

Manual de Análise de Paisagem
volume 1

Procedimentos para a execução do mapeamento de uso e
cobertura da terra



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 316

Manual de Análise de Paisagem
volume 1

Procedimentos para a execução do mapeamento de uso e
cobertura da terra

*Naissa Batista da Luz
Jéssica Caroline Maran
Marilice Cordeiro Garrastazu
Maria Augusta Doetzer Rosot
Luziane Franciscon
Wilson Anderson Holler
Natália Peixoto Gaia
Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Joberto Veloso de Freitas*

Exemplares desta publicação 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/fale-conosco/sac

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, Valderés Aparecida
de Sousa*

Supervisão editorial
José Elidney Pinto Júnior

Revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Foto da capa
Marilice Cordeiro Garrastazu

1ª edição
Versão digital (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Manual de análise da paisagem: volume 1: procedimento para a execução
do mapeamento de uso e cobertura da terra. [recurso eletrônico] /
Naissa Batista da Luz ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2018.
92 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ;
316)

Modo de acesso:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Análise de imagens. 3.
Monitoramento ambiental. 4. Silvicultura de precisão. I. Luz, Naissa Bastista
da. II. Maranhão, Jéssica Caroline. III. Garrastazu, Marilice Cordeiro. IV. Rosot,
Maria Augusta Doetzer. V. Franciscan, Luziane. VI. Holler, Wilson Anderson.
VII. Gaiad, Natália Peixoto. VIII. Oliveira, Yeda Maria Malheiros de. IX.
Freitas, Joberto Veloso de. X. Série.

CDD (21. ed.) 621.3678

Autores

Naissa Batista da Luz

Engenheira florestal, doutora em Ciências Geodésicas, consultora FAO, Colombo, PR

Jéssica Caroline Maran

Engenheira florestal, mestre em Engenharia Florestal, consultora FAO, Colombo, PR

Marilice Cordeiro Garrastazu

Engenheira florestal, mestre em Engenharia Agrícola, pesquisadora 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

Wilson Anderson Holler

Engenheiro cartógrafo, especialista em Geoprocessamento, analista da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Natália Peixoto Gaiad

Engenheira florestal, mestranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Yeda Maria Malheiros de Oliveira

Engenheira florestal, doutora em Ciências Florestais, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Joberto Veloso de Freitas

Engenheiro florestal, doutor em Manejo Florestal, Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, DF

Apresentação

O Inventário Florestal Nacional (IFN-BR) visa fundamentar a formulação e implementação de políticas públicas de desenvolvimento, uso e conservação dos recursos florestais, bem como a gestão desses recursos, por meio de informações suficientes, confiáveis e periodicamente atualizadas, coletadas no campo. Estudos em escala de paisagem, por sua vez, também têm adquirido importância fundamental dentro desse contexto, por permitirem a avaliação da dinâmica de uso e cobertura da terra e das interações entre padrões espaciais e processos ecológicos, envolvendo florestas e outros usos da terra, como a agricultura.

Por sua vez, a Política Nacional de Meio Ambiente no Brasil tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Dessa maneira, o objetivo geral da Política Nacional do Meio Ambiente está dividido em preservação, melhoramento e recuperação do meio ambiente. Para poder implementar ações relativas a tais objetivos, requer-se instrumentos de diagnóstico e análise que permitam mapear e avaliar ecossistemas e os respectivos serviços que proveem em seus territórios, ambos espacialmente explícitos. Daí advém a necessidade de incluir dados e indicadores espaciais na análise. Nessa avaliação, torna-se também necessário traduzir o resultado de abordagens técnico-científicas em informação compreensível para a implementação de políticas públicas e tomada de decisão, o que pode ser feito por meio de mapas, indicadores, relatórios e gráficos.

Assim, a Embrapa Florestas desenvolveu, em conjunto com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e com o suporte da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), uma metodologia para a análise espacial da estrutura da paisagem no contexto do IFN-BR. O objetivo do denominado Componente de Paisagem dentro do projeto do IFN-BR, ao longo das diferentes edições, é observar a dinâmica de uso das florestas por meio de imagens orbitais, em escalas compatíveis com os interesses nacionais e estaduais e utilizando, para tanto, indicadores como mudanças no uso da terra e fragmentação florestal. De tal maneira, pretende-se produzir informações sobre a importância e qualidade dos recursos florestais em relação a outros usos da terra, em escala de paisagem, ressaltando suas funções, qualidade e pressões incidentes, de modo a subsidiar a formulação de políticas públicas que sejam apropriadas à região e à sua escala de abordagem.

A análise da paisagem complementa outros dois componentes do IFN-BR, a coleta de dados em campo e o levantamento socioeconômico, além de ser destinada ao monitoramento do componente

florestal em escala de paisagem, ao longo do tempo. Nesse contexto estão inseridas as chamadas Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs), por meio das quais é implementado o Componente de Paisagem do IFN-BR, concebidas para oferecer um ferramental que permita ao usuário a visualização de aspectos da paisagem conjugados sob a forma de indicadores e seus respectivos índices. As UAPs são áreas amostrais permanentes de 100 km², distribuídas sistematicamente em um grid de 40 km x 40 km sobre todo o território nacional, perfazendo um total de aproximadamente 5.500 unidades. Todas as UAPs contêm uma Unidade Amostral de Campo do IFN-BR, na forma de um conglomerado, localizada em seu centro geométrico. Dessa maneira, a estratégia adotada foi desenvolver a metodologia de todos os componentes do IFN-BR com vistas à sua integração e posterior análise conjunta.

Uma vez que proporcionam a possibilidade de análises estáticas, ou seja, em apenas uma ocasião, ou dinâmicas - quando os índices são calculados em sucessivas ocasiões - as UAPs constituem unidades de diagnóstico e de monitoramento. A base para o cálculo dos índices de paisagem e posteriores análises é o **mapa de uso e cobertura da terra**, obtido por meio de processos de classificação pixel a pixel e análise de imagens orientada a objetos. Assim, os indicadores e índices de paisagem permitem estabelecer um diagnóstico integrado de cada UAP, que, por sua vez, reflete uma determinada combinação de características biogeoclimáticas (classe territorial ou ecorregião), associadas a fatores de influência antrópicos ou naturais que ocorrem naquela localidade.

O presente manual se atém à descrição detalhada dos procedimentos relativos ao mapeamento do uso e cobertura da terra, adotando-se uma metodologia que envolve o uso de regras genéricas para a classificação de objetos de imagem.

Sérgio Gaiad

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Lista de Figuras

Figura 1. Janela de trabalho no ArcGIS com os arquivos vetoriais das UAPs do projeto piloto (1) e os limites do estado do Paraná (2) (apenas para referência), bem como a localização da ferramenta <i>Buffer</i> na caixa de ferramentas <i>ArcToolbox</i> (3).....	19
Figura 2. Janela de comando da ferramenta <i>Buffer</i> . Em (1) indica-se o arquivo vetorial a ser processado, em (2) o nome e localização do arquivo a ser gerado, em (3) a distância a ser adotada para a geração do <i>buffer</i> e em (4) a unidade de distância considerada.	20
Figura 3. Janela de trabalho no ArcGIS apresentando o arquivo vetorial gerado pela aplicação da ferramenta <i>Buffer</i> em (1). Em (2), ampliação de uma das UAPs para visualização do resultado gráfico da aplicação da ferramenta, e a localização da ferramenta <i>Minimum Bounding Geometry</i> dentro da <i>ArcToolbox</i> em (3).....	20
Figura 4. Janela de comando da ferramenta <i>Minimum Bounding Geometry</i>	21
Figura 5. Bandas espectrais dos sensores a bordo dos satélites <i>RapidEye</i> . Observar que não há recobrimento entre as bandas do vermelho, <i>Red Edge</i> e NIR	22
Figura 6. Curvas de reflectância espectral típicas de superfícies selecionadas em relação às bandas <i>RapidEye</i>	23
Figura 7. Página inicial do site Geo Catálogo do MMA, acessível a partir de login e senha. .	24
Figura 8. Página de abertura após o login, indicando no item (1) a aba “Catálogo”, que deve ser acessada para a realização de buscas das imagens orbitais disponíveis.	24
Figura 9. Janela de busca de imagens no Geo Catálogo, indicando o tipo de imagem (<i>RE 3A</i>), a cobertura (terceira Cobertura), o ID da quadrícula selecionada (p. ex.: 2227614), e a cena desejada.	25
Figura 10. Janelas do software ArcGIS ilustrando o esquema de seleção da UAP de interesse utilizando a ferramenta de seleção por atributos (1). No exemplo, foi selecionada a UAP1343, destacada em ciano na tabela de atributos (2).....	26
Figura 11. Janela da ferramenta de seleção por atributos <i>Select By Attributes</i> do software ArcGIS ilustrando a seleção de uma UAP por meio de seu código identificador (ID = 1343)....	27
Figura 12. Janelas do software ArcGIS ilustrando o cruzamento espacial entre a UAP de interesse e o arquivo vetorial contendo os limites das quadrículas RE.	27
Figura 13. Resultados da busca pelo ID da quadrícula de interesse e seleção da forma de download do arquivo, que deve ser descarregado em seu formato original (terceira opção da lista).....	28

Figura 14. Janelas do ArcGIS mostrando (a) a localização da ferramenta <i>Reclassify</i> (item 1) na <i>ArcToolbox</i> e (b) a janela da ferramenta, ilustrando o processo de recodificação dos dados da camada <i>raster</i> para valores entre 0 (< 30) e 1 (≥ 30).....	29
Figura 15. Janelas do ArcGIS mostrando (a) a localização da ferramenta <i>Minus</i> (item1) na <i>ArcToolbox</i> e (b) a janela da ferramenta, ilustrando o processo de subtração entre duas camadas <i>raster</i>	30
Figura 16. Janelas do ArcGIS ilustrando as etapas para (a) adição de um novo campo (b) do tipo texto, (c) a ser preenchido com os dados presentes na coluna “VEG_PRETET”.....	32
Figura 17. Estrutura de pastas criada com a instalação do aplicativo <i>IMPACT Toolbox</i> , onde encontra-se a pasta <i>DATA</i> (item (1), em (a)) e onde devem ser alocadas as imagens a serem processadas em (b), item (1). O programa é inicializado a partir do arquivo <i>START_Impact.bat</i> ((a), item (2)).	34
Figura 18. Janela de interface do aplicativo <i>IMPACT ToolBox</i> , desenvolvido pelo JRC e fornecido à Embrapa Florestas. A calibração das imagens pode ser executada a partir do comando em (1), selecionando-se as cenas que se deseja processar (item (2)) e que estão disponíveis na pasta <i>RAW_data</i> , relacionados em (3).....	34
Figura 19. Imagens RE que recobrem a UAP 1143 e arquivo vetorial que define sua área de abrangência em destaque em vermelho. Para a seleção da área de recorte, utilizar a opção <i>Spatial Subset</i> como indicado no item (1).	35
Figura 20. Janela de seleção do arquivo, que é estendida quando é selecionada a opção <i>Spatial Subset</i> , permitindo a definição da área de recorte da imagem a ser criada (a), e atualização da janela de recorte com os limites da área (linhas vermelhas com pontos azuis, como em (b)).	36
Figura 21. Localização da ferramenta <i>Map Based Mosaic</i> do menu <i>Map > Mosaicking > Georeferenced</i> do software ENVI 5.1.	37
Figura 22. Localização da ferramenta de construção de mosaico em (a) e seleção e forma de importação das imagens a serem mosaicadas em (b).....	38
Figura 23. Janela para edição das propriedades do mosaico em (a), janela da ferramenta de construção de mosaico com as opções disponíveis ao clicar sobre determinada imagem com o botão direito do mouse em (b).....	38
Figura 24. Janela do assistente de construção do mosaico, apresentando o modelo de mosaico a ser criado, com as cenas 2227118 e 2227119. Abaixo do mosaico (em (1)), a janela de demonstrativo das cenas com os principais parâmetros de construção de mosaico.	39
Figura 25. Seleção da opção <i>Apply</i> a partir do Menu <i>File</i> para geração do mosaico a partir do modelo criado em (a), e parâmetros para a geração do mosaico final (b).....	40
Figura 26. Esquema de construção da nomenclatura adotada nas UAPs do IFN – Componente Paisagem.....	47
Figura 27. Áreas compostas por vegetação do tipo “Floresta Ombrófila Mista”, com presença da espécie <i>Araucaria angustifolia</i> , segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	48
Figura 28. Área composta por vegetação do tipo “Sava Estépica Arborizada”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as respostas espectrais na imagem (a) <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth, em duas épocas diferentes: Julho – período chuvoso (b) e Setembro – época seca (c).....	49

Figura 29. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Arborizada”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.....	49
Figura 30. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Estépica Arborizada”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe Floresta Natural na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.....	49
Figura 31. Áreas correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando uma área com alta densidade de cobertura de copas em (a) e (d); com menor densidade em (b) e (e); e uma área de transição em (c) e (f), recoberta por Floresta Ombrófila Densa (porção superior, com textura rugosa) e mangue (porção inferior, com textura lisa), na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	50
Figura 32. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Floresta Plantada”, ilustrando áreas com plantios de diferentes idades em (a), (d), (c) e (f), bem como uma área temporariamente sem estoque devido ao corte raso (b) e (e), na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	51
Figura 33. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Parque”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe Outras Terras com Vegetação Lenhosa na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	52
Figura 34. Áreas compostas por vegetação do tipo Savana Estépica Parque, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe Outras Terras com Vegetação Lenhosa na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.....	52
Figura 35. Áreas compostas por vegetação do tipo “Estepe Parque”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Outras Terras com Vegetação Lenhosa” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	53
Figura 36. Áreas correspondentes à classe “Outras Terras com Vegetação Lenhosa” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando áreas compostas por vegetação do tipo (a) e (d) “Campinarana”, (b) e (e) “Formação Pioneira com Influência Fluvial” e (c) e (f) “Formação Pioneira Arbustiva com Influência Marinha”, segundo classificação do IBGE/Radam, na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	53
Figura 37. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Outras Terras com Árvores”, cujos polígonos aparecem selecionados em azul, na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R)....	54
Figura 38. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Agricultura e Pastagem” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de culturas cíclicas (a), (b), (d) e (e); e pomar com presença de quebra-ventos (c) e (f) na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) (a, b e c) e no GoogleEarth (d, e e f).....	54
Figura 39. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Agricultura e Pastagem” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de áreas voltadas ao pastoreio do gado na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	55
Figura 40. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Influência Urbana” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de edificações presentes no meio rural em (a) e (d); vilas em (b) e (e); e cidade em (c) e (f), na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	56

Figura 41. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Gramíneo-Lenhosa”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Gramíneas e Herbáceas” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) (a, b e c) e no GoogleEarth (d, e e f).....	57
Figura 42. Resposta espectral da vegetação pertencente à classe “Gramíneas e Herbáceas” na (a) imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R), (b) GoogleEarth e em (c) fotografia panorâmica da mesma área.....	57
Figura 43. Áreas compostas por vegetação do tipo “Estepe Gramíneo-Lenhosa”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Gramíneas e Herbáceas” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	57
Figura 44. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Gramíneas e Herbáceas” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando (a) e (d) campos de altitude no estado do Paraná e (b), (e), (c) e (f) áreas úmidas na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	58
Figura 45. Exemplos de áreas pertencentes às classes “Dunas e Afloramentos Rochosos” e “Solo exposto” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de bancos de areia (a), (b), (d) e (e); área de mineração (c) e (f), na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	58
Figura 46. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Superfície com água” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral na imagem <i>RapidEye</i> (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.	59
Figura 47. Janela de interface do aplicativo IMPACT ToolBox, desenvolvido pelo JRC e fornecido à Embrapa Florestas, indicando no item “1” a ferramenta de classificação automática.	63
Figura 48. Interface da ferramenta <i>Automatic Classification</i> do software IMPACT Toolbox.	63
Figura 49. Resultado da classificação pixel a pixel (a), por meio da ferramenta <i>Automatic Classification</i> do software IMPACT Toolbox, para o mosaico da UAP 1143 (b).	64
Figura 50. Janela inicial do software eCognition, onde deve ser selecionado o modo de inicialização do programa, modo de configuração de regras ou <i>Rule Set Mode</i> (1).	65
Figura 51. Janela principal do software eCognition ilustrando a criação de um novo projeto, selecionando-se a opção <i>New Project</i> (1) a partir do menu <i>File</i>	65
Figura 52. Janela para a criação de novos projetos <i>Create Project</i> , onde pode ser selecionada a área de abrangência geográfica por meio da opção <i>Subset Selection</i> (1), podem ser inseridas imagens (2), informações temáticas (3) e metadados no novo projeto (4).	66
Figura 53. Janela de atributos das imagens inseridas ao criar o projeto, item <i>Image Layers Alias</i> (a). Ao correr a barra de rolagem para a direita, podem ser observadas as coordenadas de canto da imagem (itens 1 a 4 em (b)).....	67
Figura 54. Janela de criação de um novo projeto com a barra de rolagem inferior posicionada à extrema direita, exibindo as coordenadas de canto da imagem (mosaico) RE (item (1)). Janela de seleção de uma sub-área <i>Subset Selection</i> , exibindo a imagem RE demarcada por linhas vermelhas ao centro e as opções de seleção da área abaixo, no item <i>Subset</i> (item (2))......	68
Figura 55. Janela de trabalho principal do software eCognition, demonstrando a seleção da ferramenta árvore de processos (<i>Process Tree</i>) a partir do menu principal (item (1)), bem como a janela árvore de processos (item (2)), demonstrando a seleção da opção que permite carregar uma árvore de processos existente (<i>Load Rule Set</i>) (item (3)).	69

Figura 56. Árvore de processos utilizada para a segmentação das imagens RE no software eCognition.	70
Figura 57. Execução da árvore de processos para a segmentação da imagem, selecionado-se a opção executar (<i>Execute</i>), disponível ao clicar com o botão direito do mouse sobre o processo principal da árvore ou, alternativamente, manter selecionado e pressionar a tecla F5.	71
Figura 58. Janela da árvore de processos do software eCognition, indicando a inclusão de um novo processo-pai no mesmo nível do processo de segmentação, por meio do menu ativado com o clique no botão direito do mouse sobre o processo existente <i>Segmentation_Area_100m2</i>	72
Figura 59. Janela do software eCognition de configurações do processo.	73
Figura 60. O processo <i>Basic Classification</i> é adicionado no mesmo nível hierárquico do processo de sementação da imagem no software eCognition.	74
Figura 61. Janela da árvore de processos, indicando a forma de inserção de novos processos-filho, subordinados ao processo-pai <i>Basic Classification</i> , por meio da opção <i>Insert Child</i>	74
Figura 62. Janela de configurações do processo (a) quando selecionado o algoritmo de atribuição de classes (<i>assign class</i>) aos polígonos de segmentação ((a), item (1)). Configurações do processo para atribuir todos os objetos do nível 1 <i>Level_MMU_5ha</i> ((b), item (1)) de todas as classes ((b), item (2)), de acordo com uma condição limiar a ser estabelecida ((b), itens (4) e (5)). O atributo selecionado ((c), item (6)) define que todos os objetos que tiverem valor maior ou igual a 1 ((c), itens (2) e (3)) na camada de informação <i>Remanescentes</i> , serão atribuídos à classe “Floresta” ((d) e (e), item (1)).	75
Figura 63. Janela de seleção de atributos <i>Select Single Feature</i> , demonstrando o posicionamento do atributo “moda” (<i>mode</i>) dos remanescentes florestais.	76
Figura 64. Árvore de processos com o primeiro processo de classificação adicionado, demonstrando as opções para a execução de processos individuais.	77
Figura 65. Modelo de árvore de processos para a classificação dos polígonos de segmentação.	78
Figura 66. Interface do software QGIS. No item (1) encontra-se indicado o ícone para adicionar camadas do tipo vetorial (<i>shapefile</i>) ao projeto, e no item (2) o ícone para adicionar camadas do tipo matricial (<i>raster</i>).	80
Figura 67. Barra de ferramentas principal do software QGIS, indicando a localização da ferramenta <i>Grade vetorial</i> (a) e sua respectiva janela (b), com os parâmetros a serem utilizados para a criação da grade vetorial.	80
Figura 68. Interface da tabela de atributos (a), indicando no item (1) o botão de ativação da edição, em (2) e (3) os ícones para a criação ou exclusão de colunas, respectivamente, e em (4) a calculadora de campo, cuja interface é ilustrada em (b).	81
Figura 69. Interface da aba <i>Estilo</i> , na janela das propriedades da camada <i>raster</i> , exemplificando a escolha de composição para o mosaico <i>RapidEye</i>	82
Figura 70. Interface da janela de opções de rotulação da camada (a) e resultado da aplicação de rótulos utilizando a coluna <i>Class_name</i> (b).	82
Figura 71. Interface do software QGIS exibindo a tabela de atributos do arquivo vetorial referente à classificação preliminar do uso e cobertura da terra a ser editada, onde as camadas selecionadas (em amarelo no <i>display</i> e em azul na tabela de atributos) estão classificadas como pertencente à classe “Floresta Plantada”, embora ocupem uma porção de área pertencente à classe “Floresta Natural”.	83

Figura 72. Barra de ferramentas principal do software QGIS indicando a localização do <i>plugin OpenLayers plugin</i>	84
Figura 73. Interface do software QGIS exibindo a utilização das imagens do Google Earth como uma camada auxiliar no SIG.	85
Figura 74. Exemplos de áreas que podem ser classificadas incorretamente pelo processo automático, mostrando a resposta espectral no mosaico <i>RapidEye</i> com a composição R5G4B3 e nas imagens do Google Earth.	86
Figura 75. Janelas do software QGIS: caixa de ferramentas mostrando a localização da ferramenta <i>Selecionar por atributo</i> (a); interface da ferramenta <i>Selecionar por atributo</i> (b); e interface da <i>Calculadora de campo</i> (c).....	87
Figura 76. Janelas do software QGIS ilustrando a localização da ferramenta GDAL <i>Converter vetor para raster</i> (a), bem como o processo de rasterização por meio dessa (b) e posterior exportação do <i>raster</i> em formato GTiff (c).....	89
Figura 77. Janelas do software ArcMap ilustrando o processo de criação de um novo sistema de coordenadas projetadas.....	90

Lista de Tabelas

Tabela 1. Especificações técnicas da constelação <i>RapidEye</i>	22
Tabela 2. Codificação dos dados utilizados para a geração da camada correspondente à cobertura arbórea para o ano de 2014, denominada “remanescentes”.....	30
Tabela 3. Descrição dos campos presentes na tabela de atributos do mapa Radam.....	31
Tabela 4. Compatibilização da legenda adotada pelo IFN-Componente Paisagem, legenda do sistema fitogeográfico oficial (IBGE, 2012), FAO e IPCC.	42
Tabela 5. Descrição sucinta e codificação das classes de uso e cobertura da terra das UAPs do IFN-BR.	60
Tabela 6. Classes temáticas geradas pela classificação automática pixel a pixel do software IMPACT Toolbox, descrição e respectiva codificação RGB.....	62
Tabela 7. Relação das camadas de informação a serem inseridas no projeto do eCognition, bem como a respectiva nomenclatura adotada.....	66
Tabela 8. Arquivos necessários ao início do projeto no eCognition, respectivo nome e extensão.....	68
Tabela 9. Codificação da legenda de cores para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.....	79
Tabela 10. Ferramentas do software QGIS utilizadas no processo de edição do mapa de uso e cobertura da terra e interpretação visual das imagens <i>RapidEye</i>	84

Lista de abreviaturas e siglas

BCIM	- Base Cartográfica Contínua do Brasil
EE	- Espectro eletromagnético
EVI	- Enhanced Vegetation Index ou Índice de Vegetação Enriquecido
FAO	- Food and Agriculture Organization of the United Nations
FUNCATE	- Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	- Identificador
IFN-BR	- Inventário Florestal Nacional do Brasil
IPCC	- Intergovernmental Panel on Climate Change
JRC	- Joint Research Centre
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NC	- Nível de cinza
ND	- Número digital
<i>NDVI</i>	- Normalized Difference Vegetation Index
NIR	- Near-Infrared
OLI	- Operacional Terra Imager
Radam	- Radar da Amazônia
<i>RE</i>	- Rapid Eye
REd	- Red-Edge
RGB	- Red/Green/Blue
<i>SDC</i>	- Single Data Classification
SEMA	- Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SFB	- Serviço Florestal Brasileiro
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS2000	- Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRC	- Sistema de Referência de Coordenadas
TIRS	- Thermal Infrared Sensor
TOA	- Top of Atmosphere reflectance
UAP	- Unidade Amostral de Paisagem
UTM	- Universal Transverse Mercator
WGS84	- World Geodetic System of 1984

Sumário

1	Aquisição de dados.....	19
1.1	Área de abrangência das UAPs.....	19
1.2	Imagens <i>RapidEye</i>	21
1.3	Mudanças na cobertura florestal mundial.....	28
1.4	Mapa fitogeográfico IBGE/Radam.....	31
2	Pré-processamento das imagens.....	33
2.1	Calibração das imagens <i>RapidEye</i>	33
2.2	Recorte das imagens.....	35
2.3	Elaboração de mosaicos.....	36
3	Classificação das imagens.....	40
3.1	Classes de uso e cobertura da terra.....	41
3.1.1	Conceituação e Discriminação de Cobertura Arbórea/Arbustiva.....	46
3.1.2	Floresta.....	47
3.1.2.1	Floresta Natural.....	48
3.1.2.2	Floresta Plantada.....	50
3.1.3	Outras Terras com Vegetação Lenhosa.....	51
3.1.3.1	Outras Terras com Vegetação Lenhosa.....	51
3.1.4	Outras Terras.....	53
3.1.4.1	Outras Terras com Árvores.....	53
3.1.4.2	Agricultura e Pastagem.....	54
3.1.4.3	Influência Urbana.....	56
3.1.4.4	Gramíneas e Herbáceas.....	56
3.1.4.5	Solo Exposto.....	58
3.1.4.6	Dunas e afloramentos rochosos.....	59
3.1.5	Águas Continentais e Costeiras.....	59
3.1.5.1	Superfícies com água.....	59
3.1.6	Área não Observada.....	59
3.2	Classificação automática pixel a pixel.....	61
3.3	Classificação orientada a objetos.....	64
3.3.1	Criação de um projeto no eCognition.....	64
3.3.2	Segmentação da imagem.....	68
3.3.3	Classificação.....	71
3.4	Elaboração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	78
3.4.1	Edição do Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	78
3.4.2	Finalização do Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	89
	Referências.....	91

1 Aquisição de dados

1.1 Área de abrangência das UAPs

Para a classificação das imagens que dará origem ao mapa de uso e cobertura da terra, foi considerada uma área maior do que a área ocupada por uma UAP, de forma que os polígonos gerados pela classificação da imagem estejam completamente contidos na área de abrangência, evitando polígonos com bordas recortadas pelos limites da área da UAP. A área original de cada UAP foi aumentada em 500 metros para cada lado, resultando em uma unidade amostral de 11 km x 11 km, ou 121 km², ao invés dos 100 km² definidos inicialmente.

A definição da área de abrangência e a geração dos arquivos vetoriais que delimitam esta área foram efetuados por meio de ferramentas de análise espacial em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG), por meio do software ArcGIS 10.4.1 (no entanto, outros software podem ser utilizados com a mesma finalidade, como é o caso do QGIS, por exemplo). Os procedimentos adotados são descritos a seguir:

- a. Abrir o ArcGIS e carregar o arquivo contendo os limites oficiais das UAPs a serem processadas, fornecido pelo Serviço Florestal Brasileiro (Figura 1, item (1)). Selecionar a ferramenta *Buffer*, localizada na caixa de ferramentas do ArcGIS, a *Arc Toolbox* (Figura 1, item (3)). Na janela de comando da ferramenta *Buffer* deve-se selecionar o arquivo vetorial contendo as UAPs a serem processadas no campo *Input Features* (Figura 2, item (1)). Selecionar o nome do arquivo a ser gerado com a aplicação da ferramenta no campo *Output Feature Class* (Figura 2, item (2)). Selecionar a distância a ser aplicada (500 m, neste caso) (Figura 2, item (3)) e a unidade de distância considerada (metros, neste caso) (Figura 2, item (4)). Na Figura 3 pode-se observar o resultado da aplicação da ferramenta *Buffer* (Figura 3, item (1)), que gera polígonos com as bordas arredondadas (Figura 3, item (2)).

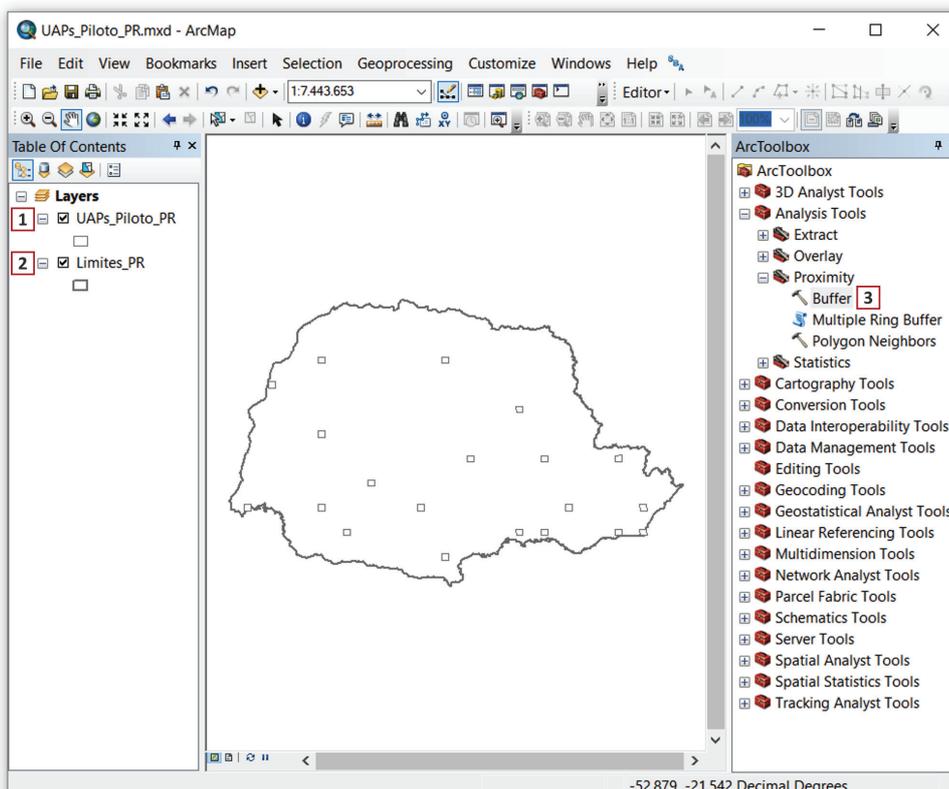


Figura 1. Janela de trabalho no ArcGIS com os arquivos vetoriais das UAPs do projeto piloto (1) e os limites do estado do Paraná (2) (apenas para referência), bem como a localização da ferramenta *Buffer* na caixa de ferramentas *ArcToolbox* (3).

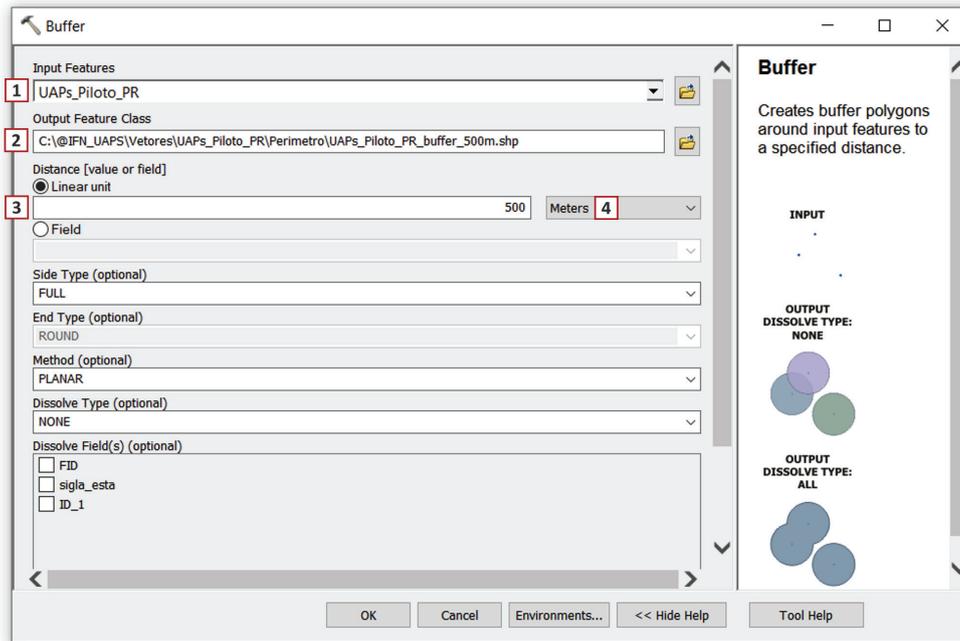


Figura 2. Janela de comando da ferramenta *Buffer*. Em (1) indica-se o arquivo vetorial a ser processado, em (2) o nome e localização do arquivo a ser gerado, em (3) a distância a ser adotada para a geração do *buffer* e em (4) a unidade de distância considerada.

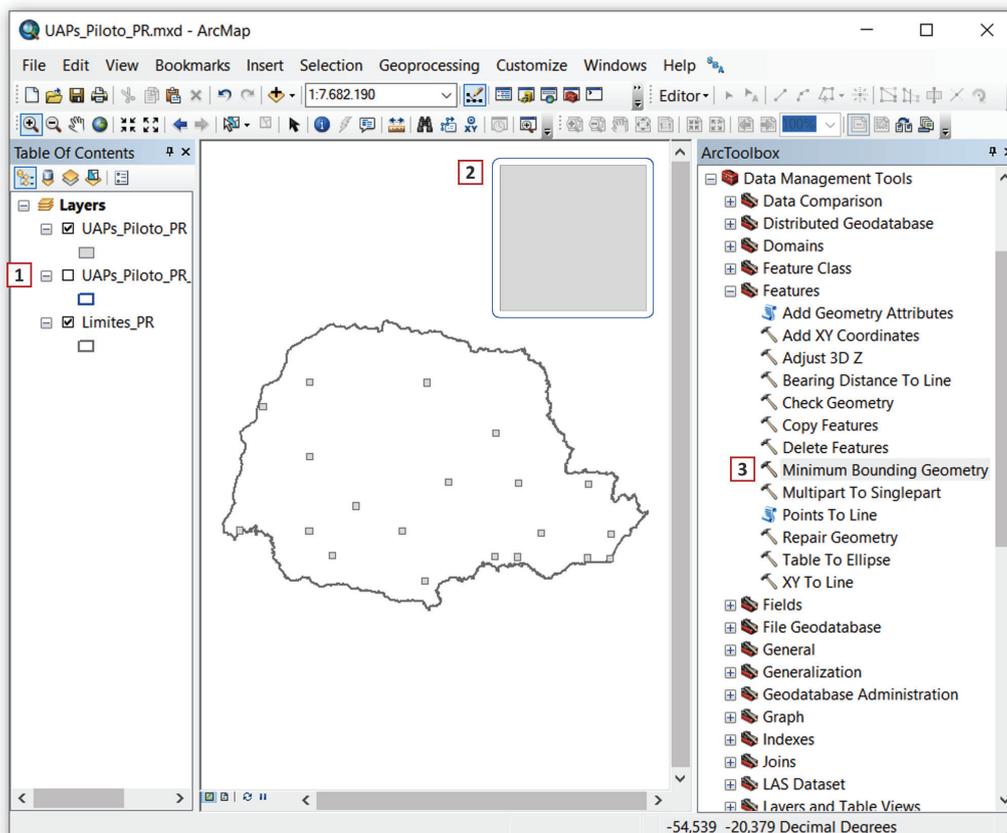


Figura 3. Janela de trabalho no ArcGIS apresentando o arquivo vetorial gerado pela aplicação da ferramenta *Buffer* em (1). Em (2), ampliação de uma das UAPs para visualização do resultado gráfico da aplicação da ferramenta, e a localização da ferramenta *Minimum Bounding Geometry* dentro da *ArcToolbox* em (3).

- b. Os *buffers* devem ser gerados respeitando o mesmo sistema de projeção de coordenadas das imagens orbitais que serão utilizadas para elaboração do mapeamento, ou seja, sistema de referência WGS84 (World Geodesic System), projeção UTM (Universal Transverse Mercator). Caso seja necessário reprojeter a camada contendo os limites oficiais das UAPs, ou qualquer outra camada, pode-se utilizar a ferramenta *Project*, disponível em *ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Project*.
- c. Para a obtenção de polígonos retangulares e de bordas retas envolvendo a área de abrangência das UAPs, deve-se utilizar a ferramenta *Minimum Bounding Geometry* que define a menor área retangular envolvendo determinada feição. Na Figura 3, item (3) é demonstrada a localização da ferramenta dentro da *ArcToolbox*.
- d. Na janela de comando da ferramenta *Minimum Bounding Geometry*, deve ser selecionado no campo *Input Features* o arquivo vetorial contendo o *buffer* gerado no passo anterior (Figura 3, item (1) e Figura 4, item (1)), o nome do arquivo a ser gerado no campo *Output Feature Class* (Figura 4, item (2)), o tipo de geometria a ser adotada para a geração do retângulo envolvente no campo *Geometry Type (optional)*, *RECTANGLE_BY_AREA*, neste caso (Figura 4, item (3)) e a opção *default NONE* no campo *Group Option (optional)* (Figura 4, item (4)).

