

COMUNICADO
TÉCNICO

418

Colombo, PR
Outubro, 2018

Embrapa

Cadernos de geoprocessamento 10: Como proceder na detecção de mudanças de uso e cobertura da terra

Wilson Anderson Holler
 Maria Augusta Doetzer Rosot
 Luziane Franciscon
 Marilice Cordeiro Garrastazú
 Yeda Maria Malheiros de Oliveira
 Jéssica Caroline Maran

Cadernos de geoprocessamento 10: Como proceder na detecção de mudanças de uso e cobertura da terra

Wilson Anderson Holler, Engenheiro cartógrafo, especialista em Geoprocessamento, analista da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Maria Augusta Doetzer Rosot**, Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Luziane Franciscon**, Estatística, mestre em Estatística e Experimentação Agronômica, analista da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Marilice Cordeiro Garrastazú**, Engenheira florestal, mestre em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Yeda Maria Malheiros de Oliveira**, Engenheira florestal, doutora em Ciências Florestais, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Jéssica Caroline Maran**, Engenheira florestal, mestre em Engenharia Florestal, consultora FAO, Colombo, PR.

Introdução

Mapear os padrões de uso e cobertura da terra é essencial para o planejamento e a execução de ações que envolvem a gestão do território. Quantificar e monitorar as mudanças de uso e cobertura da terra são elementos-chave amplamente reconhecidos pela comunidade científica internacional no estudo de mudanças globais (Fearnside, 2001; Foley et al., 2005; Smith et al., 2014). Para a detecção de mudanças de uso e cobertura da terra, ao longo de um determinado período, devem ser utilizados mapas referentes a duas ou mais ocasiões e calculadas as diferenças entre eles, por meio de métodos pré-definidos.

Os dados de sensores orbitais são especialmente adequados para a geração de mapas e aplicação nos estudos de uso e cobertura da terra dadas às suas

características de observação e monitoramento de forma sinóptica, dinâmica e em diferentes escalas espaço-temporais que possibilitam quantificar as taxas de conversão e mudança no uso e cobertura da terra (Turner II et al., 2007).

Detectar mudanças no uso e cobertura da terra é um dos usos mais fundamentais e comuns da análise de imagens de sensoriamento remoto. Uma das formas mais rudimentares de detecção de mudanças é a comparação visual de duas imagens por um intérprete treinado. Outra forma é gerar mapas de uso e cobertura da terra a partir da classificação de imagens que podem ser comparados, indicando mudanças em classes específicas, ao longo do tempo. Embora o conceito seja relativamente simples, na prática, há um grande número de fatores que devem ser monitorados e controlados para alcançar resultados válidos de detecção de mudanças.

Segundo Campbell e Wynne (2011), as imagens devem atender aos seguintes critérios:

- Ser adquiridas a partir do mesmo sensor.
 - Ser adquiridas à mesma hora do dia, usando o mesmo campo e ângulo de visão.
 - Se obtidas em anos distintos, devem ser da mesma estação para minimizar diferenças devidas aos ciclos de vida das plantas.
 - Ter precisão de registro com até dois décimos de um pixel ou menos;
 - Ser livres de nuvens.
 - Ter sido submetidas à correção de efeitos atmosféricos.
- Para exemplificar os procedimentos, foram utilizados os mapas de uso e cobertura da terra de duas Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs) do Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR) (Freitas et al., 2016). A geração dos mapas de uso e cobertura das duas UAPs seguiu as diretrizes publicadas em Luz et al. (2018a, 2018b).

Tendo-se levado em conta tais requisitos e estando disponíveis os mapas, ou arquivos vetoriais ou *raster*, com classes de uso e cobertura da terra, é possível, então, realizar a detecção de mudanças para a área de interesse. Neste documento são descritos procedimentos para executar a detecção de mudanças, empregando-se ferramentas SIG tanto em software livre como proprietário. Foram utilizadas a extensão *Land Change Modeler* (LCM) (Clark Labs, 2017) para o ArcGis e *Modules for Land Use Change Simulations* (MOLUSCE) (2018) para o QGIS. Todos os procedimentos descritos foram testados e validados. Tanto o LCM quanto o MOLUSCE, possuem mais recursos que os descritos neste documento, ampliando as possibilidades de outras análises como a geração de cenários de alteração de mudanças.

Dessa forma, estudos que tenham como resultado um mapa de uso e cobertura da terra podem ser beneficiados com os procedimentos descritos nesse documento, ampliando seu alcance e otimizando o uso de resultados já existentes.

Materiais

Para a detecção de mudanças de uso e cobertura da terra foram empregados os seguintes programas:

- QGIS Desktop 2.18.18 (QGIS, 2018): O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral (GNU).
- *Modules for Land Use Change Simulations* (MOLUSCE) (2018): extensão do QGIS para avaliação de mudanças no uso da terra.
- ArcGis Desktop (versão 10.5) (ESRI, 2017): edição de dados vetoriais e matriciais. Foi utilizado para a reclassificação dos dados *raster* e uso do LCM.

- *Land Change Modeler* (LCM), modelador de mudanças no uso da terra (versão 2.0) (Clark Labs, 2017): extensão para o software ArcGis. Empregado para mapear as mudanças na paisagem, identificar transições de classes e tendências.

As duas extensões requerem arquivos no formato *raster* geotiff igualmente recortados, com o mesmo sistema de referência e de projeção, e de mesma resolução espacial, pois, caso contrário aparecerá uma mensagem de erro. Assim, é necessário preparar os dados cuidadosamente seguindo, basicamente, três etapas:

- Preparar dados para fazer análise.
- Carregar dados para análise.
- Gerar matriz de transição usando a extensão.

As instruções a seguir descrevem, para as duas extensões, como criar uma matriz de transição para detectar mudanças de uso e cobertura da terra de uma Unidade Amostral de Paisagem (UAP) (Luz et al., 2018a).

Métodos

O LCM usa matrizes da cadeia de Markov para determinar a quantidade de mudança e mostrar espacialmente essas mudanças. Uma aplicação detalhada dessa abordagem pode ser

encontrada em Paegelow e Camacho Olmedo (2005). A extensão MOLUSCE permite a geração de matrizes de transição, também utilizando uma abordagem Markoviana (Rahman et al., 2017).

