresentados detalhes, a título de ilustração de duas regiões: a região metropolitana da cidade de Belém (PA), pela freqüente cobertura de nuvens e ocorrência de vários focos de luzes (FIGURA 3.2a e b), e os arredores da cidade de Sinop (MT), por ser uma região de ocorrência freqüente de queimadas e de fronteira agrícola (FIGURA 3.2c e d).

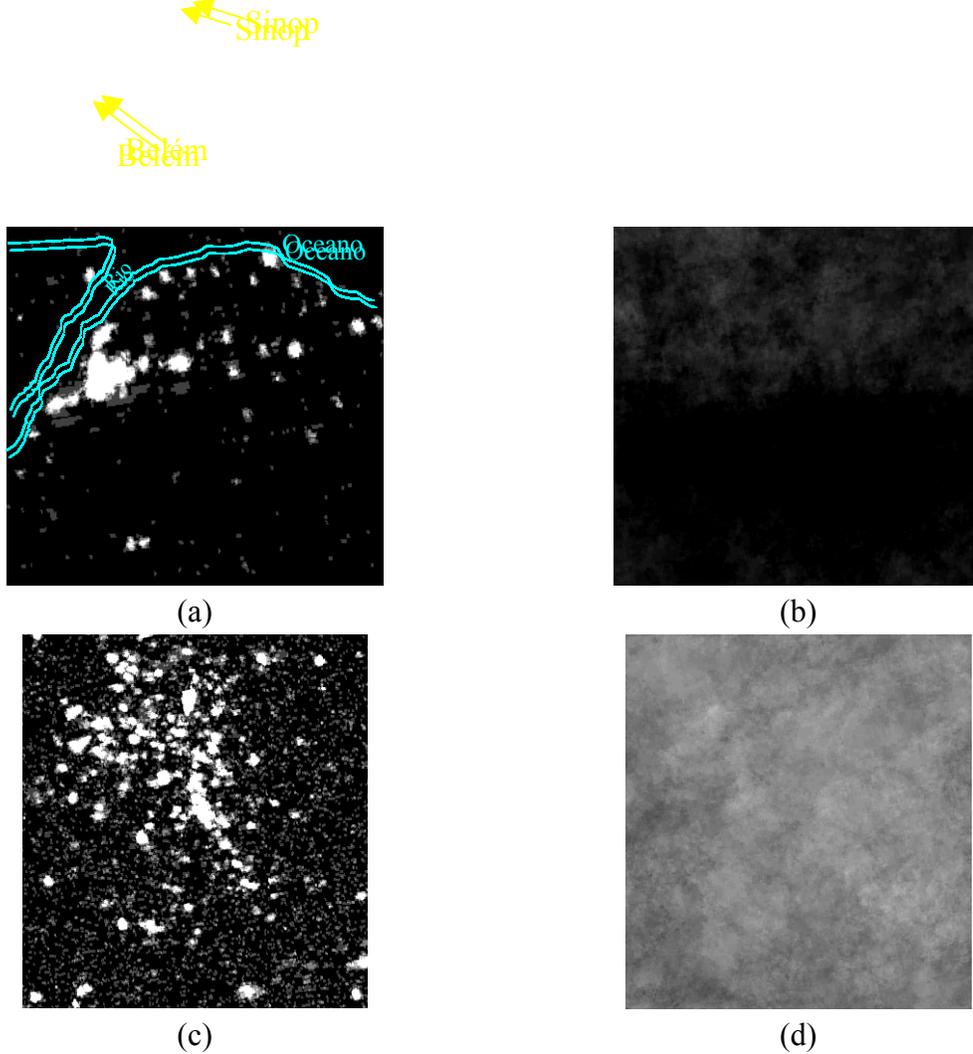


FIGURA 3.2 – Imagens percentagem de luz e contagem de dias sem cobertura de nuvens das regiões de Belém – PA (a e b) e Sinop - MT (c e d).

Diferentes valores de limiar e espaço amostral foram testados na geração de imagem percentagem de luz. Incluindo-se todos os *pixels* que apresentaram alguma percentagem de ocorrência de luz obteve-se uma imagem muito ruidosa, incluindo muitos focos associados a efeitos de brilho de superfícies, inclusive de corpos d'água próximos a região de Belém (FIGURA 3.3a). Restringindo-se o limiar para apresentação dos valores a partir de 10% (FIGURA 3.3b), como apresentado por Elvidge et al. (1997a), elimina-se a maioria dos ruídos, porém, ainda ocorrem valores de luzes sobre o oceano, o que é eliminado ao se considerar o limiar de 30%. Apesar de alguns centros urbanos também serem eliminados com limiar de 30% (FIGURA 3.3d), este valor foi escolhido uma vez que todos os ruídos, ainda presentes no limiar 20% (FIGURA 3.3c) são eliminados e pela referência de trabalho anterior, no qual este valor também apresentou resultados satisfatórios (Amaral et al., 2003).

Belém

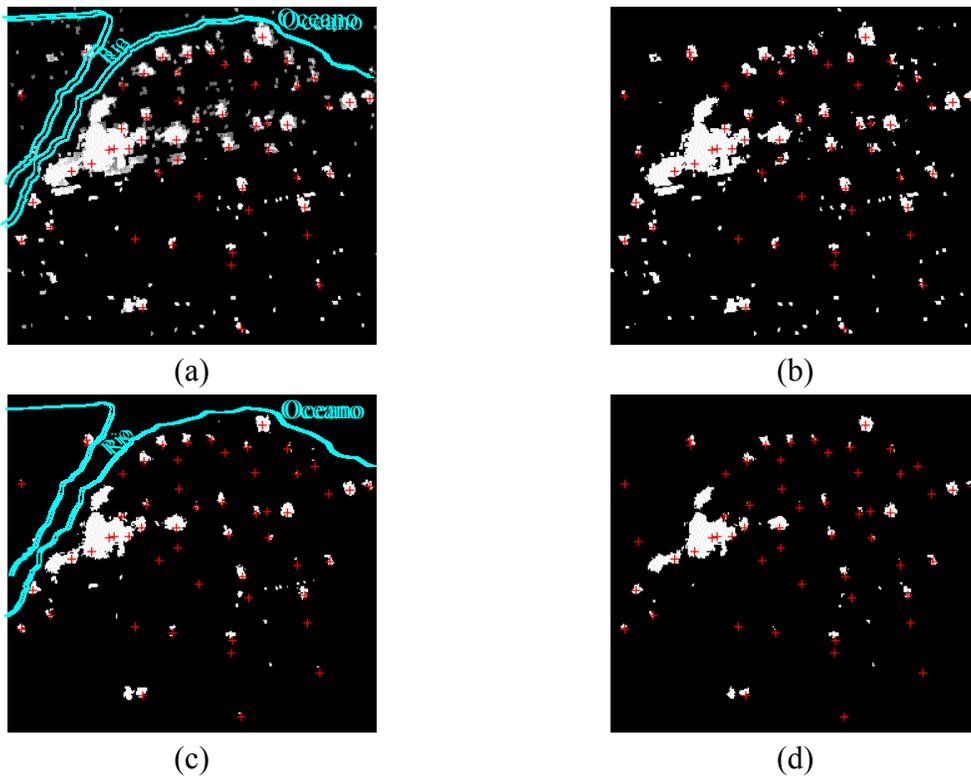


FIGURA 3.3 – Imagem Percentagem de Luz, com limiares de (a) 0, (b) 10, (c) 20 e (d) 30% para a região de Belém - PA.