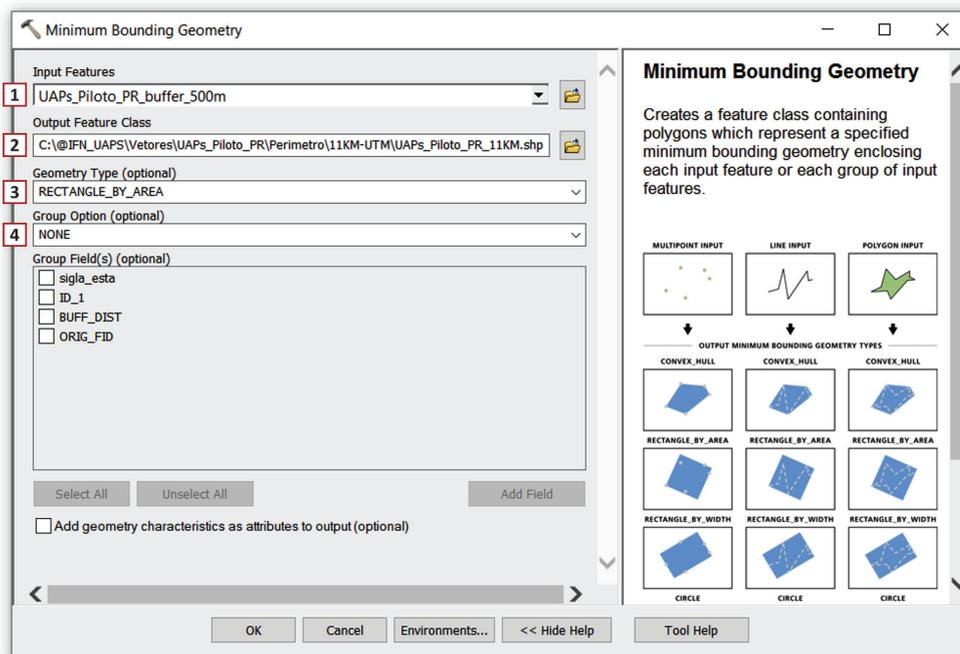


Figura 4. Janela de comando da ferramenta *Minimum Bounding Geometry*.

Com base nos limites definidos para cada UAP, é efetuada a busca e descarregamento das imagens a serem empregadas na classificação, em procedimentos descritos nos itens subsequentes (Seção 1.2 Imagens *RapidEye*).

1.2 Imagens *RapidEye*

A constelação de observação da Terra *RapidEye* (RE) é composta por cinco pequenos satélites capazes de coletar dados diariamente (visada lateral) ou semanalmente (visada vertical) de qualquer área da superfície terrestre. Os satélites são equipados com sensores idênticos do tipo *pushbroom*

(varredura eletrônica), que capturam imagens em cinco regiões do espectro eletromagnético (EE) com resolução espacial de 6,5 m (*RapidEye*, 2016; Silva et al., 2013). As características da constelação RE e das imagens produzidas por seus sensores estão expostas na Tabela 1.

Tabela 1. Especificações técnicas da constelação *RapidEye*.

Características da missão	Informação
Número de satélites	5
Altitude orbital	630 km (heliossíncrona)
Passagem pelo Equador	11:00 ± 0:15
Tipo do sensor	Imageador multiespectral <i>pushbroom</i> (varredura eletrônica)
Bandas espectrais	Azul: 440 – 510 nm; Verde: 520 – 590 nm; Vermelho: 630 – 685 nm; Red Edge ¹ : 690 – 730 nm; NIR ² : 760 – 850 nm
Resolução espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do pixel (ortorretificado)	5 m
Tamanho da Imagem	Aproximadamente 77 km de largura com comprimento entre 50 km e 300 km, 462 Mbytes/25 km ao longo da órbita para 5 bandas
Resolução radiométrica	12 bits (4.096 níveis de cinza)
Largura da faixa imageada	77 km
Capacidade do gravador de bordo	120.000 km ²
Revisita	5,5 dias (nadir) e diária (off-nadir)
Capacidade de imageamento	+4.000.000 km ² /dia

Fonte: Antunes e Siqueira (2013); Silva et al. (2013).

¹ Red Edge (REd): região do EE de transição entre as regiões do vermelho e do infravermelho-próximo; ² Near Infra-red (NIR): região do EE denominada infravermelho-próximo.

As imagens disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para a realização deste estudo foram adquiridas pelo Governo Brasileiro, sendo parte de uma iniciativa de recobrimento de todo o território nacional. Estas imagens são disponibilizadas com uma licença especial que permite que todos os órgãos federais, além dos órgãos ambientais estaduais, possam usá-las livremente. As imagens fornecidas possuem nível de processamento 3A, portanto são ortorretificadas com pixel de 5 m, por meio do uso das efemérides (posição) e atitude do satélite, modelo de visada da câmera, pontos de controle e modelo digital do terreno. Adicionalmente, correções radiométricas e do sensor foram aplicadas pelo fornecedor (Silva et al., 2013).

Além da aquisição de informações nas regiões usuais do espectro eletromagnético correspondente ao visível (azul, verde e vermelho) e ao infravermelho próximo (*Near Infra-red* – NIR), os sensores a bordo dos satélites RE contam com uma banda denominada *Red Edge* (REd) (Figura 5).

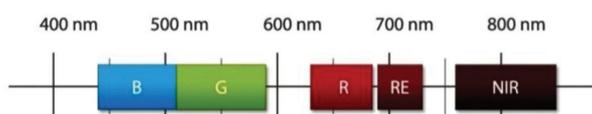


Figura 5. Bandas espectrais dos sensores a bordo dos satélites *RapidEye*. Observar que não há recobrimento entre as bandas do vermelho, *Red Edge* e NIR

Fonte: Anderson et al. (2013).

A região REd é marcada pela transição entre os comprimentos de onda do vermelho, tipicamente absorvidos pela vegetação durante o processo de fotossíntese, e os comprimentos de onda do infravermelho próximo, onde a estrutura celular das folhas produz forte reflexão da energia. A aquisição de informações nessa região do espectro foi desenvolvida especialmente para caracterização da vegetação (Sousa et al., 2012), dado o comportamento espectral característico da vegetação nessas regiões do EE (Figura 6). A utilização da banda REd na área florestal contribuiu para um consistente incremento da acurácia na detecção de danos (Ortiz et al., 2013), identificação de estresses nutricionais (Eitel et al., 2011), e diferenciação de tipologias florestais (Schuster et al., 2012; Son; Chen, 2013).

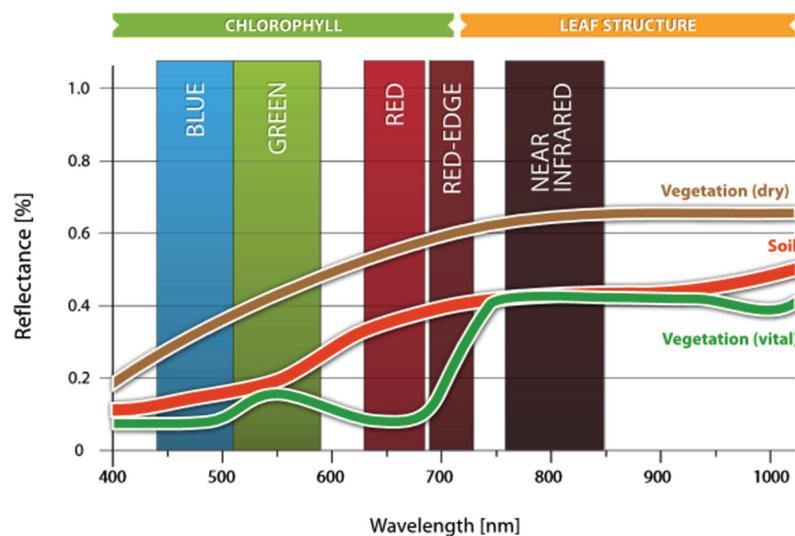


Figura 6. Curvas de reflectância espectral típicas de superfícies selecionadas em relação às bandas *RapidEye*.

Fonte: *RapidEye* (2013).

O MMA disponibilizou a todos os órgãos de governo (federal, estadual ou municipal) e universidades públicas acesso à cobertura de imagens RE do Brasil, por meio de um aplicativo em ambiente online (Geo Catálogo) que apresenta todas as informações necessárias, incluindo seus metadados, para que as imagens possam ser adequadamente utilizadas pelos diferentes usuários em suas aplicações. Atualmente o MMA tem coberturas disponíveis ao longo de quatro anos (de 2011 a 2014). Para acesso ao Geo Catálogo é necessário o envio de um termo de compromisso, assinado pelo representante da instituição, para o coordenador do acervo no MMA.

Os passos para aceder ao sistema e proceder ao download das imagens que correspondem à superfície das UAPs de interesse são os seguintes:

- a. Acessar o Geo Catálogo do MMA em <<http://geocatalogo.mma.gov.br>>.
- b. Entrar com e-mail e senha de usuário (Figura 7).
- c. Buscar imagens clicando na aba catálogo (Figura 8).
- d. Selecionar o tipo de imagem: *RapidEye* 3A (Figura 9, item (1)); a cobertura desejada: 4ª Cobertura e/ou 3ª Cobertura, na ausência da cobertura mais recente, ou caso as imagens encontradas apresentem grande recobrimento por nuvens na área de interesse (Figura 9, item (2)).

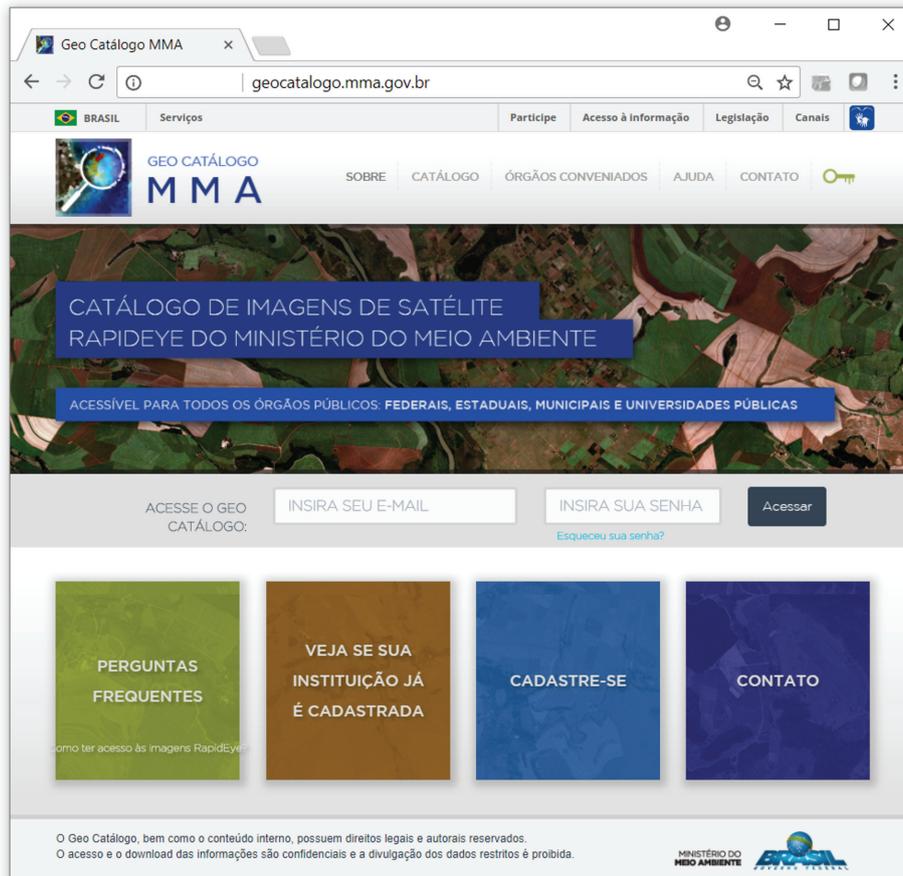


Figura 7. Página inicial do site Geo Catálogo do MMA, acessível a partir de login e senha.

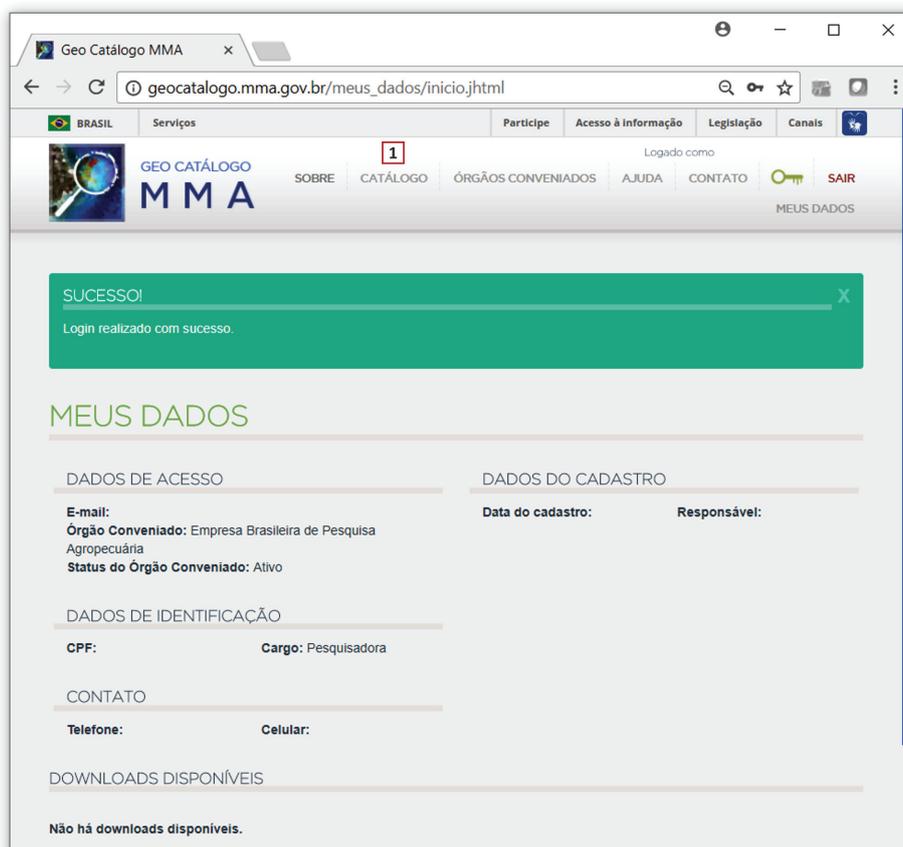


Figura 8. Página de abertura após o login, indicando no item (1) a aba “Catálogo”, que deve ser acessada para a realização de buscas das imagens orbitais disponíveis.

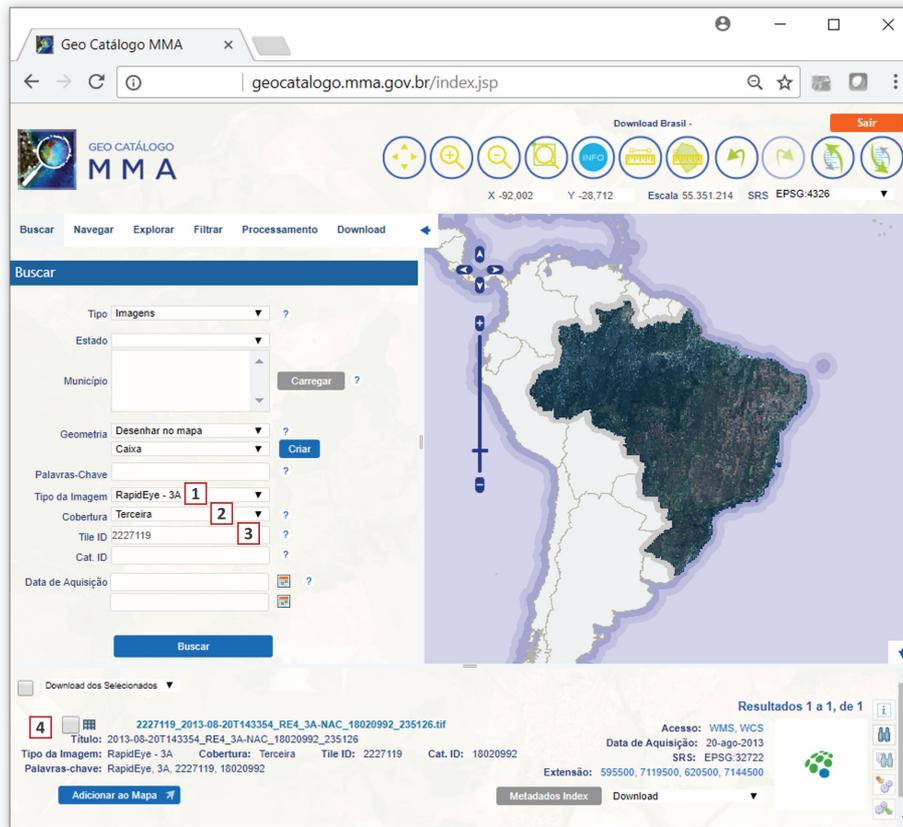


Figura 9. Janela de busca de imagens no Geo Catálogo, indicando o tipo de imagem (RE 3A), a cobertura (terceira Cobertura), o ID da quadrícula selecionada (p. ex.: 2227614), e a cena desejada.

- e. Indicar o identificador (ID¹) da quadrícula² da cena que se deseja descarregar (p. ex. 2227119) e clicar em buscar (Figura 9, item (3));

O resultado da busca é apresentado na parte inferior da janela (Figura 9, item (4)), onde se pode selecionar a forma de download dos arquivos, optando-se pelo descarregamento dos arquivos originais:

- f. A seleção da quadrícula da cena desejada pode ser feita ainda com auxílio do arquivo *shapefile* contendo os limites das quadrículas dos satélites RE em um sistema de informações geográficas (SIG), utilizando-se as ferramentas de seleção por localização. A partir da seleção da UAP de interesse (UAP1343, no exemplo apresentado na Figura 10) é feito o cruzamento espacial com o arquivo vetorial contendo os limites das quadrículas RE, com auxílio da ferramenta de seleção por localização. O arquivo com as quadrículas RE encontra-se disponível em <<http://web-dev.rapideye.de/rapideye/all-products/tilegrid.htm>>.
- g. No exemplo, a UAP1343 foi selecionada por meio da ferramenta *Select by Attributes* (no software ArcGIS a partir do menu *Selection > Select by Attributes*) como indicado na Figura 10, item (1). A seleção pode ser feita também manualmente, a partir da tabela de atributos ou pela seleção em tela. A UAP selecionada é marcada com a cor ciano.

¹ ID: abreviatura do termo em inglês *identifier*, refere-se a um rótulo único que identifica algo.

² Quadrículas (*Tiles*) são as subdivisões da superfície terrestre, de acordo com o campo de visada dos sistemas imageadores, que identificam as cenas adquiridas pelos satélites. Estas subdivisões são realizadas de acordo com a dimensão da imagem capturada pelo sistema sensor na forma de uma grade regular.

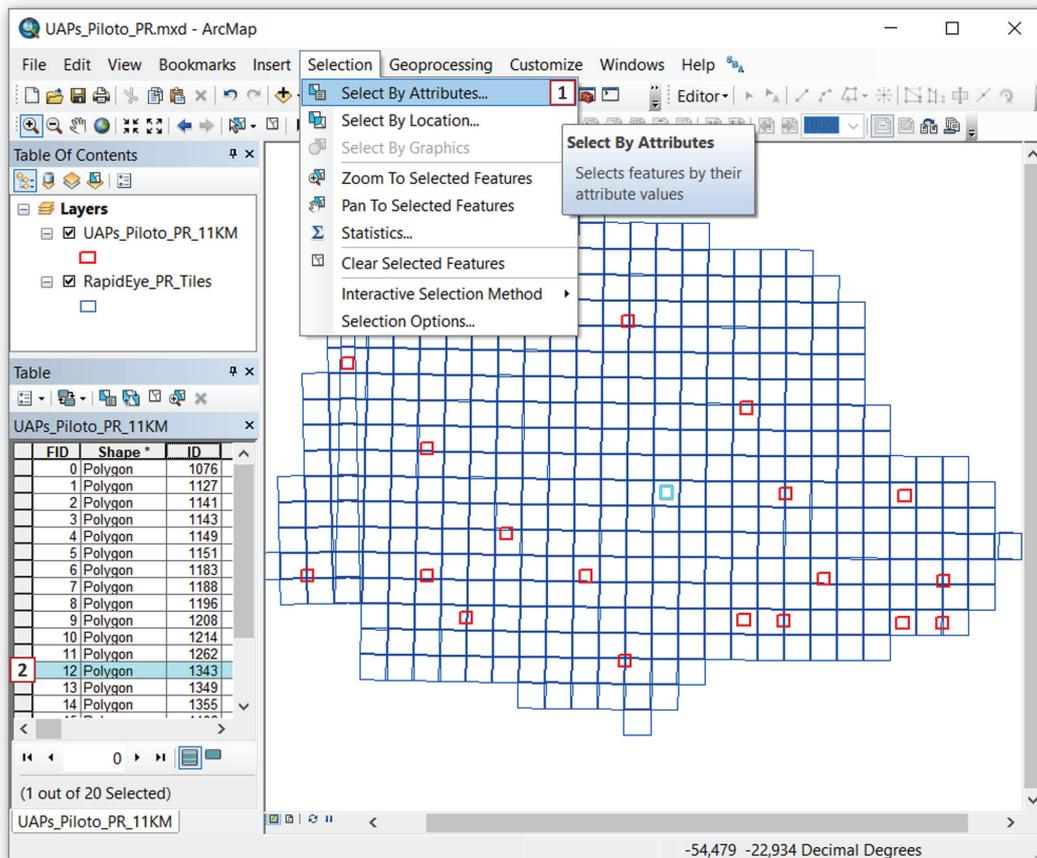


Figura 10. Janelas do software ArcGIS ilustrando o esquema de seleção da UAP de interesse utilizando a ferramenta de seleção por atributos (1). No exemplo, foi selecionada a UAP1343, destacada em ciano na tabela de atributos (2).

- h. Para a seleção da UAP de interesse por meio da ferramenta *Select By Attributes*, indicar o arquivo vetorial contendo os limites das UAPs no campo *Layer* (Figura 11, item (1)), indicar a opção que permite efetuar uma nova seleção *Create a new selection* (Figura 11, item (2)), selecionar e efetuar duplo clique sobre o campo que armazena os rótulos identificadores das UAPs, *ID* (Figura 11, item (3)), selecionar e efetuar duplo clique sobre o sinal de igual (Figura 11, item (4)), pressionar o botão *Get Unique Values* para o preenchimento do campo logo acima (Figura 11, item (5)), selecionar e efetuar duplo clique sobre o *ID* da UAP de interesse (UAP 1343, Figura 11, item (6)), de forma que o campo inferior esteja preenchido conforme demonstrado na Figura 11, item (7). Pressionar *Apply* ou *OK* para finalizar a seleção.
- i. Para efetuar o cruzamento espacial entre a UAP de interesse e o arquivo vetorial contendo os limites das quadrículas RE, pode-se utilizar a ferramenta de seleção por localização, que pode ser acessada a partir do menu *Selection > Selection by Location* (Figura 12).
- j. No campo *Target layer(s)* indicar a camada de informação (o *shape* das quadrículas RE) a partir da qual se deseja que sejam selecionadas ocorrências na tabela de atributos (Figura 12, item (1)); no campo *Source layer* indicar o arquivo de origem que contém a UAP de interesse, previamente selecionada (Figura 12, item (2)); e o método de seleção espacial que permite a intersecção entre as camadas de informação (Figura 12, item (3)). Os resultados da seleção na tabela de atributos do arquivo vetorial que contém os limites das quadrículas RE que recobrem a área de interesse são apresentados em destaque (ID da quadrícula: 2227614, no exemplo), como se pode observar na Figura 12, item (4).

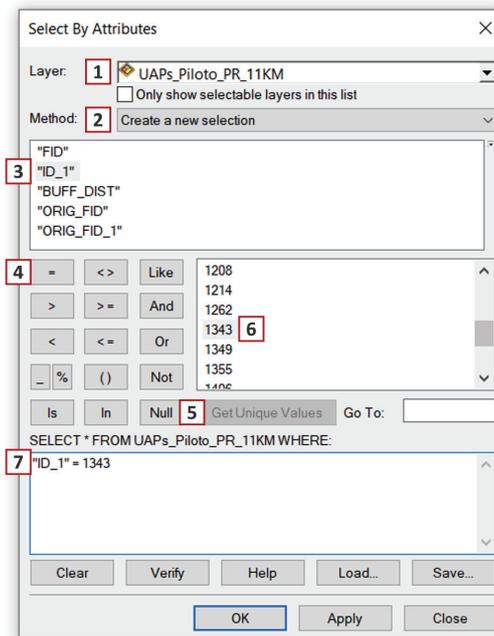


Figura 11. Janela da ferramenta de seleção por atributos *Select By Attributes* do software ArcGIS ilustrando a seleção de uma UAP por meio de seu código identificador (ID = 1343).

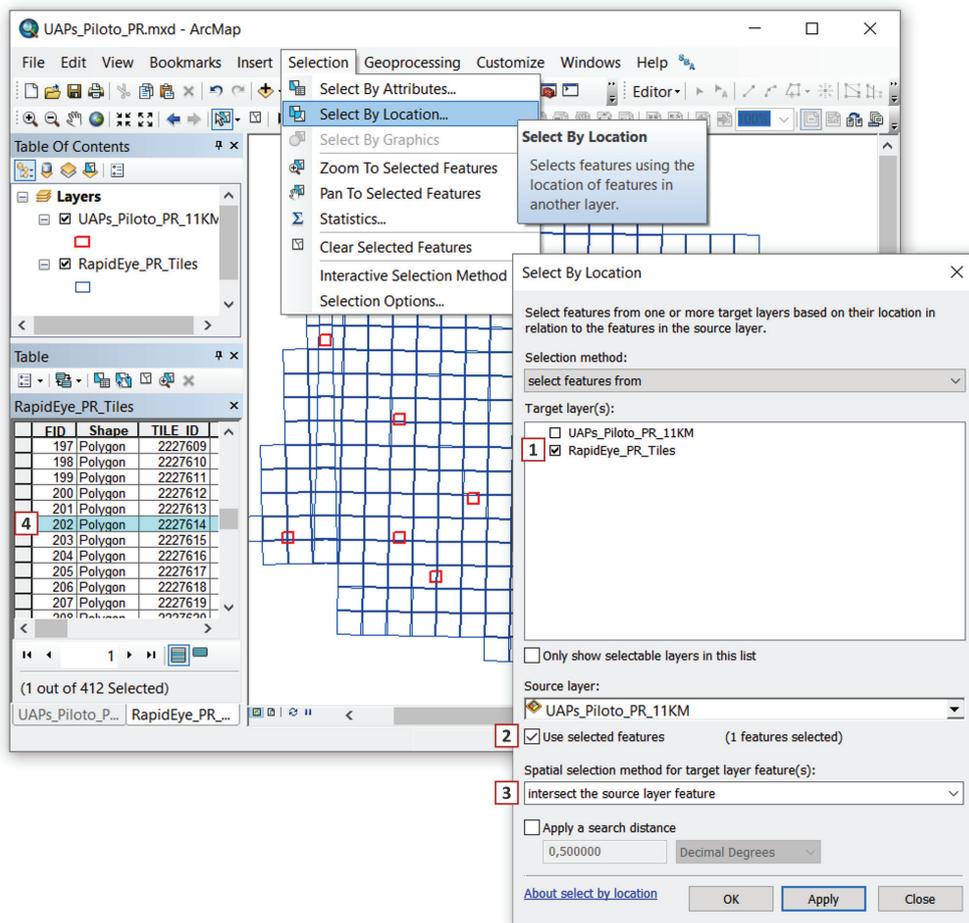


Figura 12. Janelas do software ArcGIS ilustrando o cruzamento espacial entre a UAP de interesse e o arquivo vetorial contendo os limites das quadrículas RE.

- k. Depois de realizada a busca e localizada a imagem de interesse na plataforma do Geo Catálogo do MMA, pode-se solicitar o “download do arquivo original”, na aba download (Figura 13, item (1));



Figura 13. Resultados da busca pelo ID da quadrícula de interesse e seleção da forma de download do arquivo, que deve ser descarregado em seu formato original (terceira opção da lista).

- l. Descarregar a imagem a partir do link recebido no e-mail cadastrado.

1.3 Mudanças na cobertura florestal mundial

Informações a respeito das mudanças na cobertura florestal mundial (Global Forest Change) foram publicamente disponibilizados a partir de 2013 (Hansen et al., 2013), consistindo de resultados do mapeamento da extensão, além das perdas e do ganho ocorridos nesta cobertura anualmente, para o período de 2000 a 2013. Essas informações foram, posteriormente, atualizadas para o ano de 2014. O download desses dados pode ser feito em quadrículas de 10 graus x 10 graus contendo sete camadas de informação por quadrícula, com resolução espacial de 30 m por pixel. Para acesso aos dados, pode ser utilizado o endereço: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download_v1.2.html>, onde estão disponíveis as seguintes camadas de informação (foram mantidos o nome original (em inglês) de cada camada e respectivo nome do arquivo digital):

- 1. Cobertura arbórea para o ano de 2000** (*Tree canopy cover for year 2000; treecover2000*): definido como dossel fechado para toda a vegetação maior que 5 m de altura. Os píxeis são codificados como uma porcentagem, no intervalo 0-100.
- 2. Perda na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2014** (*Global forest cover loss 2000-2014, loss*): definida como uma perturbação ocasionada pela substituição da cobertura arbórea por outros tipos de uso/cobertura da terra. Os píxeis são codificados com os valores 1 (perda) ou 0 (sem perda).
- 3. Ganho na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2012** (*Global forest cover gain 2000-2012; gain*): definido como o inverso de perda, ou a mudança de qualquer tipo de cobertura não-arbórea para arbórea inteiramente dentro do período de estudo. Os píxeis são codificados com os valores 1 (ganho) ou 0 (sem ganho).
- 4. Ano de evento de perda bruta da cobertura arbórea** (*Year of gross forest cover loss event; lossyear*): representa uma desagregação da perda total da cobertura arbórea para escalas de tempo anuais. Os píxeis são codificados com os valores 0 (nenhuma perda) ou então um valor no intervalo de 1 a 13, representando o ano em que a perda foi inicialmente detectada, respectivamente entre 2001 e 2014.

5. **Máscara de dados** (*Data mask*; datamask): os píxeis são codificados com três valores, que representam áreas onde dados são inexistentes (0), onde a superfície terrestre foi mapeada (1), e onde existem corpos d'água permanentes (2).
6. **Imagem Landsat 7 composta, livre de nuvens, aproximadamente do ano 2000** (*Circa year 2000 Landsat 7 cloud-free image composite*; first): imagens multiespectrais de referência obtidas a partir do primeiro ano disponível, tipicamente 2000. No caso da inexistência de imagens livres de nuvens disponíveis para o ano de 2000, foram utilizadas imagens do ano mais próximo livres de nuvens, dentro do intervalo de 1999 a 2012.
7. **Imagem Landsat composta, livre de nuvens, aproximadamente do ano 2014** (*Circa year 2014 Landsat cloud-free image composite*; last): imagens multiespectrais de referência obtidas no último ano, tipicamente 2014. No caso da inexistência de imagens livres de nuvens disponíveis para o ano de 2014, foram utilizadas imagens do ano mais próximo livres de nuvens, dentro do intervalo de 2010 a 2012.

Estes dados podem ser utilizados como um primeiro nível de classificação dos objetos na árvore de processos do eCognition, permitindo uma aproximação inicial da cobertura arbórea atual. Para tanto, são necessárias etapas de processamento de imagens que permitem a identificação de áreas em que a cobertura arbórea não se modificou neste período, bem como áreas em que houve incremento da cobertura arbórea, em muitos casos relacionado ao plantio ou replantio de povoamentos florestais.

A geração da camada de informação que contém a cobertura arbórea para o ano de 2014 pode ser efetuada no software ArcGIS ou similar por meio de recodificação seguida de subtração de bandas, como segue:

- a. Recodificar a camada 1, **Cobertura arbórea para o ano de 2000** (*treecover2000*), utilizando o limiar de 30% como limite máximo entre a presença ou ausência de cobertura arbórea, fazendo com que os píxeis com valor igual ou superior a 30 recebam valor igual a 1 e os demais valor igual a 0. Para isso, pode-se utilizar a ferramenta *Reclassify*, localizada na *ArcToolbox* (Figura 14 (a), item (1)), da mesma maneira como demonstrado na Figura 14 (b).

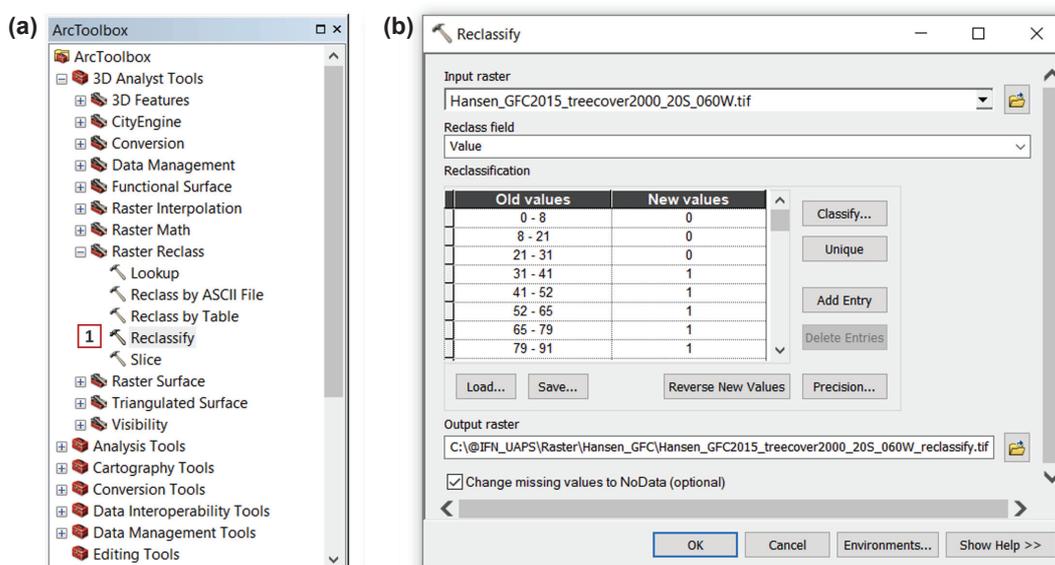


Figura 14. Janelas do ArcGIS mostrando (a) a localização da ferramenta *Reclassify* (item 1) na *ArcToolbox* e (b) a janela da ferramenta, ilustrando o processo de recodificação dos dados da camada *raster* para valores entre 0 (< 30) e 1 (≥ 30).

- b. Subtrair a camada 2, **Perda na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2014** (*loss*), da camada temporária anteriormente criada (*treecover2000_reclassify*), utilizando a ferramenta *Minus* (Figura 15 (a), item (1)), da mesma maneira como demonstrado na Figura 15 (b), de forma que os píxeis com valor igual a 1 nas duas camadas de informação recebam o valor igual a 0, ou seja, serão atualizados os valores dos píxeis onde houve perda da cobertura arbórea no período de 2000 a 2014.

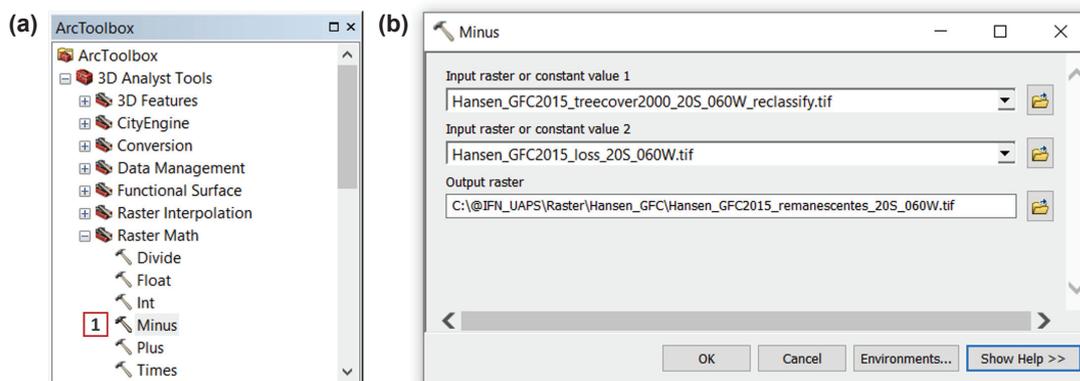


Figura 15. Janelas do ArcGIS mostrando (a) a localização da ferramenta *Minus* (item1) na *ArcToolbox* e (b) a janela da ferramenta, ilustrando o processo de subtração entre duas camadas *raster*.

- c. A camada resultante, correspondente à **cobertura arbórea para o ano de 2014**, conterá píxeis com valores iguais a 1 onde a cobertura arbórea esteve presente no período de 2000 a 2014 e valores iguais a 0 onde não havia cobertura arbórea no ano de 2000 ou onde houve perda da cobertura arbórea nesse período (Tabela 2). Valores iguais a “-1” podem ocorrer em alguns casos e devem ser recodificados para valor igual a “0”, utilizando-se a ferramenta *Reclassify*, da mesma maneira como exposto anteriormente. O resultado irá se chamar “remanescentes”, para fins de utilização prática;

Tabela 2. Codificação dos dados utilizados para a geração da camada correspondente à cobertura arbórea para o ano de 2014, denominada “remanescentes”.

Camada 1 (reclassificada) (2000)	Camada 2 (2000 - 2014)	Resultado (remanescentes)
(≥ 30%) 1 Presença de cobertura arbórea em 2000	1 (perda)	0 Ausência de remanescentes
(< 30%) 0 Ausência de cobertura arbórea em 2000	0 (sem perda)	0 Ausência de remanescentes
(≥ 30%) 1 Presença de cobertura arbórea em 2000	0 (sem perda)	1 Presença de remanescentes
(<30%) 0 Ausência de cobertura arbórea em 2000	1 (perda)	0 Ausência de remanescentes

No caso da informação da camada 3, **Ganho na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2014** (*gain*), não são necessários procedimentos de pré-processamento dos dados, já que podem ser utilizados diretamente no software eCognition com os valores originais dos píxeis (valores iguais a 1 onde houve ganho e valores iguais a 0 onde não houve ganho).

Dessa forma, essas camadas podem ser adotadas para a separação, de forma generalizada, entre alguns tipos de cobertura arbórea e demais classes de uso e cobertura da terra.

Assim, depois de realizadas as modificações, deve-se fazer o recorte dos dois arquivos (“remanescentes” e “gain”), para a área de abrangência das UAPs, considerando o *buffer* de 500 m, conforme o item 1.1. Todos os arquivos devem estar no mesmo sistema de referência e de projeção das imagens RE. Sistema de referência WGS84 e sistema de projeção UTM, com o respectivo fuso de cada região da UAP.

1.4 Mapa fitogeográfico IBGE/Radam

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) lançou, em maio de 2015, o conjunto de informações históricas sobre a vegetação do Brasil, produzido nas décadas de 1970 e 1980, em formato digital, tendo como base os projetos Radam (Radar da Amazônia), iniciado em 1970, e Radambrasil, fruto da expansão do projeto original para todo o território nacional em 1975 (Scussel, 2015). Anteriormente disponibilizado em papel, este mapeamento foi digitalizado e ajustado, tornando-se potencial ponto de partida para outros mapeamentos. Desta forma, possibilita-se, por exemplo, a obtenção do mapa da vegetação pretérita do Brasil na escala 1:5.000.000 (em que 1 cm = 50 km), consistindo de um referencial histórico da vegetação brasileira para estudos e pesquisas atuais e futuros.