Procedimentos para a detecção de mudanças de uso e cobertura da terra usando o QGIS com a extensão *Modules for Land Use Change Evaluation* (MOLUSCE)

O MOLUSCE é uma extensão, disponível para o QGIS 2.0 e versões superiores (Modules for Land Use Change Simulations, 2018). Foi projetado para analisar, modelar e simular mudanças de uso e cobertura da terra. Incorpora algoritmos conhecidos, que podem ser usados para:

- Analisar o uso e cobertura da terra e suas mudanças entre diferentes períodos de tempo.
- Modelar o uso e cobertura da terra e potencial de transição.
- Simular futuras mudanças de uso e cobertura da terra.

O MOLUSCE possui seis módulos: Entrada, Avaliação de correlação, Análise de mudança de área, Métodos de modelagem, Simulação e Validação. Neste trabalho são abordados somente os três primeiros módulos:

- Módulo de entrada (*Input*):
 - Mapas de uso e cobertura da terra de diferentes épocas, dados biofísicos e socioeconômicos como rede rodoviária, rios, topografia, população, etc., em formato *raster*, podem ser carregados neste módulo.
- Avaliação de correlação (*Evaluating correlation*):
 - Este módulo dispõe de técnicas para realizar a análise de correlação entre dois arquivos *raster*, com o uso e cobertura da terra de diferentes épocas.
- Análise de mudança de área (*Area change analysis*):
 - Calcula as alterações de uso e cobertura da terra entre dois períodos de tempo (T0 e T1). Tem como resultado as matrizes de transição de uso e cobertura, bem como os mapas de mudança de uso e cobertura da terra.

Como criar uma matriz de transição para detecção de mudança de uso e cobertura da terra no software QGIS

Para este procedimento requer-se os seguintes materiais:

- QGIS Las Palmas 2.18.18 com a extensão MOLUSCE.

- *Shapefile* com o uso e cobertura da terra para dois diferentes anos (2011 e 2014) da mesma UAP.

Primeiramente, usando o Windows Explorer, deve-se:

- Criar uma Pasta com o nome da UAP, Figura 1:
 - UAPXXXX.

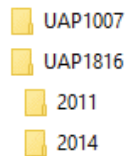


Figura 1. Estrutura das pastas de trabalho.

- Criar duas subpastas dentro dessa pasta, sendo uma para cada ano (Figura 1).
- Inserir os arquivos vetoriais (*shapefile*) de cada ano na pasta correspondente.
- Depois de inseridos os arquivos *shapefile*, renomeá-los para que tenham, no final de seu nome, o ano “UAPXXXX_LULC_2011”.

Os procedimentos descritos na sequência demonstram como realizar a detecção de mudanças no QGIS utilizando a extensão MOLUSCE. É importante que o campo NDV (No Data Value) esteja marcado em cada camada adicionada ao QGIS. Se isto não ocorrer, o MOLUSCE processará as áreas sem valor de dados como classes de uso ou ocupação do solo, aumentando o tempo de processamento e prejudicando a calibração do modelo. O MOLUSCE

adiciona o NDV da camada base de entrada e o propaga a cada mapa de saída, juntamente com a geometria da camada base (Modules for Land Use Change Simulations, 2018).

Os seguintes procedimentos são executados em ambiente QGIS:

- Criar um projeto e salvá-lo na pasta da UAP correspondente.
- Conferir o sistema de referência e de projeção, sendo recomendada a Projeção Equivalente de Albers, com os seguintes parâmetros:
 - Longitude de origem -54° e Latitude de origem -12°, Paralelo padrão 1: -2° e Paralelo padrão 2: -22°. A unidade de medida utilizada para o cálculo de áreas foi km². Para as extensões recomenda-se o sistema de projeção Policônica, tendo como parâmetros de origem a latitude 0° e a longitude -54° e unidade de medida km.
- Padronizar as colunas das tabelas, mantendo somente duas colunas "LULCAno" e "Area":
 - Habilitar o modo *edição*.
 - Criar a coluna "LULCAno".
 - Atribuir à nova coluna os valores da coluna "LULC".
 - Excluir outros campos para deixar somente os campos "LULCAno" e "Area".
 - Salvar (Gravar) as alterações.
- Converter o *Shapefile* para *Raster* (Geotiff).
- Padronizar legenda.

Para realizar a análise é necessário, primeiramente, preparar os

dados de acordo com os seguintes procedimentos:

- Recortar o conjunto de dados para os limites estabelecidos para a região de estudo. Se estiver sendo usada uma área pré-definida que já possua os arquivos *shapefile* de uso e cobertura da terra, pode-se ignorar esta etapa e seguem os passos seguintes para rasterizá-los.
- Selecionar a ferramenta *Clipper* em: *Raster > Extração > Clipper*.
- Selecionar o arquivo *raster* que se deseja recortar.
- Clicar em *Selecionar* para abrir a janela de navegação e navegar até o local onde se deseja salvar o arquivo, nomeando-o e clicando em *salvar*.
- Verificar a camada de máscara e selecionar/escolher o *shapefile* para fazer a análise.
- Verificar a opção *recortar* para recortar o arquivo para a forma do arquivo *shapefile* (Opcional).
- Verificar a resolução do arquivo de saída, digitando o tamanho do pixel desejado em unidades de mapa.
- Clicar em *OK* para salvar o arquivo *geotiff*.

A Figura 2 apresenta os passos para a conversão de arquivo vetorial para *raster*, numerados em sequência, conforme a descrição a seguir:

- 1) Selecionar a ferramenta *Vetor para Raster* (rasterizar) em: *Raster > Converter > Vetor para Raster* (rasterizar).