Reduzindo-se o espaço amostral para pelo menos 5 e 10 dias em que o *pixel* esteve livre de nuvens e considerando-se o limiar de 30%, observa-se uma redução do número de *pixels* detectados como luz estável. Esta redução é notada principalmente em regiões com intensa cobertura de nuvens, como é o caso da cidade de Belém. Portanto, com a restrição do espaço amostral tende-se a diminuir as áreas de luz estável, bem como eliminar *pixels* isolados detectados como luz ao se considerar todo o conjunto amostral. Este fato é ilustrado quando se comparam as FIGURAS 3.3d e 3.4.

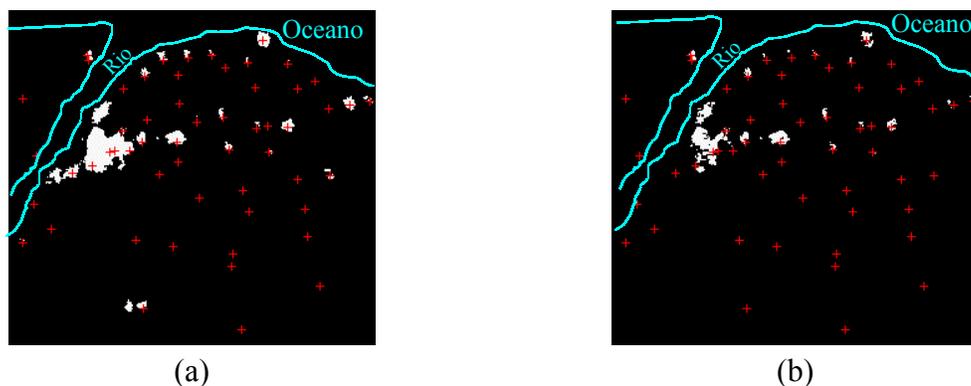


FIGURA 3.4 – Imagem Percentagem de Luz com espaço amostral de (a) 5 e (b) 10.

Desta forma, a restrição do espaço amostral não pôde ser aplicada neste trabalho, uma vez que na região amazônica a situação de cobertura de nuvens é freqüente. Esta rotina poderá ser útil para séries temporais maiores e/ou regiões com menor cobertura de nuvens.

3.1 Estudo da ocorrência de nuvens

Com objetivo de reduzir o efeito da cobertura de nuvens, ampliando o número de possíveis ocorrências de luzes, a rotina **luzcloud** foi testada sobre o conjunto de imagens. Esperava-se aumentar o poder de detecção de pequenos centros, em regiões de nuvens freqüentes. Comparando-se visualmente os produtos gerados com e sem a aplicação do algoritmo **luzcloud**, não foram observadas muitas diferenças entre as imagens. Através da subtração das imagens (FIGURA 3.5), identifica-se que o ganho de informação concentrou-se nas regiões das bordas dos focos de luz.

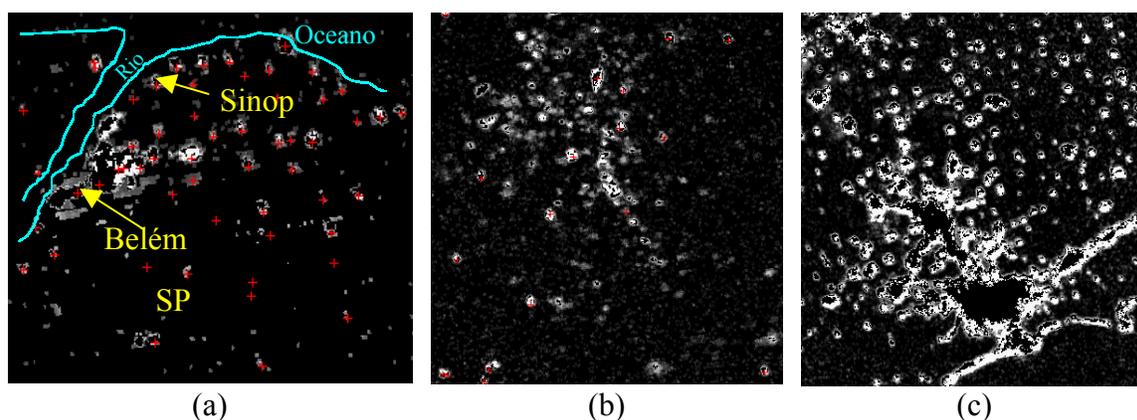


FIGURA 3.5 - Imagens diferença entre as imagens com e sem processamento do algoritmo **luzcloud** para (a) Belém - PA, (b) Sinop - MT e (c) São Paulo - SP.

A aplicação desta rotina não permitiu a identificação de novos centros urbanos, apenas expandiu as bordas dos focos pré-existentis e acrescentou valores isolados, considerados ruídos, na imagem resultante. Assim sendo, o procedimento **luzcloud** não foi utilizado na elaboração do produto final de luzes estáveis.

3.2 Resultados da abordagem através da Distribuição Binomial

A imagem da média de ocorrência de luzes noturnas apresenta um aspecto bastante ruidoso (FIGURA 3.6a), sendo que mesmo na superfície do mar, há *pixels* registrados com valores de média entre 1 e 15. A imagem de desvio padrão é ainda mais ruidosa, porém, como ressalta as diferenças do conjunto de imagens, detecta as bordas dos focos de luzes noturnas mais intensos, como as sedes de municípios com mais de 50.000 habitantes (FIGURA 3.6b).