As informações históricas estão disponibilizadas em um arquivo digital no formato *shapefile*, georreferenciado, com banco de dados associado, permitindo que sejam trabalhadas em um ambiente de SIG. Estes dados foram ajustados à Base Cartográfica Contínua do Brasil (BCIM) em escala 1:1.000.000 (1 cm = 10 km) e com a legenda devidamente compatibilizada em função da evolução do mapeamento fitogeográfico (distribuição geográfica da vegetação), ao longo das décadas de 1970 e 1980 (Scussel, 2015).

O mapa fitogeográfico encontra-se disponível no sítio do IBGE (IBGE, 2015) e deve passar por algumas adaptações para que possa ser utilizado. A estrutura da tabela de atributos do mapa Radam atualizado (IBGE, 2015) inclui os campos descritos na Tabela 3 (o conteúdo de cada

Tabela 3. Descrição dos campos presentes na tabela de atributos do mapa Radam.

Campo	Descrição
Leg_RADAM	Códigos da legenda original do projeto Radam.
Leg_Atual	Códigos da legenda do tipo de uso do solo.
LEG_CARGA	Códigos da legenda do tipo de uso do solo, diferindo dos códigos apresentados no campo Leg_Atual em poucos polígonos, com propósito desconhecido.
CLAS_DOMI	Códigos da classe de uso e/ou cobertura predominante.
LEG_UVEG	Códigos da legenda da unidade vegetacional dos polígonos atualmente recobertos com vegetação original.
NM_UVEG	Nomes da unidade vegetacional dos polígonos atualmente recobertos com vegetação original.
LEG_UANTR	Códigos da legenda do tipo de uso antrópico atual.
NM_UANTR	Nome da unidade de uso antrópico atual.
LEG_CONTAT	Códigos da legenda do tipo de contato florístico ou área de tensão ecológica.
NM_CONTAT	Nome da classe de contato florístico ou área de tensão ecológica.
VEG_PRETET	Códigos da legenda do tipo de cobertura de vegetação original.
NM_PRETET	Nome do tipo de cobertura de vegetação original.
Legenda	Códigos do uso atual do solo, nome por extenso do uso do solo com a indicação do tipo de vegetação original.
Shape_Leng	Comprimento do polígono em metros.
Shape_Area	Área do polígono em metros.

campo encontra-se aqui descrito de acordo com inferências lógicas, inexistindo arquivo contendo metadados das informações disponibilizadas). Para a utilização do mapa Radam, deve-se proceder da seguinte maneira:

- a. Criar um novo campo do tipo *Text* denominado VEG_POTEN (Figura 16 (a) e (b)).

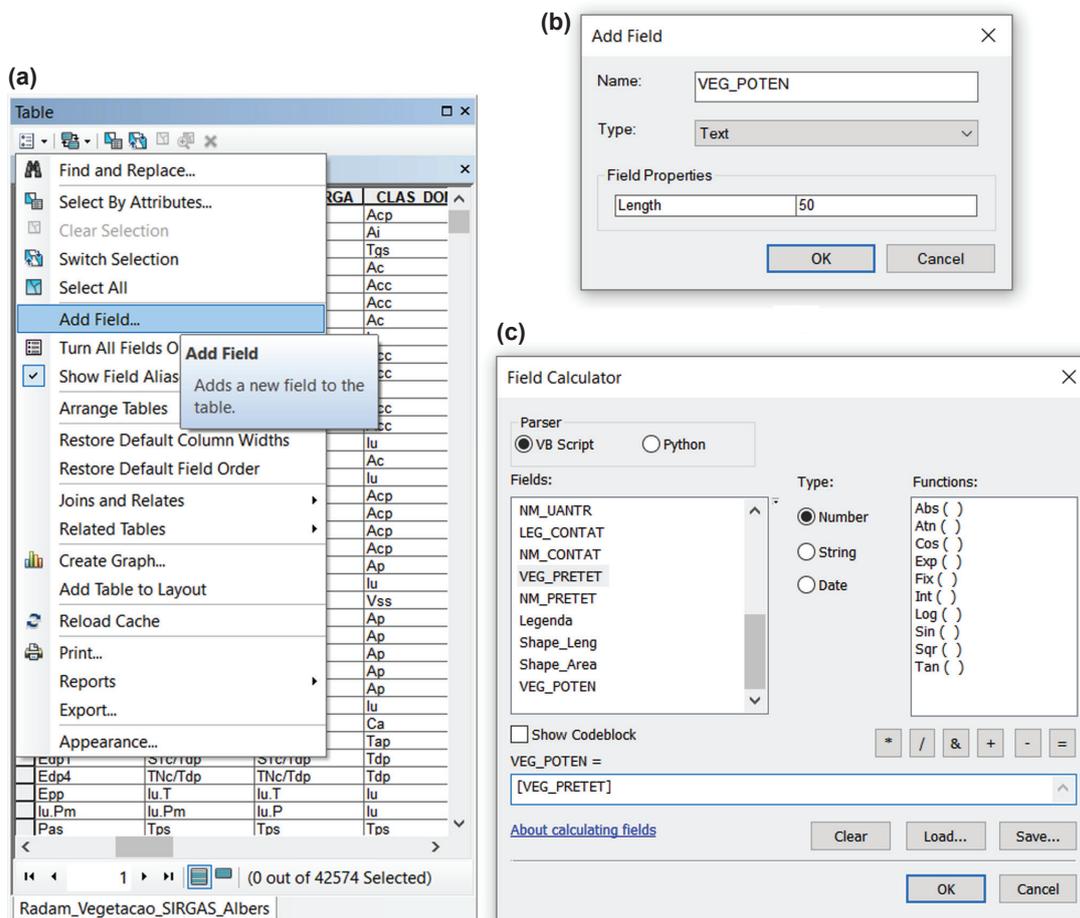


Figura 16. Janelas do ArcGIS ilustrando as etapas para (a) adição de um novo campo (b) do tipo texto, (c) a ser preenchido com os dados presentes na coluna “VEG_PRETET”.

- b. Preencher este campo com as informações contidas no campo *Vegetação pretérita* (VEG_PRETET), quando disponível (Figura 16 (c)).
- c. Quando este campo estiver vazio, duas verificações devem ser realizadas: i) seguindo a mesma lógica exposta na Figura 16 (c), se o campo *Vegetação atual* (NM_UVEG) apresentar registros correspondentes aos campos vazios do campo *Vegetação pretérita*, deve-se preencher com as informações do campo NM_UVEG (nome da unidade vegetacional) o campo VEG_POTEN; ii) quando ambos os campos (VEG_PRET e NM_UVEG) não estiverem preenchidos, deve-se copiar o registro do campo *Legenda*, geralmente relacionado às classes *corpos d’água* ou *área de contato*.

2 Pré-processamento das imagens

2.1 Calibração das imagens *RapidEye*

A conversão das imagens brutas, que contém valores de radiância (níveis de cinza (NC)) para a refletância no topo da atmosfera (ou *Top of Atmosphere reflectance* (TOA)) das imagens, deve ser realizada. Essa conversão facilita a comparação entre cenas adquiridas em datas diferentes e também por diferentes sensores (principalmente no caso das imagens RE, que são adquiridas por uma constelação de satélites e cinco sensores diferentes).

As imagens RE distribuídas em 16 bits de resolução radiométrica e seus píxeis representam a radiância absoluta calibrada em Números Digitais (ND). Para o cálculo da refletância no topo da atmosfera, é necessária a aplicação da transformação descrita pela Equação 1.

$$REF_{(i)} = RAD_{(i)} \frac{\pi * DistSol^2}{EAI_{(i)} * \cos(ZenSol)} \quad (1)$$

onde:

i = número da banda espectral

REF = valor de refletância

RAD = valor de radiância

$DistSol$ = distância da terra ao sol no dia da aquisição em unidades astronômicas

EAI = irradiância exo-atmosférica

$ZenSol$ = ângulo zenital solar em graus (= $90^\circ - \text{elevação solar}$)

Para a calibração das imagens foi utilizada uma ferramenta desenvolvida por Simonetti et al. (2015), do Joint Research Centre da Comunidade Europeia (JRC), chamada IMPACT Toolbox, e disponível para download no site <<http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/software>>. Tal ferramenta realiza a calibração automática das imagens RE, utilizando a Equação 1. Para efetuar a calibração, proceder como segue:

- a. Alocar as imagens RE no diretório *DATA > RAW_data* (Figura 17 (a), item (1) e Figura 17 (b), item (1)). Todo o conjunto de arquivos que acompanha a imagem *RapidEye* quando disponibilizado pelo Geo Catálogo deve ser alocado nesse diretório, criando-se uma pasta para cada imagem RE, contendo todos os arquivos disponibilizados.
- b. Inicializar o programa efetuando duplo clique no arquivo *START_Impact.bat*, localizado no diretório onde o programa encontra-se instalado (Figura 17 (a), item (2)).
- c. Executar o comando na janela de interface, localizado na aba *Zip to Reflectance* (Figura 18, item (1)), selecionando o tipo de imagem utilizada, ou seja, *RapidEye*. Desta forma, a conversão dos valores de níveis de cinza (NC) para valores de refletância no topo da atmosfera (TOA) será realizada para todas as cenas disponíveis na pasta *RAW_data* e que forem selecionadas a partir do menu *Input RAW images* (Figura 18, itens (2) e (3)).

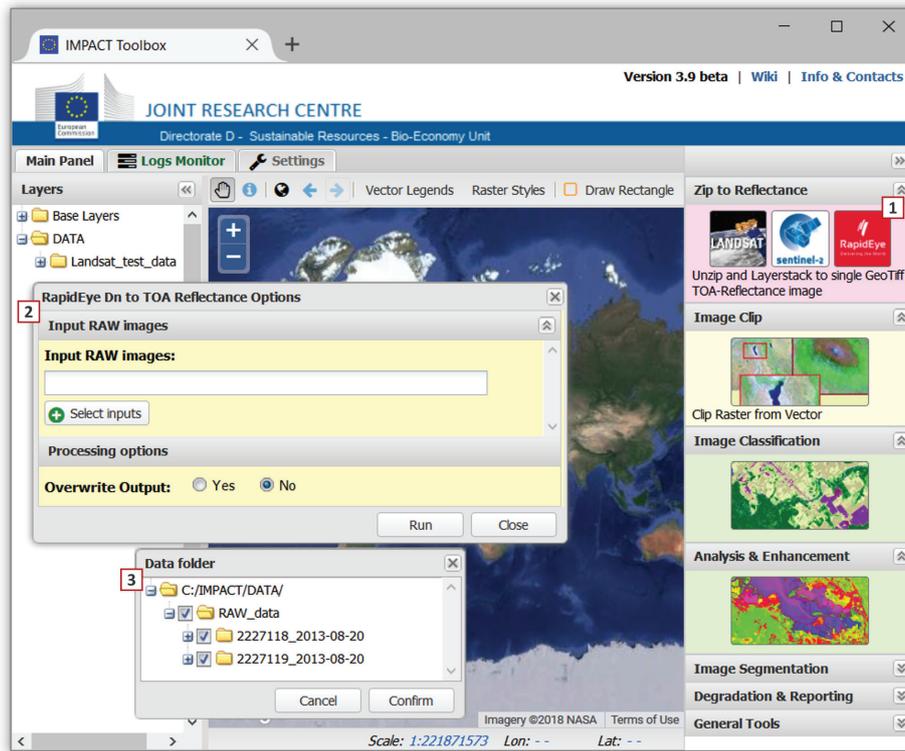


Figura 17. Estrutura de pastas criada com a instalação do aplicativo *IMPACT Toolbox*, onde encontra-se a pasta *DATA* (item (1), em (a)) e onde devem ser alocadas as imagens a serem processadas em (b), item (1). O programa é inicializado a partir do arquivo *START_Impact.bat* ((a), item (2)).

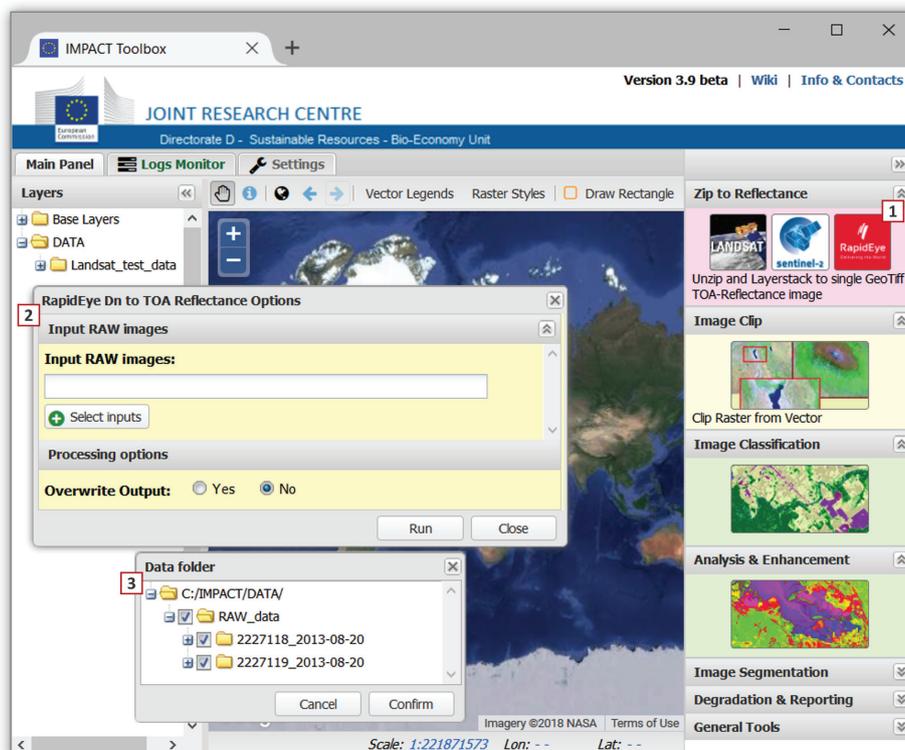


Figura 18. Janela de interface do aplicativo *IMPACT ToolBox*, desenvolvido pelo JRC e fornecido à Embrapa Florestas. A calibração das imagens pode ser executada a partir do comando em (1), selecionando-se as cenas que se deseja processar (item (2)) e que estão disponíveis na pasta *RAW_data*, relacionados em (3).

d. Após a calibração das imagens, os resultados estarão disponíveis na pasta *DATA*.

2.2 Recorte das imagens

As imagens RE devem ser recortadas para a área de abrangência das UAPs, previamente à elaboração dos mosaicos, de forma que, para cada UAP, se tenha uma imagem contígua e evitando a geração de arquivos grandes. Para tanto, deve-se utilizar o arquivo vetorial correspondente à área de abrangência da UAP com 11 km x 11 km, definido de acordo com os procedimentos descritos na Seção 1.1. Para o recorte das imagens, proceder de acordo com os passos descritos a seguir:

- a. Abrir o software ENVI 5.1 e carregar as imagens que recobrem determinada UAP. No caso da UAP 1143, ilustrada na Figura 19, duas cenas são necessárias (2227118; 2227119).

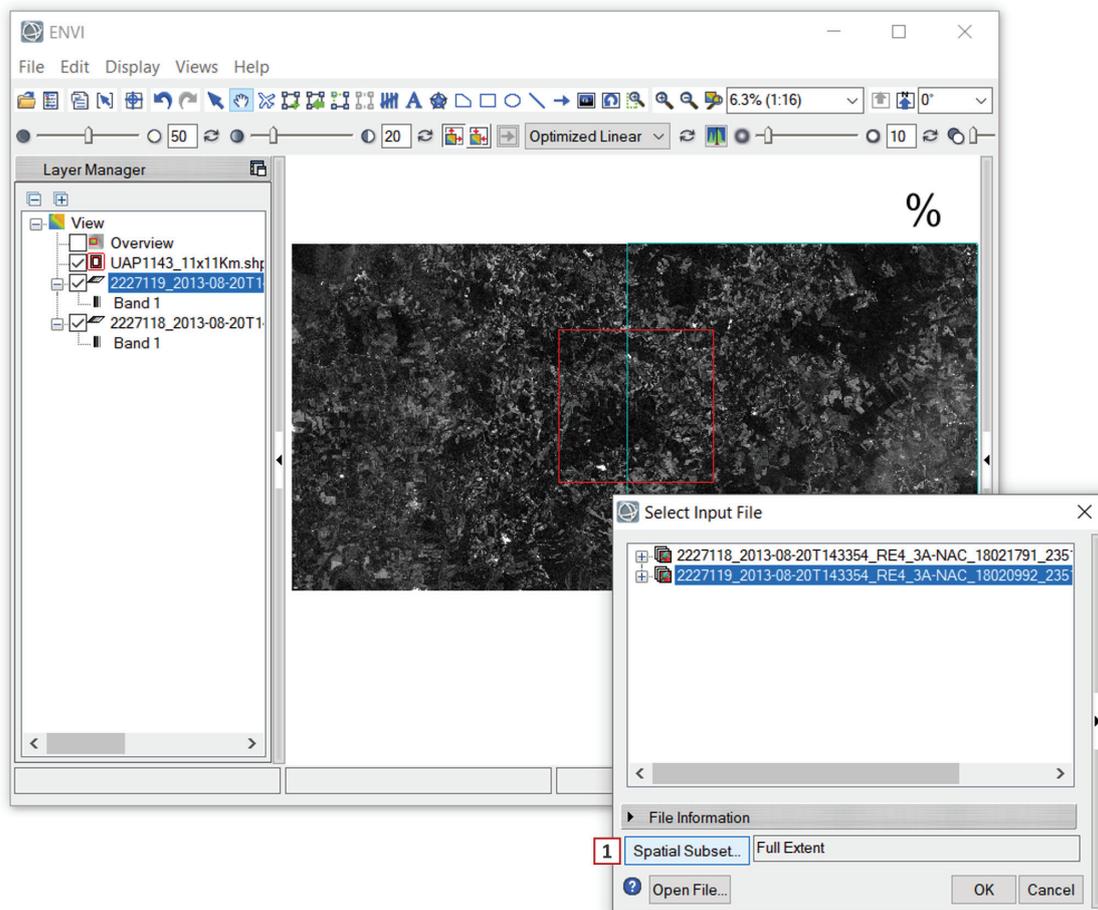


Figura 19. Imagens RE que recobrem a UAP 1143 e arquivo vetorial que define sua área de abrangência em destaque em vermelho. Para a seleção da área de recorte, utilizar a opção *Spatial Subset* como indicado no item (1).

- b. Carregar o arquivo vetorial que delimita a área de abrangência da UAP, obtido de acordo com os procedimentos descritos na Seção 1.1 (limites apresentados em vermelho na Figura 19).
- c. A partir do *menu* principal, selecionar a opção *File>Save as*. Na nova janela que se abre selecionar a imagem que se deseja recortar e também a área desejada para o recorte da imagem em *Spatial Subset*, conforme indicado na Figura 19, item (1).

- d. Na janela estendida que se abre com a seleção da opção *Spatial Subset*, selecionar a opção *Subset by File* para a utilização de um arquivo auxiliar (Figura 20 (a), item (1)), no caso o arquivo que contém os limites da área de abrangência da UAP 1143 (Figura 20 (a), item (2)).

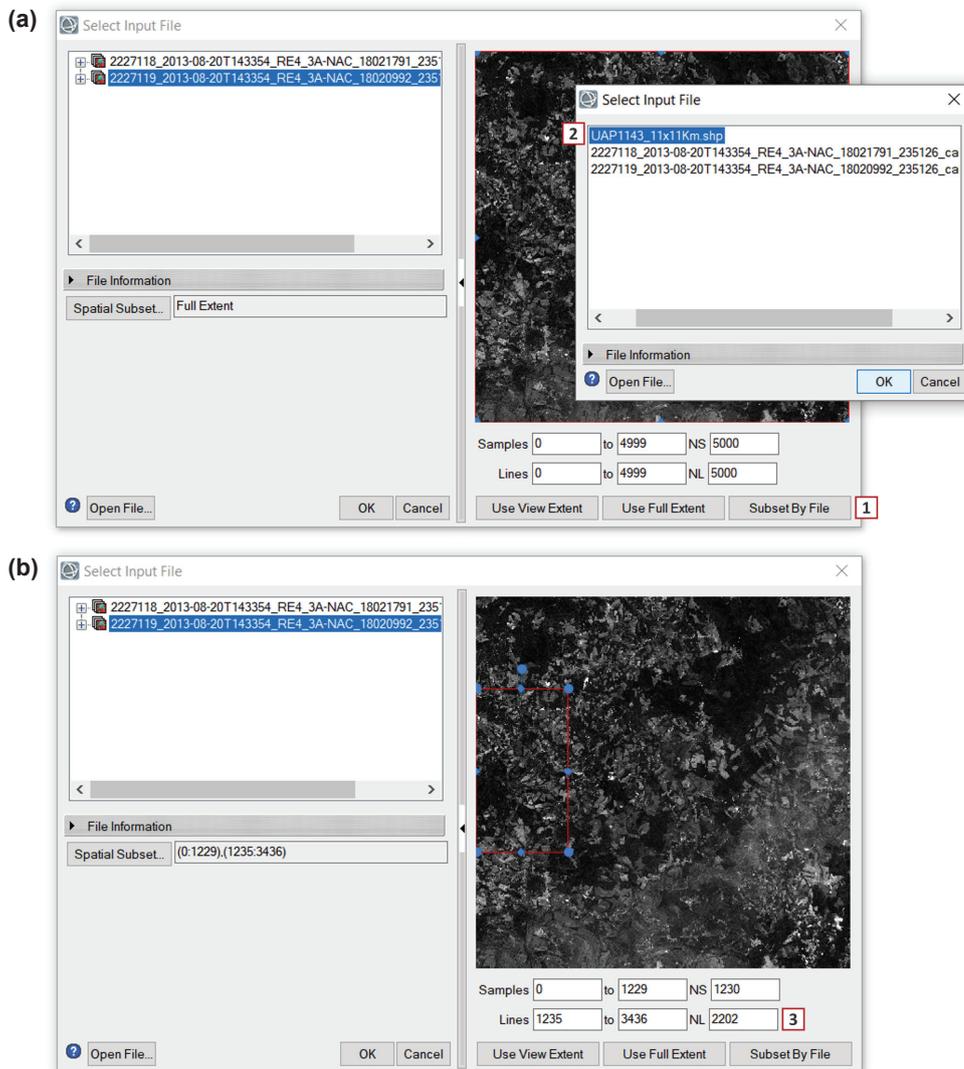


Figura 20. Janela de seleção do arquivo, que é estendida quando é selecionada a opção *Spatial Subset*, permitindo a definição da área de recorte da imagem a ser criada (a), e atualização da janela de recorte com os limites da área (linhas vermelhas com pontos azuis, como em (b)).

- e. Após a seleção do arquivo vetorial ocorre a atualização dos limites de recorte e dos valores iniciais e finais de píxeis, em coordenadas de imagem, para o arquivo a ser gerado (Figura 20 (b), item (3)). Compare os valores de linhas e colunas, exibidos na parte inferior de (a) e (b), na Figura 20. Salvar o arquivo com a extensão TIFF.

2.3 Elaboração de mosaicos

Diferenças na resposta espectral dos alvos para as imagens que recobrem as UAPs podem ocorrer e estão relacionadas a diversos fatores, tais como os diferentes sensores com os quais as imagens foram obtidas, a data de aquisição, as condições atmosféricas no momento da tomada da imagem, alterações fenológicas sazonais, dentre outras. Estas diferenças podem dificultar a classificação, sobretudo nos casos onde até quatro cenas diferentes podem recobrir uma mesma UAP.

Para que se disponha de uma cobertura contínua e sem sobreposição de imagens, como a que ocorre quando as cenas são trabalhadas separadamente, devem ser elaborados mosaicos para as UAPs que são cobertas por mais de uma cena. Durante o processo de mosaicagem, é possível aplicar uma normalização relativa entre as cenas, reduzindo estas diferenças e permitindo a geração de uma única imagem sem que se percebam os limites entre as cenas. A seguir são descritos os procedimentos para a realização desta tarefa no software ENVI 5.1 Classic.

- a. Abrir o ENVI no modo *Classic* e carregar as imagens que recobrem determinada UAP.
- b. Selecionar a ferramenta *Mosaicking* localizada abaixo de *Map* a partir do *menu* principal, selecionando *Map > Mosaicking > Georeferenced* (Figura 21).

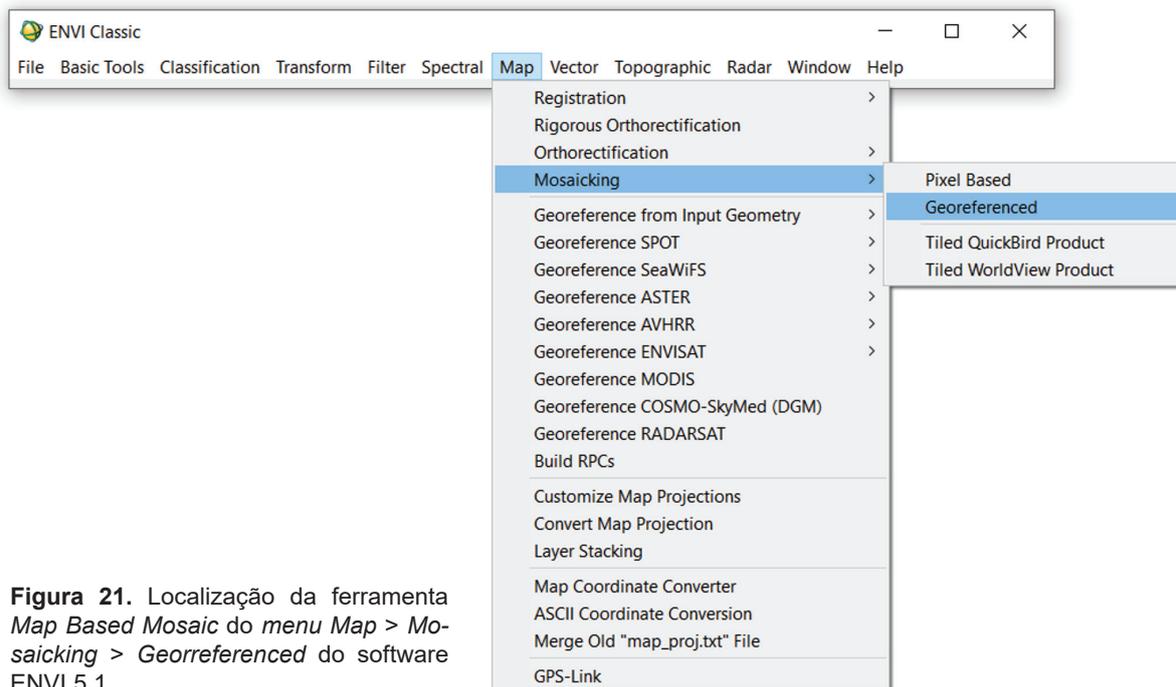


Figura 21. Localização da ferramenta *Map Based Mosaic* do *menu* *Map > Mosaicking > Georeferenced* do software ENVI 5.1.

- c. Importar as imagens para a ferramenta de construção de mosaico, selecionando a opção *Import Files and Edit Properties* (Figura 22, item (a)), permitindo a posterior seleção dos parâmetros de construção de mosaico.
- d. Editar as propriedades de cada uma das imagens a serem mosaicadas (Figura 23 (a)), selecionando o valor (=0) a ser ignorado, *Data Value to Ignore* (Figura 23 (a), item (1)); a distância de esmaecimento *Feathering Distance* (=200, como na Figura 23 (a), item (2)); a forma de visualização do mosaico enquanto está sendo elaborado (*Mosaic Display*, em uma única banda ou em composição colorida) com as bandas 4, 5 e 3 nos canais RGB, respectivamente (Figura 23 (a), item (3)); e a opção de balanceamento de cores, onde devem ser selecionadas as imagens referência e as imagens que terão suas cores ajustadas à referência. Para este último item, alguns critérios podem auxiliar na decisão de qual das imagens deve ser definida como referência, a partir da qual serão ajustadas as demais. A imagem com melhor resposta espectral (ou seja, sem falhas, ruídos, com tonalidade condizente com a resposta espectral dos alvos) ou, então, a imagem de maior cobertura na área do mosaico. Assim sendo, apenas uma das imagens deve ser selecionada como referência, e a esta imagem será atribuída a opção *Fixed*, enquanto que às demais deve ser atribuída a opção *Adjust* (Figura 23 (a), item (4)).

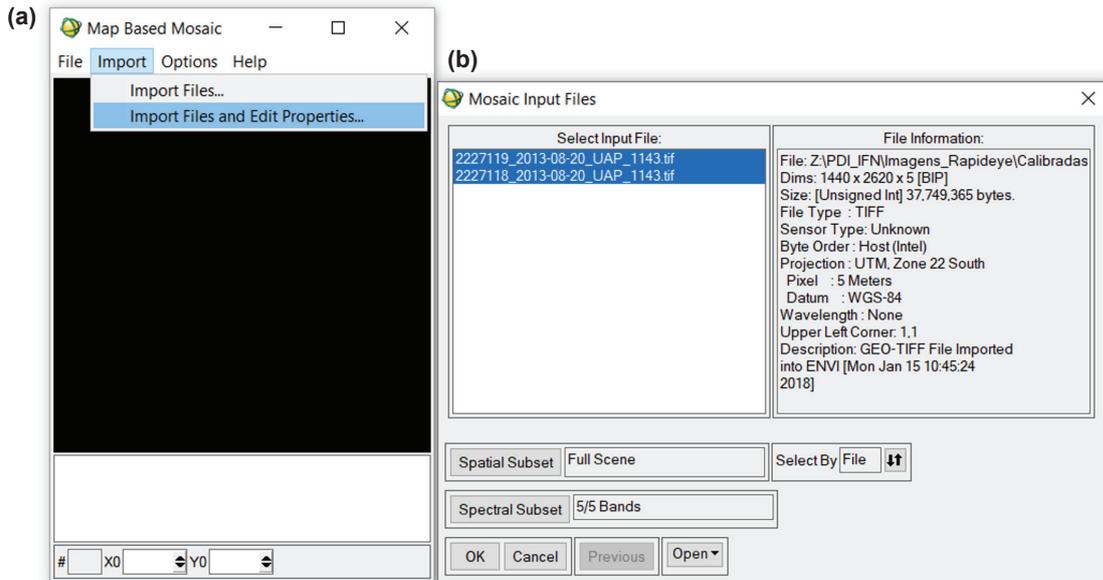


Figura 22. Localização da ferramenta de construção de mosaico em (a) e seleção e forma de importação das imagens a serem mosaicaadas em (b).

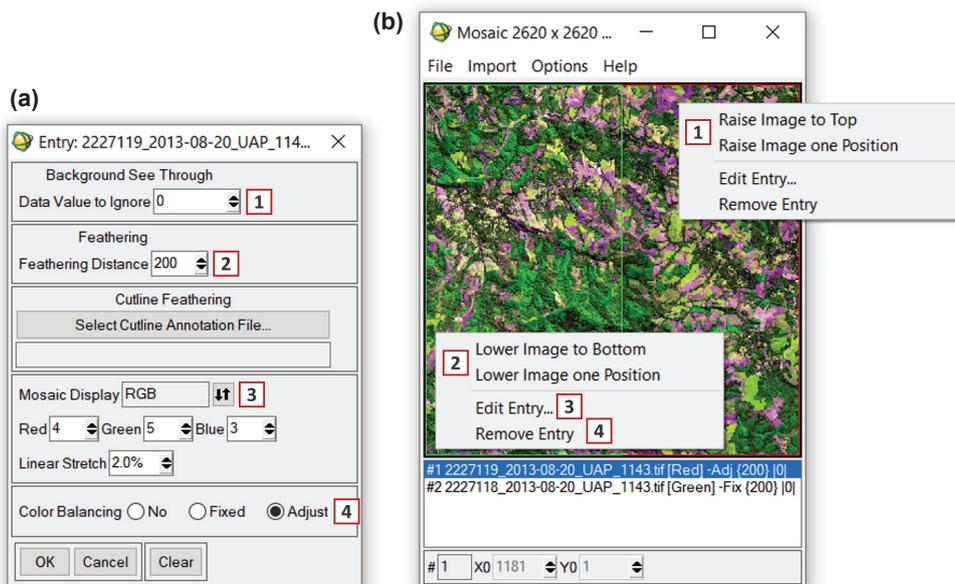


Figura 23. Janela para edição das propriedades do mosaico em (a), janela da ferramenta de construção de mosaico com as opções disponíveis ao clicar sobre determinada imagem com o botão direito do mouse em (b).

- e. A ordem de sobreposição das imagens a ser adotada pode ser gerenciada clicando-se com o botão direito do *mouse* sobre a cena na ferramenta de construção de mosaico e selecionando uma das opções, que permitem que a cena seja elevada uma camada (*Raise Image one Position*) ou até a camada superior (*Raise Image to Top*), e da mesma forma para que a cena seja posicionada sob uma camada (*Lower Image one Position*) ou sob todas as camadas (*Lower Image to Bottom*) (Figura 23 (b), itens (1) e (2)).
- f. Convém observar que o mesmo comando (clique com o botão direito sobre a cena na ferramenta de construção de mosaico) também permite acesso às opções de edição do mosaico (Figura 23 (b), item (3)). Estas opções podem ser editadas posteriormente à importação da imagem, caso seja selecionado o comando *Import Files* ao invés do comando *Import Files and Edit*

Properties, conforme explicado no item “e” da Seção 2.3, item “c” e demonstrado na Figura 22 item (a). Também faz parte desta opção o comando para a remoção de cenas *Remove Entry* (Figura 23 (b), item (4)).

- g. O modelo de mosaico elaborado deve parecer-se com o da Figura 24, onde a imagem 2227118 está sobreposta à imagem 2227119. Nesta janela, logo abaixo das imagens, existe um demonstrativo das cenas e dos principais parâmetros de construção de mosaico (Figura 24, item (1)). Observar que a imagem 2 (2227118) demarcada em vermelho no modelo de mosaico foi selecionada como a imagem referência (conforme indicado pela sigla *Fix*). Foi atribuído o valor de 200 para a distância de esmaecimento, e valor igual a 0 para pixels sem dados (*No Data Value*).

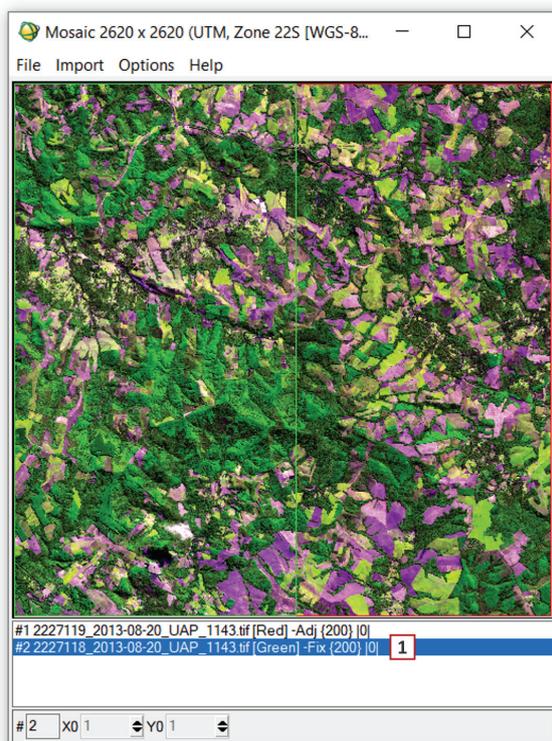


Figura 24. Janela do assistente de construção do mosaico, apresentando o modelo de mosaico a ser criado, com as cenas 2227118 e 2227119. Abaixo do mosaico (em (1)), a janela de demonstrativo das cenas com os principais parâmetros de construção de mosaico.

- h. Para aplicar o modelo de mosaico criado, selecionar a opção *Apply* a partir do *Menu File* (Figura 25 (a)) e ajustar os parâmetros para a geração do mosaico final, conforme demonstrado na Figura 25 (b). Deve ser adotado pixel de tamanho igual ao da imagem de entrada, ou seja, 5 m (Figura 25 (b), item (1)); método de reamostragem por vizinho mais próximo (*Nearest Neighbour* Figura 25 (b), item (2)); gravação do resultado em um novo arquivo selecionando a opção *File* (Figura 25 (b), item (3)); o nome do arquivo a ser gerado (Figura 25 (b), item (4)), que deve receber o sufixo .tif; o valor para eventuais pixels de fundo (*background value*, Figura 25 (b), item (5)) e o balanceamento de cores, realizado a partir das áreas de sobreposição entre as imagens, (Figura 25 (b), item (6)).

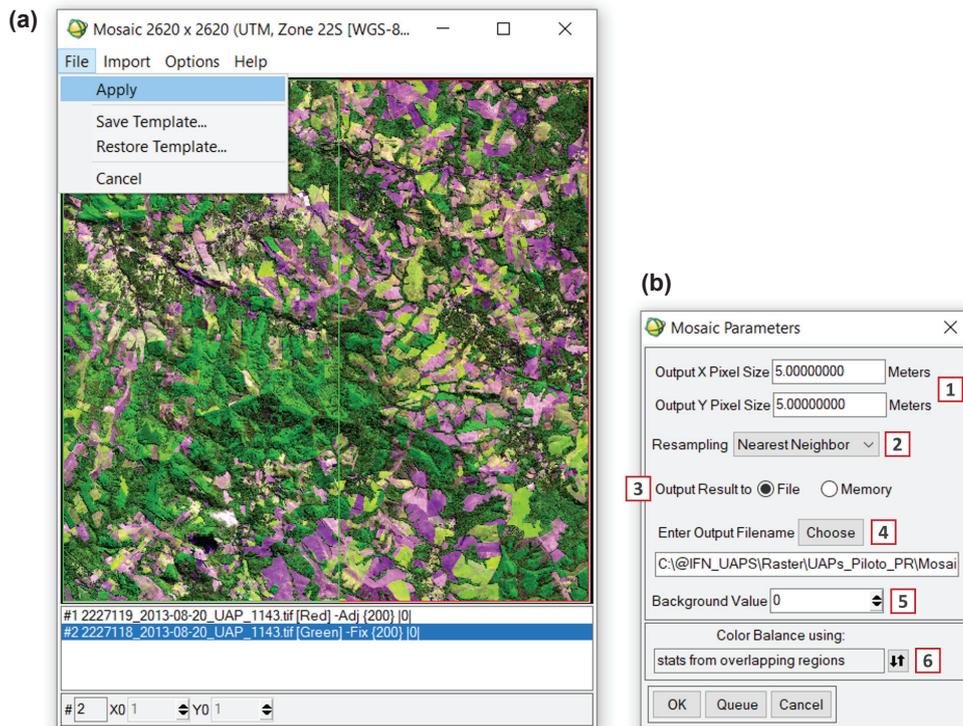


Figura 25. Seleção da opção *Apply* a partir do Menu *File* para geração do mosaico a partir do modelo criado em (a), e parâmetros para a geração do mosaico final (b).