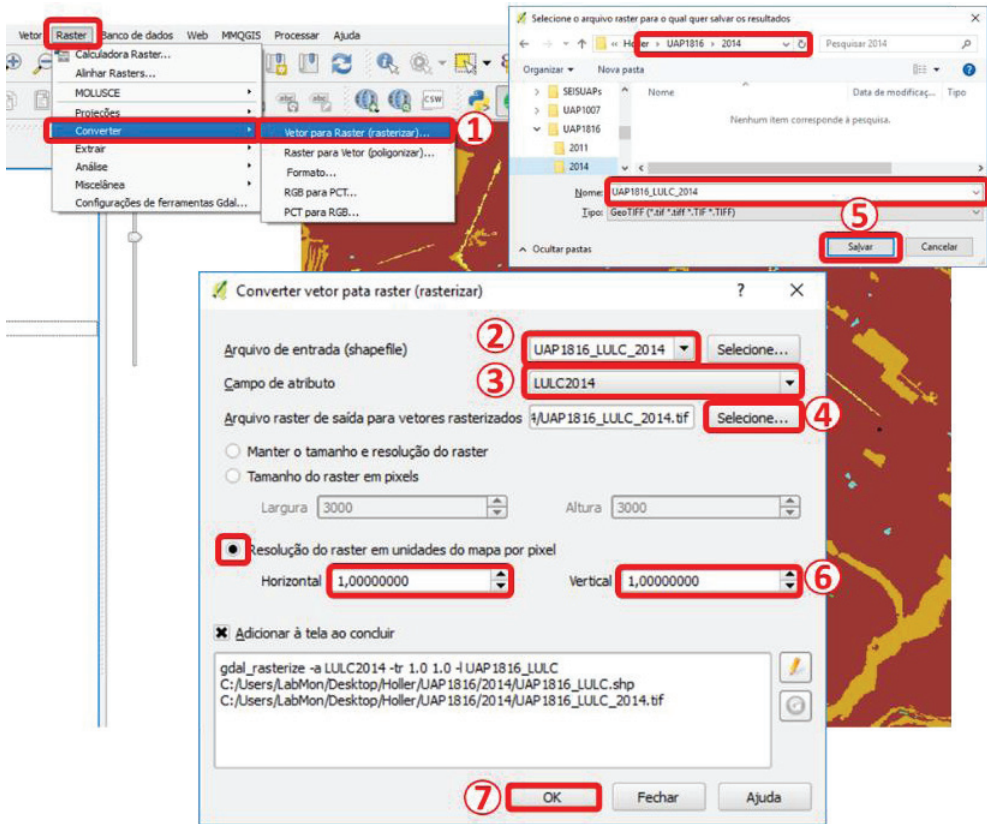


Figura 2. Conversão de vetor para raster.

- 2) Selecionar o arquivo de entrada (*shapefile*) "UAPXXX_LULC_ANNO" para rasterizar.
 - 3) Selecionar o campo a ser usado para atribuir cada valor de pixel: LULC2014, campo numérico (número inteiro).
 - 4) Clicar no botão de *Selecione*, na frente do campo de saída, para abrir a janela de navegação.
 - 5) Navegar até o local onde se deseja salvar o arquivo, nomeando-o (UAPXXX_LULC_ANNO) e clicar em *Salvar*.
 - 6) Digitar o tamanho do pixel desejado em unidades de mapa para o arquivo de saída. Por padrão definir 1.
 - 7) Clicar em *OK* para salvar o arquivo *geotiff*.
- Depois de adicionar os arquivos *raster* é necessário definir o estilo e rótulo do conjunto de dados, conforme

procedimentos numerados em sequência na Figura 4 e descritos a seguir:

1. Clicar com o botão direito na camada e selecionar *propriedades*.
2. Na seção *Estilo > Renderização da banda*, selecionar *Banda simples falsa-cor*.
3. Carregar valores mínimo e máximo, selecionar *Min / Máx* e clicar no botão *Carregar*.
4. Definir as classes, cobrindo todos os valores de pixels no conjunto de dados e, em seguida, rotular todas as classes (no exemplo são 10 classes mostradas na Figura 3). O rótulo

será utilizado para gerar a matriz de transição. Somente irão aparecer as classes existentes na camada; as outras devem ser deixadas no tom de cor preto para facilitar a identificação,

| Valor <= | Cor | Rótulo |
|----------|-----|--------|
| 1 | | 1_FN |
| 2 | | 2_OTVL |
| 3 | | 3_OTA |
| 4 | | 4_GH |
| 5 | | 5_FP |
| 6 | | 6_SE |
| 7 | | 7_AP |
| 8 | | 8_IU |
| 9 | | 9_SA |
| inf | | NoData |

Figura 3. Rotulagem das classes.

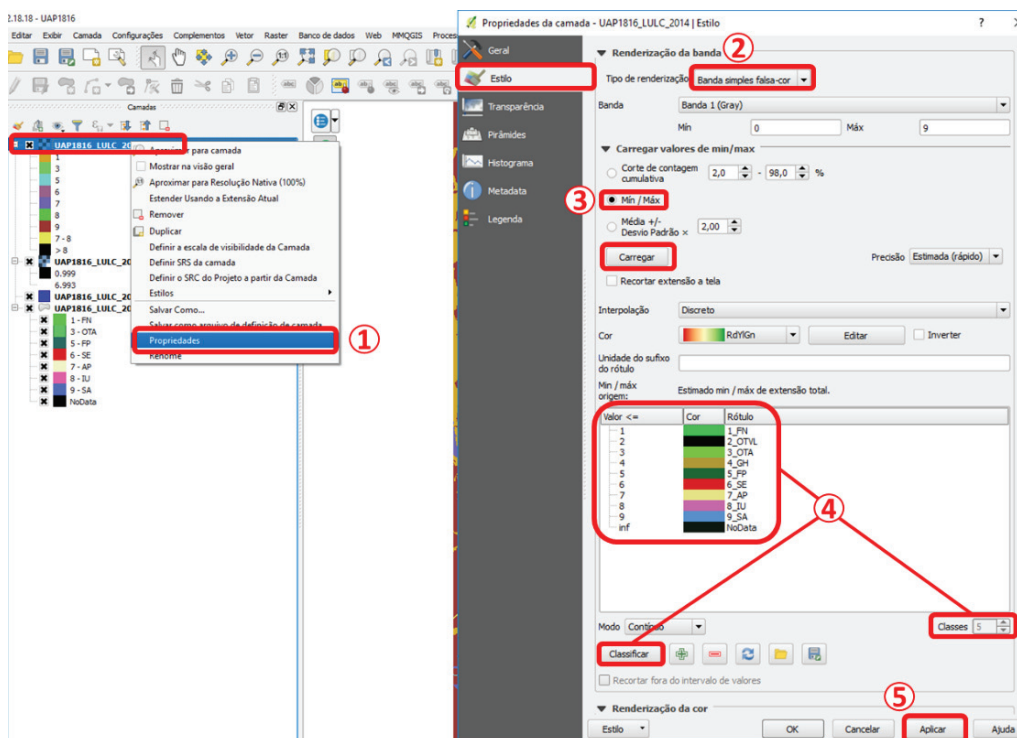


Figura 4. Definição do estilo e rótulo do conjunto de dados.

se eventualmente aparecerem. Para acrescentar mais classes deve-se selecionar o *Modo > Intervalo Igual* e adicionar *Classes* até o total de classes existentes no mapa de uso e cobertura da terra. Esse procedimento apenas precisa ser executado para um dos anos de observação, devendo-se salvar o modelo de legenda para ser utilizado no mapa de outro ano.