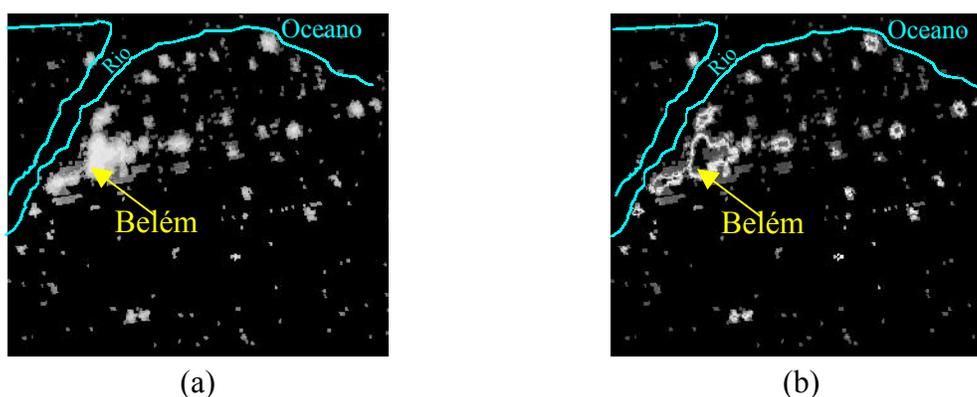


FIGURA 3.6 - Imagens de média(a) e desvio padrão(b) para (a) Belém – PA.

A partir das imagens de média e variância, foram testados diferentes valores para a constante k , que conforme proposto relaciona linearmente a média e o desvio padrão ($\text{média} > k * \text{desvio}$). Apenas a partir de k maior que 3 os ruídos são eliminados da imagem, e com um k igual a 5 obtém-se uma imagem semelhante a imagem de percentagem de luz com o limiar de 30% (FIGURA 3.7).

Não há distinção entre os focos detectados na imagem de limiar com k igual a 5 e na imagem percentagem de luz com limiar igual a 30%. A única diferença encontra-se nos valores digitais, e conseqüentemente nos seus histogramas. Os valores de nível digital na imagem de limiar $k = 5$, refere-se aos números de dias nos quais as luzes noturnas foram registradas, e por isso seu histograma varia de 0 a 60, o que resulta em um menor contraste que a imagem percentagem de luz com limiar igual a 30%, cujos valores de nível digital variam de 0 a 100%. Esta definição de limiar baseada na média e variância binomial gerou resultados similares aos apresentados para a definição dos limiares sobre a imagem de percentagem de ocorrência de luz.

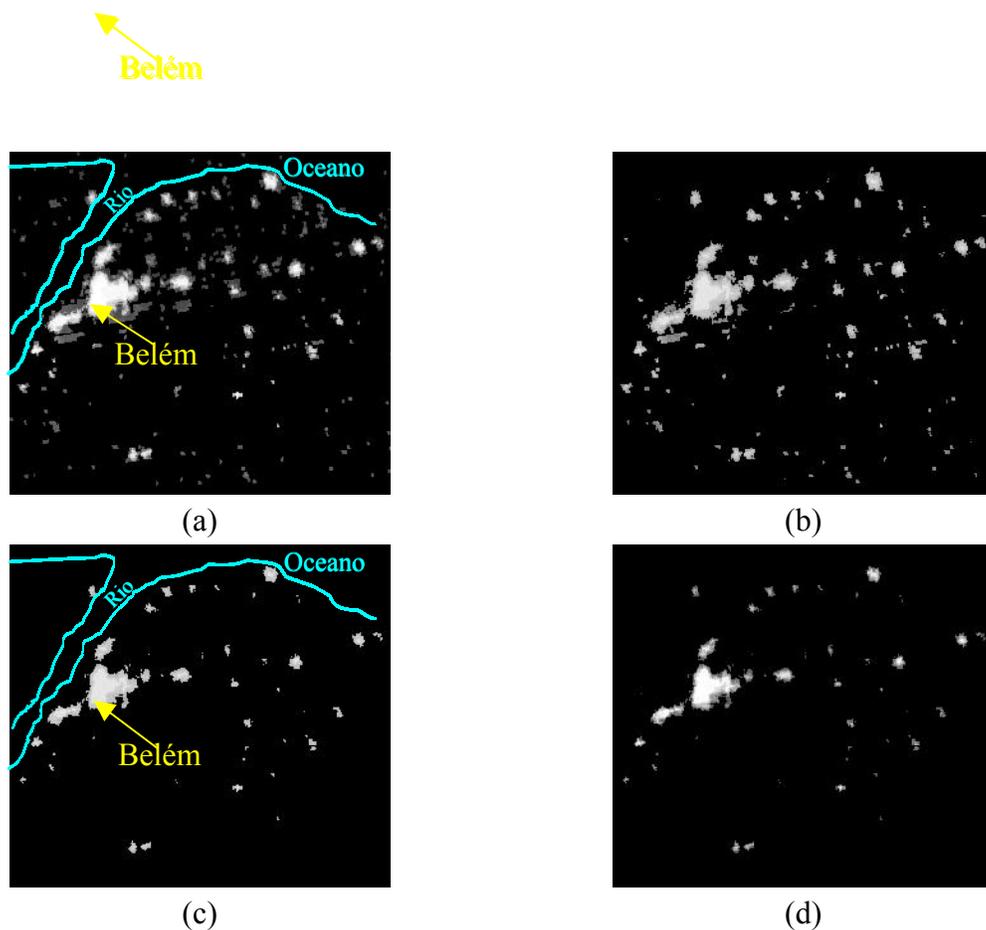


FIGURA 3.7 - Imagens com limiares de $k = 1$ (a), $k = 3$ (b) $k = 3$ (c) e imagem percentagem de luz com limiar de 30% (d) para Belém – PA.

3.3 Estudo das Transições

Para capturar as diferenças entre as imagens, objetivando realçar as áreas de luzes estáveis, a rotina **transicao** foi aplicada sobre o conjunto das 61 imagens. O primeiro teste almejava realçar apenas as transições de um *pixel* não luz para a categoria luz. A imagem resultante (FIGURA 3.8a) capturou além das luzes estáveis o efeito da intensa cobertura de nuvens no norte e nordeste do Brasil, impossibilitando distinguir as luzes estáveis nestas regiões. Isto porque as transições para *pixel* com luz e nuvem foram contabilizadas.