3 Classificação das imagens

A metodologia aqui descrita para a execução do mapa de uso e cobertura da terra pode ser dividida em três etapas: i) a classificação automática pixel a pixel do mosaico *RapidEye*, seguida de uma ii) classificação orientada a objetos e, por fim, uma etapa de iii) interpretação visual e edição do mapeamento gerado pelos métodos automáticos. A cada uma dessas etapas estão associadas classes espectrais ou de informação, que são refinadas sucessivamente durante o processo até a obtenção do mapa final.

A diferença entre classes espectrais e classes de informação é que se referem a conjuntos de pixels que apresentam resposta similar no espaço espectral, definindo agrupamentos ou clusters de características espectrais semelhantes. Já as classes de informação representam agrupamentos de pixels associados a uma classe real de dados, como tipos de cobertura da terra. As classes de informação correspondem às classes temáticas do mapa de uso e cobertura da terra.

No caso da metodologia adotada para o processamento das imagens do IFN-BR, as classes espectrais são obtidas de forma automática, em uma classificação pixel a pixel da imagem, recebendo códigos de classes pré-definidos (Simonetti et al., 2015). Estas classes são posteriormente agrupadas em classes de informação, que podem compreender um ou mais tipos de objetos presentes na superfície terrestre. As classes espectrais e de informação são descritas na sequência, juntamente com as etapas do processo de classificação da imagem e edição do mapa de uso e cobertura da terra das UAPs. Antes de abordar a classificação propriamente dita, são expostas e descritas, em detalhes, as classes de uso e cobertura da terra.

3.1 Classes de uso e cobertura da terra

A definição da legenda final do mapa de uso e cobertura da terra das Unidades Amostrais de Paisagem do Inventário Florestal Nacional tem por base o sistema fitogeográfico de classificação oficial da vegetação brasileira, conforme proposto pelo IBGE (IBGE, 2012). Leva também em consideração a classificação da FAO, como instituição que congrega as informações a respeito das florestas em escala global, à qual serão reportados resultados do Inventário Florestal Nacional.

Uma compilação das fitofisionomias do sistema oficial brasileiro e sua compatibilização com as classes de uso e cobertura da FAO, do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) e das classes de uso e cobertura da terra adotadas no mapeamento das Unidades Amostrais de Paisagem do IFN-BR é apresentada na Tabela 4. Esta compatibilização tem por base um estudo realizado para a FAO por Pedro Furtado Leite³ (Leite, 2009) e também sugestões aportadas por José Enílcio Rocha Collares⁴, ambos pesquisadores aposentados do IBGE e especialistas no Sistema Fitogeográfico da Vegetação Brasileira.

Na sequência, é apresentada a descrição detalhada de cada uma das classes que devem compor o mapa de uso e cobertura da terra, bem como suas características nas imagens *RapidEye* utilizadas, considerando a composição R5G4B3 (NIR/RE/R).

³ Pedro Leite é graduado e mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná. Foi pesquisador do IBGE e possui mais de 30 anos de atividade em trabalhos de classificação e mapeamento de florestas e campos naturais e de uso da terra, por todo o território nacional. Possui conhecimento dos principais padrões estruturais e florísticos da vegetação brasileira e sua correlação com os parâmetros fundamentais do ambiente.

⁴ José Enílcio Rocha Collares é graduado e mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná e doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi pesquisador do IBGE e possui mais de 30 anos de atuação no mapeamento da vegetação em todo o território nacional. Participou da equipe do Projeto RADAMBRASIL diretamente ligado ao mapeamento fitogeográfico e inventário da vegetação. As contribuições do especialista foram recebidas por e-mail e também durante reunião técnica a respeito do Inventário Florestal Nacional do Brasil no Serviço Florestal Brasileiro, em Setembro de 2016.

Tabela 4. Compatibilização da legenda adotada pelo IFN-Componente Paisagem, legenda do sistema fitogeográfico oficial (IBGE, 2012), FAO e IPCC.

Tipo	IBGE		IFN-BR (paisagem)	IPCC	FAO
	Formação	Subclasse de formação			
Floresta Ombrófila Densa	Aluvial	com dossel uniforme com dossel emergente	Floresta Natural	Forest	Forest
	das Terras Baixas	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Submontana	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Montana	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Alto-Montana	com dossel uniforme			
Floresta Ombrófila Aberta	Aluvial	com palmeiras com cipós com bambus	Floresta Natural	Forest	Forest
	das Terras Baixas	com palmeiras com cipós com bambus			
	Submontana	com palmeiras com cipós com bambus com sororocas			
	Montana	com palmeiras com cipós			
	Aluvial				
Floresta Ombrófila Mista	Submontana	-	Floresta Natural	Forest	Forest
	Montana				
	Alto-Montana				

continua...

Tabela 4. Continuação...

Tipo	IBGE		IFN-BR (paisagem)	IPCC	FAO
	Formação	Subclasse de formação			
Floresta Estacional Sempre Verde	Aluvial	com dossel uniforme com dossel emergente	Floresta Natural	Forest	Forest
	das Terras Baixas	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Submontana	com dossel uniforme com dossel emergente			
Floresta Estacional Semidecidual	Aluvial	com dossel uniforme com dossel emergente	Floresta Natural	Forest	Forest
	das Terras Baixas	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Submontana	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Montana	com dossel uniforme com dossel emergente			
Floresta Estacional Decidual	Aluvial	com dossel uniforme com dossel emergente	Floresta Natural	Forest	Forest
	das Terras Baixas	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Submontana	com dossel uniforme com dossel emergente			
	Montana	com dossel uniforme com dossel emergente			
Campinarana	Florestada	sem palmeiras com palmeiras	Floresta Natural	Forest	Forest
	Arborizada	sem palmeiras com palmeiras			
	Arbustiva	sem palmeiras com palmeiras	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Other Land	Other Wooded Land Other Land with Tree Cover
	Gramíneo-Lenhosa	sem palmeiras com palmeiras	Gramíneas e Herbáceas Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Grassland Other Land	Other Land Other Land with Tree Cover

continua...

Tabela 4. Continuação...

Tipo	IBGE		IFN-BR (paisagem)	IPCC	FAO
	Formação	Subclasse de formação			
Savana	Florestada	-			
	Arborizada	sem floresta-de-galeria com floresta-de-galeria	Floresta Natural	Forest	Forest
	Parque	sem floresta-de-galeria com floresta-de-galeria	Outras Terras com Vegetação Lenhosa Floresta Natural	Other Land Forest	Other Land with Tree Cover Forest
	Gramíneo-Lenhosa	sem floresta-de-galeria com floresta-de-galeria	Gramíneas e Herbáceas Floresta Natural	Grassland Other Land	Other Land Other Land with Tree Cover
Savana-Estépica	Florestada	sem palmeiras com palmeiras			
	Arborizada	sem palmeiras sem floresta-de-galeria com palmeiras com floresta-de-galeria	Floresta Natural	Forest	Forest
	Parque	sem palmeiras sem floresta-de-galeria com palmeiras com floresta-de-galeria	Outras Terras com Vegetação Lenhosa Floresta Natural	Other Land Forest	Other Land with Tree Cover Forest
	Gramíneo-Lenhosa	sem palmeiras sem floresta-de-galeria com palmeiras com floresta-de-galeria	Gramíneas e Herbáceas Outras Terras com Vegetação Lenhosa Floresta Natural	Grassland Other Land Forest	Other Land Other Land with Tree Cover Forest
Estepe	Arborizada	sem floresta-de-galeria com floresta-de-galeria	Floresta Natural	Forest	Forest
	Parque	sem floresta-de-galeria com floresta-de-galeria	Outras Terras com Vegetação Lenhosa Floresta Natural	Other Land Forest	Other Land with Tree Cover Forest
	Gramíneo-Lenhosa	sem floresta-de-galeria com floresta-de-galeria	Gramíneas e herbáceas Floresta Natural	Grassland Forest	Other Land Forest
Formação pioneira com influência marinha (restinga)	Arbórea	-	Floresta Natural	Forest	Forest
	Arbustiva	-	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Other Land	Other Wooded Land
	Herbácea	-	Gramíneas e herbáceas	Grassland	Other Land

continua...

Tabela 4. Continuação...

Tipo	IBGE		IFN-BR (paisagem)	IPCC	FAO
	Formação	Subclasse de formação			
Formação pioneira com influência fluviomarinha (mangue)	Arbórea	-	Floresta Natural	Forest	Forest
	Herbácea	-	Gramíneas e Herbáceas	Grassland	Other Land
Formação pioneira com influência fluvial e/ou lacustre	Palmeiral	-	Floresta Natural	Forest	Forest
	Arbustiva	sem palmeiras	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Other Land	Other Wooded Land
		com palmeiras	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Other Land	Other Land with Tree Cover
	Herbácea	sem palmeiras	Gramíneas e Herbáceas	Grassland	Other Land
com palmeiras		Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Other Land	Other Land with Tree Cover	
Contatos	entre pelo menos uma formação florestal	-	Floresta Natural	Other Land	Other Wooded Land
	exclusivamente entre formações arbustivas	-	Outras Terras com Vegetação Lenhosa		
Refúgios Vegetacionais	de formações arbustivas	-	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	Other Land	Other Wooded Land
	de formações gramíneas ou herbáceas	-	Gramíneas e Herbáceas	Grassland	Other Land
Vegetação secundária	-	-	Floresta Natural	Forest	Forest
Agricultura	com culturas permanentes	-	Agricultura e Pastagem	Cropland	Other Land
	com culturas cíclicas	-		Grassland	Other Land
Pecuária (pastagem)	-	-			
Florestamento/ Reflorestamento	eucaliptos, pinus, acácias, algarobas, seringueiras, frutíferas	-	Floresta Plantada	Forest	Forest
Influência urbana	-	-	Influência urbana	Settlement	Other Land
Indiscriminadas	-	-	Solo Exposto	Other Land	Other Land
Dunas	-	-	Dunas e Afloramentos Rochosos	Other Land	Other Land
Afloramentos rochosos	-	-		Other Land	Other Land
Superfície com água			Superfície com água	Inland Water Bodies	Wetland
-	-	-	Outras Terras com Árvores	Other Land	Other Land

3.1.1 Conceituação e Discriminação de Cobertura Arbórea/Arbustiva

Para a melhor compreensão da estratégia adotada, cumpre notar que a abordagem utilizada considera a separabilidade das classes com base em sua diferenciação por meio de sensoriamento remoto, incorporando as limitações do sensor utilizado.

Para a definição das classes de uso e cobertura da terra formadas por vegetação arbórea, de acordo com os sistemas de classificação adotados, devem ser definidos os limiares de inclusão e discriminação de árvores e arbustos, definidas de acordo com FAO (2015), como:

- **Árvores:** Plantas **lenhosas** perenes, com fuste único, ou com mais fustes, no caso de rebrotas, tendo uma ou mais copas definidas, que possam alcançar 5 m de altura na maturidade in situ. Inclui: bambus, palmeiras e outras plantas lenhosas que satisfazem o critério acima.
- **Arbustos:** Plantas **lenhosas** perenes, geralmente com mais de 0,5 m e menos de 5 m, e sem copa definida.

As formações arbóreas e/ou arbustivas são divididas em classes que se distinguem por características fitofisionômicas, de composição de espécies e até mesmo arranjo espacial dos indivíduos, porém estas características nem sempre se refletem na resposta espectral, não sendo passíveis de identificação a partir de imagens orbitais.

Considerando-se que **a altura** dos indivíduos e **a cobertura de copas** são as únicas características que permitem a discriminação de formações arbustivas e arbóreas, estas formações não foram individualizadas no primeiro estágio, ou durante a classificação automática da imagem. Esta identificação deverá ser realizada com a inclusão de dados auxiliares (altura dos indivíduos, modelos digitais de superfície e mapas fitogeográficos, tais como o do Radam (IBGE, 2015), e com a interpretação visual de imagens de altíssima resolução espacial disponíveis publicamente na série histórica do aplicativo Google Earth.

Deve-se aqui reiterar que o desafio foi o de aliar - sempre que possível - as potencialidades do sensoriamento remoto e do geoprocessamento - para o sensor adotado - com as classes e estruturas já adotadas pela FAO, por exemplo no Forest Resource Assessment (FRA), sendo adotada a estratégia exposta a seguir.

A classe mista (árvores e arbustos), obtida por meio da classificação automática da imagem foi denominada "Floresta" (*Forest*) sendo, posteriormente, refinada e subdividida em: Floresta Natural (*Natural Forest*) e Floresta Plantada (*Planted Forest*) (Figura 26). A segunda categoria da FAO, que compreende indivíduos lenhosos de menor porte e não caracterizados como floresta (arbustos), foi individualizada como sendo Outras Terras com Vegetação Lenhosa (*Other Wooded Land*), ou seja, algumas formações de cerrado e caatinga, por exemplo, e não foi subdividida em subcategorias.

Seguindo a lógica de discriminação de indivíduos de porte lenhoso na paisagem, a classe "Outras Terras com Cobertura de Árvores" (*Other Land With Tree Cover*), ficou subordinada à categoria da FAO "Outras Terras" (*Other Land*). Adicionalmente, a mesma categoria "Outras Terras", quando não presente o elemento arbóreo, foi subdividida em várias outras subcategorias, que serão apreciadas na Seção 3.1.4.

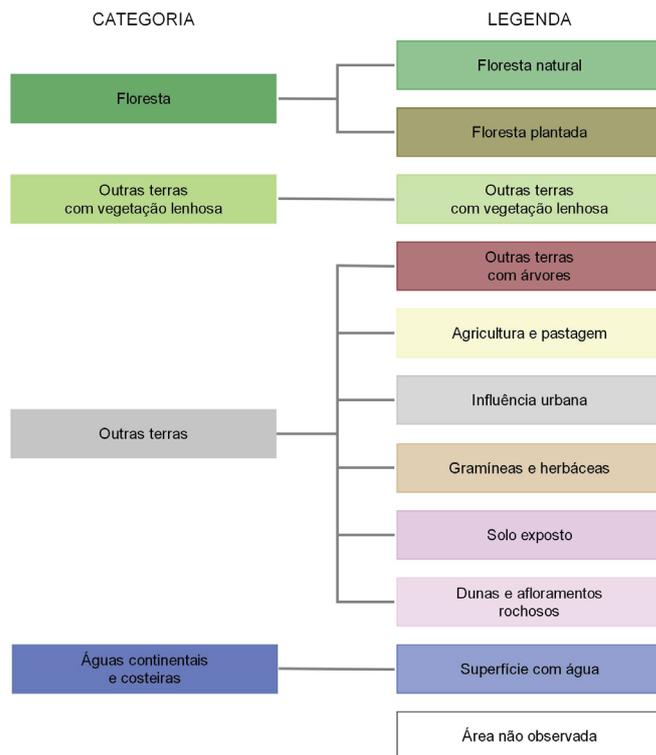


Figura 26. Esquema de construção da nomenclatura adotada nas UAPs do IFN – Componente Paisagem.

3.1.2 Floresta

Florestas são definidas, de acordo com FAO (2015), como áreas estendendo-se a mais do que 0,5 ha com árvores de mais de 5 m de altura e uma cobertura de copa maior que 10%, ou árvores capazes de atingir estes limiares in situ. Não incluem áreas de uso predominantemente agrícola ou urbano. Assim, florestas são definidas tanto pela presença de árvores quanto pela **ausência de outros usos da terra predominantes**.

Para o presente trabalho, a categoria “Floresta” foi subdividida em duas subcategorias: “Floresta Natural” e “Floresta Plantada”. Para ambos os casos, a mesma:

- **Inclui** as áreas com árvores jovens que ainda não tenham atingido, mas que são capazes de atingir uma cobertura de copa de pelo menos 10% e altura das árvores de 5 m ou mais. Inclui também áreas temporariamente sem estoque devido ao corte raso como parte da prática de manejo florestal, assim como devido à ocorrência de desastres naturais, contanto que sejam capazes de se regenerar dentro de cinco anos. Entretanto, as condições locais podem, em casos excepcionais, justificar que um prazo maior seja adotado.
- **Inclui** estradas florestais, barreiras de proteção contra incêndios e outras pequenas áreas abertas; florestas em parques nacionais, reservas naturais e outras áreas protegidas, tais como as de especial interesse ambiental, científico, histórico, cultural ou espiritual.
- **Inclui** os quebra-ventos, barreiras de proteção e corredores de árvores com área maior que 0,5 ha e largura superior a 20 m.
- **Inclui** áreas de cultivo migratório (corte e queima) já abandonado, com uma regeneração de árvores que têm ou que podem atingir uma cobertura de copas de 10% e altura das árvores de 5 m.

- **Inclui** áreas com manguezais sujeitos à influência de marés, independente da área ser classificada como terrestre ou não.
- **Inclui** plantios de seringueiras, sobreiro (*Quercus suber*) e coníferas comercializadas como árvores de Natal.
- **Inclui** áreas com bambu e palmeiras, desde que os critérios de uso da terra, altura das plantas e cobertura do dossel sejam cumpridos.
- **Exclui** povoamentos de árvores em sistemas de produção agrícola como, por exemplo, plantios de árvores frutíferas, plantios de palmeiras e sistemas agroflorestais, onde as culturas crescem sob a cobertura de árvores. No entanto, alguns sistemas agroflorestais como, por exemplo, o sistema Taungya, onde as culturas estão presentes apenas durante os primeiros cinco anos de rotação da floresta, devem ser classificados como floresta.

3.1.2.1 Floresta Natural

A classe **Floresta Natural** corresponde a áreas classificadas pelo IBGE (IBGE, 2012) como: Floresta Ombrófila Densa, F.O. Aberta, F.O. Mista (Figura 27), Floresta Estacional Sempre Verde, F.E. Semidecidual, F.E. Decidual, Campinarana Florestada, C. Arborizada, Savana Florestada, S. Arborizada (Figura 29), S. Estépica Florestada, S.E. Arborizada (Figura 30), Estepe Arborizada, Restinga Arbórea, Mangue Arbóreo (Figura 31 (c) e (f)), Palmeiral (formação pioneira com influência fluvial e/ou lacustre), áreas de contato entre, pelo menos, uma formação florestal, bem como todas as florestas de galeria e áreas de vegetação secundária. Alguns exemplos de áreas enquadradas na classe Floresta Natural são apresentados a seguir, ilustrando áreas com diferentes densidades de cobertura de copa (Figura 31 (a), (b), (d) e (e)), mas que pertencem à mesma classe, bem como diferentes respostas espectrais obtidas em diferentes épocas para uma mesma área (Figura 28).

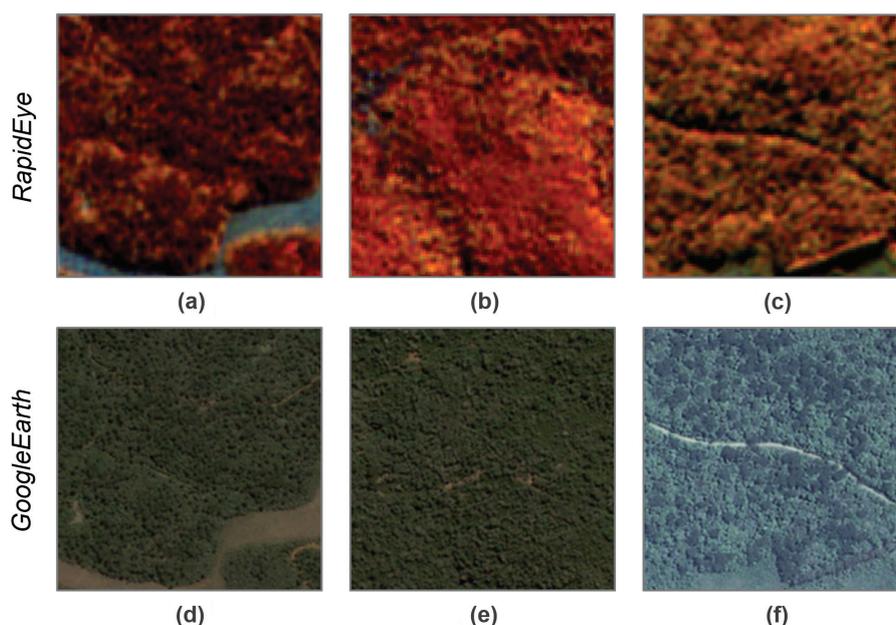


Figura 27. Áreas compostas por vegetação do tipo “Floresta Ombrófila Mista”, com presença da espécie *Araucaria angustifolia*, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

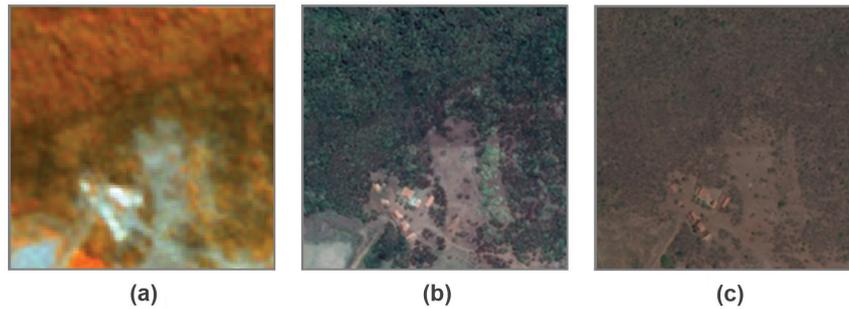


Figura 28. Área composta por vegetação do tipo “Savana Estépica Arborizada”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as respostas espectrais na imagem (a) *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth, em duas épocas diferentes: Julho – período chuvoso (b) e Setembro – época seca (c).

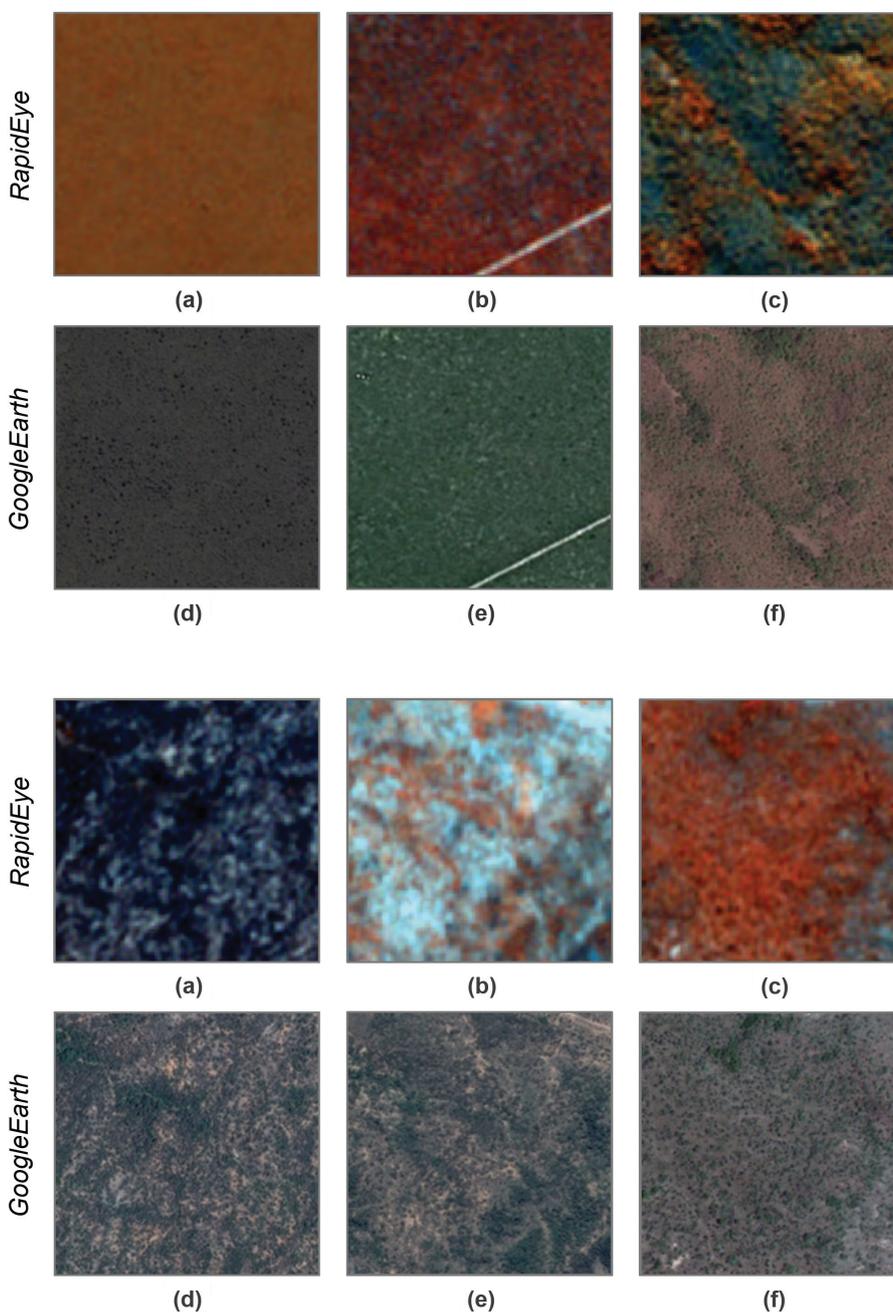


Figura 29. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Arborizada”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.

Figura 30. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Estépica Arborizada”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe Floresta Natural na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.

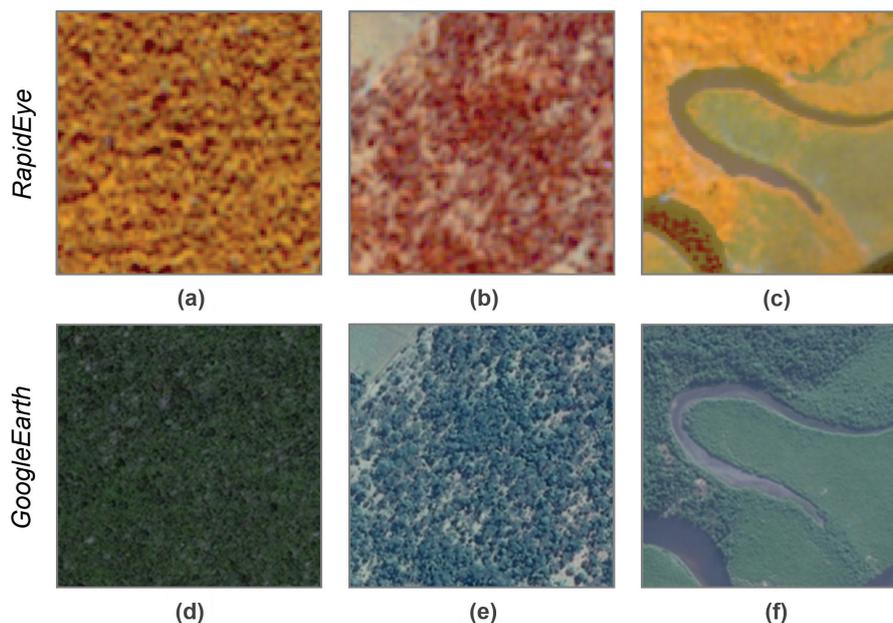


Figura 31. Áreas correspondentes à classe “Floresta Natural” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando uma área com alta densidade de cobertura de copas em (a) e (d); com menor densidade em (b) e (e); e uma área de transição em (c) e (f), recoberta por Floresta Ombrófila Densa (porção superior, com textura rugosa) e mangue (porção inferior, com textura lisa), na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.

3.1.2.2 Floresta Plantada

Classe relativa aos plantios ou formações de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas, puros ou consorciados. Nesta definição não se considera se o plantio é realizado em áreas anteriormente povoadas com espécies florestais ou não; considera-se reflorestamento todas as áreas povoadas com espécies florestais, independentemente do ambiente.

No Brasil, esta classe contempla, principalmente, plantios de coníferas exóticas, como *Pinus* spp. e folhosas exóticas (*Eucalyptus* spp.; *Acacia* spp.; *Tectona* spp.; *Gmelina* spp.), além da conífera nativa *Araucaria angustifolia* na região sul do país, bem como plantios de seringueira, erva-mate, bracatinga, paricá, palmeira real, açai, juçara, pupunha, entre outras espécies florestais citadas pelo IBGE (2013): algarobeira, andiroba, angico, bambu, canela, carvalho corticeiro ou sobreiro, casuarina, caxeta ou tabebuia, cedro, criptoméria, cipreste, cuningâmia, grevílea gigante, guajuvira, guapuruvu, imbuia, ipê, jacarandá-jacaré, jacatirão, mogno ou aguano, pau-brasil, peroba, sassafrás, teca, ucuubeira, vinhático, incluindo-se as espécies madeireiras (para celulose e papel, indústrias movelaria, naval, etc.) e outras espécies florestais madeireiras não especificadas. Inclui também áreas temporariamente sem estoque devido ao corte raso como parte da prática de manejo florestal (Figura 32 (b)). Não inclui plantios com arbóreas frutíferas. Na sequência, são apresentados alguns exemplos de áreas pertencentes a essa classe na legenda do IFN – Componente Paisagem (Figura 32).

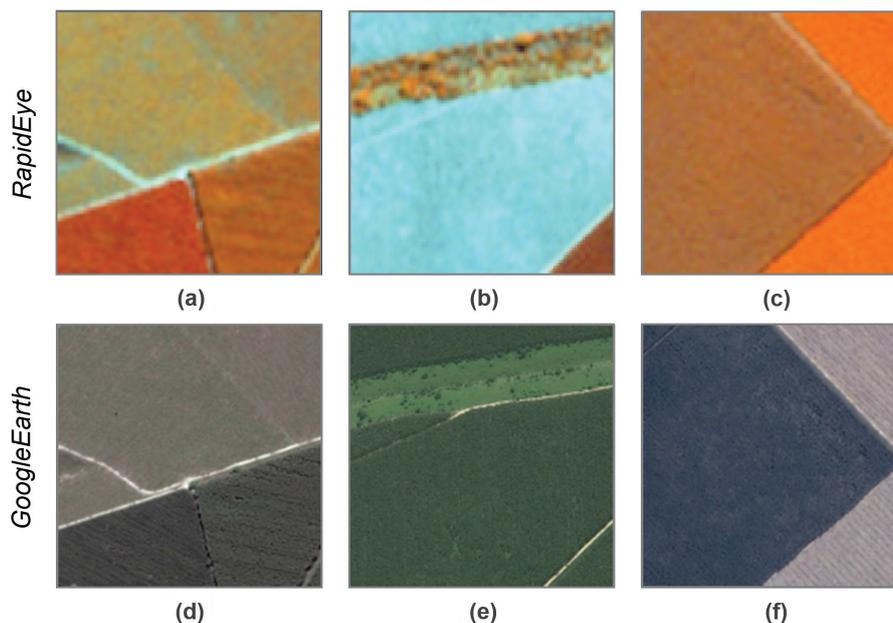


Figura 32. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Floresta Plantada”, ilustrando áreas com plantios de diferentes idades em (a), (d), (c) e (f), bem como uma área temporariamente sem estoque devido ao corte raso (b) e (e), na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

3.1.3 Outras Terras com Vegetação Lenhosa

3.1.3.1 Outras Terras com Vegetação Lenhosa

Para a definição das classes de uso e cobertura da terra formadas por vegetação arbustiva, de acordo com os sistemas de classificação adotados, devem ser definidos os limiares de inclusão e discriminação de arbustos, essenciais para o entendimento dos conceitos de **Outras Terras com Vegetação Lenhosa**, são definidas de acordo com FAO (2015), como:

Assim, conceitualmente, Outras Terras com Vegetação Lenhosa são áreas não classificadas como florestas, que se estendem por mais de 0,5 ha, com árvores maiores que 5 m e cobertura de copas entre 5% e 10%; ou árvores capazes de atingir estes limiares in situ; ou com uma combinação de indivíduos arbóreos, arbustivos e de árvores com mais de 10% de cobertura do dossel. **Não inclui** áreas sob uso predominantemente agrícola ou urbano.

Assim, para a definição das áreas pertencentes a essa classe, quanto à cobertura do dossel e altura das árvores, tem-se duas opções:

- I. Áreas cuja cobertura do dossel arbóreo está entre os limiares de 5% e 10% e as árvores têm mais de 5 m, ou são capazes de atingir 5 m in situ; ou
- II. Áreas cuja cobertura do dossel arbóreo é menor que 5%; porém a cobertura total combinada de vegetação arbustiva e arbórea é maior que 10%. Nesse caso, inclui áreas de vegetação arbustiva sem a presença de árvores.

Incluem-se também nesta definição as áreas:

- I. Onde as árvores não atingirão altura de 5 m in situ, mas possuem cobertura de dossel arbóreo de 10% ou mais, por exemplo, alguns tipos de vegetação arbórea alpina, manguezais em zonas áridas entre outras.

II. Com bambus e palmeiras, contanto que os critérios de uso do solo, cobertura do dossel e altura das plantas sejam cumpridos.

No Brasil, enquadram-se nessa categoria as áreas com cobertura vegetal classificadas pelo IBGE/Radam como pertencentes às classes: Campinarana Arbustiva, C. Gramíneo-Lenhosa com palmeiras, Savana Parque (Figura 33), Savana Estépica Parque (Figura 34), S.E. Gramíneo-Lenhosa com palmeiras, Estepe Parque (Figura 35), Restinga Arbustiva, formações pioneiras arbustivas com influência fluvial e/ou lacustre (Figura 36), ou herbáceas com presença de palmeiras, bem como áreas de contato exclusivamente entre formações arbustivas e refúgios vegetacionais arbustivos.

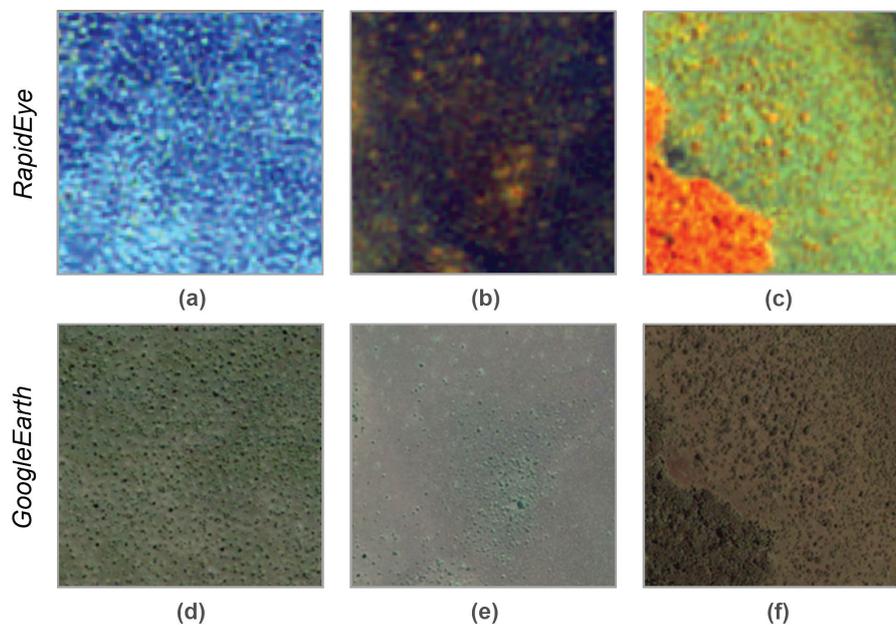


Figura 33. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Parque”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe Outras Terras com Vegetação Lenhosa na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.

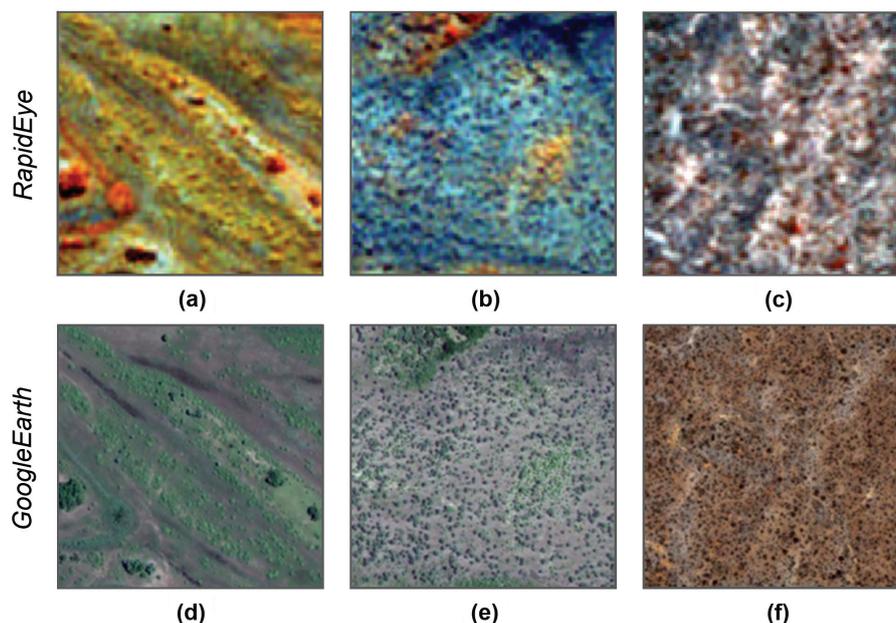


Figura 34. Áreas compostas por vegetação do tipo Savana Estépica Parque, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe Outras Terras com Vegetação Lenhosa na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.