5. Clicar em *Aplicar* e, em seguida, em *OK*, para fechar esta janela.

A Figura 5 apresenta os passos para a inserção dos dados na extensão MOLUSCE, numerados em sequência e descritos a seguir:

1. Abrir a extensão MOLUSCE clicando em *Raster > MOLUSCE > MOLUSCE*.
2. Selecionar o arquivo *raster*, com as classes de uso e cobertura da terra, do ano mais antigo (2011) como *Initial* e o arquivo *raster* mais atual (2014) como opção *Final*.

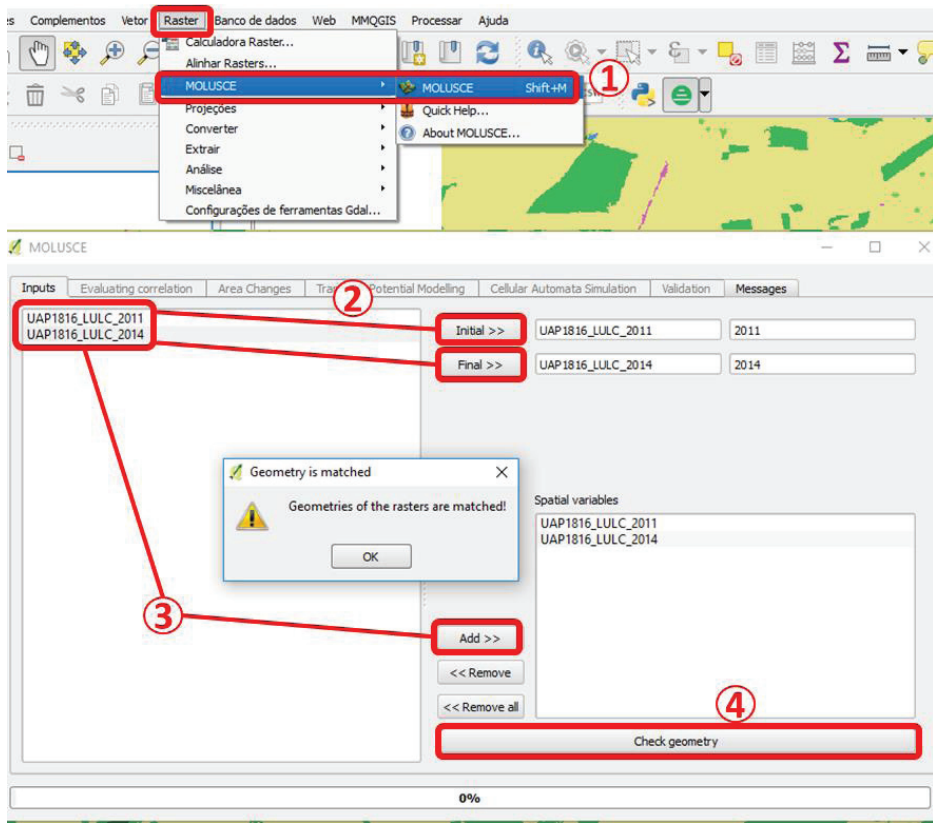


Figura 5. Inserção dos dados na extensão MOLUSCE.

- Mesmo o arquivo de variável espacial não sendo necessário para esta análise, é necessário indicá-lo. No exemplo foram utilizados os próprios arquivos *raster* com o uso e cobertura de cada ano;
- Clicar em *Check Geometry* e, caso a geometria coincidir, pode-se prosseguir para a análise. Se ocorrer algum erro, será necessário revisar os arquivos *raster* e padronizá-los em relação à sua extensão, sistemas de projeção e referência, legenda e resolução espacial.

O módulo de avaliação de correlação contém três técnicas para a execução da análise de correlação: i) Correlação de Pearson; ii) Coeficiente de Cramer; e iii) Incerteza de informação conjunta.

O usuário pode escolher realizar uma comparação entre dois arquivos *raster*, selecionando o primeiro e o segundo *raster*, ou entre todos os *raster* carregados no MOLUSCE. Pode-se executar a correlação, pressionando o comando Verificação (*Check*) localizado na parte inferior da janela. As técnicas do Coeficiente de Cramer e de Incerteza de informação conjunta trabalham apenas com dados categóricos. Nesse caso, os dados devem ser categorizados previamente (por ex. com o uso do GRASS).

Na etapa da geração da matriz de transição propriamente dita, as classes devem ser iguais, ou seja, a nomenclatura e número de classes devem ser as mesmas. Caso alguma classe apareça em somente uma das datas, o processamento não será realizado. A Figura 6

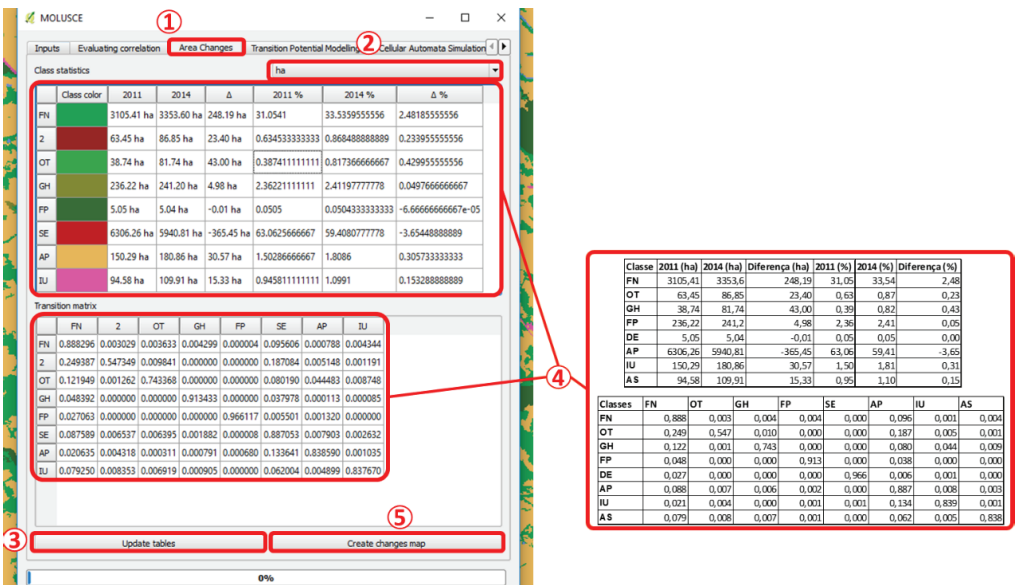


Figura 6. Matriz de transição.

apresenta os passos para gerar a matriz de transição.