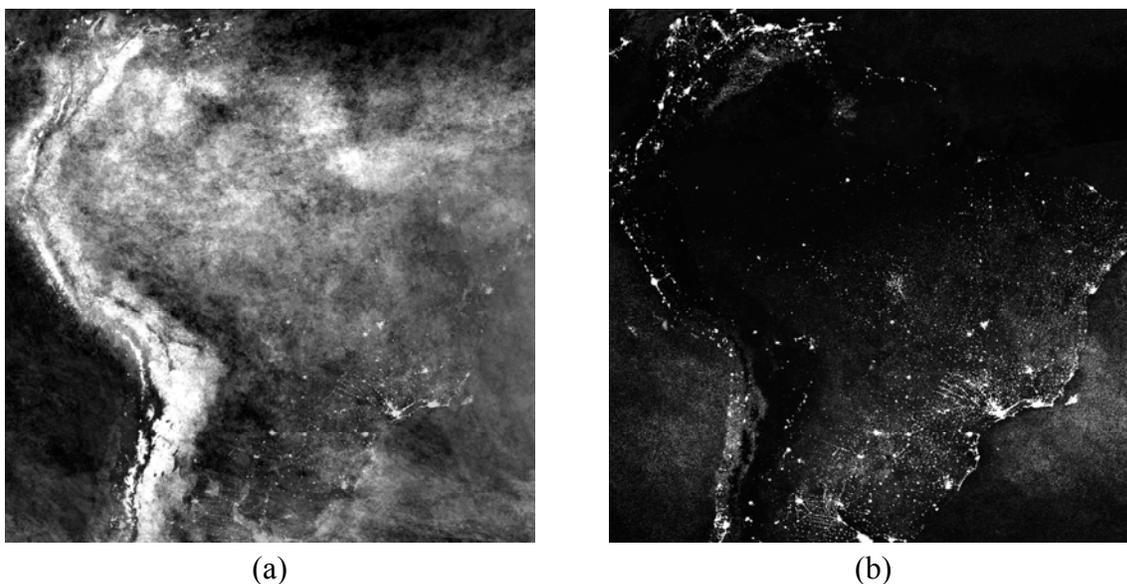


FIGURA 3.8 – Imagens resultantes das transições dos *pixels* (a) não luz/luz, e (b) luz/nuvem/outros.

Um segundo teste foi realizado considerando também a transição para nuvens (FIGURA 3.8b), para o qual duas atribuições de peso foram experimentadas. Esta imagem é similar à imagem de porcentagem de luz (FIGURA 3.1b) quanto à visualização de feições. Porém ao se analisar em detalhe, selecionando-se apenas os valores positivos no histograma, ou seja, a contagem das transições que envolvem a permanência ou alteração para luz, não se obtém resultados similares para regiões em situações de cobertura de nuvens distintas. Para a região de Belém (FIGURA 3.9a) muitos focos de luz de interesse não foram realçados, enquanto que para Sinop (FIGURA 3.9b), de menor cobertura de nuvens, muitos ruídos foram realçados na imagem.

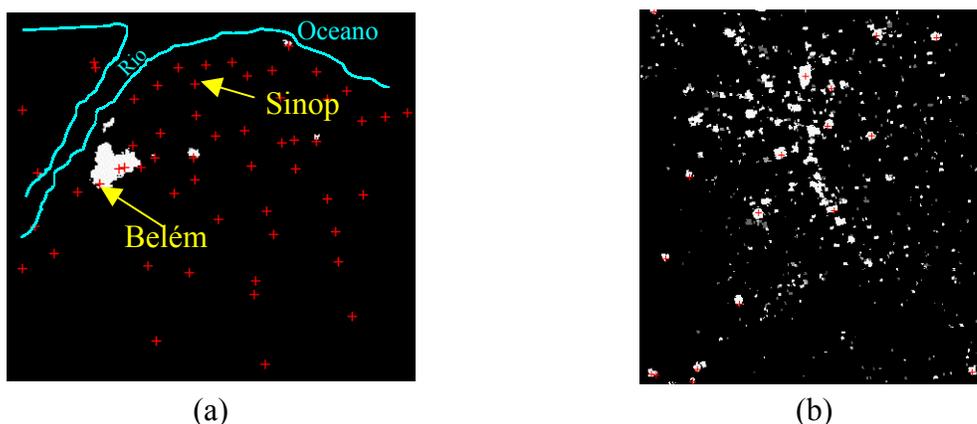


FIGURA 3.9 – Imagens Transição para regiões de (a) Belém - PA e (b) Sinop - MT.

Experimentando-se diferentes realces sobre os histogramas, a imagem resultante pode se aproximar da imagem Percentagem de Luz, porém os efeitos são diferenciados de acordo com a região e a condição de nuvem local. A atribuição dos pesos para cada transição dificulta a manipulação destes valores de histogramas, uma vez que o critério adotado baseou-se numa escala empírica para realçar a ocorrência de luzes. Este procedimento baseado nas transições seria eficiente para regiões mais homogêneas e com atribuições de pesos com critérios mais sofisticados.

Devido aos resultados apresentados, o procedimento de análise das transições não foi incorporado para a geração do produto final de luzes estáveis.

3.4 Identificação de queimadas

Observando-se a posição das sedes de município em relação aos focos de luzes, verificou-se para a região de Sinop uma concentração anômala de luzes noturnas. Testes realizados utilizando-se valores rigorosos de limiares e espaço amostral continuaram evidenciando a ocorrência destas feições, e eventualmente eliminando pequenas sedes de município (FIGURA 3.10). Estes resultados comprovam que a região esteve livre de nuvem em pelo menos metade dos dias avaliados e que luzes noturnas foram registradas em pelo menos 30% destes registros. Utilizando-se de imagens Landsat-TM do Mosaico do Brasil, observa-se que esta é uma região originalmente de floresta, nos limites da fronteira agrícola de soja do Mato Grosso.

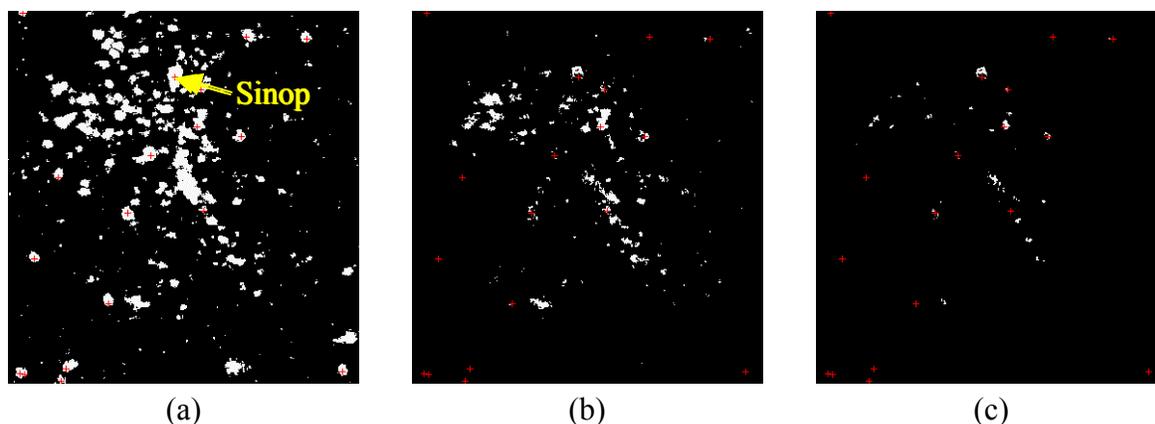


FIGURA 3.10 - Imagem Percentagem de Luz para a região de Sinop, com limiares e espaço amostral de (a) 10, 10 (b) 10, 30 (c) 30, 30.