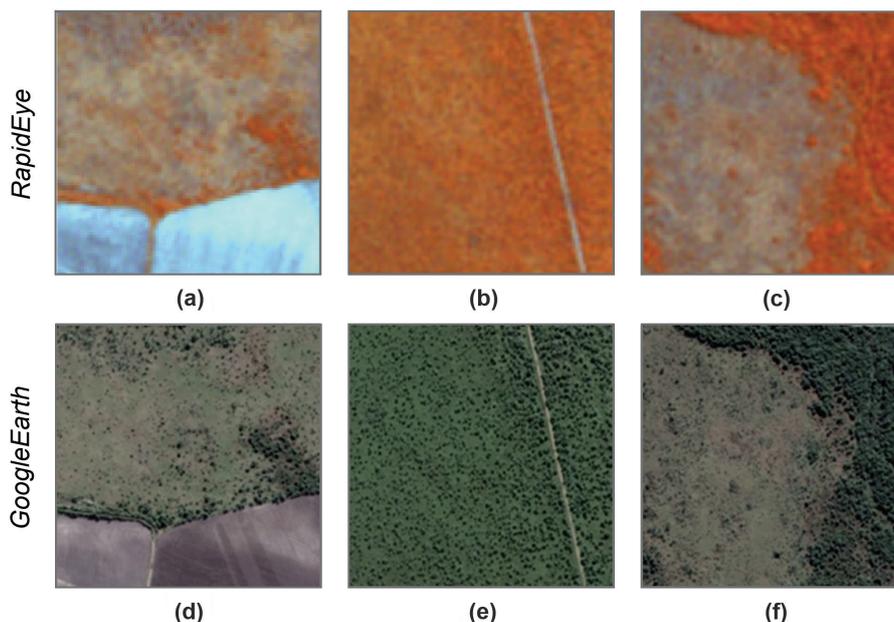


Figura 35. Áreas compostas por vegetação do tipo “Estepe Parque”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Outras Terras com Vegetação Lenhosa” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

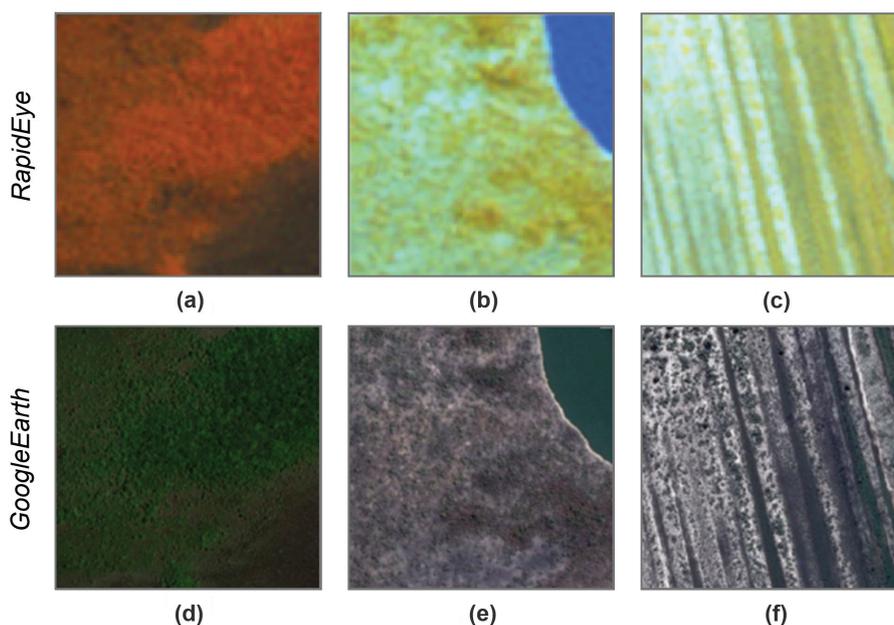


Figura 36. Áreas correspondentes à classe “Outras Terras com Vegetação Lenhosa” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando áreas compostas por vegetação do tipo (a) e (d) “Campinarana”, (b) e (e) “Formação Pioneira com Influência Fluvial” e (c) e (f) “Formação Pioneira Arbustiva com Influência Marinha”, segundo classificação do IBGE/Radam, na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

3.1.4 Outras Terras

3.1.4.1 Outras Terras com Árvores

A classe que se convencionou denominar, na presente metodologia, “Outras Terras com Árvores”, representa uma parte do que é conceituado pelo termo “Árvores fora da floresta” de acordo com a FAO e De Foresta et al. (2013). A conceituação da FAO inclui fragmentos com mais de 0,5 ha, com

espécies florestais ou não-florestais como as frutíferas arbóreas. Diferentemente de tal conceituação, entretanto, na presente metodologia considerou-se apenas as árvores isoladas, ou agrupadas, que não se enquadram na definição de floresta, ou seja, polígonos que tenham área superior a 0,05 ha (500 m²) e inferior a 0,5 ha (5.000 m²) (De Foresta et al., 2013).

Na Figura 37 são ilustrados alguns exemplos da ocorrência de áreas pertencentes à classe “Outras Terras com Árvores”, associadas a áreas de “Agricultura e Pastagem”. A área ocupada por “Outras Terras com Árvores” não foi computada nas subcategorias “Agricultura e Pastagem” ou “Influência Urbana” e, sim, calculada separadamente, como outra classe de uso e cobertura da terra.

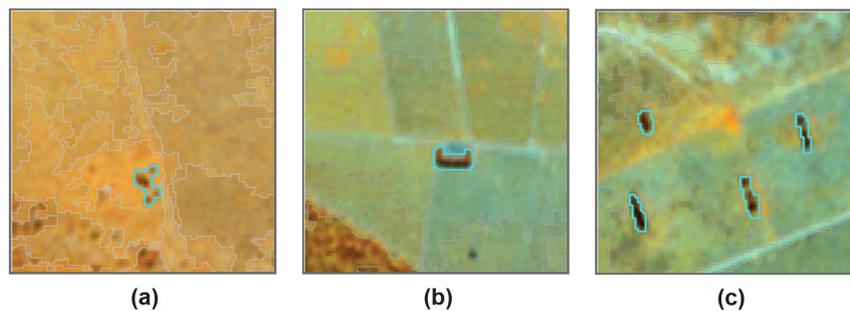


Figura 37. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Outras Terras com Árvores”, cujos polígonos aparecem selecionados em azul, na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R).

3.1.4.2 Agricultura e Pastagem

Áreas utilizadas para a produção de alimentos, fibras e commodities do agronegócio, inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas (IBGE, 2013) que sejam utilizadas para essa mesma finalidade (como é o caso do plantio de arroz, por exemplo). Classe constituída por culturas temporárias, cíclicas (Figura 38, itens (a), (b), (d) e (e)) e permanentes (destacando-se a de cereais, tubérculos

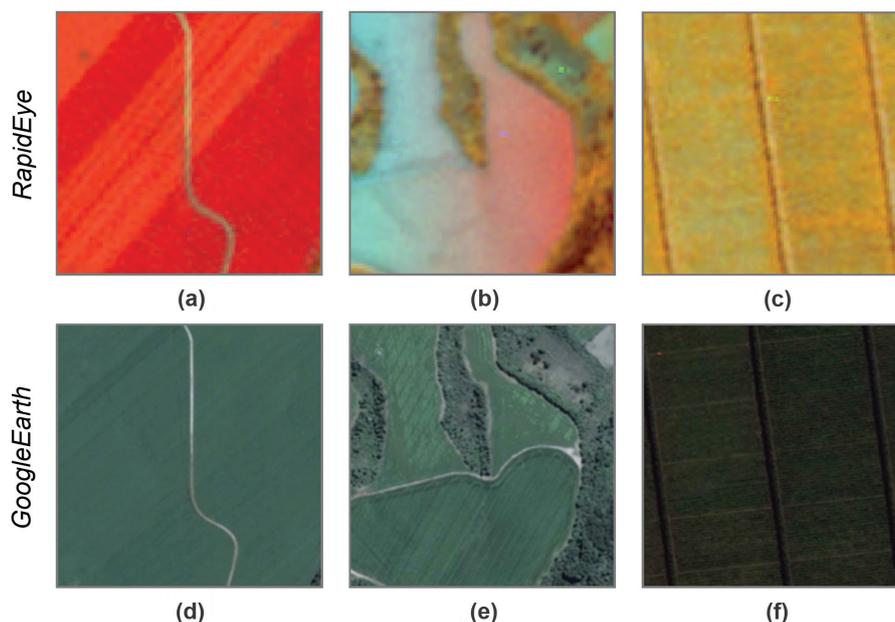


Figura 38. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Agricultura e Pastagem” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de culturas cíclicas (a), (b), (d) e (e); e pomar com presença de quebra-ventos (c) e (f) na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) (a, b e c) e no GoogleEarth (d, e e f).

e hortaliças). Inclui, ainda, as plantas hortícolas, floríferas, medicinais, aromáticas e condimentares de pequeno porte. Inclui lavouras semipermanentes, como a cana-de-açúcar e a mandioca. Inclui plantios lenhosos perenes⁵, como os de frutíferas (pera, maçã, laranja, entre outras) (Figura 38 (c) e (f)). A textura observada nessas áreas é bastante lisa, com cores variáveis, dependendo da cultura e do período do ciclo em que essa se encontrava durante a aquisição da imagem.

Inclui, ainda, as áreas de solo preparado para o plantio ou cuja colheita foi realizada recentemente. Por esse motivo são comuns erros de classificação, quando ocorre a atribuição da classe “Solo exposto” a polígonos cujo uso é agrícola. Na Figura 38 item (b), por exemplo, está ilustrado um polígono que apresenta uma transição de cores partindo do azul para o vermelho, devido à junção de duas imagens de épocas diferentes durante a aquisição da imagem: o lado com coloração azul foi colhido recentemente, enquanto o lado com coloração avermelhada apresenta resposta espectral da cultura ocupando o solo (assim como a resposta espectral do solo coberto na Figura 38 (a)).

Culturas de algumas forrageiras destinadas ao corte também estão incluídas nessa classe, além de áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. Nessas áreas o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosa, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros (IBGE, 2013). Apresentam coloração variável, conforme ilustrado na Figura 39, e textura geralmente lisa ou levemente rugosa. Pode ocorrer a presença eventual de arbustos e/ou árvores esparsas. Outros importantes indicativos da ocorrência de pastoreio são a presença de caminhos originados pelo deslocamento do gado e bebedouros (Figura 39, itens (b) e (e)), por vezes, visíveis apenas em imagens de altíssima resolução espacial).

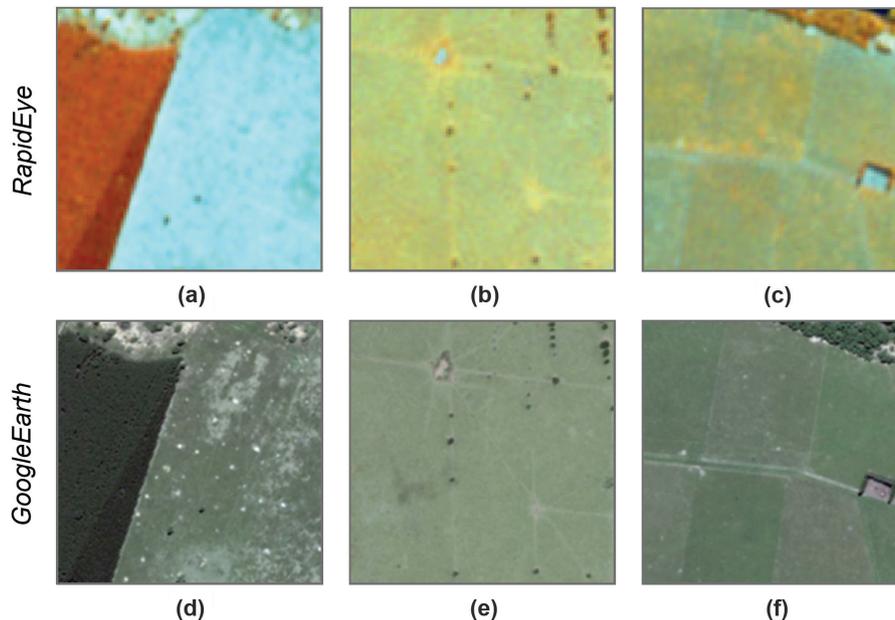


Figura 39. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Agricultura e Pastagem” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de áreas voltadas ao pastoreio do gado na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

⁵ Convém ressaltar que cultivos lenhosos perenes são frequentemente classificados como áreas com cobertura arbórea (florestas ou outras terras com vegetação lenhosa), dada à similaridade espectral entre estes tipos de uso e cobertura da terra. Os primeiros, no entanto, apresentam padrão uniforme, evidenciando tratar-se de cultivos, o que facilita sua identificação. É importante a correção deste erro durante a edição do mapa final.

3.1.4.3 Influência Urbana

A essa nomenclatura estão associados os tipos de uso da terra de natureza antrópica intensiva, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, bem como edificações presentes no meio rural (casas, galpões, estábulos, entre outras) (Figura 40 (a) e (d)). Englobam as áreas classificadas pelo IBGE como pertencentes à classe “Influência Urbana” (IBGE, 2012).

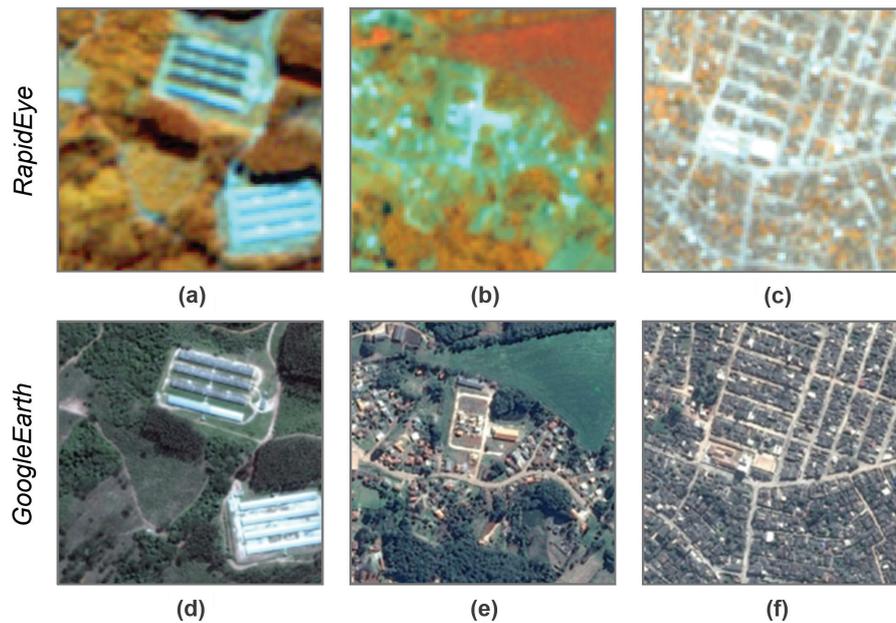


Figura 40. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Influência Urbana” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de edificações presentes no meio rural em (a) e (d); vilas em (b) e (e); e cidade em (c) e (f), na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

3.1.4.4 Gramíneas e Herbáceas

Corresponde a áreas naturais caracterizadas por um estrato predominantemente herbáceo, com eventual ocorrência de elementos arbóreo/arbustivo, desde que esparsamente distribuídos, sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Encontram-se disseminadas por diferentes regiões fitogeográficas, compreendendo diferentes tipologias, com diversos graus de antropização (IBGE, 2013). De acordo com o mapeamento IBGE/Radam estão incluídas nessa categoria: regiões de Campinarana sem palmeiras, Savana Gramíneo-Lenhosa (Figura 41), Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa sem palmeiras, Estepe Gramíneo-Lenhosa (Figura 43), Restinga Herbácea, Mangue Herbáceo, bem como formações pioneiras herbáceas com influência fluvial (Figuras 42 e 44 b e c) e/ou lacustre, sem palmeiras, e refúgios vegetacionais de formações gramíneas ou herbáceas.

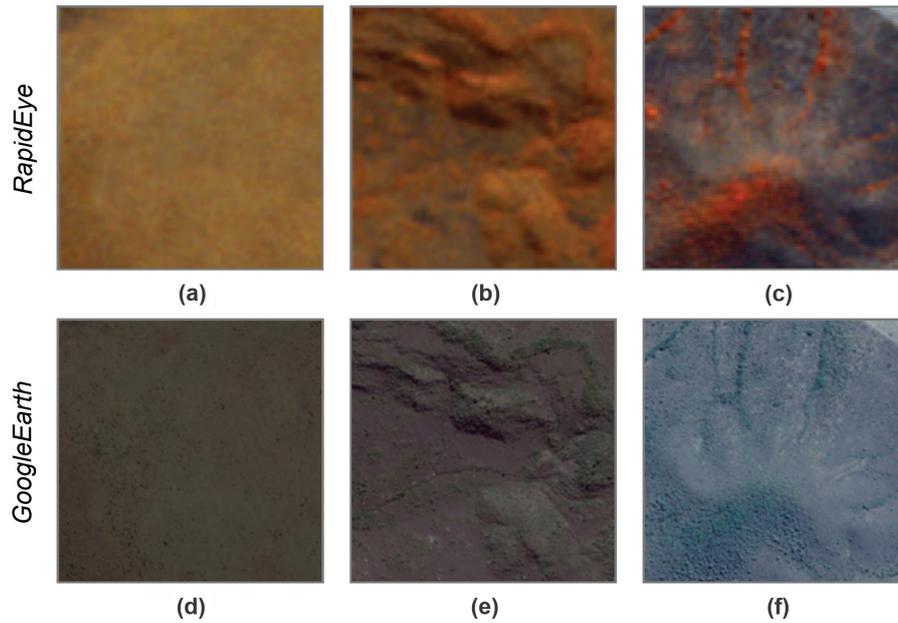


Figura 41. Áreas compostas por vegetação do tipo “Savana Gramíneo-Lenhosa”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Gramíneas e Herbáceas” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) (a, b e c) e no *GoogleEarth* (d, e e f).

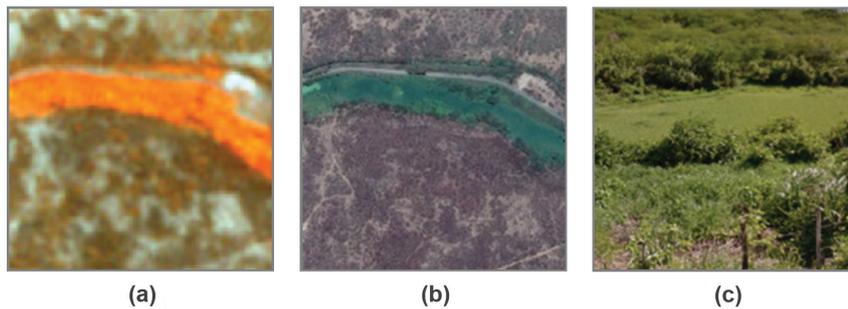


Figura 42. Resposta espectral da vegetação pertencente à classe “Gramíneas e Herbáceas” na (a) imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R), (b) *GoogleEarth* e em (c) fotografia panorâmica da mesma área.

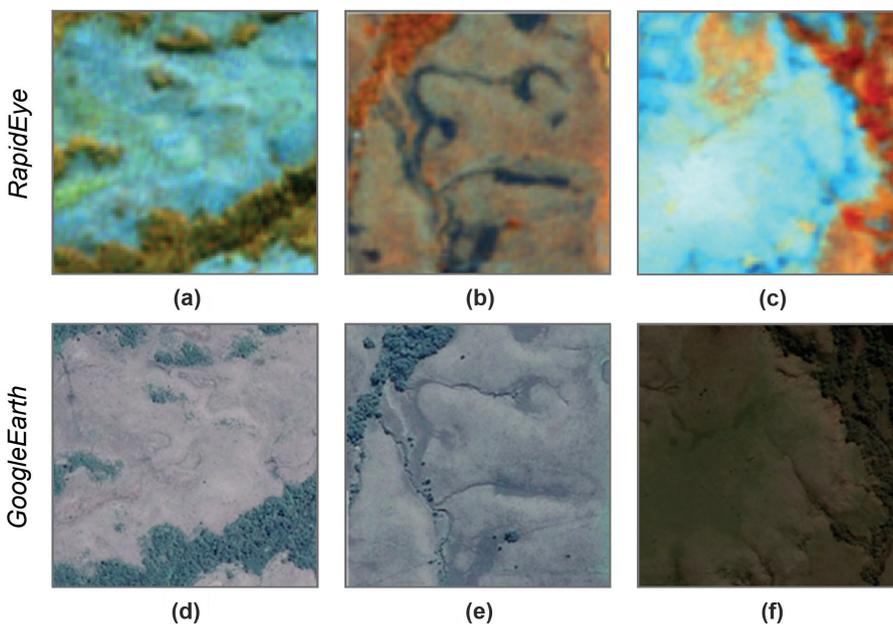


Figura 43. Áreas compostas por vegetação do tipo “Estepe Gramíneo-Lenhosa”, segundo classificação do IBGE/Radam, correspondentes à classe “Gramíneas e Herbáceas” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando as diferentes respostas espectrais na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

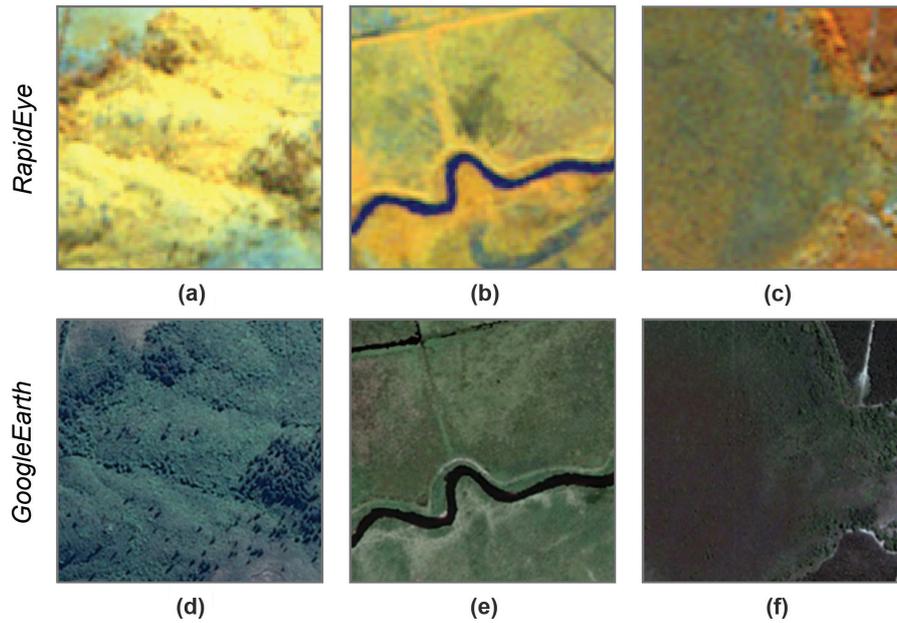


Figura 44. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Gramíneas e Herbáceas” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando (a) e (d) campos de altitude no estado do Paraná e (b), (e), (c) e (f) áreas úmidas na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

3.1.4.5 Solo Exposto

Classe que inclui áreas sem cobertura vegetal, devido à influência antrópica, podendo ser ocupada por atividades de mineração (Figura 45 (c) e (f)), exploração de jazidas, lavras e extração de areia.

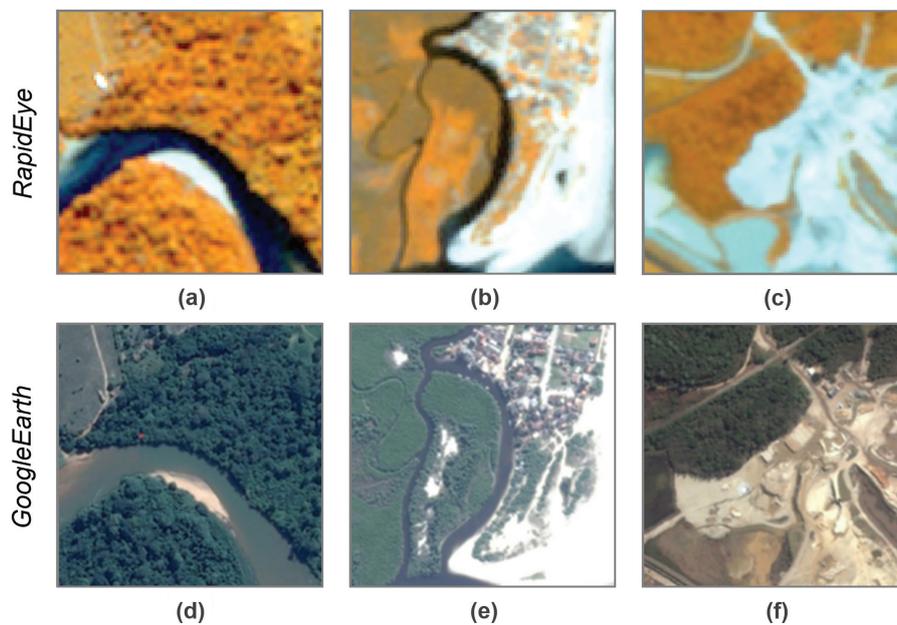


Figura 45. Exemplos de áreas pertencentes às classes “Dunas e Afloramentos Rochosos” e “Solo exposto” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral de bancos de areia (a), (b), (d) e (e); área de mineração (c) e (f), na imagem *RapidEye* (composição NIR/RE/R) e no *GoogleEarth*.

3.1.4.6 Dunas e afloramentos rochosos

Áreas referentes a ambientes naturais, sem cobertura vegetal, como afloramentos rochosos, praias (Figura 45 (b) e (e)), dunas e extensões de areia (Figura 45 (a) e (e)) ou seixos (IBGE, 2013).

3.1.5 Águas Continentais e Costeiras

3.1.5.1 Superfícies com água

Áreas compostas pelo oceano (Figura 46 (a) e (d)), por rios de margem dupla (Figura 46 (b) e (e)), lagos, lagoas, barragens, represas, canais naturais ou artificiais (Figura 46 (c) e (f)), tanques d'água, com área igual ou superior a um hectare.

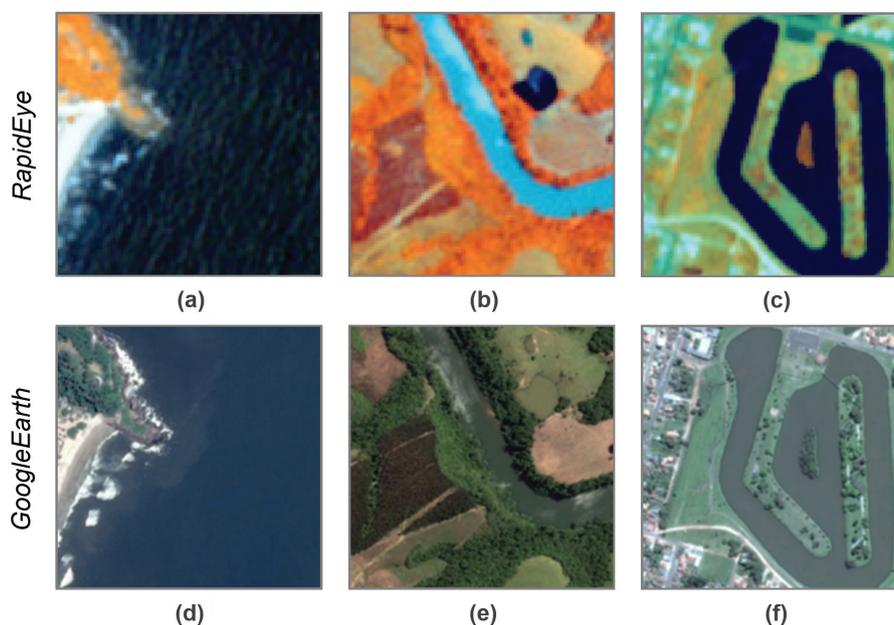


Figura 46. Exemplos de áreas pertencentes à classe “Superfície com água” na legenda adotada pelo IFN – Componente Paisagem, ilustrando a resposta espectral na imagem RapidEye (composição NIR/RE/R) e no GoogleEarth.

3.1.6 Área não Observada

Classe relativa a áreas não observadas por impedimentos tais como erro no sistema de imageamento, obstruções como nuvens e sombra de nuvens e demais condições de observação desfavoráveis. Tal classe deve ser mantida apenas na impossibilidade de inferência da classe ou substituição da imagem (Tabela 5).

Tabela 5. Descrição sucinta e codificação das classes de uso e cobertura da terra das UAPs do IFN-BR.

Classe de Uso e Cobertura	Código	Descrição
Floresta Natural	F 01	Áreas estendendo-se mais de 0,5 ha ocupadas por árvores com mais de 5 m de altura, com uma cobertura de copa maior que 10%, ou árvores capazes de atingir estes limiares in situ (FAO, 2015), de origem natural. Não incluem áreas de uso predominantemente agrícola ou urbano. São definidas tanto pela presença de árvores quanto pela ausência de outros usos da terra predominantes.
Outras Terras com Vegetação Lenhosa	VG 02	Áreas não classificadas como florestas, que se estendem por mais de 0,5 ha, com árvores maiores que 5 m e cobertura de copas entre 5% e 10%; ou árvores capazes de atingir estes limiares in situ; ou com uma combinação de indivíduos arbóreos, arbustivos e de árvores com mais de 10% de cobertura do dossel (FAO, 2015).
Outras Terras com Árvores	OTA 03	Contempla árvores isoladas, ou agrupadas, que não se enquadram na definição de floresta, ocorrendo associadas a outros usos, como áreas de agricultura e pastagem, ou influência urbana. Correspondem a áreas que tenham abrangência superior a 0,05 ha (500 m ²) e inferior a 0,5 ha (5.000 m ²).
Gramíneas e Herbáceas	C 04	Áreas naturais, caracterizadas por um estrato predominantemente herbáceo, com eventual ocorrência de elementos arbóreo/arbustivo, desde que esparsamente distribuídos, sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Encontram-se disseminadas por diferentes regiões fitogeográficas, compreendendo diferentes tipologias, com diversos graus de antropização (IBGE, 2013).
Floresta Plantada	R 05	Classe relativa aos plantios ou formações de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas, puros ou consorciados. Nesta definição não se considera se o plantio é realizado em áreas anteriormente povoadas com espécies florestais ou não; considera-se reflorestamento todas as áreas povoadas com essências florestais, independentemente do ambiente. Inclui estradas florestais, barreiras de proteção contra incêndios e quebra-ventos.
Solo Exposto	S 06	Áreas sem cobertura vegetal, devido à influência antrópica, podendo estar ocupadas por atividades de mineração, exploração de jazidas, lavras, bem como áreas de extração de areia.
Agricultura e Pastagem	A 07	Áreas utilizadas para a produção de alimentos, fibras e commodities do agronegócio, incluindo todas as terras cultivadas, ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas (IBGE, 2013) que sejam utilizadas para essa mesma finalidade. Classe constituída por culturas temporárias, cíclicas e permanentes. Inclui, ainda, as plantas hortícolas, floríferas, medicinais, aromáticas e condimentares de pequeno porte. Inclui lavouras semipermanentes e plantios lenhosos perenes, como os de frutíferas (pomares).
Influência Urbana	U 08	A essa nomenclatura estão associados os tipos de uso da terra de natureza antrópica intensiva, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, bem como edificações presentes no meio rural (casas, galpões, estábulos, entre outras).
Superfície com Água	H 09	Áreas compostas pelo oceano, rios, lagos, lagoas, barragens, represas, canais naturais ou artificiais, tanques d'água, com área igual ou superior a um hectare.
Dunas e Afloramentos Rochosos	D 10	Áreas referentes a ambientes naturais, sem cobertura vegetal, como afloramentos rochosos, praias, dunas e extensões de areia ou seixos (IBGE, 2013).
Área não Observada	NO 00	Área de desinformação, não observada por impedimentos tais como erro no sistema de imageamento, obstruções como nuvens e sombra de nuvens e demais condições de observação desfavoráveis.

3.2 Classificação automática pixel a pixel

A ferramenta *Automatic Classification* do software IMPACT Toolbox objetiva oferecer um produto inteiramente automático de classificação baseado em píxeis, para ser usado em outras etapas, como a segmentação e mapeamento da cobertura da terra.

O algoritmo *Single Date Classification* (SDC) utilizado pelo software é fundamentado em regras pré-definidas baseadas no conhecimento *fuzzy*, com o objetivo de converter as imagens de reflectância no topo da atmosfera (*Top of Atmosphere reflectance* (TOA)) em classes que, apesar de estarem associadas a determinados objetos da superfície, têm associação genérica e são, portanto, consideradas classes espectrais discretas, já que frequentemente estão associadas aos tipos de uso e cobertura completamente distintos, descritos na Tabela 6 (Simonetti et al., 2015).

A classificação executada pelo software pode ser dividida em duas etapas:

1. inicialmente ocorre a divisão do NDVI em três grandes categorias: $[-1, 0]$ = água; $[0, 0.45]$ = solo; $[0.45, 1]$ = vegetação.
2. em seguida são estabelecidas condicionantes específicas para as bandas ($NIR > Red > 0.5$, por exemplo) para dividir cada categoria em subclasses e, eventualmente, promover píxeis para outras categorias, como no caso de áreas com água turva com valores de NDVI maiores que zero, frequentemente classificados como solo, por exemplo.

Apesar de essa ferramenta apresentar melhor desempenho quando se utilizam as bandas Azul (B), Verde (G), Vermelho (R), Infravermelho próximo (NIR) e SWIR1-2 (das imagens Landsat TM/ETM + OLI e Sentinel 2), sensores como o *RapidEye*, DMC, ALOS/AVNIR2, SPOT4/5 e Kompsat são totalmente suportados, produzindo, no entanto, uma classificação com acuracidade reduzida, devido à ausência das bandas SWIR (Simonetti et al., 2015).

No caso de sensores de aquisição off-Nadir, como os da constelação *RapidEye*, a posição relativa das nuvens e sombras não coincide com o ângulo azimutal fornecido. A mudança aparente quanto à distância das nuvens, em relação à sua verdadeira posição, depende do ângulo off-Nadir e da altura da nuvem. Enquanto o ângulo do satélite off-Nadir é bem conhecido, a altura das nuvens imageadas é desconhecida. Por essa razão a classificação de nuvens e sombras de nuvens gerada pelo algoritmo SDC pode não ser a melhor para imagens *RapidEye* (Simonetti et al., 2015).

Para a execução da classificação por meio dessa ferramenta, é necessário adicionar os mosaicos das UAPs a serem classificados na pasta *DATA*. Os nomes dos arquivos *raster* devem apresentar terminação igual a *calrefx10k*, indicativa de que a imagem *RapidEye* está calibrada e pronta para classificação. Com as imagens na pasta correta, o usuário deve apenas executar o comando desejado na janela de interface, clicando em *Image Classification* (Figura 47, item (1)), e em “*Automatic Classification*” (Figura 47, item (2)).

Uma nova interface será aberta *Classification Options* (Figura 48) permitindo a seleção dos dados de entrada (arquivos individuais ou múltiplos), bem como a configuração de filtros, substituições de arquivos e normalização. A opção *Cloud Kernel Radius in pixel* deve estar com o valor zero (Figura 48, item (1)). Marcar *No* para a opção *Add Palette Color Table* e *Yes* para *EVG Forest normalization*. A opção *EVG Forest Normalization*, quando selecionada, realiza a chamada “subtração de objetos escuros”, um processo de normalização da imagem de acordo com valores médios predefinidos para a floresta, melhorando a precisão da classificação (Simonetti et al., 2015). Basta selecionar a

Tabela 6. Classes temáticas geradas pela classificação automática pixel a pixel do software IMPACT Toolbox, descrição e respectiva codificação RGB.

ID	Classe	R	G	B	Cor
0	Dados ausentes	000	000	000	
1	Nuvem (área interna)	255	255	255	
2	Nuvem (borda)	192	242	255	
3	Neve/Gelo	001	255	255	
5	Águas profundas (1)	001	001	255	
6	Águas profundas (2)	001	123	255	
7	Águas profundas (3)	110	150	255	
8	Águas turvas	168	180	255	
9	Vegetação brilhante /Gramíneas ou arbustos/ Área úmida	160	255	90	
10	Vegetação densa, escura (1)	001	080	001	
11	Vegetação densa, escura (2)	012	113	001	
12	Vegetação densa, escura (3)	001	155	001	
13	Vegetação arbustiva densa (4)	100	190	090	
14	Arbustos / Floresta aberta (1)	146	255	165	
16	Arbustos / Floresta aberta (2)	210	255	153	
21	Arbustos / Gramíneas	137	255	193	
22	Gramíneas	200	230	200	
30	Solo (1)	200	200	150	
31	Solo (2)	227	225	170	
34	Solo (3)	255	225	255	
35	Solo escuro	140	005	190	
40	Sombra na vegetação	020	040	010	
41	Sombra em solo exposto	145	001	110	
42	Sombra / Baixa iluminação	100	100	100	

Fonte: Adaptado de Simonetti et al. (2015).

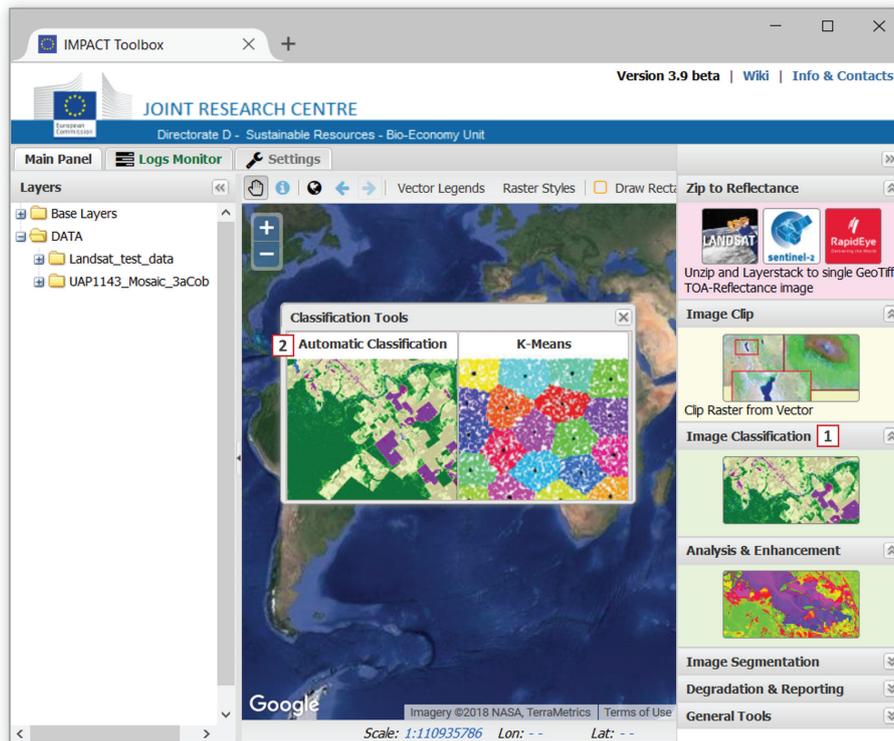


Figura 47. Janela de interface do aplicativo IMPACT ToolBox, desenvolvido pelo JRC e fornecido à Embrapa Florestas, indicando no item “1” a ferramenta de classificação automática.