1. Selecionar a guia *Area Changes* na extensão MOLUSCE.
2. Selecionar a unidade pré-definida no menu de opções da unidade.
3. Clicar em *Update tables* para carregar a matriz de transição.
4. Clicar com o botão direito do mouse na matriz e pressionar *CTRL + C* para copiar os dados. Pode-se colar os dados em uma planilha eletrônica como o Excel, OpenOffice ou Google Sheets.
5. Clicar no botão *Create changes map* para criar o mapa de transição. Essa nova camada será adicionada automaticamente ao QGIS e deverá ser salva como *GeoTiff*.

Procedimentos para a detecção de mudanças de uso e cobertura da terra usando ArcGis com a extensão Land Change Modeler (LCM)

O LCM usa como dados de entrada do modelo, dois mapas de uso e cobertura da terra que, no presente trabalho, correspondem aos anos de 2011 e 2014. A extensão LCM calcula as superfícies correspondentes às áreas onde houve mudança de classe, identificando quais as transições ocorridas, tanto em termos absolutos como percentuais.

Inicialmente, é necessário preparar os dados para realizar a análise,

padronizando-os em relação à sua extensão, sistemas de projeção e referência, legenda e resolução espacial. Para todos esses procedimentos será necessário dispor da licença da extensão *Spatial Analyst do Arcgis*. Os arquivos *raster* também devem ser reclassificados para uma numeração sequencial, iniciando com um número diferente de zero, conforme procedimentos numerados em sequência, descritos a seguir e mostrados nas Figuras 7 (passos 1 a 4), 8 (passos 5 e 6) e 9 (passos 7 a 10), respectivamente:

1. Acessar o menu *Spatial Analyst Tools*.
2. Acessar a opção *Reclass*.
3. Selecionar *Reclassify*.
4. Entrar com os valores *Old values* e *New Values*, correspondentes às colunas *Original* e *Alterado*, mostradas na Tabela 1.
5. Clicar com botão direito do mouse sobre a camada e ir em *Open Attribute Table*.
6. Adicionar campo *class_name* com o nome curto das classes (siglas).
7. Depois de criada a coluna, habilitar o modo *edição* para inserir o nome, ou sigla, das classes. Ir em *Data Management Tools > Raster > Raster Dataset > Copy Raster*, realizando a exportação com essa ferramenta.
8. A configuração deve ser: *NoData Value = 255*.
9. Preencher *Pixel Type = 8_BIT_UNSIGNED*.
10. Preencher *Format = TIFF*.

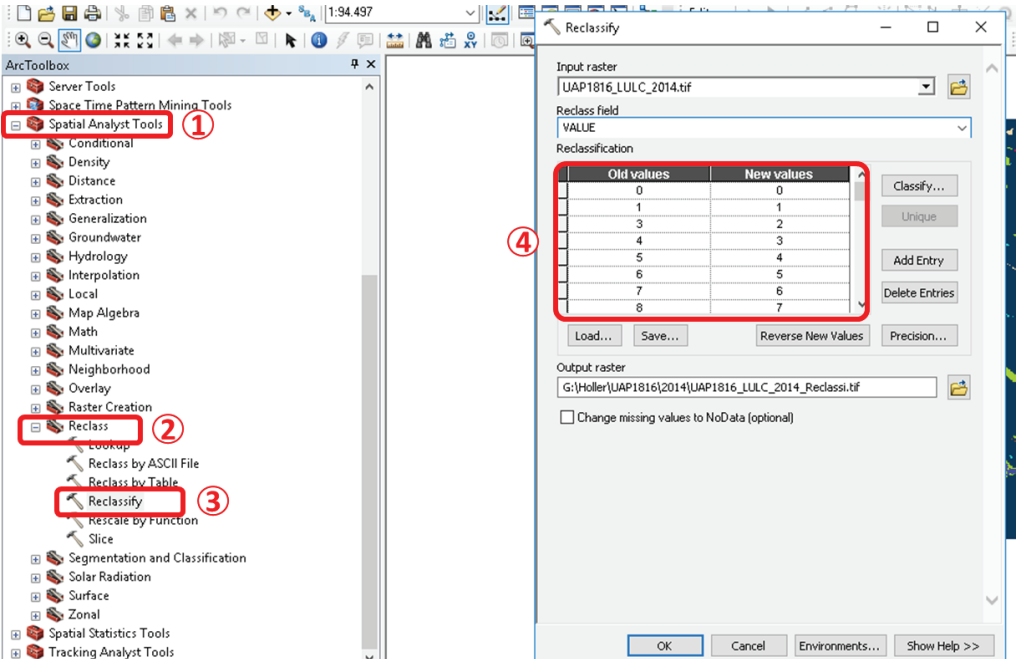


Figura 7. Reclassificação da numeração das classes no programa ArcGIS.

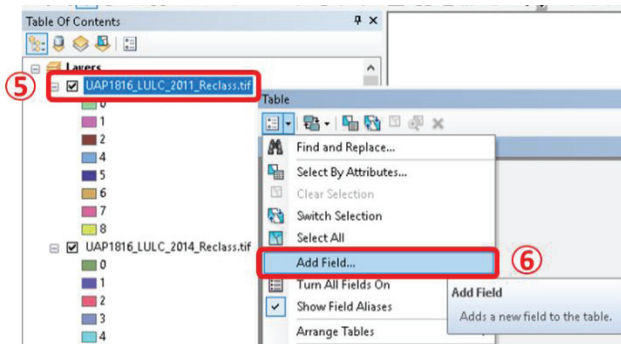


Figura 8. Procedimentos para adicionar campo à tabela no programa ArcGIS.