Avaliando-se a ocorrência dos focos de queimada acumulados para o período, fornecida pelo PROARCO- IBAMA, observou-se um grande número de focos de maio a junho de 2002. Apesar de não se tratar da época tradicional de queimada, registrou-se uma intensa atividade para o período (FIGURA 3.11), com um total de 11047 focos registrados para o estado de Mato Grosso.

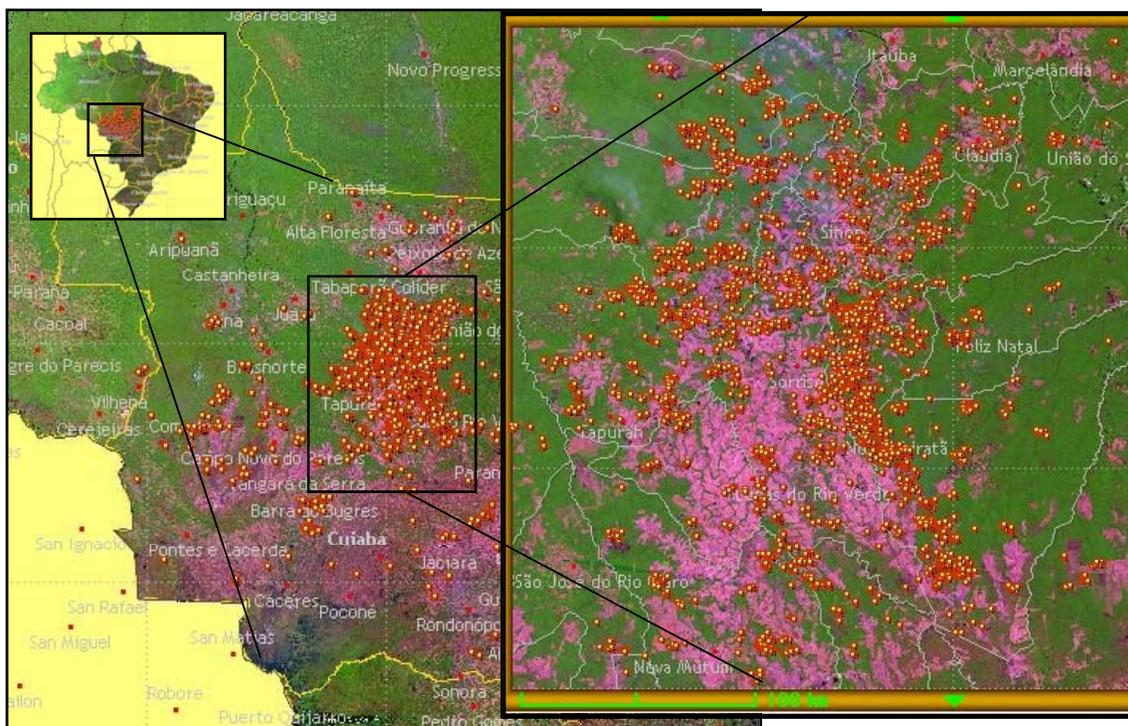


FIGURA 3.11 – Focos de queimada acumulados para os meses de maio e junho de 2002, na região de Sinop - MT.

Fonte: modificado a partir de PROARCO (2003).

Esta observação foi comprovada ao se gerar a imagem mosaico de luzes estáveis considerando apenas os meses de janeiro a abril de 2002, para a qual não se observam estas feições. Na impossibilidade destas áreas de queimada serem excluídas automaticamente do mosaico dos seis meses, o produto final de luzes noturnas foi gerado eliminando-se estas feições através de edição semi-automática.

Um detalhe da imagem mosaico com eliminação dos focos de queimada pode ser observado na FIGURA 3.12.



FIGURA 3.12 – Imagens Percentagem de Luz para Sinop: (a) limiar = 30, espaço = 0 e (b) após edição de queimadas.

Os focos de luzes que não estão associados a nenhuma sede de município na FIGURA 3.12b referem-se a núcleos com infra-estrutura urbana, observáveis nas imagens Landsat TM.

3.5 O produto de luzes estáveis

O produto final, imagem mosaico de luzes estáveis DMSP/OLS para o período de janeiro a junho de 2002 encontrar-se-á disponível em <www.dpi.inpe.br/tmp/DMSP2002>. A imagem resultante tem associada aos valores de nível digital de cada *pixel*, a percentagem de dias em que se detectou luz em relação ao número de dias onde não se registrou ocorrência de nuvens. Valores inferiores a 30% foram eliminados da imagem, por apresentar um compromisso satisfatório entre a presença de luzes associadas a feições de interesse, tais como sedes de município, e ausência de *pixels* solitários (ruídos), não associáveis a atividades humanas.

Conforme descrito, os *pixels* referentes às queimadas foram eliminados através de edição semi-automática no produto final. Este procedimento é fundamental para que o IBAMA possa utilizar o mosaico de luzes estáveis DMSP/OLS no monitoramento de queimadas, subtraindo-se das imagens DMSP/OLS diárias as luzes estáveis, para identificar apenas os eventos efêmeros de interesse, ou seja, as queimadas.

As rotinas desenvolvidas também constituem o produto final, permitindo a elaboração de novos mosaicos para outras seqüências de imagens.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresentou os procedimentos desenvolvidos para geração de uma imagem mosaico de luzes noturnas DMSP/OLS, para o período de janeiro a junho de 2002. Além do procedimento padrão, desenvolvido anteriormente pelo NGDC, metodologias alternativas foram apresentadas para diferenciar no conjunto de imagens a ocorrência de luzes estáveis, atribuíveis a assentamentos humanos e atividades produtivas, as luzes efêmeras, associadas principalmente à ocorrência de queimadas de grande intensidade.

Considerando-se a elaboração do mosaico para todo o território nacional, foram identificadas duas principais condições problemáticas: regiões com intensa cobertura de nuvens e regiões suscetíveis a queimadas freqüentes. O norte e nordeste brasileiro são regiões de intensa cobertura de nuvens, e neste caso, a incerteza para se detectar luzes estáveis decorre da ausência de informação: o espaço amostral, número de dias livre de nuvem, é reduzido. Por sua vez, para as regiões de ocorrência de queimadas, o espaço amostral não constitui fator limitante, mas a dimensão e a duração das queimadas introduzem incerteza, dificultando a separação dos focos de queimadas dentre as luzes estáveis. Além destas duas condições distintas, há ainda a possibilidade de se ter regiões de queimadas e com cobertura de nuvens, tornando a detecção de luzes estáveis ainda mais difícil.