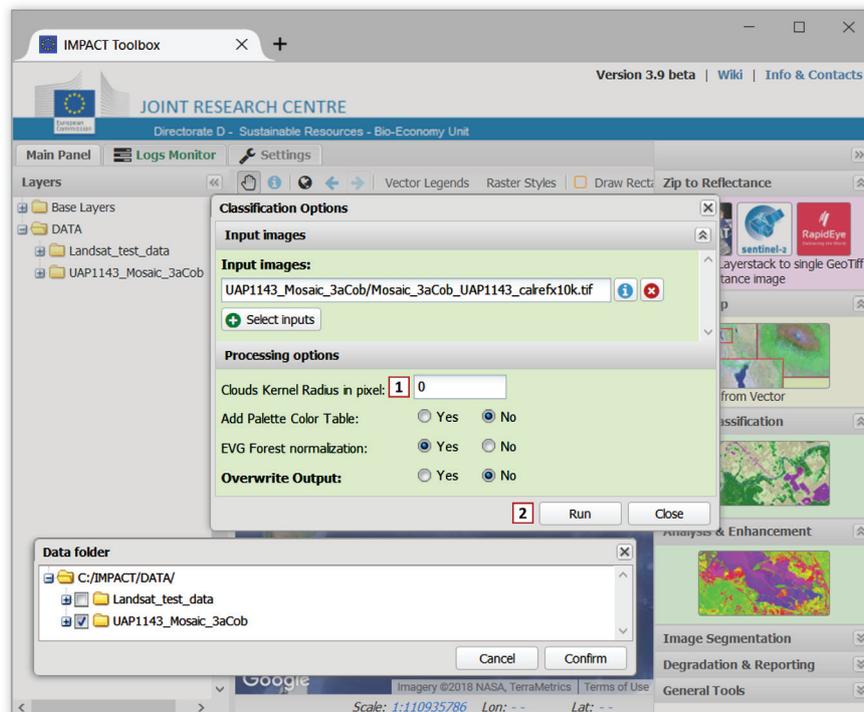


Figura 48. Interface da ferramenta *Automatic Classification* do software IMPACT Toolbox.

imagem calibrada a ser classificada e clicar em *Run* para executar o algoritmo de *SDC*, de acordo com o ilustrado na Figura 48, item 2. O resultado dessa classificação para o mosaico da UAP1143 (Figura 49 (b)), é apresentado na Figura 49 (a).

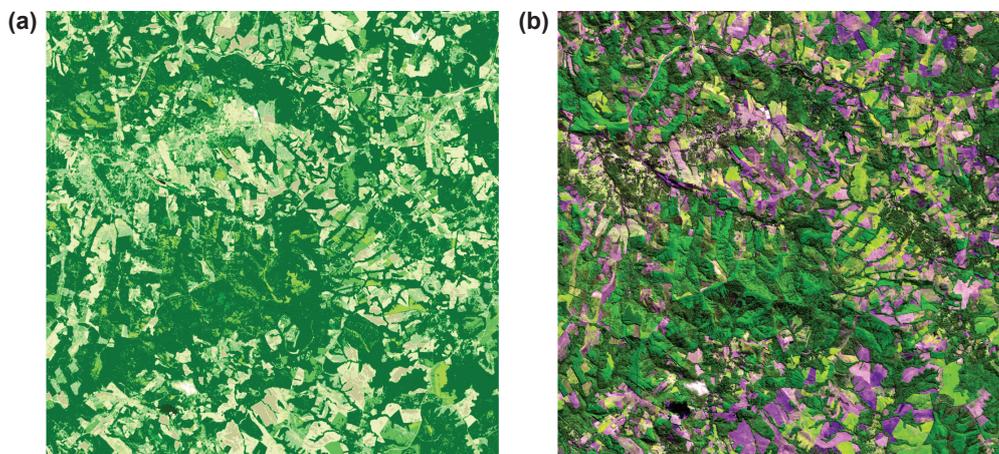


Figura 49. Resultado da classificação pixel a pixel (a), por meio da ferramenta *Automatic Classification* do software IMPACT Toolbox, para o mosaico da UAP 1143 (b).

Ao término do processo de classificação automática realizado pelo software, o resultado pode ser acessado e visualizado na barra lateral esquerda da área de trabalho do IMPACT Toolbox, chamada *Layers*. O sufixo *calrefx10k* é substituído por *class*, mantendo o nome original do arquivo.

Como se pode observar na Figura 49, as classes 9 a 22 estão relacionadas à cobertura vegetal, desde gramíneas (cultivos agrícolas e pastagens) até árvores (cobertura arbustiva, florestas naturais e plantadas). Dessa forma, é necessária a intervenção de um intérprete especializado que identifique a que classes de uso e cobertura da terra estão relacionadas as classes espectrais dessa pré-classificação da imagem, conforme descrito na Seção 3.3.

3.3 Classificação orientada a objetos

Nesta etapa as imagens *RapidEye* devem passar pela segmentação e por uma classificação dos polígonos gerados durante a segmentação, com auxílio da imagem pré-classificada anteriormente (Seção 3.2. Classificação automática pixel a pixel) e das camadas de informação auxiliares: a “Cobertura arbórea para o ano de 2014” e o “Ganho na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2014” (obtidos conforme detalhado na Seção 1.3. Mudanças na Cobertura Florestal Mundial).

3.3.1 Criação de um projeto no eCognition

As imagens RE, de maior resolução espacial, servirão como base para a segmentação e a classificação da imagem, podendo ser considerada a referência espacial para o mapa de uso e cobertura da terra a ser elaborado. Desta forma, podem ser consideradas informações auxiliares os dados elaborados por Hansen et al. (2013). O processo de elaboração do mapa deve se iniciar, portanto, com a criação de um projeto no software eCognition e a inclusão de um mosaico RE de determinada UAP. Os passos a seguir mostram esse processo:

- a. Abrir o eCognition no modo de configuração de regras, ou *Rule Set Mode* (Figura 50, item (1)).

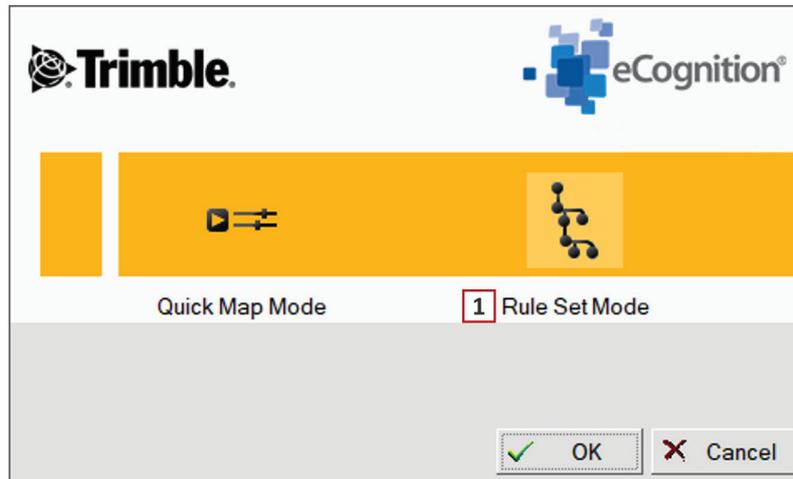


Figura 50. Janela inicial do software eCognition, onde deve ser selecionado o modo de inicialização do programa, modo de configuração de regras ou *Rule Set Mode* (1).

- b. Selecionar a opção para criação de um novo projeto a partir do *menu "File > New Project"* (Figura 51, item (1)).

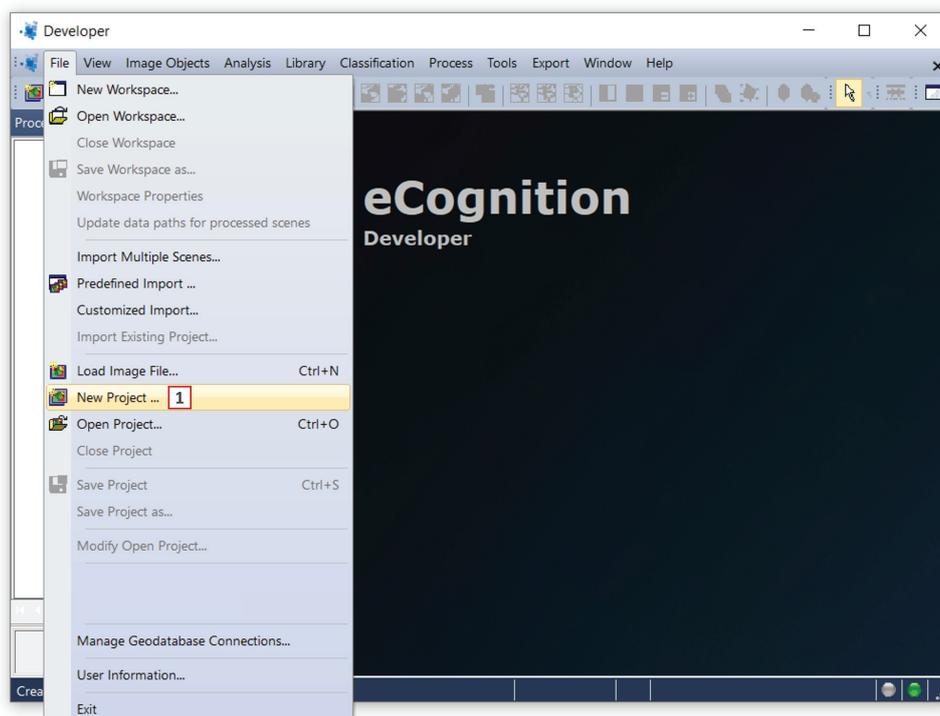


Figura 51. Janela principal do software eCognition ilustrando a criação de um novo projeto, selecionando-se a opção *New Project* (1) a partir do menu *File*.

- c. Na janela para a criação de novos projetos *Create Project*, podem ser inseridas imagens (Figura 52, item 2), informações temáticas (Figura 52, item 3) e metadados no novo projeto (Figura 52, item 4).

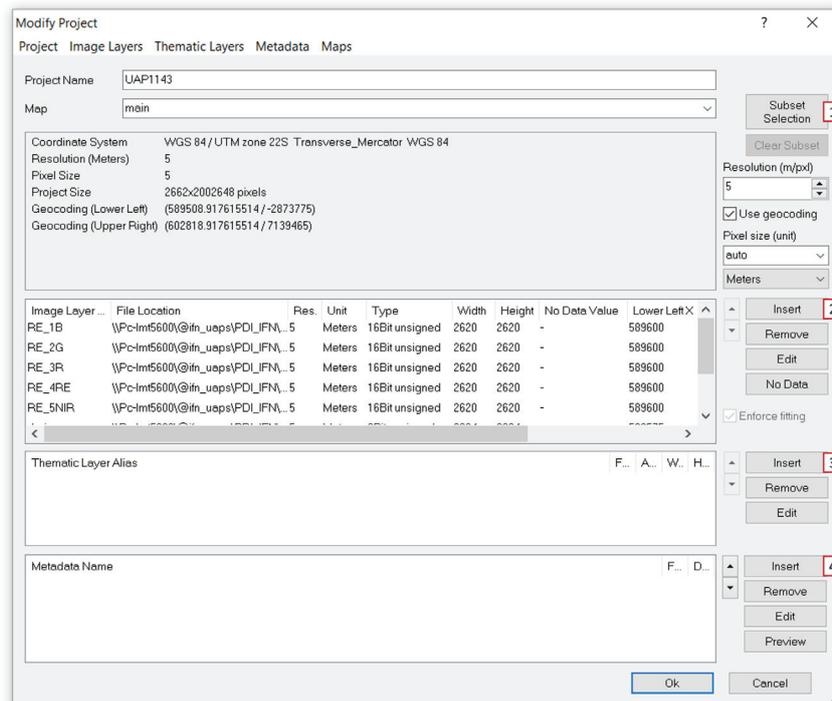


Figura 52. Janela para a criação de novos projetos *Create Project*, onde pode ser selecionada a área de abrangência geográfica por meio da opção *Subset Selection* (1), podem ser inseridas imagens (2), informações temáticas (3) e metadados no novo projeto (4).

- d. Para inserir o mosaico de imagens *RE* previamente elaborado, utilizar a opção *Insert* na área destinada a imagens (em *Image Layers*) (Figura 52, item (2)) e adequar a nomenclatura das bandas conforme a Tabela 7.

Tabela 7. Relação das camadas de informação a serem inseridas no projeto do eCognition, bem como a respectiva nomenclatura adotada.

Banda/camada de informação	Nome quando inserida no projeto	Nomenclatura a ser adotada
Imagem <i>RapidEye</i>	Azul	Layer1
	Verde	Layer2
	Vermelho	Layer3
	Vermelho de borda	Layer4
	Infravermelho próximo	Layer5
Classificação automática pixel a pixel	Layer 6	dario
Ganho na cobertura arbórea global (2000/2014)	Layer 7	gain
Cobertura arbórea para o ano de 2014	Layer 8	remanescentes

- e. Inserir o arquivo da classificação do Impact Toolbox, que deve conter apenas uma banda, e renomeá-lo como *dario*.
- f. Inserir também as imagens do mapeamento da cobertura florestal mundial *Global Forest Change* elaborado por Hansen et al. (2013), utilizando a mesma opção descrita acima (Figura 52, item (2)). Inserir os dois arquivos do Hansen (Seção 1.3): “Ganho na cobertura arbórea global no período de 2000 a 2014” e renomeá-lo como *gain* e “Cobertura arbórea para o ano de 2014” e renomeá-lo como “remanescentes” (Tabela 7).

- g. Caso as imagens auxiliares (dados Global Forest Change) não tenham sido dimensionadas para a área de influência da UAP, pode-se realizar a seleção da área de trabalho por meio da opção *Subset Selection* (Figura 52, item (1)).
- h. As informações referentes ao nome da camada de informação para cada banda, localização do arquivo de origem, resolução e unidade métrica dos píxeis, tipo de dado numérico, dimensões em píxeis e coordenadas de canto das imagens inseridas devem aparecer na janela *Create Project*, conforme pode ser observado na Figura 52, item (2) (*Image Layer Alias*) na Figura 53.

(a)

Image Layer ...	File Location	Res.	Unit	Type	Width	Height	No Data Value
RE_1B	\\Pc-lmt5600\@ifn_uaps\PDI_IFN...	5	Meters	16Bit unsigned	2620	2620	-
RE_2G	\\Pc-lmt5600\@ifn_uaps\PDI_IFN...	5	Meters	16Bit unsigned	2620	2620	-
RE_3R	\\Pc-lmt5600\@ifn_uaps\PDI_IFN...	5	Meters	16Bit unsigned	2620	2620	-
RE_4RE	\\Pc-lmt5600\@ifn_uaps\PDI_IFN...	5	Meters	16Bit unsigned	2620	2620	-
RE_5NIR	\\Pc-lmt5600\@ifn_uaps\PDI_IFN...	5	Meters	16Bit unsigned	2620	2620	-

(b)

No Data Value	Lower Left X	Lower Left Y	Upper Right X	Upper Right Y	Magnification
-	589600 1	7126270 2	602700 3	7139370 4	
-	589600	7126270	602700	7139370	
-	589600	7126270	602700	7139370	
-	589600	7126270	602700	7139370	
-	589600	7126270	602700	7139370	

Figura 53. Janela de atributos das imagens inseridas ao criar o projeto, item *Image Layers Alias* (a). Ao correr a barra de rolagem para a direita, podem ser observadas as coordenadas de canto da imagem (itens 1 a 4 em (b)).

- i. Para a seleção da área correta de influência da UAP utilizando a ferramenta *Subset Selection*, utilizar as informações de coordenadas dos cantos da imagem contidas na janela de atributos das imagens inseridas no projeto, conforme Figura 53 (itens 1 a 4). Para tanto, manter a janela com os atributos da imagem em posição que permita a visualização das coordenadas, posicionando a barra de rolagem inferior para a extrema direita (como na Figura 53 (b)) e acionar a opção *Subset Selection* (Figura 52, item (1)), afastando a janela que se abre de forma que se possam visualizar ambas as janelas, como apresentado na Figura 54.
- j. Selecionar a opção *Use Geocoding for Subset* (Figura 54, item (3)) para a seleção da sub-área através de coordenadas UTM. Preencher os campos *Minimum X*, *Minimum Y*, *Maximum X* e *Maximum Y* (Figura 54, item (2)) com as coordenadas da imagem RE, contidas na tabela de atributos das camadas de informação.

Para todas as UAPs deve-se ter no projeto eCognition os arquivos necessários, listados na Tabela 8. Uma vez criado o projeto no eCognition e tendo-se verificado todos os requisitos necessários (Tabela 7), deve-se proceder à segmentação, descrita na Seção 3.3.2, seguida pela classificação propriamente dita (Seção 653.3.3).

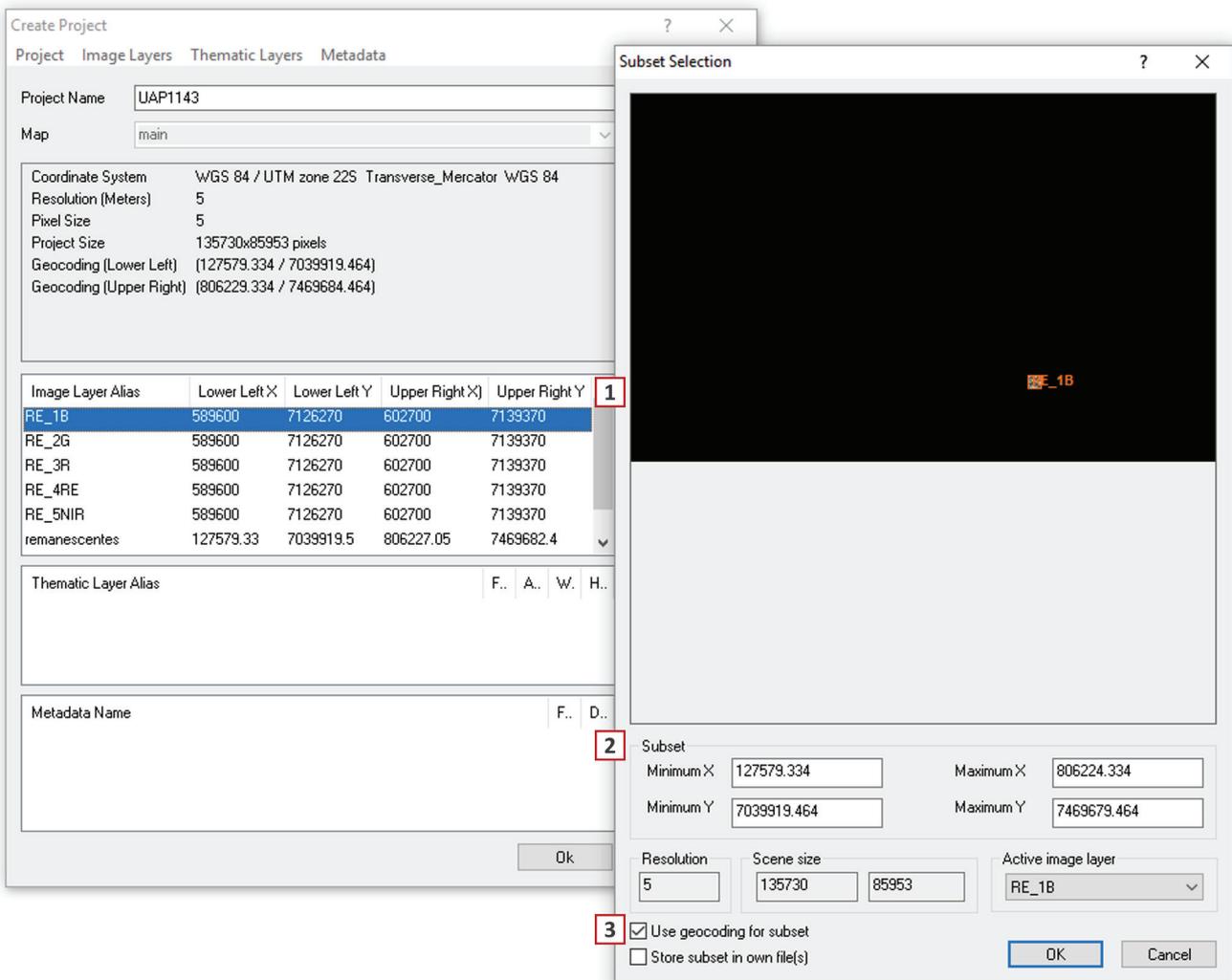


Figura 54. Janela de criação de um novo projeto com a barra de rolagem inferior posicionada à extrema direita, exibindo as coordenadas de canto da imagem (mosaico) RE (item (1)). Janela de seleção de uma sub-área *Subset Selection*, exibindo a imagem RE demarcada por linhas vermelhas ao centro e as opções de seleção da área abaixo, no item *Subset* (item (2)).

Tabela 8. Arquivos necessários ao início do projeto no eCognition, respectivo nome e extensão.

Arquivo	Extensão
Mosaico de imagens RE (5 bandas)	*Mosaic_calrefx10k.tif ou *Clip_calrefx10k.tif
Dario: Imagem classificada no ImpactToolBox, em formato Envi	*Mosaic_class.DAT ou *Clip_class.DAT
gain (Hansen, 2015). Ganho na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2014	Hansen_GFC2015_gain_*_WGS84_UTM22S_N°UAP.tif
remanescentes (Hansen, 2015). Cobertura arbórea para o ano de 2014	Hansen_GFC2015_remanescentes_*_WGS84_UTM22S_N°UAP.tif

3.3.2 Segmentação da imagem

Para dar início à classificação das imagens no eCognition, é necessária a segmentação das imagens. Para tanto, deve ser utilizado o algoritmo de segmentação *segmentation_500m2.dcp*, que restringe a área mínima da maioria dos polígonos em 500 m².

A aplicação do algoritmo é direta, executando-se o conjunto de regras que compõe esta árvore de processos de uma única vez, conforme descrito a seguir. No entanto, podem ser ajustados alguns parâmetros, caso um excessivo número de polígonos seja criado.

- a. No projeto criado seguindo os passos descritos na Seção “3.3.1 Criação de um projeto no”, abrir a ferramenta árvore de processos (*Process Tree*) a partir do *menu principal*, como demonstrado na Figura 55, item (1).

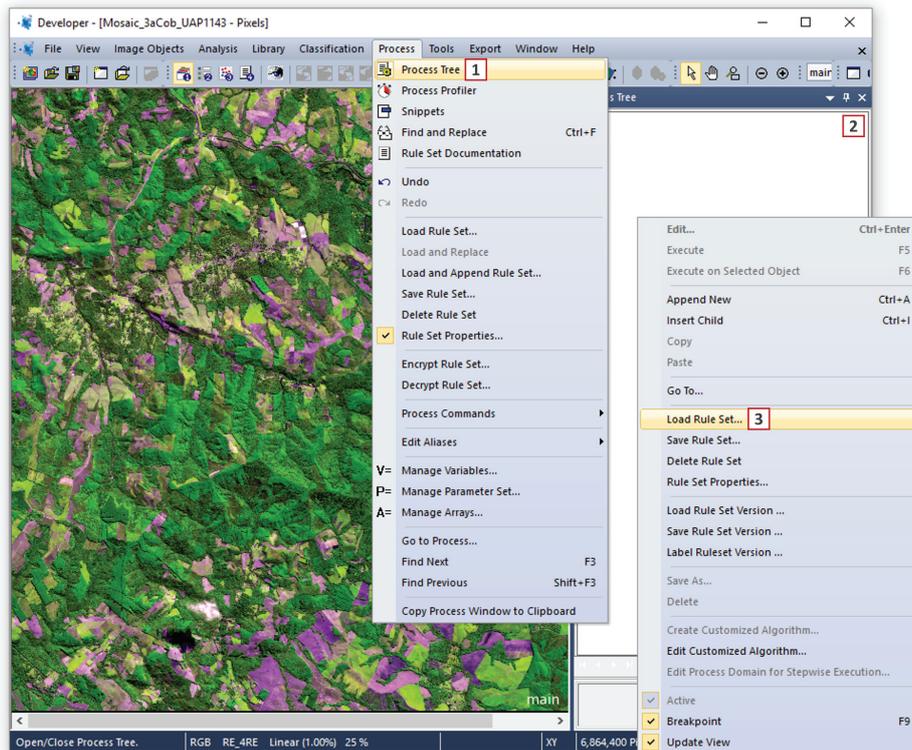


Figura 55. Janela de trabalho principal do software eCognition, demonstrando a seleção da ferramenta árvore de processos (*Process Tree*) a partir do menu principal (item (1)), bem como a janela árvore de processos (item (2)), demonstrando a seleção da opção que permite carregar uma árvore de processos existente (*Load Rule Set*) (item (3)).

- b. Utilizando o botão direito do *mouse*, na janela *Process Tree* (Figura 55, item (2)), selecionar a opção *Load Rule Set* (Figura 55, item (3)) para carregar a árvore de processos para a segmentação da imagem.
- c. A árvore de processos de segmentação é apresentada na Figura 56, onde se pode observar que parâmetros iniciais (*initial settings*) utilizados na árvore de processos são definidos (em (1)), tais como o parâmetro de escala inicial (*Scale_parameter*) (em (3)), o incremento A (*StepA*) e B (*StepB*) (em (4)), a configuração do algoritmo de segmentação multirresolução (em (5)), o tamanho da área mínima desejada para os polígonos gerados (em (6)), o número de quantis com área igual ou superior à área mínima definida (em (7)) e a exclusão de arquivos vetoriais de segmentação intermediários, criados a cada iteração do algoritmo e que não devem ser armazenados até a finalização do processo (em (2)).
- d. Após a definição dos parâmetros e variáveis iniciais, a árvore de processos entra em ciclos (*loops*) de iteração (Figura 56, item (8)), até que a maioria dos objetos tenham área superior a 500 m².

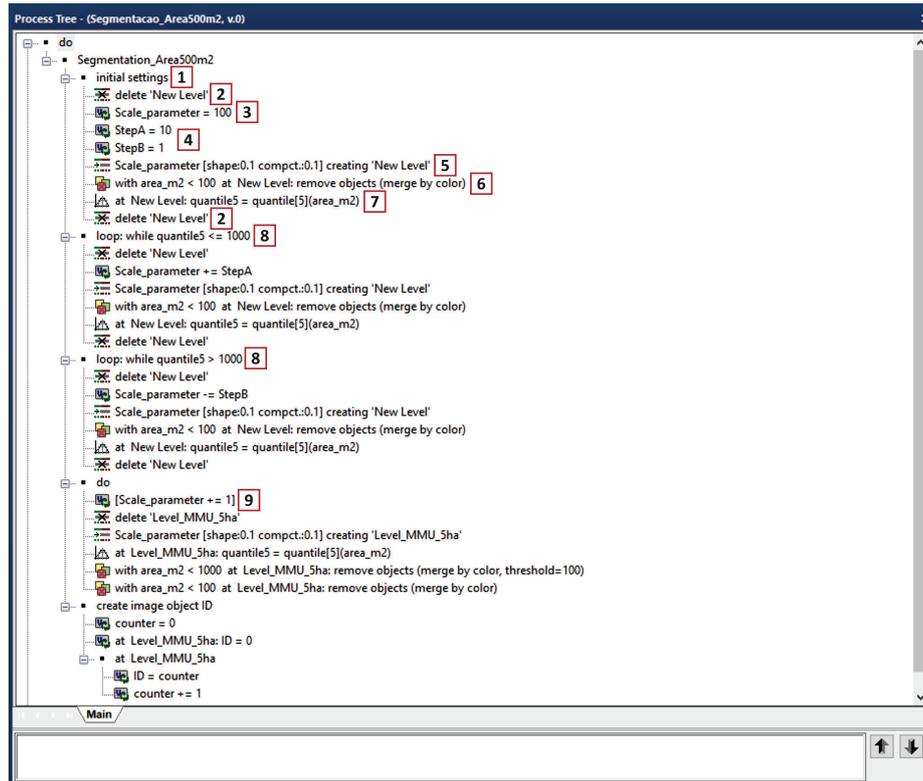


Figura 56. Árvore de processos utilizada para a segmentação das imagens RE no software eCognition.

- e. Um ajuste final é realizado de forma a eliminar objetos que tenham similaridade com os objetos vizinhos, removendo objetos maiores que 1.000 m², desde que possuam limiar de resposta espectral superior a 100. Na mesma iteração objetos menores que 500 m² são unidos aos seus vizinhos, evitando a formação excessiva de polígonos (Figura 56, item (9)).
- f. A última parte da árvore de processos para a segmentação da imagem cria rótulos únicos exclusivos (*IDs*), identificando todos os polígonos gerados (*create image object ID*).
- g. Executar a árvore de processos para a segmentação da imagem, como demonstrado na Figura 57, clicando com o botão direito do *mouse* sobre o processo principal da árvore e selecionando-se a opção *Execute* ou, alternativamente, utilizar o atalho pressionando a tecla F5 enquanto selecionado o processo.
- h. Caso haja a necessidade de alteração dos parâmetros de segmentação, podem ser ajustados os limiares indicados anteriormente, de forma a gerar polígonos maiores (aumentando a área dos objetos a serem gerados) ou menores (reduzindo a área dos objetos a serem gerados).
- i. A esta altura deve-se dispor de um projeto estruturado no software eCognition, contendo o mosaico de imagens *RapidEye*, os dados auxiliares (Hansen e Impact ToolBox), a imagem pré-classificada e a imagem segmentada em objetos, podendo-se proceder à classificação da imagem. Para a classificação da imagem devem ser utilizadas regras de classificação que permitem, de forma sucessiva, classificar os objetos de imagem em classes de uso e cobertura da terra, como será apresentado na sequência (Seção 3.3.3).

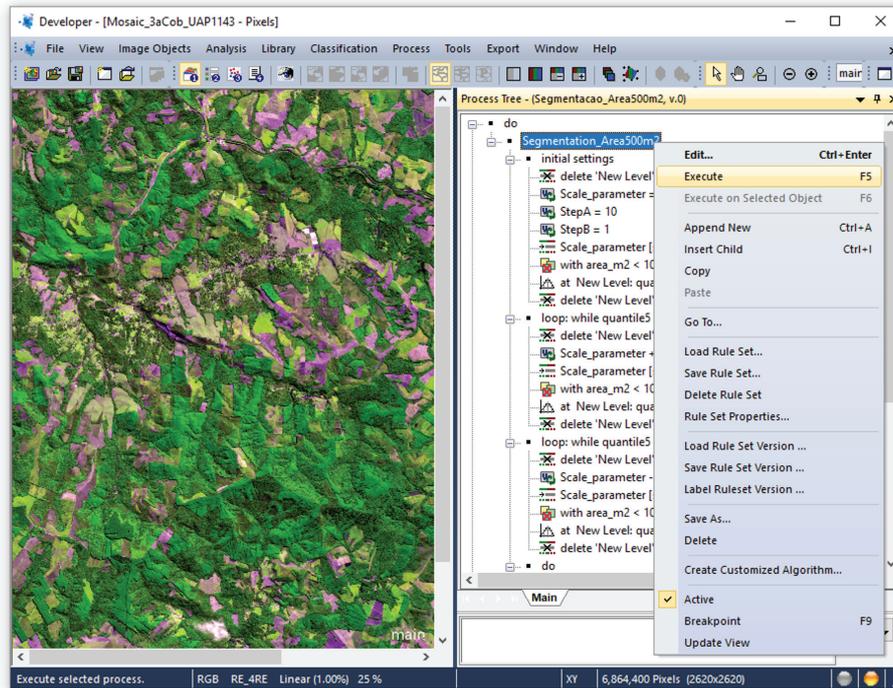


Figura 57. Execução da árvore de processos para a segmentação da imagem, selecionado-se a opção executar (*Execute*), disponível ao clicar com o botão direito do mouse sobre o processo principal da árvore ou, alternativamente, manter selecionado e pressionar a tecla F5.

3.3.3 Classificação

Para a classificação dos objetos gerados com a segmentação da imagem, regras de classificação devem ser criadas e implementadas na forma de uma árvore de processos no software eCognition. Uma árvore de processos que incorpora a classificação pixel a pixel resultante do software IMPACT Toolbox e também as camadas de informação disponibilizadas por Hansen (2013), “Cobertura arbórea para o ano de 2014” (também referida como “remanescentes” para fins de utilização prática) e “Ganho na cobertura arbórea global para o período de 2000 a 2014” (também referida como “*gain*” para fins de utilização prática), será fornecida pelo SFB. No entanto, serão ilustradas nesta seção as operações necessárias para a criação de uma árvore de processos idêntica àquela que será fornecida, assim como a reprodução da mesma árvore ao final desta seção.

Utilizando o projeto criado de acordo com as diretrizes apresentadas na Seção “3.3.2 Segmentação da imagem”, deve ser adicionado um novo processo, no mesmo nível hierárquico do processo de segmentação, chamado *Basic Classification*. Os processos subsequentes para classificar a imagem serão processos-filho, portanto subordinados ao processo-pai, *Basic Classification*. Para tanto, deve-se proceder da seguinte forma:

- a. Abrir a árvore de processos a partir do menu “*Process*”.
- b. Selecionar o processo de segmentação denominado *Segmentation_Area500m2*, clicar com o botão direito do *mouse* e selecionar no menu a opção *Append New*, como indicado na Figura 58.
- c. O algoritmo *execute child processes* é o algoritmo padrão sempre que um novo processo é adicionado. Este processo deve ser mantido, de forma que, ao ser executado, sejam acionados os processos subsequentes, como demonstrado no item (2) da Figura 59.

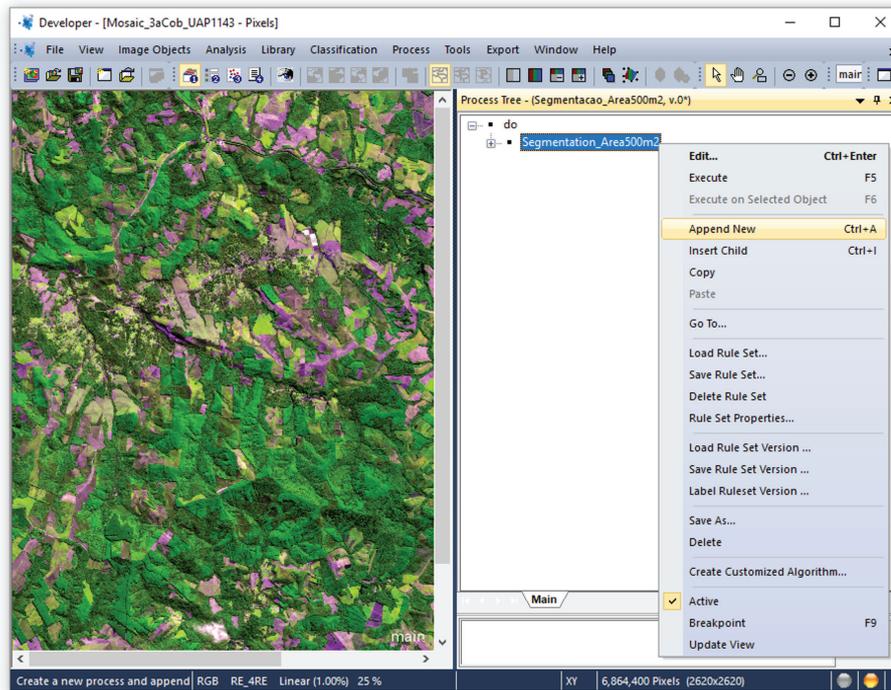


Figura 58. Janela da árvore de processos do software eCognition, indicando a inclusão de um novo processo-pai no mesmo nível do processo de segmentação, por meio do menu ativado com o clique no botão direito do mouse sobre o processo existente *Segmentation_Area_100m2*.

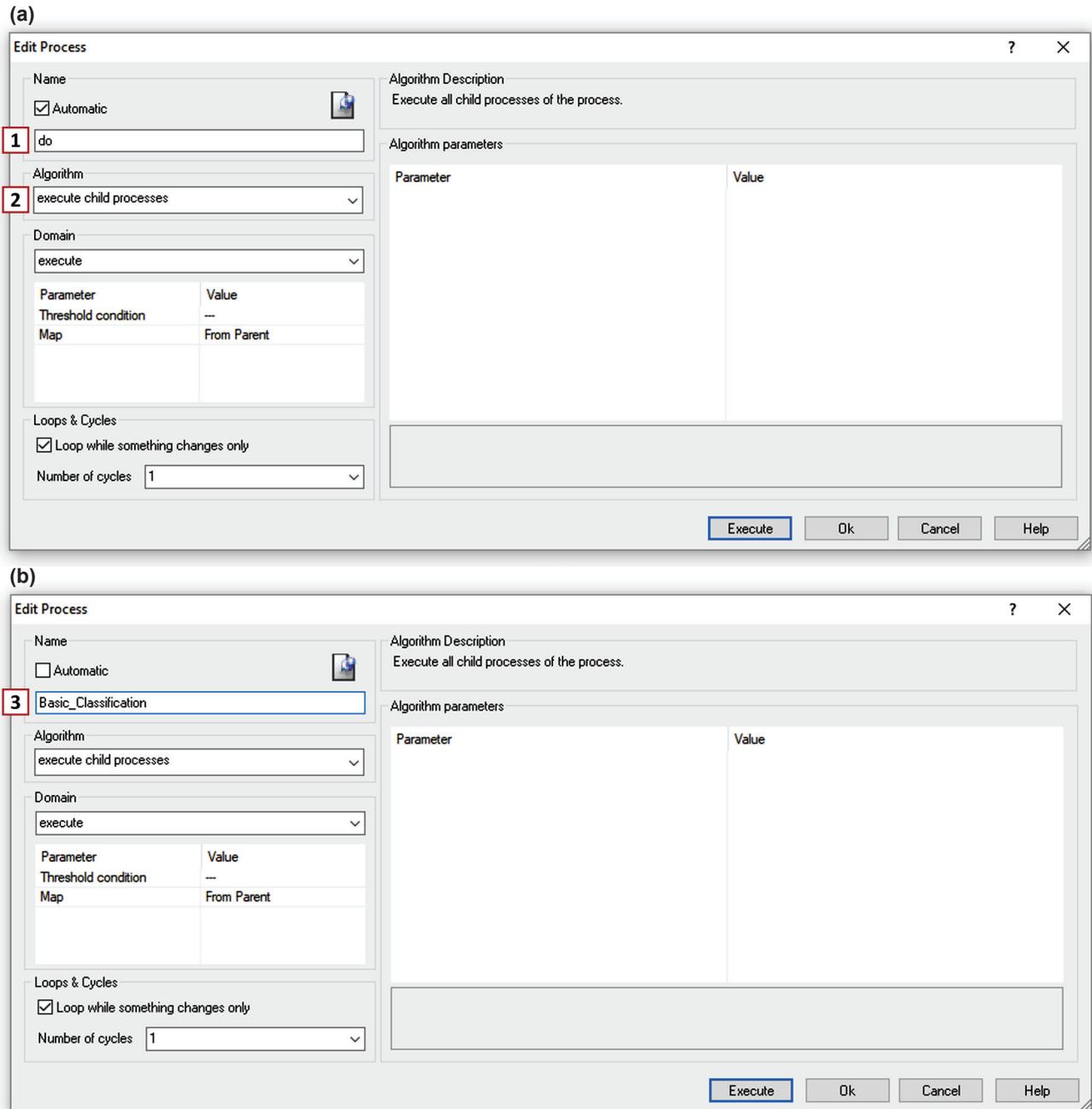


Figura 59. Janela do software eCognition de configurações do processo.