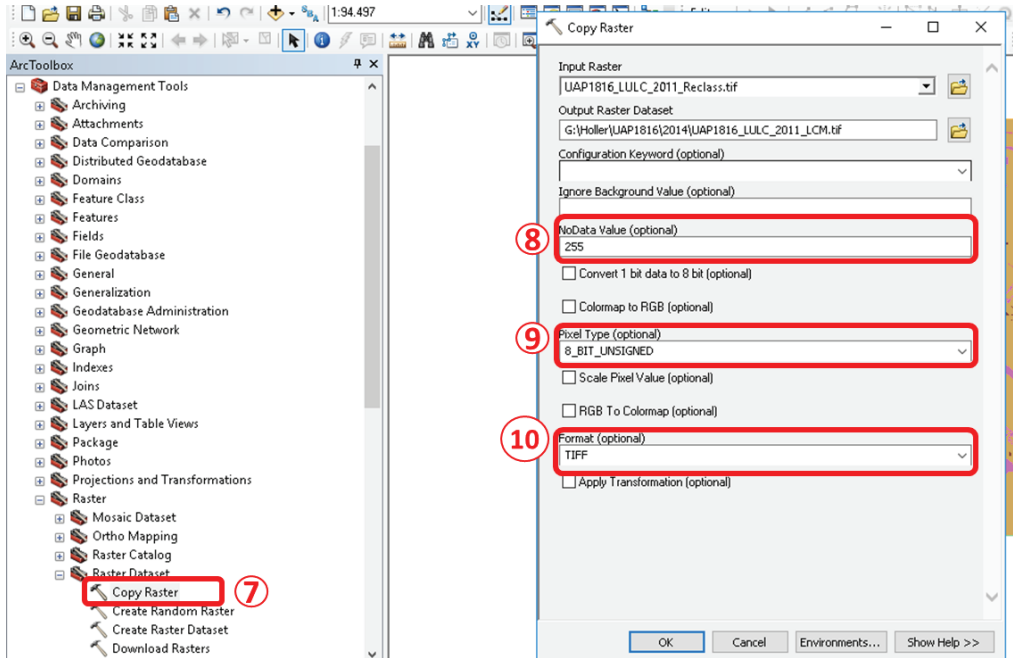


Figura 9. Procedimentos para salvar em formato *raster* no programa ArcGIS.

Tabela 1. Exemplo de como reclassificar a numeração das classes no ArcMap.

| Classe | Original | Alterado |
|---------------------------------|----------|----------|
| Área não Observada (ANO) | 0 | 0 |
| Floresta Natural (FN) | 1 | 1 |
| Outras Terras com Árvores (OTA) | 3 | 2 |
| Gramíneas e Herbáceas (GH) | 4 | 3 |
| Floresta Plantada (FP) | 5 | 4 |
| Solo Exposto (SE) | 6 | 5 |
| Agricultura e Pastagem (AP) | 7 | 6 |
| Influência Urbana (IU) | 8 | 7 |
| Superfície com Água (SA) | 9 | 8 |

A Tabela 1 segue a codificação Original, apresentada em Luz et al. (2018, p. 60).

Os procedimentos para carregar os dados para análise são mostrados na Figura 10, sendo numerados em sequência e descritos a seguir:

11. Depois de os dados estarem padronizados, inseri-los no LCM.
12. Clicar em *Continue...*

13. A aba *Change Analysis* ficará em evidência.

Durante a execução, a extensão LCM pode apresentar os seguintes avisos, mostrados na Figura 11:

- As áreas de segundo plano não correspondem ou o código de segundo plano não é 0 (zero).
- Categorias de legenda não coincidem.

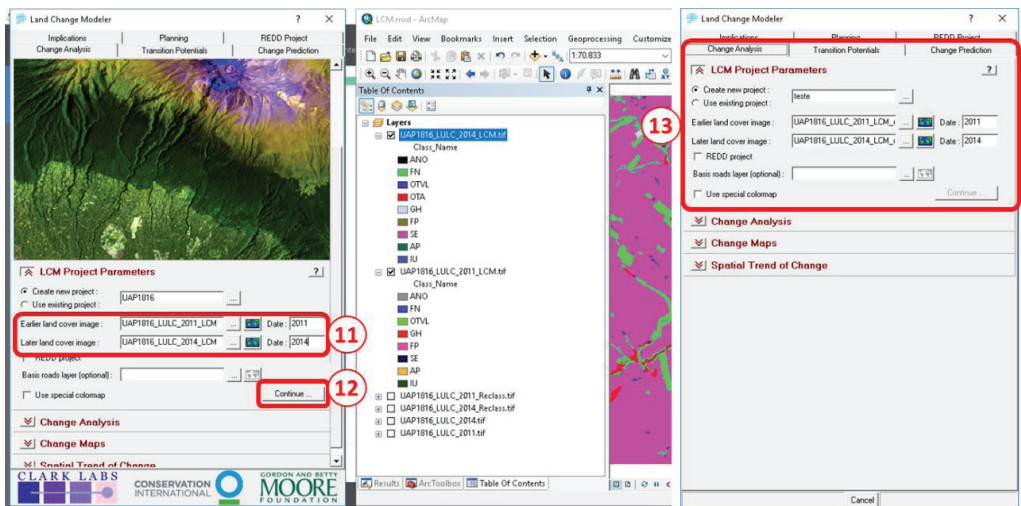


Figura 10. Inserção dos arquivos *raster* na extensão LCM do programa ArcGIS.

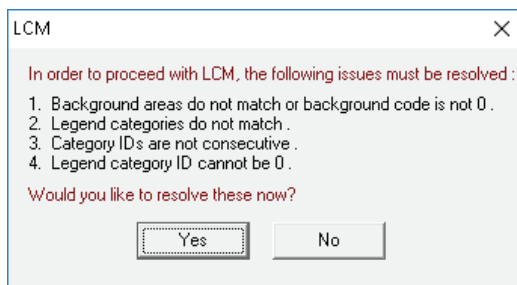


Figura 11. Avisos do LCM.

- IDs (*Identity* - Identificação) de categoria são números sequenciais.
- O ID da categoria de legenda não pode ser 0 (zero).

Se isso ocorrer com os dados o LCM abrirá uma tela onde é possível configurar as legendas e valores das classes do arquivo *raster*.

No LCM, mesmo que não exista alguma classe em uma das datas, é possível padronizar as legendas. Para isso, basta inserir a legenda da classe inexistente na data na qual não aparece, somente como um artifício para fins de processamento no LCM. Na extensão LCM é necessário que os números de classes, assim como as legendas, estejam presentes nas duas datas, mesmo que em uma determinada data

não seja encontrada uma determinada classe.

Depois de padronizadas as legendas o LCM calcula as alterações das classes ocorridas. A Figura 12 (passo 14 da análise de mudanças no LCM) apresenta a interface *Change Analysis*.

Para salvar os Mapas de Mudanças (*Change Maps*), devem ser observados os procedimentos mostrados na Figura 13, numerados em sequência e descritos a seguir:

14. Inserir um nome em *Output name*.
15. Clicar em *Create Map*.

Como resultado dos procedimentos será gerada uma nova camada *raster* com as alterações do tipo “de-para”, conforme mostrado na Figura 14.