Desta forma, uma metodologia única mostrou-se incapaz de minimizar as particularidades regionais. Uma alternativa seria o desenvolvimento de métodos híbridos que identificassem as particularidades regionais e fosse capaz de combinar métodos em função da região considerada. Para tanto seriam necessários estudos para caracterizar estas condições particulares no conjunto de imagens e aprimorar os métodos de detecção de luzes estáveis para cada um dos casos. Sugere-se que inicialmente sejam desenvolvidos procedimentos para condições muito distintas: região com nuvens, queimadas e uma região de referência, para que uma metodologia híbrida possa ser elaborada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, S.;Câmara, G.;Monteiro, A.M.V.;Quintanilha, J.A. and Elvidge, C.D. Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazônia using DMSP night-time satellite data. **Computer Environment and Urban Systems**, submitted, 2003.

Croft, T.A. Nighttime images of the earth from space. **Scientific America**, v.239, p.86-98, 1978.

Elvidge, C.D.;Baugh, K.E.;Dietz, J.B.;Bland, T.;Sutton, P. and Kroehl, W. Detection of Fires at Night Using DMSP-OLS Data. **Remote Sensing of Environment**, Fire - Special Issue, 2000.

Elvidge, C.D.;Baugh, K.E.;Kihn, E.A.;Kroehl, H.W. and Davis, E.R. Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.63, n.6, p.727-734, 1997a.

Elvidge, C.D.;Baugh, K.E.;Kihn, E.A.;Kroehl, H.W.;Davis, E.R. and Davis, C.W. Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption. **International Journal of Remote Sensing**, v.18, n.6, p.1373-1379, 1997b.

Elvidge, C.D.;Imhoff, M.L.;Baugh, K.E.;Hobson, V.R.;Nelson, I.;Safran, J.;Dietz, J.B. and Tuttle, B.T. Night-time Lights of the World: 1994-1995. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v.56, p.81-99, 2001.

IBAMA. **Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal**. [on line]. 2002. In: <<http://www2.ibama.gov.br/proarco/home.htm>>.

Imhoff, M.L.;Lawrence, W.T.;Stutzer, D.C. and Elvidge, C.D. A Technique for Using Composite DMSP/OLS "City Lights" Satellite Data to Map Urban Areas. **Remote Sensing of Environment**, v.61, p.361-370, 1997.

Kramer, H. J. A.19 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) and A.19.1 DMSP data availability: visible and infrared imagery. **Observation of the Earth and its environment: Survey of Missions and Sensors**. Berlim, Springer-Verlag, 1994. p.61-67.

Plutzer, C.;Grübler, A.;Stojanovic, V.;Riedl, L. and Pospischil, W. **A GIS-based Approach for Modeling the Spatial and Temporal Development of Night-time Lights**. [on line].

2000. In: Wichmann Verlag, Heidelberg

<<http://www.pph.univie.ac.at/vegoek/personal/plutzer/a2000.html>>.

Proarco. **Acesso ao banco de dados dos focos de calor do satélite NOAA 12 e GOES 08**. [on line]. 2003. In: DPI/CPTEC - INPE <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>.

Sutton, P.;Roberts, D.;Elvidge, C.D. and Meij, H. A comparison of Nighttime Satellite Imagery and Population Density for the Continental United States. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.64, n.11, p.1303-1313, 1997.

Welch, R. Monitoring urban population and energy utilization patterns from satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v.9, p.1-9, 1980.

Welch, R. and Zupko, S. Urbanized area energy patterns from DMSP data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.46, n.2, p.201-207, 1980.

APÊNDICE A

Rotinas para imagem mosaico de luzes estáveis DMSP/OLS

LUZFLAG

```
Pro luzflag; nring, limiar
tempo = Systemtime(1)
linhas = 5641
colunas = 5641
mm = ['01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','$
      '02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','$
      '03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','$
      '04','04','04','04','04','04','04','04','$
      '05','05','05','05','05','05','05','05','05','05','$
      '06','06','06','06','06','06','06','06','06','06','$]
dd = ['08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18','$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','$
      '08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18','$
      '07','08','09','10','16','17','$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','$
      '05','06','07','08','09','10','11','12','13','14','15']
nring = N_Elements(mm)
imgout = Fltarr(colunas,linhas)
imgsn = Fltarr(colunas,linhas)
imgluz = Fltarr(colunas,linhas)
img = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
imgl = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
For i=0,nring-1 do Begin
  nome =
'D:\PrePro_DMSP\F152002'+Strcompress(mm(i),/remove_all)+Strcompress(dd(i),/remove_all)+'.flg'
  Openr, arqlun, nome, /Get_Lun
  Readu, arqlun, img
  Free_lun, arqlun
  imgl = img
  h = Histogram(imgl)
  indsns1 = Where((imgl eq 0) or (imgl eq 2), c02, complement=cindsns1)
  If(indsns1(0) ne -1) Then Begin
    imgl(indsns1) = 1
    If(cindsns1(0) ne -1) Then imgl(cindsns1) = 0
  EndIf
  imgsn = imgsn+imgl

  indluz = Where(img eq 2, c2, complement=cindluz)
  If(indluz(0) ne -1) Then Begin
    img(indluz) = 1
    If(cindluz(0) ne -1) Then img(cindluz) = 0
  EndIf
  imgluz = imgluz+img
  img(*,*) = 0b
  imgl(*,*) = 0b
EndFor

Openw, sennuv, 'D:\PrePro_DMSP\semnuvem', /Get_Lun
Writeu, sennuv, imgsn
Free_Lun, sennuv
Openw, luzlun, 'D:\PrePro_DMSP\impluz', /Get_Lun
Writeu, luzlun, imgluz

Free_Lun, luzlun
; Ao término deste programa, rodar em seqüência o programa Divisao.pro, a fim de gerar a
imagem ;percentagem de luz estáveis

Print, 'O tempo de processamento (em segundos) foi de ', Systemtime(1)-tempo, format='(A46,F10.2)'
print, 'FIM'
End
```