- d. Na janela de edição de processos, disponível sempre que um novo processo é adicionado, renomear o processo como *Basic Classification*, em substituição ao termo padrão *do*, no local indicado pelo item (1) na Figura 59, resultando no exemplo exposto pelo item (3) da Figura 59.
- e. O processo *Basic Classification* é adicionado à árvore de processos no mesmo nível hierárquico de *Segmentation_Area100m2*, conforme exemplo demonstrado na Figura 60.
- f. Inserir processos-filho sob o processo *Basic Classification*, clicando com o botão direito do mouse sobre o mesmo e selecionando a opção *Insert Child*, como exemplificado na Figura 61.
- g. Ao inserir um novo processo-filho, abre-se a janela *Edit Process* (Figura 62 (a)).



Figura 60. O processo *Basic Classification* é adicionado no mesmo nível hierárquico do processo de sementação da imagem no software eCognition.

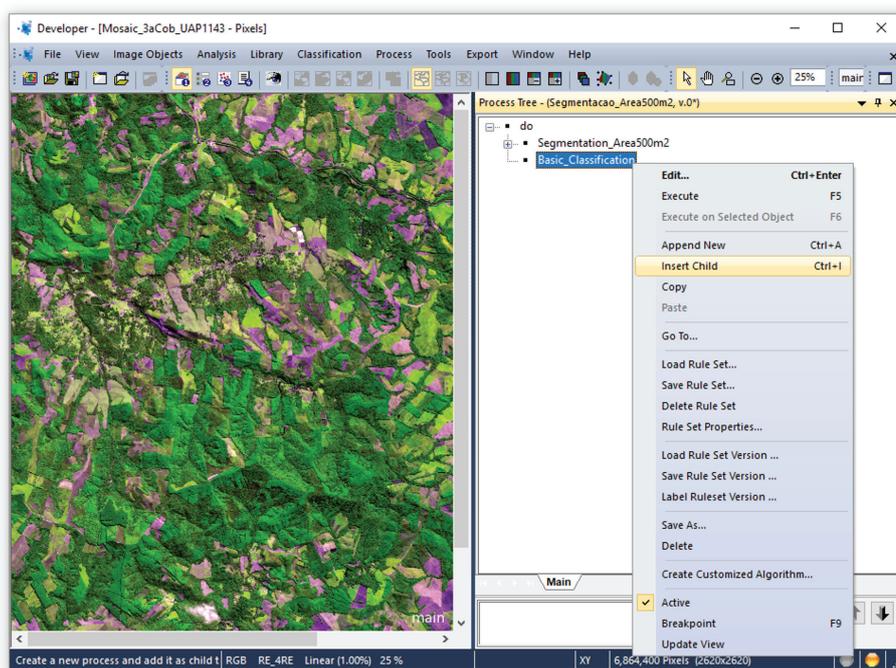


Figura 61. Janela da árvore de processos, indicando a forma de inserção de novos processos-filho, subordinados ao processo-pai *Basic Classification*, por meio da opção *Insert Child*.

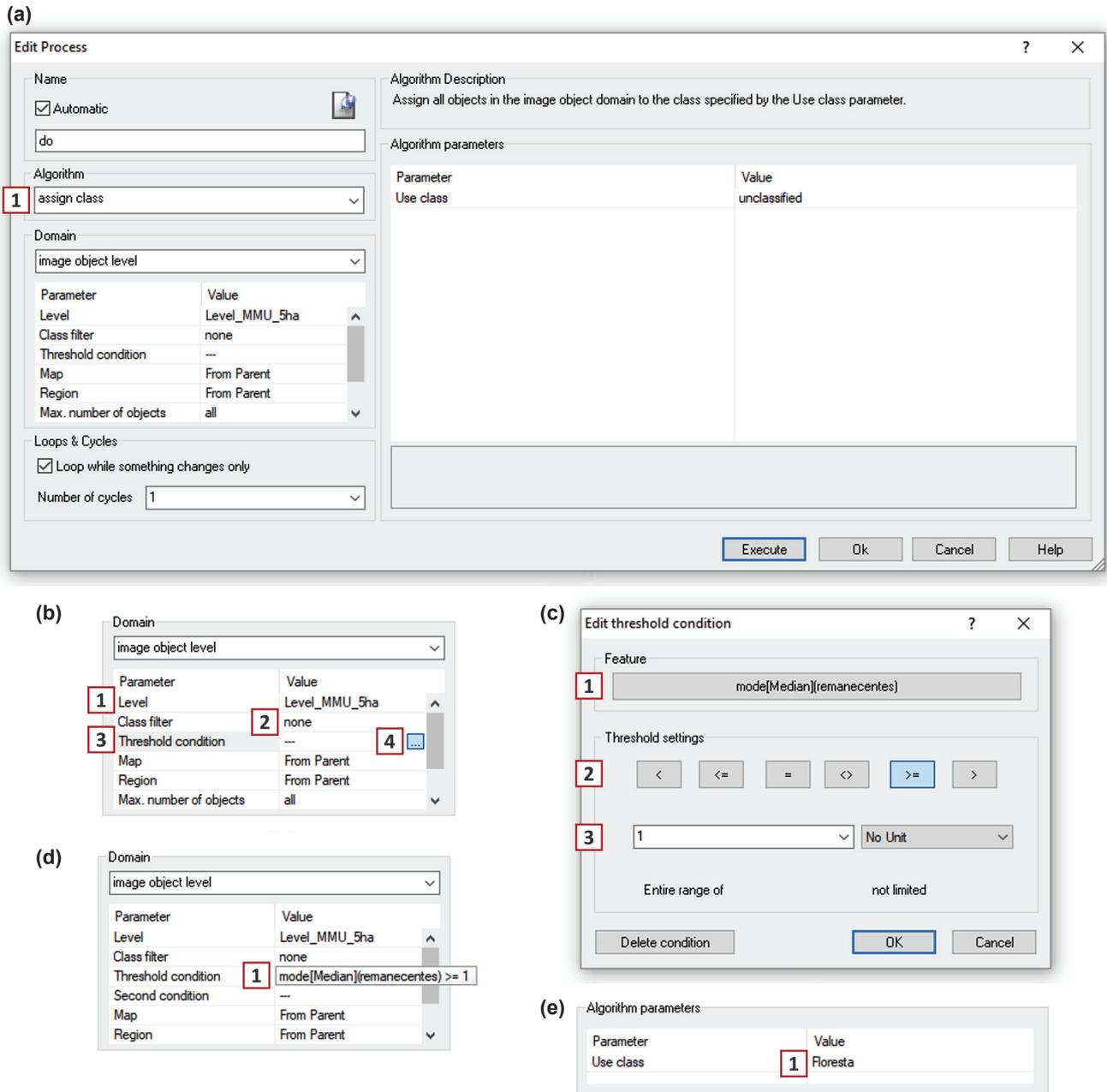


Figura 62. Janela de configurações do processo (a) quando selecionado o algoritmo de atribuição de classes (*assign class*) aos polígonos de segmentação ((a), item (1)). Configurações do processo para atribuir todos os objetos do nível 1 *Level_MMU_5ha* ((b), item (1)) de todas as classes ((b), item (2)), de acordo com uma condição limiar a ser estabelecida ((b), itens (4) e (5)). O atributo selecionado ((c), item (6)) define que todos os objetos que tiverem valor maior ou igual a 1 ((c), itens (2) e (3)) na camada de informação *Remanescentes*, serão atribuídos à classe “Floresta” ((d) e (e), item (1)).

- h. Selecionar o algoritmo, abrindo o menu *Algorithm* e apontando para a opção *assign class* (Figura 62 (a), item (1)). Com a escolha deste algoritmo, as configurações da caixa de diálogo *Edit Process* são atualizadas (Figura 62 (a)).
- i. Manter o nível *Level_MMU_5ha* selecionado, indicando que esta regra será aplicada ao nível de segmentação gerado com a aplicação do algoritmo *Segmentation_Area500m2* executado anteriormente (Figura 62 (b), item (1)).
- j. Manter *none* no campo *Class filter* do domínio da imagem, indicando que esta regra será aplicada a todas as classes, indistintamente (Figura 62 (b), item (2)).
- k. Selecionar a característica a ser utilizada para a classificação, a partir do campo *Threshold condition* (Figura 62 (b), item (3)).
- l. Clicar em ‘...’, exibido assim que é selecionado o campo ‘*Threshold Condition*’ (Figura 62 (b), destacado em ciano no item (4)).
- m. Definir o atributo (moda dos remanescentes: *mode[Median](remanescentes)*) que será utilizado para a condição, na caixa de diálogo “*Select Single Feature* (Figura 63). Após a seleção do atributo (Figura 62 (c), item (1)), a janela *Edit Threshold Condition* se abre, para que sejam editadas as condições de classificação, como valor do limiar e operador.

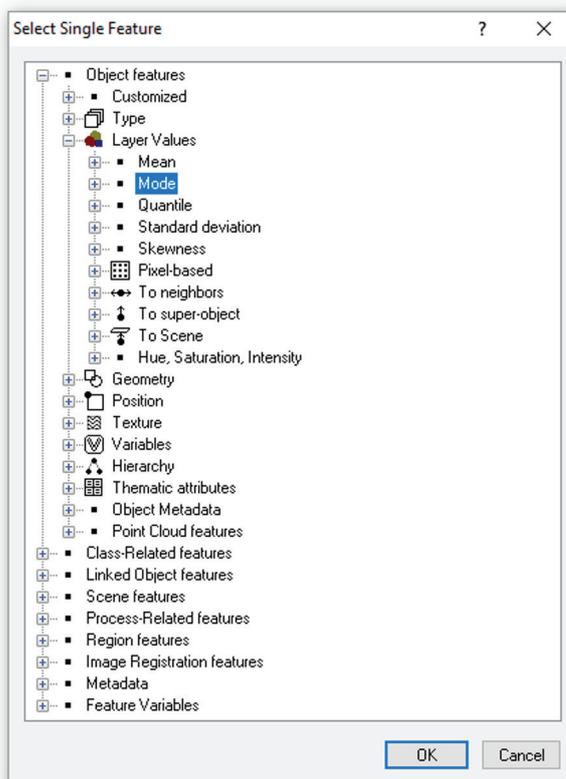


Figura 63. Janela de seleção de atributos *Select Single Feature*, demonstrando o posicionamento do atributo “moda” (*mode*) dos remanescentes florestais.

- n. Definir o operador a ser adotado para a regra de classificação, dentre os seguintes operadores: < menor que ...; ≤ menor ou igual a ...; = igual; <> diferente; ≥ maior ou igual a ..., > maior que ... (Figura 62 (c), item (2)).
- o. Definir o valor do limiar a ser adotado para o atributo selecionado (Figura 62 (c), item (3)).

- p. Selecionar (ou escrever, caso a classe não tenha sido previamente criada) o nome da classe a que serão atribuídos os polígonos que atenderem à condição, no caso do exemplo, classe *Floresta* (Figura 62 (e), item (1)). Confirmar na opção *OK*.
- q. Após a configuração do processo com o limiar estabelecido para o atributo selecionado (Figura 62 (d), item (1)) e a classe definida (Figura 62 (e), item (1)), o mesmo encontra-se pronto a ser executado.
- r. Após a configuração do processo, o mesmo é adicionado à árvore de processos (Figura 64), podendo ser executado. Para executar o processo, existem duas possibilidades: a primeira consiste em selecionar o processo e clicar com o botão direito do mouse, acionando a opção 'Execute Process'. Outra opção é selecionar o processo na árvore de processos e pressionar a tecla de atalho *F5* (Figura 64, item (1)).

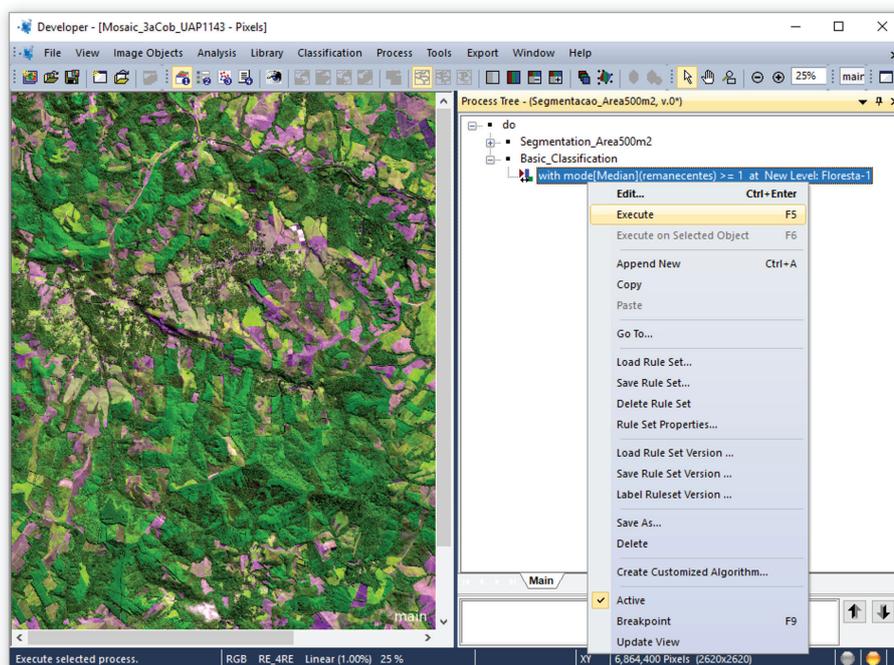


Figura 64. Árvore de processos com o primeiro processo de classificação adicionado, demonstrando as opções para a execução de processos individuais.

A seguir, é exibido um modelo da árvore de processos a ser disponibilizada pelo Serviço Florestal Brasileiro, contendo as regras necessárias para a classificação dos polígonos da segmentação com base nas classes espectrais resultantes da classificação pixel a pixel do software IMPACT Toolbox (Figura 65).

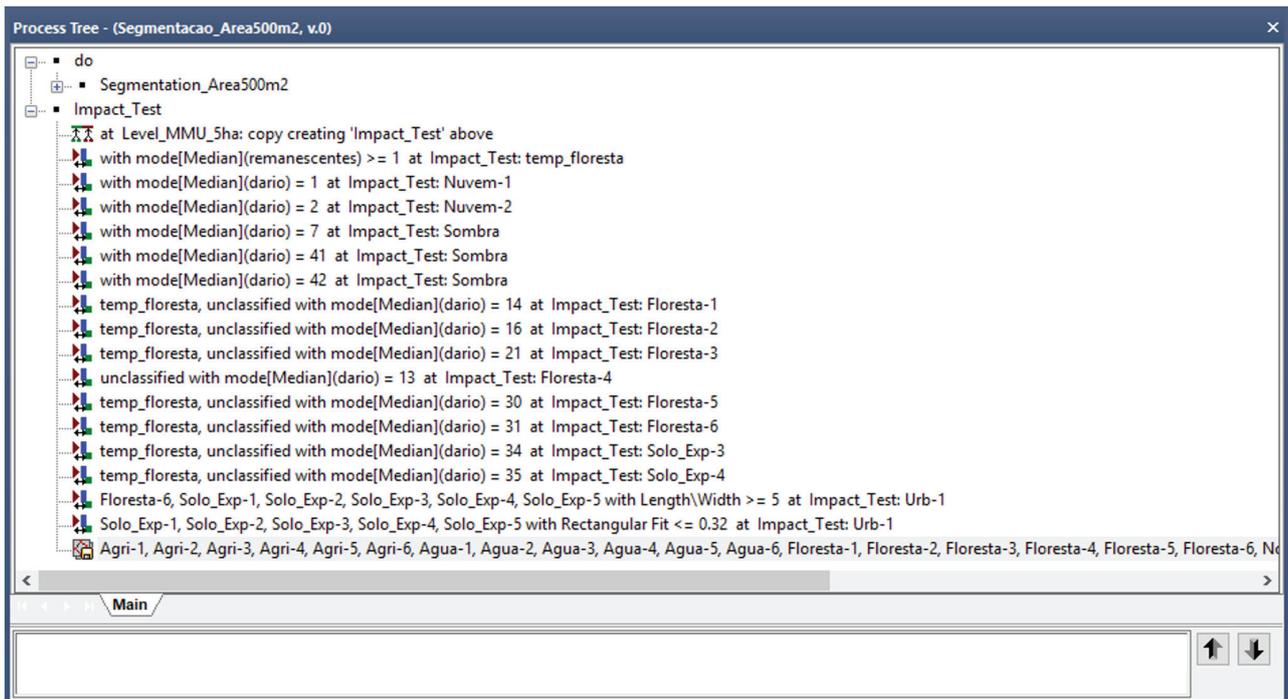


Figura 65. Modelo de árvore de processos para a classificação dos polígonos de segmentação.

3.4 Elaboração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Após a execução da segmentação e classificação do mosaico de imagens por meio da árvore de processos no software eCognition, o arquivo vetorial gerado deve passar por uma etapa de interpretação visual e codificação das classes de acordo com a legenda final. O operador deverá verificar a concordância entre a classificação oriunda do processo automático e a verdade de campo, sendo adotadas, para tanto, imagens de altíssima resolução espacial disponíveis na série histórica do aplicativo GoogleEarth. Deve ser levado em consideração ainda o mapa de vegetação do Brasil disponibilizado pelo IBGE, resultante de atualização do projeto Radam (IBGE, 2015), com a legenda de classes editada conforme descrito na Seção 1.4. (Mapa Fitogeográfico IBGE/Radam).

3.4.1 Edição do Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Diante das definições expostas, dada à impossibilidade de separação computacional entre algumas classes, é recomendado que esta separação seja realizada durante a edição do mapa de uso e cobertura da terra. Informações auxiliares devem ser utilizadas para a interpretação das imagens e correção da classificação digital, assim como consultas ao mapa fitogeográfico do Brasil e imagens de altíssima resolução espacial, como as disponibilizadas no aplicativo Google Earth. De acordo com a ocorrência das fitofisionomias mapeadas pelo projeto Radam, com o sistema fitogeográfico oficial de classificação da vegetação, e o porte da vegetação e a distribuição da cobertura de copas nas imagens, é possível classificar corretamente os polígonos de cobertura arbórea e/ou arbustiva nas classes do mapa final anteriormente descritas (“Floresta Natural” e “Outras Terras com Vegetação Lenhosa”). Os códigos de cada classe da legenda de cores para elaboração do mapa final de uso e cobertura da terra podem ser consultados na Tabela 8.

Para a execução dessa última etapa do processo de elaboração do mapa de uso e cobertura da terra são expostas, sequencialmente, as diretrizes a serem adotadas:

Tabela 9. Codificação da legenda de cores para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.

Valor de codificação	Classe de uso e cobertura	R	G	B	Cor
01	Floresta Natural	115	178	115	
02	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	190	231	150	
03	Outras Terras com Árvores	155	074	079	
04	Gramíneas e Herbáceas	215	194	158	
05	Floresta Plantada	137	137	068	
06	Solo Exposto	232	190	255	
07	Agricultura e Pastagem	247	247	198	
08	Influência Urbana	204	204	204	
09	Superfície com Água	113	132	201	
10	Dunas e Afloramentos Rochosos	240	210	220	
00	Área não Observada	255	255	255	

- Em um sistema de informações geográficas (SIG) abrir o arquivo *raster* referente ao mosaico das imagens *RapidEye* e o arquivo *shapfile* resultante da classificação automática no software eCognition. No exemplo apresentado o software utilizado é o **QGIS 2.18.3 (Las Palmas)**, disponível gratuitamente para *download* em: <<http://www.qgis.org/en/site/>>.
- Para abrir arquivos do tipo *shapfile* e *raster*, basta clicar nos respectivos ícones, localizados no menu à esquerda da janela principal do software (Figura 66, itens (1) e (2)).
- Acessar a ferramenta para criação de uma grade vetorial em *Vetor > Investigar > Grade Vetorial* (Figura 67 (a)). Uma nova interface será aberta (Figura 67 (b)). Na opção *Ajustar grelha à extensão da camada*, selecionar a opção *Use camada/extensão da tela* (item (1), Figura 67 (b)). Em seguida, deve ser selecionado o arquivo com a classificação preliminar de uso e cobertura da terra (resultado do eCognition) na janela que se abre. Caso necessário, cancele esta opção e altere o Sistema de Referência e o Sistema de Projeção do projeto no QGIS. Nas opções *Espaçamento X* e *Espaçamento Y* preencher com o valor de 500 m (Figura 67 (b), itens (2) e (3)), selecionando o *Tipo de grade* de saída como polígonos (Figura 67 (b), item (4)). No campo *Malha* inserir o local onde o arquivo deve ser armazenado. Alterar as propriedades da camada, de forma a permitir a visualização apenas das linhas dos polígonos.
- Abrir a tabela de atributos do arquivo vetorial referente à classificação preliminar do uso e cobertura da terra, oriundo da árvore de processos do eCognition, clicando com o botão direito do *mouse* na camada e, em seguida, em *Abrir tabela de atributos*. Iniciar a edição clicando no primeiro ícone da tabela de atributos, indicado no item (1) da Figura 68. Excluir as colunas *Mean* e *Standard_d*, clicando no ícone indicado no item (3) da Figura 68. Abrir a calculadora

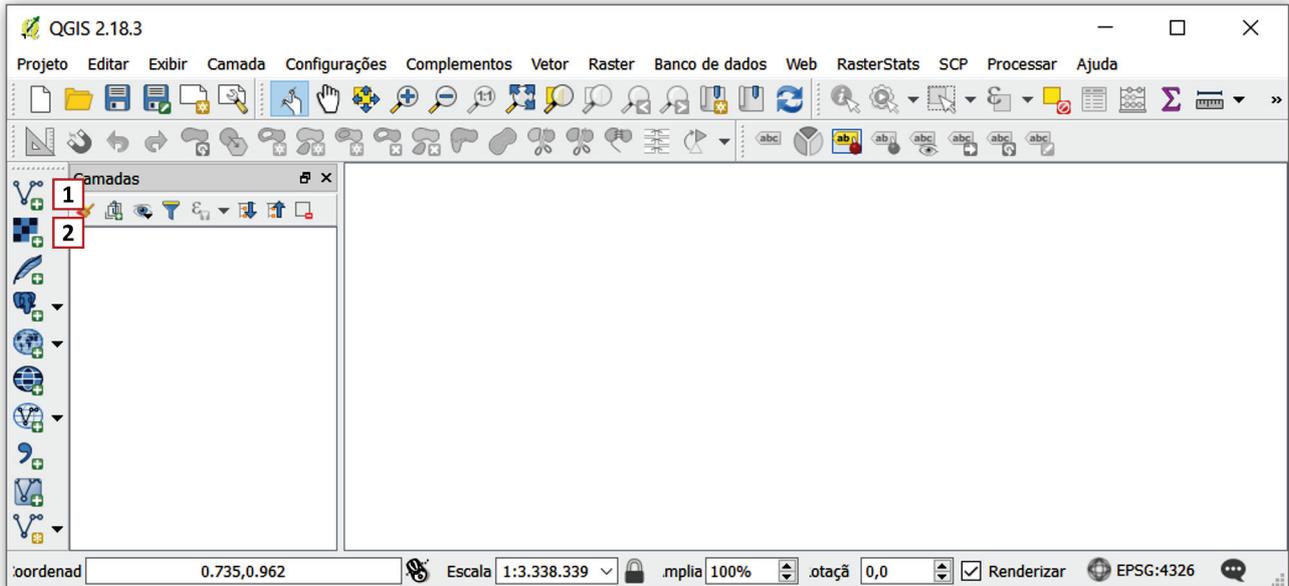
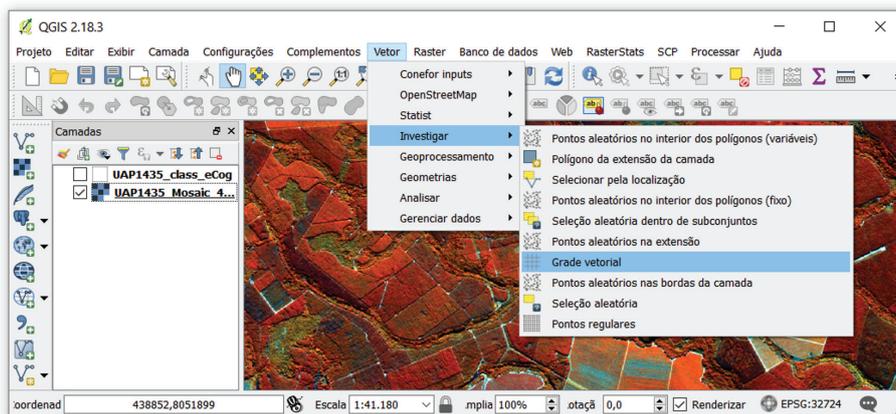
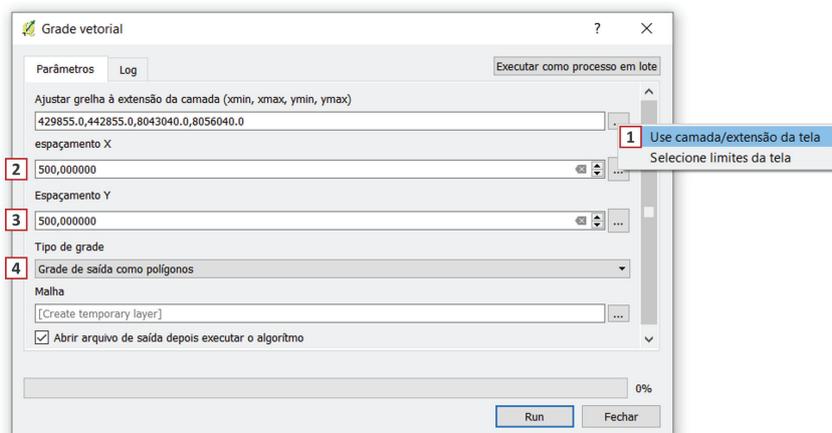


Figura 66. Interface do software QGIS. No item (1) encontra-se indicado o ícone para adicionar camadas do tipo vetorial (*shapefile*) ao projeto, e no item (2) o ícone para adicionar camadas do tipo matricial (*raster*).



(a)



(b)

Figura 67. Barra de ferramentas principal do software QGIS, indicando a localização da ferramenta *Grade vetorial* (a) e sua respectiva janela (b), com os parâmetros a serem utilizados para a criação da grade vetorial.

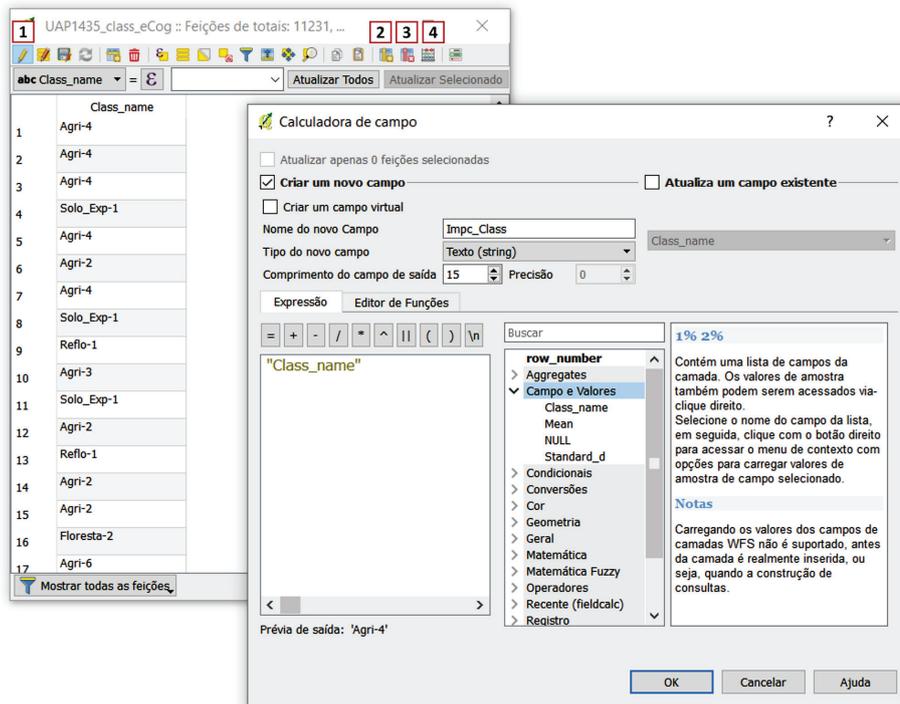


Figura 68. Interface da tabela de atributos (a), indicando no item (1) o botão de ativação da edição, em (2) e (3) os ícones para a criação ou exclusão de colunas, respectivamente, e em (4) a calculadora de campo, cuja interface é ilustrada em (b).

de campo Figura 68, item (4)) e preencher os campos conforme ilustrado na Figura 68, para a criação de um novo campo, do tipo texto, chamado *Impc_Class*, preenchido com os dados da coluna *Class_name* clicar em *OK*, encerrar a edição e fechar a tabela.

- e. Para escolher a composição do mosaico com a qual se deseja trabalhar, deve-se clicar com o botão direito na camada, localizada no painel esquerdo, e em seguida selecionar *Propriedades*. Na aba *Estilo* (Figura 69) escolher o *Tipo de renderização* como *Multibanda colorida*, selecionar as bandas desejadas, configurar a *Precisão*, na seção *Carregar valores de min/max*, como *Real (mais lento)* (Figura 69, item (1)), clicar em *Carregar* e em seguida em *Aplicar*. No exemplo foram utilizadas as bandas 5 (*NIR*), 4 (*RedEdge*) e 3 (*Red*), nos canais RGB, mas o intérprete pode escolher a composição que julgar mais adequada para a interpretação da imagem.
- f. Selecionar a camada vetorial das classes e rotular a camada da classificação preliminar do uso e cobertura clicando no ícone *Mostrar rótulos para as camadas* (Figura 70 (a), item 1) e selecionando a coluna *Class_name* como rótulo (Figura 70 (a), item 2), de forma que seja possível visualizar o nome da classe atribuída a cada polígono, como ilustrado na Figura 70 (b).
- g. Após a preparação dos dados do SIG (carregamentos dos arquivos *shapefile* e *raster*, correspondentes à classificação preliminar do uso e cobertura e o mosaico *RapidEye*, respectivamente; criação da grade vetorial de 500 m por 500 m; criação da coluna *Impc_class*; definição da composição do mosaico; e rotulagem dos polígonos), pode-se iniciar o processo de interpretação visual e edição.

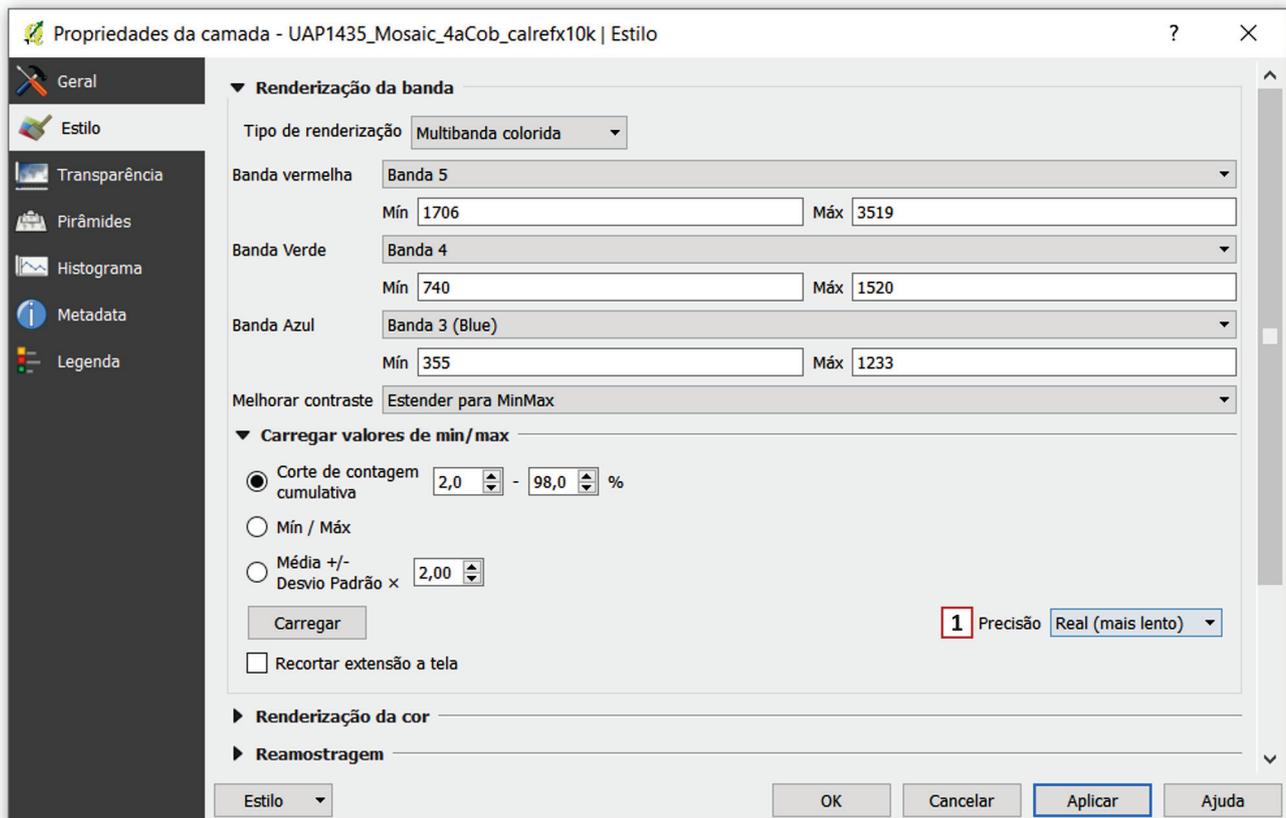
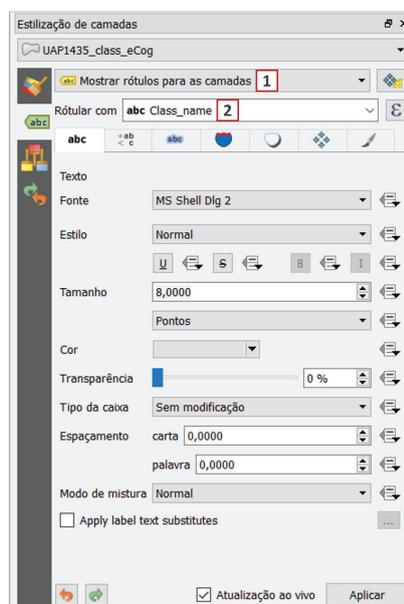


Figura 69. Interface da aba *Estilo*, na janela das propriedades da camada *raster*, exemplificando a escolha de composição para o mosaico *RapidEye*.



(a)



(b)

Figura 70. Interface da janela de opções de rotulação da camada (a) e resultado da aplicação de rótulos utilizando a coluna *Class_name* (b).

h. O intérprete deve escolher um dos vértices da imagem como ponto inicial para o processo de correção e utilizar a grade vetorial de 500 m por 500 m como um guia, para garantir que toda a área da UAP seja visualmente interpretada, adotando-se uma escala de trabalho de 1:5.000. No exemplo da Figura 71 é possível observar que os polígonos em destaque foram classificados pelo processo automático como pertencentes à classe “Reflo-1” (equivalente à classe “Floresta Plantada” na legenda final), quando o correto seria a classificação como “Floresta Natural”. Nesse caso observa-se ainda um erro no processo de segmentação sendo necessário, também, o particionamento do polígono. Para tanto pode ser utilizada a ferramenta *Quebrar feições*, a partir do menu *Digitalização* (Tabela 9). O resultado dessa edição pode ser visto na Figura 73, onde os polígonos foram divididos e o código da coluna *Class_name* foi alterado para *01*, correspondente à classe “Floresta Natural” da legenda final. A coluna *Impc_Class* não deve ser alterada, para comparações futuras.