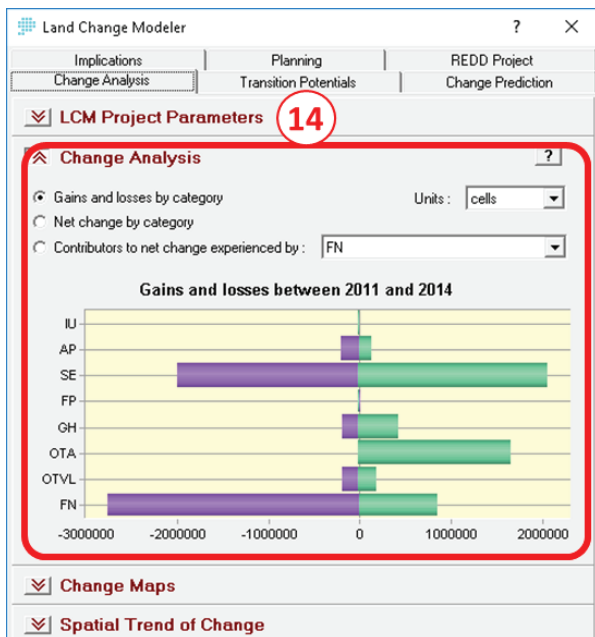


Figura 12. Janela da Análise de mudança na extensão LCM.

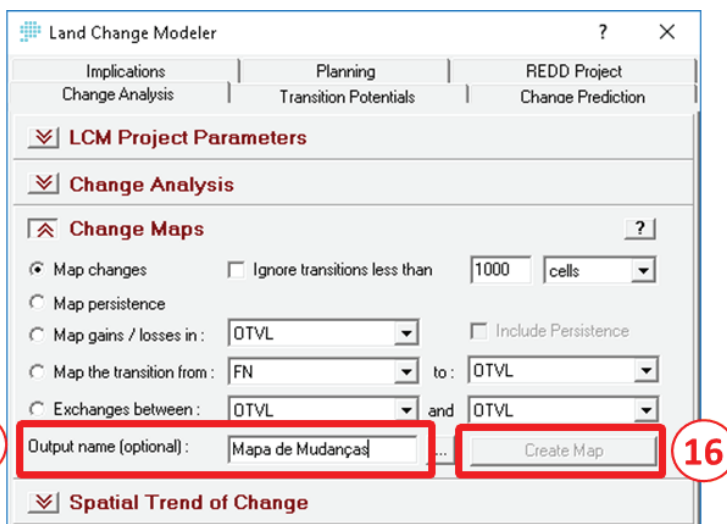


Figura 13. Geração do mapa de mudanças com a extensão LCM do programa ArcGIS.

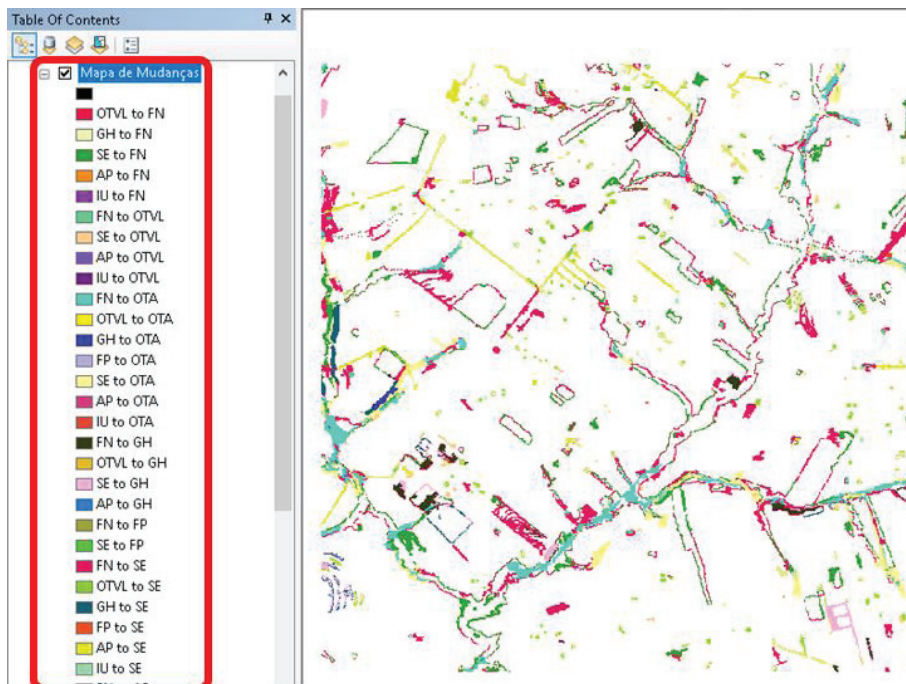


Figura 14. Janela do programa ArcGIS mostrando a representação *raster* da detecção de mudanças gerada com a extensão LCM

Considerações finais

Os resultados de uma análise de detecção de mudança fornecem subsídios para apoiar o planejamento estratégico de diretrizes que contemplem a gestão do território ao longo do tempo, especialmente o rural. Os procedimentos descritos podem ser replicados em outros trabalhos, desde que observada a sequência indicada. As extensões LCM e MOLUSCE podem ser utilizadas também para a geração de possíveis cenários de alteração do uso e cobertura da terra. O MOLUSCE já foi utilizado nos trabalhos de Habel et al. (2018), Requena-Mullor et al. (2017) e Rahman et al. (2017), para avaliar a dinâmica temporal da mudança do uso e cobertura da terra e previsão de alterações das classes. O LCM já foi aplicado para detectar mudanças e análise de tendências de alteração de uso e cobertura da terra (Václavik; Rogan, 2009; Holler, 2018), desmatamento tropical (Koi; Murayama, 2010), crescimento urbano (Aguejdad; Houet, 2008), erosão sob diferentes cenários de conservação (Gaspari et al., 2009) e modelagem de habitat (Gontier et al., 2009). Outros exemplos de aplicação do LCM podem ser encontrados em Mobaied et al. (2011), Sang et al. (2011) e Adhikari e Southworth (2012).

Referências

ADHIKARI, A.; SOUTHWORTH, J. Simulating forest cover changes of Bannerghatta National Park based on a CA-Markov model: a remote

sensing approach. **Remote Sens.**, v. 4, p. 3215-3243, 2012. DOI: 10.3390/rs4103215.

AGUEJDAD, R.; HOUET, T. Modeling of urban sprawl using the land change modeler on a French metropolitan Area (Rennes): foresee the unpredictable. In: SYMPOSIUM "SPATIAL LANDSCAPE MODELLING: From Dynamic Approaches to Functional Evaluations", 2008, Toulouse. Available from: <http://w3.geode.univ-tlse2.fr/rtp-modelisation/documents/resumes/mardi/aguejdad_al.pdf>. Access on: 5 Oct. 2017.

CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to remote sensing**. 5th ed. New York: The Guilford Press, 2011. 677 p.