DIVISAO

```
Pro Divisao,limiar,espaco
tempo = Systemtime(1)
linhas = 5641
colunas = 5641

imgout = Bytarr(colunas,linhas)
img = Fltarr(colunas,linhas)
imgsn = Fltarr(colunas,linhas)
imgluz = Fltarr(colunas,linhas)

Openr,sennuv,'D:\PrePro_DMSP\semnuvem',/Get_Lun
Readu,sennuv,imgsn
Free_Lun,sennuv

Openr,luzlun,'D:\PrePro_DMSP\imluz',/Get_Lun
Readu,luzlun,imgluz
Free_Lun,luzlun

Print, ' Imagens lidas ...'
ind = Where(imgsn gt espaco,cc2,complement=cind)
img(ind) = (Float(imgluz(ind))/Float(imgsn(ind)))*100

imgout = Byte(Floor(img+0.5))

Openw,perclun,'D:\PrePro_DMSP\luzperc',/Get_Lun
Writeu,perclun,imgout
Free_Lun,perclun

ind = Where(imgout lt limiar)
If (ind(0) ne -1) Then imgout(ind) = 0
name =
'D:\PrePro_DMSP\luzperc_'+Strcompress(limiar,/remove_all)+'_'+Strcompress(espaco,/remove_all)
Openw,perclun,name,/Get_Lun
Writeu,perclun,imgout
Free_Lun,perclun

name = name+'.hdr'
Openw,lun,name,/Get_Lun
Printf,lun,'ENVI'
Printf,lun,'description = {Lat/Lon reprojection of DMSP-OLS data}'
Printf,lun,'samples = 5641'
Printf,lun,'lines = 5641'
Printf,lun,'bands = 1'
Printf,lun,'header offset = 0'
Printf,lun,'file type = ENVI Standard'
Printf,lun,'data type = 1'
Printf,lun,'interleave = bsq'
Printf,lun,'sensor type = Unknown'
Printf,lun,'byte order = 0'
Printf,lun,'map info = {Geographic Lat/Lon, 1, 1, -81, 12.025, 0.00833300, 0.00833300}'

Free_lun,lun

Print,'O tempo de processamento (em segundos) foi de ',Systemtime(1)-tempo,format='(A46,F10.2)'

print, 'FIM'

End
```

LUZCLOUD

```
Pro luzcloud
tempo = Systemtime(1)
linhas = 5641
colunas = 5641
dirin = 'D:\PrePro_DMSP\'

m = [01,01,01,01,01,01,01,01,01,01,01,$
      02,02,02,02,02,02,02,02,02,02,02,$
      03,03,03,03,03,03,03,03,03,03,03,$
      04,04,04,04,04,04,04,$
      05,05,05,05,05,05,05,05,05,05,$
      06,06,06,06,06,06,06,06,06,06,06]
d = [08,09,10,11,12,13,14,15,16,17,18,$
      07,08,09,10,11,12,13,14,15,16,17,$
      08,09,10,11,12,13,14,15,16,17,18,$
      07,08,09,10,16,17,$
      07,08,09,10,11,12,13,14,15,16,$
      05,06,07,08,09,10,11,12,13,14,15]

mm = ['01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','01',$
      '02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','02',$
      '03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','03',$
      '04','04','04','04','04','04','04',$
      '05','05','05','05','05','05','05','05','05','05',$
      '06','06','06','06','06','06','06','06','06','06','06']
dd = ['08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18',$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','17',$
      '08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18',$
      '07','08','09','10','16','17',$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16',$
      '05','06','07','08','09','10','11','12','13','14','15']

nrimg = N_Elements(m)

img0 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img1 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img2 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img3 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img4 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)

For i=1,nrimg-2 do Begin
  If((Abs(d[i]-d[i-1]) eq 1) and (Abs(d[i]-d[i+1]) eq 1) and (m[i] eq m[i-1]) and (m[i] eq
m[i+1])) Then Begin
    img3(*,*) = 0
    img4(*,*) = 0
    nome0 = dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i-1),/remove_all)+Strcompress(dd(i-
1),/remove_all)+'.flg'
    Openr, 1, nome0
    Readu, 1, img0
    Close, 1
    nome1 =
dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i),/remove_all)+Strcompress(dd(i),/remove_all)+'.flg'
    Openr, 1, nome1
    Readu, 1, img1
    Close, 1
    nome2 =
dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i+1),/remove_all)+Strcompress(dd(i+1),/remove_all)+'.flg'
    Openr, 1, nome2
    Readu, 1, img2
    Close, 1

    Openw, 2,
dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i),/remove_all)+Strcompress(dd(i),/remove_all)+'.flg.old'
    Writeu, 2, img1
    Close, 2

hh=histogram(img1)
h2 = Where(img1 eq 2,cc)
```

```

print,'Imagem 1:', Where(hh ne 0),cc
temp = Where((img1 eq 1) or (img1 eq 3) or (img1 eq 5)); nuvem = 1
If(temp(0) ne -1) Then img3(temp) = 1
temp = Where(img0 eq 2, Complement=naoluz) ; luz = 2
If(temp(0) ne -1) Then Begin
img0(temp) = 1
img0(naoluz) = 0
EndIf
temp = Where(img2 eq 2, Complement=naoluz) ; luz = 2
If(temp(0) ne -1) Then Begin
img2(temp) = 1
img2(naoluz) = 0
EndIf

img4 = (img3 and img0) and img2
temp = Where(img4 eq 1,c4)
If(temp(0) ne -1) Then img1(temp) = 2
hh=histogram(img1)
h2 = Where(img1 eq 2,cn)
Openw, 2,
dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i),/remove_all)+Strcompress(dd(i),/remove_all)+'.flg'
Writeu, 2, img1
Close, 2
EndIf
EndFor

Print,'O tempo de processamento (em segundos) foi de ',Systemtime(1)-tempo,format='(A46,F10.2)'
print, 'FIM'
End

```

BINOMIAL

```
Pro binomial,sigma
tempo = Systeime(1)
linhas = 5641
colunas = 5641

imgout = Bytarr(colunas,linhas)
img = Fltarr(colunas,linhas)
imgsn = Fltarr(colunas,linhas)
imgluz = Fltarr(colunas,linhas)

Openr,sennuv,'D:\PrePro_DMSP\semnuvem',/Get_Lun
Readu,sennuv,imgsn
Free_Lun,sennuv

Openr,luzlun,'D:\PrePro_DMSP\imluz',/Get_Lun
Readu,luzlun,imgluz
Free_Lun,luzlun

Print, ' Imagens lidas ...'

; N = número de trials           => semnuvem ou número de imagens
; m = número de sucessos        => imluz
; p = probabilidade de um sucesso => imluz/semnuvem (estimativa de p)
; A Média e a Variância de uma distribuição Binomial Bi(m,N,p) são:
; me = Np   var = Np(1-p)

N = 61
imgme = Fltarr(colunas,linhas)
imgsd = Fltarr(colunas,linhas)
imglim = Fltarr(colunas,linhas)
temp = Float(imgluz)/Float(imgsn)
imgme = temp*N
imgsd = Sqrt(temp*(1.-temp)*N)

name_med = 'D:\PrePro_DMSP\media_'+Strcompress(sigma,/remove_all)
Openw, plun, name_med,/Get_Lun
Writeu, plun, imgme
Free_Lun, plun

name_sd = 'D:\PrePro_DMSP\desvio_'+Strcompress(sigma,/remove_all)
Openw, plun, name_sd,/Get_Lun
Writeu, plun, imgsd
Free_Lun, plun

name_lim = 'D:\PrePro_DMSP\limite_'+Strcompress(sigma,/remove_all)
temp = Where(imgme gt sigma*imgsd,complement=cind)
If(temp(0) ne -1) Then Begin
    imglim(temp) = imgme(temp)
    imglim(cind) = 0
EndIf

imgout = Byte(Floor(imglim+0.5))

Openw, plun, name_lim, /Get_Lun
Writeu, plun, imgout
Free_Lun, plun

nomes=[name_med,name_sd,name_lim]
For i=0,2 do Begin
    name = nomes(i)+'.hdr'
    Openw, lun, name, /Get_Lun
    Printf, lun, 'ENVI'
    Printf, lun, 'description = {Lat/Lon reprojection of DMSP-OLS data}'
    Printf, lun, 'samples = '+ Strtrim(String(colunas), 2)
    Printf, lun, 'lines = '+ Strtrim(String(linhas), 2)
    Printf, lun, 'bands = 1'
    Printf, lun, 'header offset = 0'
    Printf, lun, 'file type = ENVI Standard'
```

```
If (nomes(i) eq name_lim) Then Printf, lun, 'data type = 1' $
Else Printf, lun, 'data type = 4'
Printf, lun, 'interleave = bsq'
Printf, lun, 'sensor type = Unknown'
Printf, lun, 'byte order = 0'
Printf, lun, 'map info = {Geographic Lat/Lon,1,1,-81,12.025,0.00833300,0.00833300}'
Free_lun, lun
EndFor

Print,'O tempo de processamento (em segundos) foi de ',Systemtime(1)-tempo,format='(A46,F10.2) '

print, 'FIM'

End
```