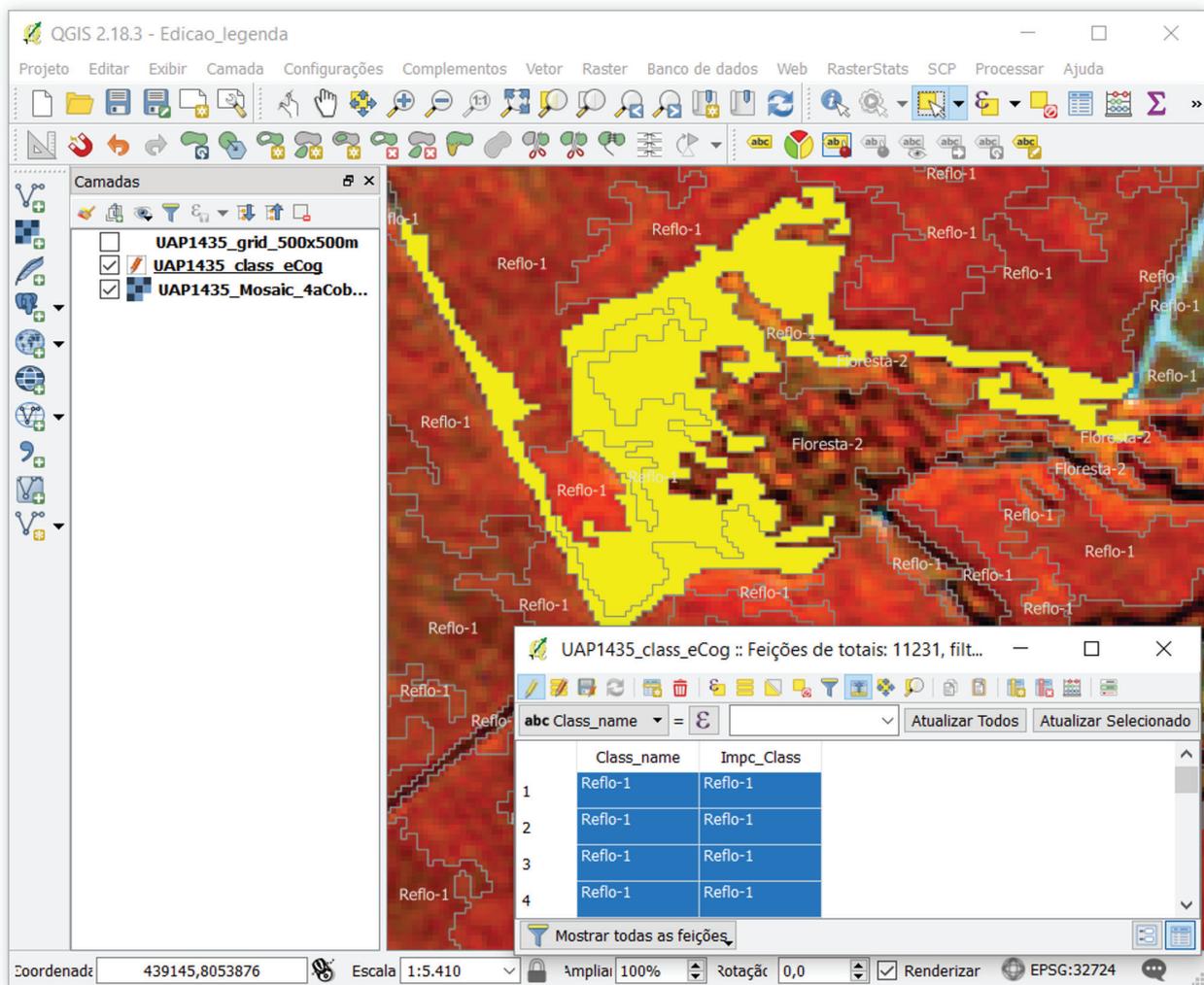


Figura 71. Interface do software QGIS exibindo a tabela de atributos do arquivo vetorial referente à classificação preliminar do uso e cobertura da terra a ser editada, onde as camadas selecionadas (em amarelo no *display* e em azul na tabela de atributos) estão classificadas como pertencente à classe “Floresta Plantada”, embora ocupem uma porção de área pertencente à classe “Floresta Natural”.

Tabela 10. Ferramentas do software QGIS utilizadas no processo de edição do mapa de uso e cobertura da terra e interpretação visual das imagens *RapidEye*.

Ferramentas da tabela de atributos		Ferramentas de edição	
Ícone	Função	Ícone	Função
	Inverter seleção (Ctrl+R)		Quebrar feições
	Desfazer todas as seleções (Ctrl+Shift+A)		
	Mover a seleção para o topo		
	Abrir calculadora de campo (Ctrl+I)		

- i. Como ferramenta auxiliar para a identificação das classes, o intérprete pode utilizar parte das imagens disponibilizadas pelo Google Earth por meio do *plugin OpenLayers plugin*, localizado na aba *Web* da barra de ferramentas principal do QGIS. Quando selecionada a opção *Google Satellite* (Figura 73) a imagem mais recente disponível no Google Earth será adicionada ao SIG como uma nova camada (Figura 72). Para instalar esse complemento, basta acessar a aba *Complementos*, na barra de ferramentas principal, e em seguida “Gerenciar e Instalar Complementos” e realizar uma busca pelo nome do *plugin*.

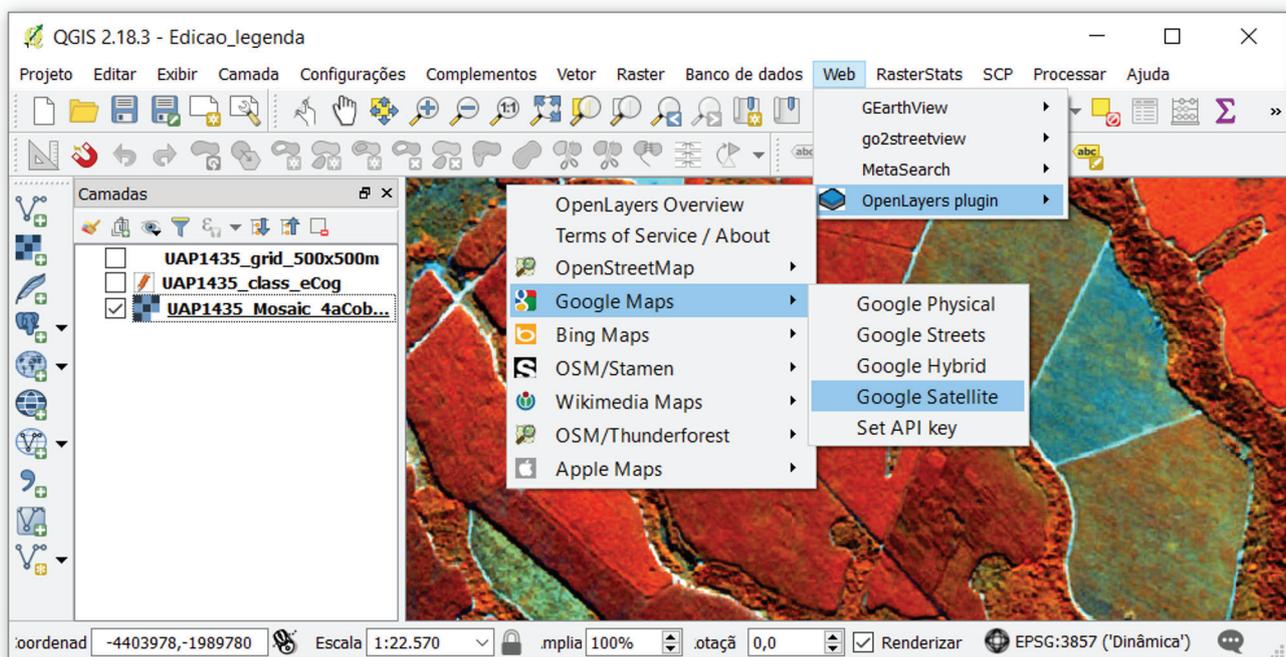


Figura 72. Barra de ferramentas principal do software QGIS indicando a localização do *plugin OpenLayers plugin*.

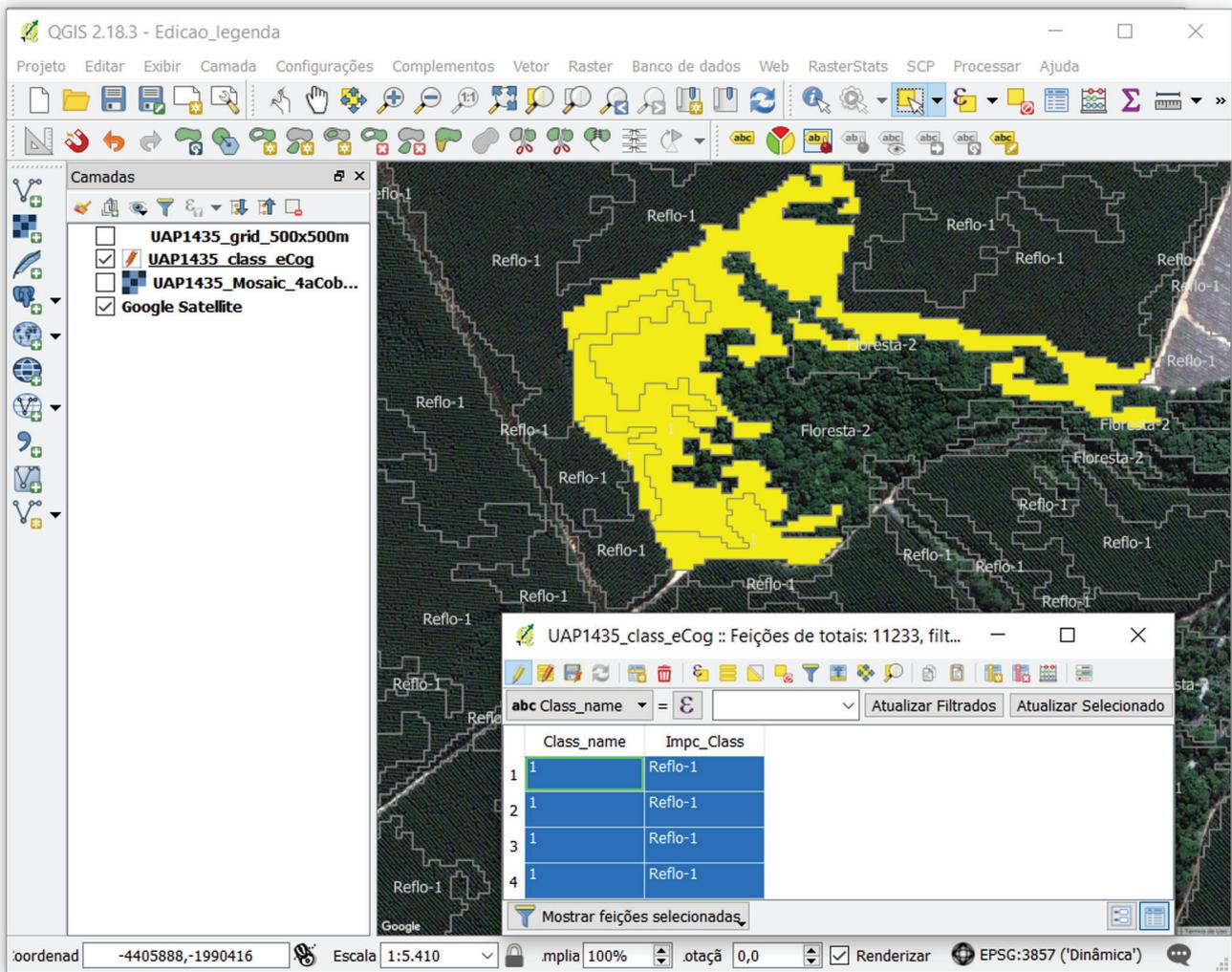


Figura 73. Interface do software QGIS exibindo a utilização das imagens do Google Earth como uma camada auxiliar no SIG.

- j. Como apenas a imagem mais recente é exibida quando o *plugin OpenLayers* é acionado, pode ser útil a visualização de séries de imagens históricas, disponíveis no software Google Earth. Assim, se o intérprete quiser fazer uso dessas imagens, deve-se utilizar a versão *Pro*, disponível gratuitamente em <<https://google-earth-pro.br.uptodown.com/windows/desktop.html>>. Nessa versão, é possível sobrepor às imagens as camadas vetoriais contendo a grade de verificação e a classificação preliminar do uso e cobertura da terra (formato de arquivo *shapefile*).
- k. Quando finalizada a edição e interpretação visual de um dos quadrantes, deve-se prosseguir para o próximo. No caso do exemplo seria o quadrante localizado imediatamente à direita ou o quadrante superior, de forma que todos os quadrantes sejam percorridos ao final do processo.

Algumas classes e/ou feições do mosaico merecem atenção especial, pois estão mais sujeitas a erros de inclusão/comissão na classificação automática. A classe “Gramíneas e Herbáceas”, por exemplo, é de difícil classificação por meios automáticos, devendo ser reconhecida no processo de interpretação visual, levando-se em consideração informações auxiliares de outros mapeamentos e de contexto. Devido ao porte predominantemente herbáceo dessa vegetação, o processo automático de classificação a identificará como pertencente às classes “Agricultura e Pastagem”, ou até mesmo

“Solo exposto” em alguns casos. Um exemplo é apresentado na Figura 74, (a) e (d), onde uma área úmida foi preliminarmente classificada como pertencente à classe que engloba áreas de “Agricultura e Pastagem”, devendo ser corretamente reclassificada para a classe “Gramíneas e Herbáceas”.

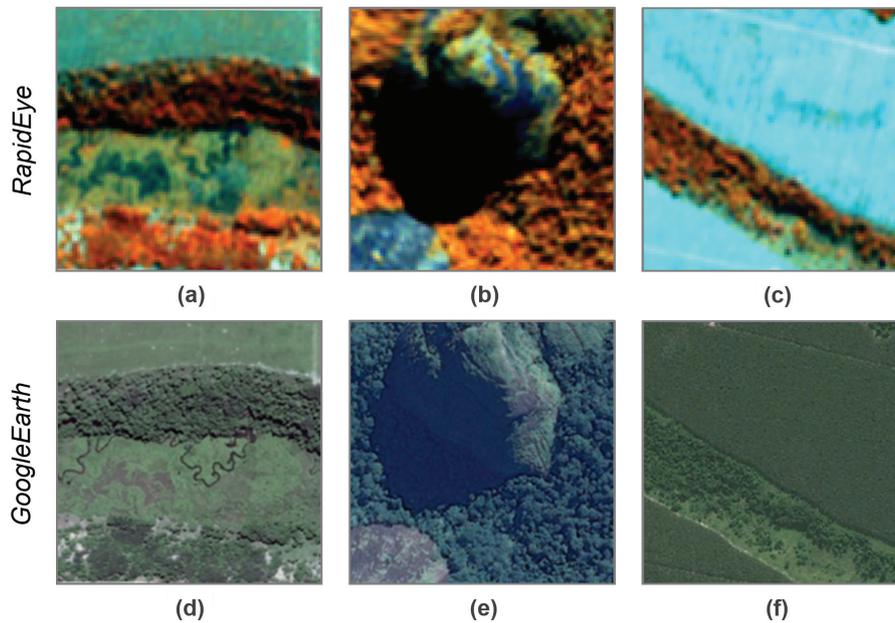


Figura 74. Exemplos de áreas que podem ser classificadas incorretamente pelo processo automático, mostrando a resposta espectral no mosaico *RapidEye* com a composição R5G4B3 e nas imagens do Google Earth.

Áreas sombreadas, como aquelas ilustradas na Figura 74, itens (b) e (e), também são fontes de erros na classificação automática, comumente classificadas como pertencentes às classes “Superfície com Água” ou “Solo exposto”, devido aos baixos valores de *NDVI* observados nessas áreas.

Outro problema bastante comum, no que diz respeito à atribuição de classes pelo processo automático, refere-se a áreas utilizadas para o plantio de florestas, mas que, no momento da aquisição das imagens, não estavam estocadas devido ao recente corte raso, e que apresentam resposta espectral de “Solo Exposto”. Entretanto, tais áreas devem ser classificadas como pertencentes à classe “Floresta Plantada”, pois, apesar de no momento do imageamento a área estar sem cobertura vegetal, seu uso é destinado ao plantio de florestas. Nesses casos, as imagens da série histórica do Google Earth são essenciais, pois permitem identificar há quanto tempo a área vem sendo utilizada para essa finalidade ou se antes era utilizada para silvicultura, mas foi convertida para outro uso, como pastagem, por exemplo. Na Figura 74 (c) é apresentada uma área que deve ser incluída na classe “Floresta Plantada”, mas que foi classificada como “Solo exposto”. O uso do solo pode ser confirmado pela Figura 74 (f), que mostra essa mesma área coberta por um reflorestamento alguns meses antes do imageamento.

Outros erros comuns da classificação automática são: atribuição da classe “Agricultura e Pastagem” em áreas contempladas pelas classes compostas por cobertura arbórea e/ou arbustiva; atribuição da classe “Solo exposto” em áreas de “Agricultura e Pastagem”; atribuição da classe “Área não Observada” em áreas de “Solo Exposto” ou “Influência Urbana”; atribuição da classe “Floresta Natural” em áreas pertencentes à classe “Floresta plantada”, e vice-versa, quando essas áreas estão próximas; atribuição da classe “Agricultura e pastagem” em áreas de “Floresta plantada”, quando esta se encontra povoada por plantios ainda em estágio jovem. Podem, ainda, ocorrer erros

quanto à segmentação dos polígonos, conforme ilustrado anteriormente, exigindo a reconfiguração das feições.

Após a edição de toda a área da UAP é necessário recodificar os dados da coluna *Class_name* que não foram alterados, de acordo com a legenda final:

- Procurar, na caixa de ferramentas, pela ferramenta de seleção vetorial *Selecionar por atributo* (Figura 75 (a)). Para habilitar a caixa de ferramentas, caso essa não esteja aparecendo do lado direito da interface do software, basta clicar com o botão direito do mouse na barra de ferramentas principal e a selecioná-la, ou utilizar o comando “*Ctrl+Alt+T*”.

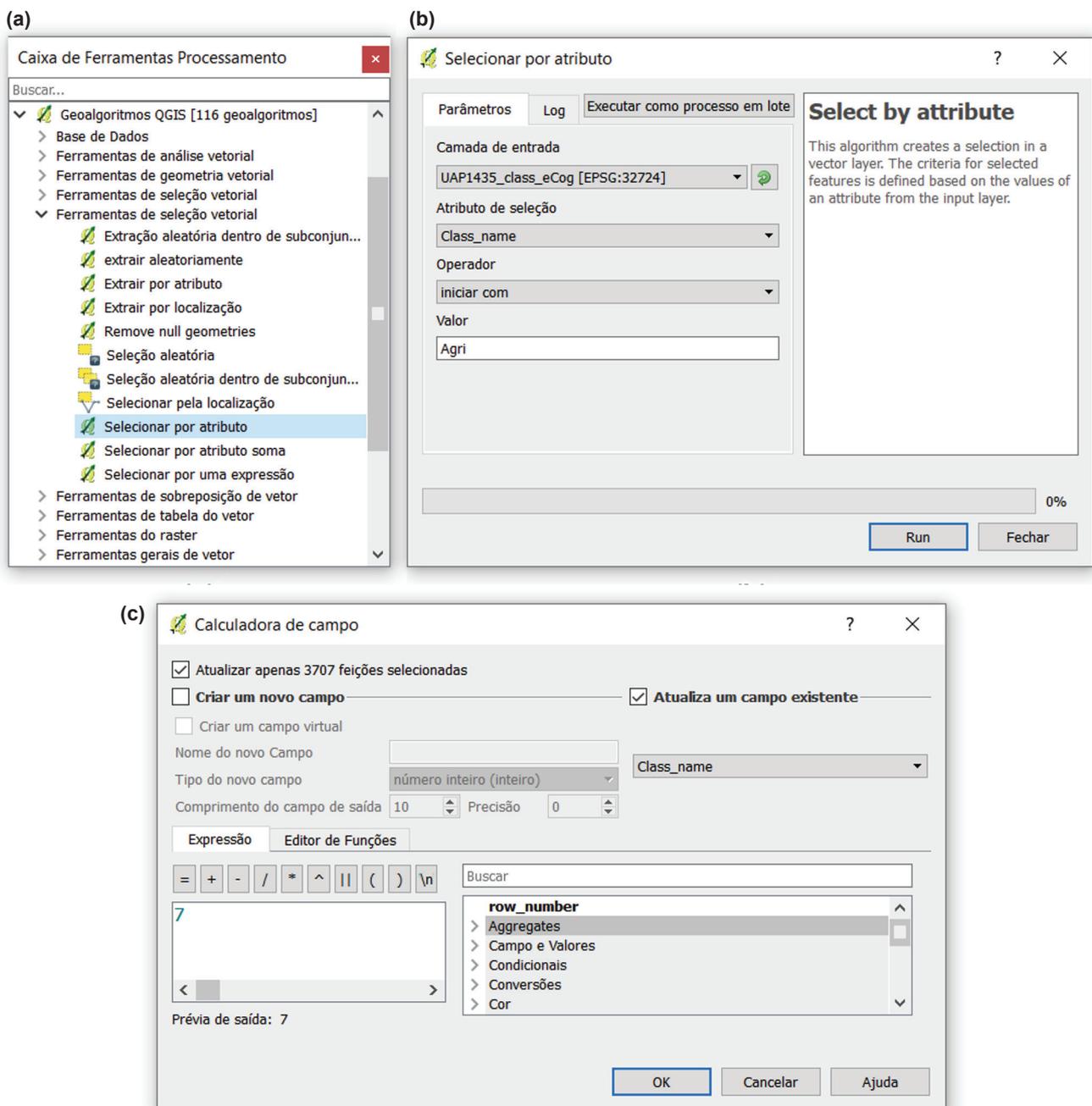


Figura 75. Janelas do software QGIS: caixa de ferramentas mostrando a localização da ferramenta *Selecionar por atributo* (a); interface da ferramenta *Selecionar por atributo* (b); e interface da *Calculadora de campo* (c).

- b. Na janela da ferramenta (Figura 75 (b)) selecionar a camada de entrada, a coluna *Class_name* como objeto de seleção, e o operador para realização da seleção (=, *iniciar com*, *contém*, entre outros). No exemplo ilustrado na Figura 75 (b) estão sendo selecionados todos os atributos da coluna *Class_name* iniciados com “Agri”, ou seja, as feições que foram identificadas pelo processo de classificação automática como pertencentes a áreas de “Agricultura e Pastagem” e que não foram editados durante a interpretação visual, de forma que devem ter seu nome recodificado para a classe “07”.
- c. Depois de realizada a seleção, abrir a calculadora de campo e marcar as opções para atualização apenas das feições selecionadas e atualizar um campo existente, no caso o campo *Class_name*, que receberá a nova codificação. Na caixa para o preenchimento da expressão, basta adicionar o código da classe. No exemplo, os campos classificados como “Agri” e previamente selecionados receberão o código “07”, referente à classe “Agricultura e Pastagem” na legenda definitiva.
- d. Repetir esse processo até que todas as classes recebam a codificação da legenda final, que varia de “00 a 10”.
- e. Adicionar à tabela de atributos uma nova coluna (*Class_code*) do tipo “número inteiro” e com comprimento igual a “2” e preencher esse novo campo com os valores da legenda final;
- f. Esse novo campo será utilizado para a criação de um arquivo do tipo *raster*, que será utilizado para avaliação da qualidade do mapeamento final, a partir de uma matriz de confusão no software ENVI. Para a conversão desse arquivo do tipo *shapefile* para um *raster*, basta localizar a ferramenta GDAL com essa função na caixa de ferramentas (Figura 76 (a)), indicar o arquivo de entrada e o campo a ser utilizado (*Class_code*), bem como o tamanho do pixel (5 metros), conforme ilustrado na figura (Figura 76 (b)). Salvar a imagem rasterizada em um arquivo temporário.
- g. Clicar com o botão direito do mouse no arquivo temporário (o software nomeará esse arquivo como “Rasterizado”) e selecionar a opção *Salvar como...* Na interface que será aberta deve-se escolher o formato GTiff para o arquivo de saída, bem como a pasta para o seu salvamento e o nome do arquivo (Figura 76 (c)).
- h. Proceder à análise do controle de qualidade do mapeamento de uso e cobertura da terra conforme diretrizes descritas no “Manual das Unidades Amostrais de Paisagem do IFN-BR Parte III - Procedimentos para o controle de qualidade do mapeamento de uso e cobertura da terra”.

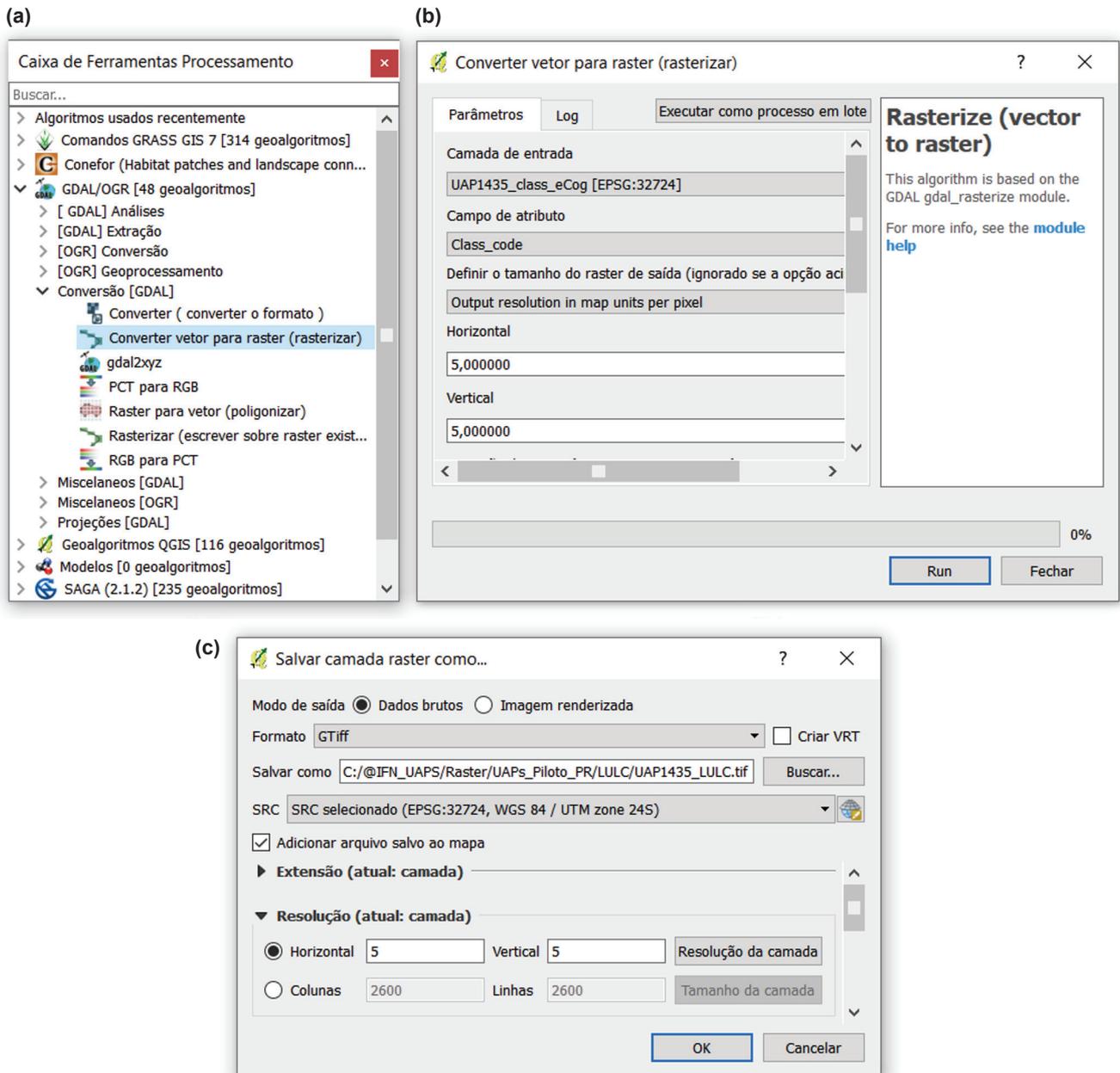


Figura 76. Janelas do software QGIS ilustrando a localização da ferramenta GDAL *Converter vetor para raster* (a), bem como o processo de rasterização por meio dessa (b) e posterior exportação do *raster* em formato GTiff (c).

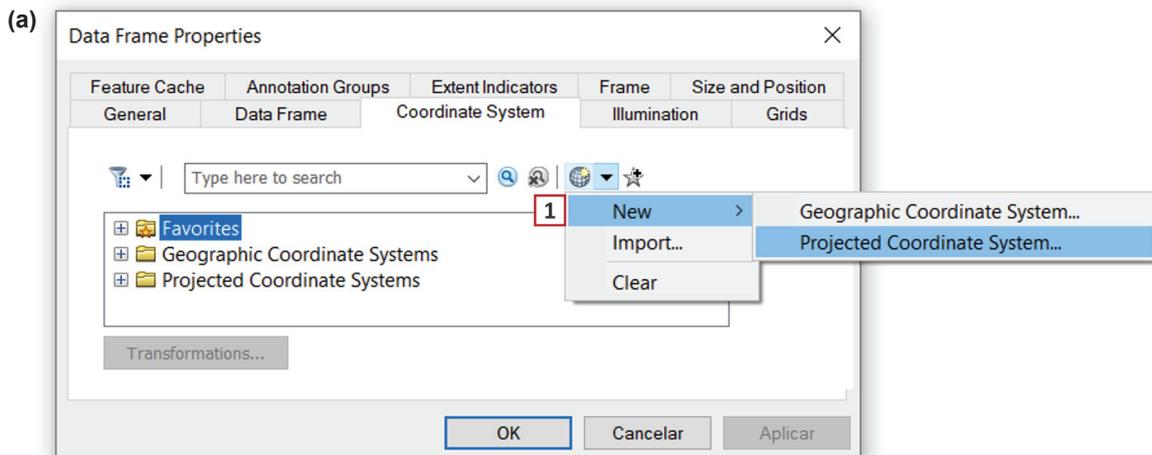
3.4.2 Finalização do Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Após a avaliação e aprovação do Mapa de Uso e Cobertura da Terra esse deve passar por uma edição final, tornando-o adequado para a análise de paisagem a ser realizada na sequência.

Considerando que o mapeamento foi elaborado utilizando sistema de referência WGS-84 e sistema de projeção UTM, com o respectivo fuso de cada região da UAP, e que para o cálculo dos índices de paisagem, que irão considerar medidas de distância e área, os valores de distância dos píxeis somente serão significativos quando estiverem em uma projeção de áreas equivalentes, faz-se necessário reprojeter o Mapa de Uso e Cobertura da Terra. Portanto, será adotada a Projeção Cônica Equivalente de Albers, em virtude de ser esta a projeção apropriada para tal finalidade (IBGE, 2016), e adotando o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS, 2000),

com os seguintes parâmetros para o país: Longitude origem: -54° ; Latitude origem: -12° ; Paralelo padrão 1: -2° ; Paralelo padrão 2: -22° .

- Na barra de ferramentas principal do software ArcMap, acessar a opção *View > Data Frame properties*. Na nova janela que irá se abrir, clicar no ícone indicado no item (1) da Figura 77 (a) e em *New > Projected Coordinate System*, para a criação de um novo sistema de coordenadas.



(b)

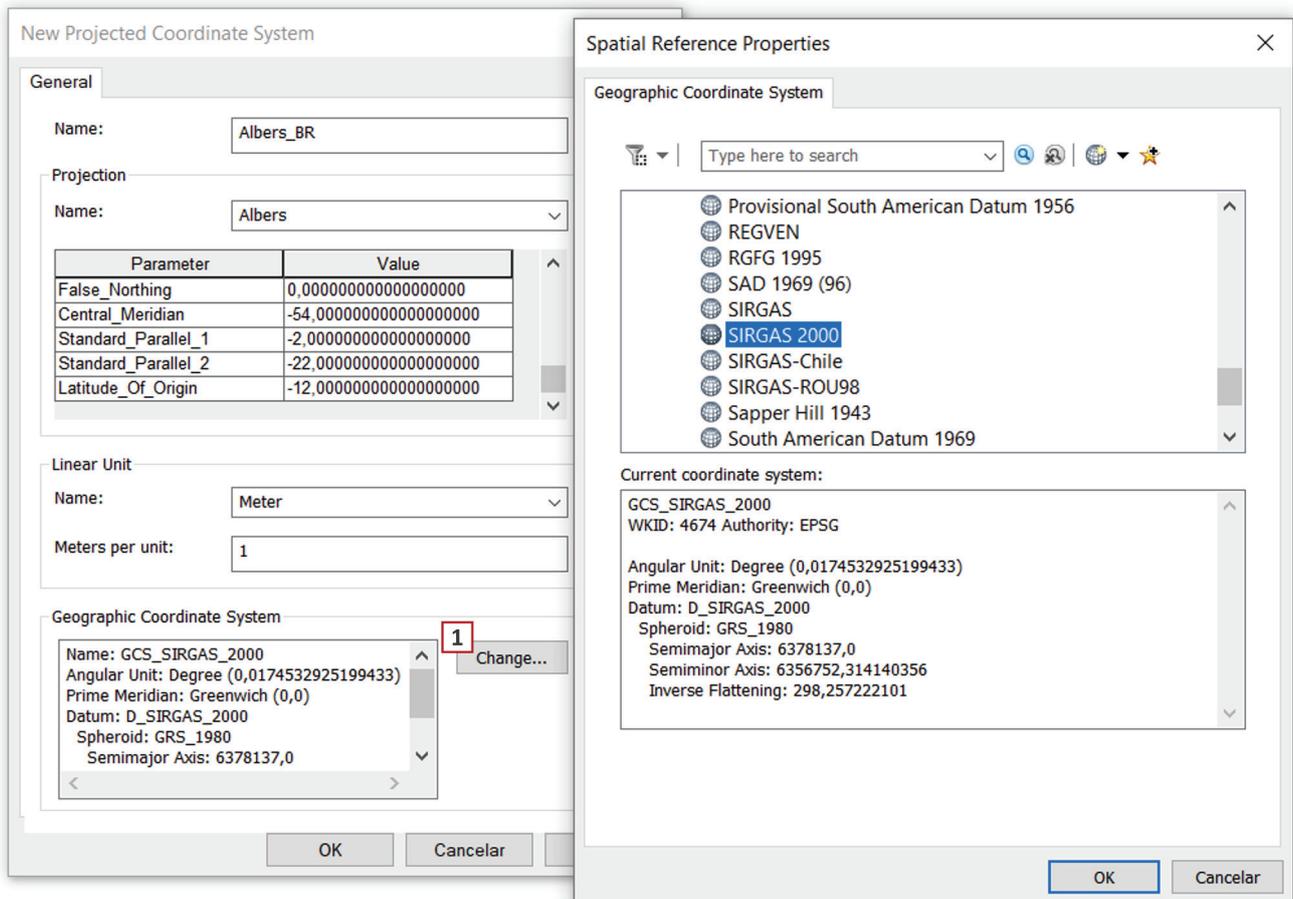


Figura 77. Janelas do software ArcMap ilustrando o processo de criação de um novo sistema de coordenadas projetadas.

- b. Preencher os parâmetros para a criação do novo SRC da mesma maneira como ilustrado na Figura 77 (b) (*Projection - Name: Albers; Central_Meridian: -54; Standard_Paralel_1: -2; Standard_Paralel_2: -22; Latitud_Of_Origin: -12*). Para alterar o sistema de coordenadas geográficas (*Geographic Coordinate System*) basta clicar em *Change* (item (1), Figura 77 (b)), e selecionar o sistema SIRGAS 2000, que se encontra localizado em *Geographic Coordinate System > South America > SIRGAS 2000*.
- c. Após a criação do novo SRC a ser utilizado pode-se proceder para a etapa de reprojeção da camada vetorial, por meio da ferramenta *Project*, localizada na caixa de ferramentas do ArcMap (*arcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Project*).

Outro ajuste final a ser realizado diz respeito à área de cobertura da UAP. Uma vez que o mapa de uso e cobertura foi realizado considerando-se uma área de 11 km x 11 km e a área oficial das unidades amostrais corresponde a 10 km x 10 km, esse mapa deve ser recortado para a área oficial.

- a. Reprojetar o arquivo de pontos, fornecido pelo SFB, referente à localização das UAPs em todo o território nacional para o SRC criado anteriormente, baseado na Projeção Cônica Equivalente de Albers.
- b. Gerar um perímetro de dimensões 10 km x 10 km para cada UAP, seguindo a mesma lógica descrita na Seção 1.1. Área de Abrangência das UAPs.
- c. Utilizar o perímetro criado para recortar o mapa de uso e cobertura com a ferramenta *Clip* (*Arctoolbox > Extract > Clip*).
- d. No novo arquivo *shapefile*, resultante do recorte, criar um novo campo (*AREA_ha*), do tipo *Double* e preencher com o cálculo das áreas dos polígonos em hectares.

Referências

ANDERSON, C.; THIELE, M.; BRUNN, A. Calibration and validation of the RapidEye constellation. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 9143-9150.

ANTUNES, M.; SIQUEIRA, J. Características das imagens *RapidEye* para mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 547-554.

DE FORESTA, H.; SOMARRIBA, E.; TEMU, A.; BOULANGER, D.; FEUILLY, H.; E GAULTIER, M. **Towards the assessment of trees outside of forests**: a thematic report prepared in the framework of the global forest resources assessment. Rome: FAO, 2013. 368 p. (Forest resources assessment working paper, 183).

EITEL, J. U. H.; VIERLING, L. A.; LITVAK, M. E.; LONG, D. S.; SCHULTHESS, U.; AGER, A. A.; KROFCHECK, D. J.; STOSCHECK, L. Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in a New Mexico conifer woodland. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 1, p. 3640-3646, 2011.

FAO. **Global forest resources assessment 2015**. Rome, 2015. (FAO. Forestry paper, 1).

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-resolution global maps of 21st-Century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 1, p. 850-53, 2013.

IBGE. **Área territorial brasileira**: informações sobre a metodologia para cálculo de áreas. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 20 ago. 2016.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. (Manuais técnicos em geociência, 1).

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. (Manuais técnicos em geociência, 7).

IBGE. **Mapas temáticos: vegetação**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/acervo_radambrasil/vetores/>. Acesso em: 29 mar. 2018.

LEITE, P. F. **Estudo comparativo entre a classificação da vegetação brasileira adotada pelo IBGE e a classificação de uso e cobertura da terra publicada pela FAO no manual de monitoramento e avaliação**. Rome: FAO, 2009. Trabalho não publicado.

ORTIZ, S. M.; BREIDENBACH, J.; KÄNDLER, G. Early detection of bark beetle green attack using TerraSAR-X and RE data. *Remote Sensing*, v. 5, n. 4, p. 1912-1931, 2013.

RAPIDEYE **imagery product specifications**: version 6.1. 50 p. Disponível em: <<https://goo.gl/6XmINw>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SCHUSTER, C.; FÖRSTER, M.; KLEINSCHMIT, B. Testing the red edge channel for improving land-use classifications based on high-resolution multi-spectral satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 33, n. 17, p. 5583-5599, 2012.

SCUSSEL, A. **MundoGEO**: IBGE disponibiliza informações históricas sobre a vegetação do Brasil. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2015/05/20/ibge-disponibiliza-informacoes-historicas-sobre-a-vegetacao-do-brasil>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SILVA, A. J. F. M.; EDUARDO, B. F. S.; FAZAN, A. J. Avaliação da qualidade geométrica das imagens RapidEye Ortoretificadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1213-1220.

SIMONETTI, D.; MERELLI, A.; EVA, H. **IMPACT**: portable GIS toolbox for image processing and land cover mapping. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. 47 p. (Report EUR 27358 EN).

SON, N. T.; CHEN, C. F. Remote sensing of mangrove forests in Central America. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2013. DOI: 10.1117/2.1201304.004771.

SOUSA, C. H. R.; SOUZA, C. G.; ZANELLA, L.; CARVALHO, L. M. T. Analysis of RapidEye's *Red Edgel* band for image segmentation and classification. In: GEOBIA, 4., 2012, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 2012. p. 518-523.

Embrapa

Florestas