CLARK LABS. **Land change modeler in TerrSet**. 2017. Available from: <<https://clarklabs.org/land-change-modeler-for-arcgis/>>. Access on: 05 out. 2017.

ESRI. **ArcGIS Desktop**: release 10.5. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2017.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, p. 23-38, 2001. DOI: 10.1017/S0376892901000030.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLO-WAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, p. 570-574, 2005. DOI: 10.1126/science.1111772.

FREITAS, J. V.; OLIVEIRA, Y. M.; ROSA, C. M. M.; MATTOS, P. P.; ROSOT, M. A. D.; BRENA, D. A.; GOMIDE, G. L. A.; PIOTTO, D.; GARRASTAZU, M.; SANQUETTA, C.; PAULO, L. C. B.; PONZONI, F. J.; OLIVEIRA, L.; QUEIROZ, W. T. Brazil. In: VIDAL, C.; ICIAR, A.; HERNÁNDEZ, L.; REDMOND, J. (Ed.). **National forest inventories**: assessment of wood availability and use. Cham: Springer, 2016. p. 197-212. DOI: 10.1007/978-3-319-44015-6_10.

GASPARI, F. J.; DELGADO, M. I.; SENSITERRA, G. E. Simulación espacio-temporal de la erosión

hídrica superficial en una cuenca serrana bonaerense. **Geo-Focus**, n. 9, p. 67-82, 2009.

GONTIER, M.; MORTBERG, U.; BALFORS, B. Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 1, p. 8-18, 2009.

HABEL, J. C.; TEUCHER, M.; ULRICH, W.; SCHMITT, T.; PETTORELLI, N.; HORNING, N. Documenting the chronology of ecosystem health erosion along East African rivers. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 4, p. 34-43, 2018. DOI: 10.1002/rse2.55.

HOLLER, W. A. **Proposta metodológica para a classificação, a análise e o monitoramento das paisagens rurais no município de Caçador (SC), em 2011 e 2014**. 2018. 142 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba. Disponível em: < http://www.lactec.org.br/?post_type=menu-capacitacao&p=9545 >. Acesso em: 25 set. 2018.

KOI, D. D.; MURAYAMA, Y. Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. **Remote Sens**, v. 2, p. 1249-1272, 2010. DOI: 10.3390/rs2051249.

LUZ, N.; MARAN, J.; GARRASTAZU, M.; ROSOT, M. A.; FRANCISCON, L.; HOLLER, W. A.; GAIAD, N. P.; OLIVEIRA, Y.; FREITAS, J. V. **Manual das unidades amostrais de paisagem do inventário florestal nacional**: Parte I: Procedimentos para a execução do mapeamento de uso e cobertura da terra usando regras de classificação customizadas por UAP ou genéricas, respectivamente. Colombo: Embrapa Florestas, 2018a. (Embrapa Florestas. Documentos, 316).

LUZ, N.; MARAN, J.; ROSOT, M. A.; GARRASTAZU, M.; FRANCISCON, L.; OLIVEIRA, Y.; FREITAS, J. V. **Manual das unidades amostrais de paisagem do inventário florestal nacional**: Parte II: Procedimentos para a execução do controle de qualidade do mapeamento de uso e cobertura da terra. Colombo: Embrapa Florestas, 2018b. (Embrapa Florestas. Documentos, 317).

MOBAIED, S.; RIERA, B.; LALANNE, A.; BAGUETTE, M.; MACHON, N. The use of diachronic spatial approaches and predictive modelling to study the vegetation dynamics of a managed heathland. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 1, p. 73-88, 2011. DOI: 10.1007/s10531-010-9947-1.

MODULES FOR LAND USE CHANGE SIMULATIONS. **Nextgis / molusce**. [S.l.]: Asia Air Survey; NextGIS, 2018. Available from: < <https://github.com/nextgis/MOLUSCE> >. Access on: 18 maio 2018

PAEGELOW, M.; CAMACHO OLMEDO, M. T. Possibilities and limits of prospective GIS land cover modelling: a compared case study: Garrotxes (France) and Alta Alpujarra Granadina (Spain). **International Journal of Geographical Information Science**, v. 19, n. 6, p. 697-722, 2005.

QGIS. **Descubra o QGIS**. 2018. Disponível em: < https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html >. Acesso: 18 maio 2018.

RAHMAN, M.; TABASSUM, F.; RASHEDUZZAMAN, M.; SABA, H.; SARKA, L.; FERDOUS, J.; UDDIN, S. Z.; ISLAM, A. Z. M. Z. Temporal dynamics of land use/land cover change and its prediction using CA-ANN model for southwestern coastal Bangladesh. **Environmental Monitoring and Assessment**, p. 189-565, 2017. DOI: 10.1007/s10661-017-6272-0.

REQUENA-MULLOR, J. M.; LÓPEZ, E.; CASTRO, A. J.; ALCARAZ-SEGURA, D.; CASTRO, H.; REYES, A.; CABELLO, J. Remote-sensing based approach to forecast habitat quality under climate change scenarios. **PLoS ONE**, v. 12, n. 3, e0172107, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0172107

SANG, L.; ZHANG, C.; YANG, J.; ZHU, D.; YUN, W. Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA e Markov model. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 54, p. 938-943, 2011. DOI: 10.1016/j.mcm.2010.11.019.

SMITH, P.; BUSTAMANTE, M.; AHAMMAD, H.; CLARK, H.; DONG, H.; ELSIDDIG, E. A.; HABERL, H.; HARPER, R.; HOUSE,

J.; JAFARI, M.; MASERA, O.; MBOW, C.; RAVINDRANATH, N. H.; RICE C. W.; ABAD, C. R.; ROMANOVSKAYA, A.; SPERLING, F.; TUBIELLO, F. 2014: Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: EDENHOFER, O.; PICHSMADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; STECHOW, C. VON; ZWICKEL, T.; MINX, J. C. (Ed.). **Climate Change 2014: mitigation of climate change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

TURNER II, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 52, p. 20666–20672, 2007. Available from: <<https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104>>. Access on: 11 maio 2016.

VÁCLAVÍK, T.; ROGAN, J. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central europe: a case study of the Greater Olomouc Region, Czech Republic. **GIScience & Remote Sensing**, v. 46, n. 1, p. 54-76, 2009. DOI: 10.2747/1548-1603.46.1.54.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2018)



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

Álvaro Figueredo dos Santos, Gizelda Maia

Rego, Guilherme Schnell e Schühli, Ivar

Wendling, Luis Cláudio Maranhão Froufe,

Maria Izabel Radomski, Marilice Cordeiro

Garrastazu, Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Imagens da capa

Wilson Anderson Holler