TRANSICAO

```
Pro transicao
tempo = Systime(1)
linhas = 5641
colunas = 5641
dirin = 'D:\PrePro_DMSP\'
mm = ['01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','$
      '02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','$
      '03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','$
      '04','04','04','04','04','04','04','04','04','$
      '05','05','05','05','05','05','05','05','05','05','$
      '06','06','06','06','06','06','06','06','06','06','06']
dd = ['08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18','$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','$
      '08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18','$
      '07','08','09','10','16','17','$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','$
      '05','06','07','08','09','10','11','12','13','14','15']

nring = N_Elements(mm)
img0 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img0(*,*)=0
img1 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img1(*,*)=0
imgout = Fltarr(colunas,linhas,/nozero)
imgout(*,*)=0.0
transicao = [-1.,-2.,2.,1.]

For i=0,nring-2 do Begin
  nome0 =
  dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i),/remove_all)+Strcompress(dd(i),/remove_all)+'.flg'
  Openr, 1, nome0
  Readu, 1, img0
  Close, 1
  nome1 =
  dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i+1),/remove_all)+Strcompress(dd(i+1),/remove_all)+'.flg'
  Openr, 1, nome1
  Readu, 1, img1
  Close, 1

  ind02 = Where(img0 eq 2)
  img0(ind02) = 1
  ind12 = Where(img1 eq 2)

  img1(ind12) = 2
  temp = img0+img1
  For j=0,3 do Begin
    ind = Where(temp eq j)
    If(ind(0) ne -1) Then imgout(ind) = imgout(ind)+transicao(j)
  EndFor
EndFor

Openw, 2, dirin+'transicao_so2'
Writeu, 2, imgout
Close, 2
Print,'O tempo de processamento (em segundos) foi de ',Systime(1)-tempo,format='(A46,F10.2)'
print, 'FIM'
End
```

TRANSICAO1

```
Pro transicao1
tempo = Systemtime(1)
linhas = 5641
colunas = 5641
dirin = 'D:\PrePro_DMSP\'

mm = ['01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','01','$
      '02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','02','$
      '03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','03','$
      '04','04','04','04','04','04','04','04','$
      '05','05','05','05','05','05','05','05','05','05','$
      '06','06','06','06','06','06','06','06','06','06','06']
dd = ['08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18','$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','$
      '08','09','10','11','12','13','14','15','16','17','18','$
      '07','08','09','10','16','17','$
      '07','08','09','10','11','12','13','14','15','16','$
      '05','06','07','08','09','10','11','12','13','14','15']

nring = N_Elements(mm)
img0 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img0(*,*)=0
img1 = Bytarr(colunas,linhas,/nozero)
img1(*,*)=0
imgout = Fltarr(colunas,linhas,/nozero)
imgout(*,*)=0.0

transicao = [-2.,20.,-2.,-4.,18.,-4.,0.,20.,-3]

nrtran = N_Elements(transicao)

For i=0,nring-2 do Begin
  nome0 =
  dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i),/remove_all)+Strcompress(dd(i),/remove_all)+'.flg'
  Openr, 1, nome0
  Readu, 1, img0
  Close, 1
  nome1 =
  dirin+'F152002'+Strcompress(mm(i+1),/remove_all)+Strcompress(dd(i+1),/remove_all)+'.flg'
  Openr, 1, nome1
  Readu, 1, img1
  Close, 1

  ind2 = Where(img0 eq 2)
  If(ind2(0) ne -1) Then img0(ind2) = 1 ; luz na imagem0
  ind1 = Where(img0 eq 1)
  ind5 = Where(img0 eq 5)
  If(ind1(0) ne -1) Then temp1 = 0 Else temp1 = 1
  If(ind5(0) ne -1) Then temp5 = 0 Else temp5 = 2
  aa = temp1+temp5
  Case aa Of
    0: img0([ind1,ind5]) = 2 ; nuvem na imagem0
    1: img0(ind5) = 2
    2: img0(ind1) = 2
    3: print, 'Imagem sem nuvem alguma...'
  EndCase

  ind2 = Where(img1 eq 2)
  If(ind1(0) ne -1) Then img1(ind2) = 3 ; luz na imagem1
  ind1 = Where(img1 eq 1)
  ind5 = Where(img1 eq 5)
  If(ind1(0) ne -1) Then temp1 = 0 Else temp1 = 1
  If(ind5(0) ne -1) Then temp5 = 0 Else temp5 = 2
  aa = temp1+temp5
  Case aa Of
    0: img1([ind1,ind5]) = 6 ; nuvem na imagem1
    1: img1(ind5) = 6
    2: img1(ind1) = 6
```

```

3: print, 'Imagem sem nuvem alguma...'
EndCase
soma = [0,3,6,1,4,7,2,5,8]
transicao = transicao(Sort(soma))
temp = img0+img1
For j=0,nrtran-1 do Begin
  ind = Where(temp eq j)
  If(ind(0) ne -1) Then imgout(ind) = imgout(ind)+transicao(j)
EndFor
EndFor

Openw, 2, dirin+'trans_so2_semnuvemh'
Writeu, 2, imgout
Close, 2
Print, 'O tempo de processamento (em segundos) foi de ',Systemtime(1)-tempo,format='(A46,F10.2)'
print, 'FIM'
End

```