

MAPA DE COBERTURA FLORESTAL DE MOÇAMBIQUE 2016

Draft completo versão 2

Maputo, 2020

Draft

FICHA TÉCNICA

Título: Mapa de Cobertura Florestal de Moçambique 2016

Como citar: FNDS. 2019. Relatório do Mapa de Cobertura Florestal de Moçambique 2016. Maputo

Elaboração: Unidade de Monitoria Relatório e Verificação (MRV)

Prefácio

O presente relatório contém os principais resultados do processo de elaboração do mapa de cobertura florestal 2016 (CF 2016), apresentando um "passo a passo" do procedimento metodológico desde a aquisição dos dados até a geração do mapa final. A elaboração do mapa esteve na responsabilidade da equipa de Monitoria Relatório e Verificação (MRV) do Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável (FNDS) com a colaboração de uma equipa de consultoria externa e do Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) para geração de mosaicos do produto Sentinel-2.

A classificação da vegetação no mapeamento de cobertura florestal em Moçambique tem sofrido modificações, desde a classificação adoptada por Gomes e Sousa (1957), passando pela classificação de Wild e Barbosa (1967) sobre o mapa de flora zambeziaca, de Malleux (1980) no mapa de avaliação dos recursos florestais, de Saket (1994) no inventário florestal nacional exploratório, de Marzoli (2007) no inventário florestal nacional até a classificação do mapa adoptada pela DINAF, em colaboração com a Agência de Cooperação Japonesa (JICA) (2013). Sendo assim, para o melhor entendimento das classificações no país, este documento para além de apresentar o processo metodológico e resultados do mapa de cobertura florestal 2016, também apresenta uma revisão bibliográfica de classificação de cobertura florestal ao longo do tempo.

Os resultados principais deste documento são apresentados na secção 4. Primeiro apresenta-se o mapa de cobertura florestal 2016 e os tipos de cobertura até o nível 1 de classificação e suas respectivas áreas totais em território nacional. Na secção 4.2 apresenta-se os resultados da avaliação de precisão do mapa, incluindo a precisão do utilizador e precisão do produtor, para o nível 1 e nível 3 da classificação. A secção 4.3 mostra a estimativa das áreas a nível nacional para cada classe do nível 1 e nível 3, bem como estimativas de áreas por província a nível 1.

O capítulo dos anexos deste relatório é constituído por uma informação relevante para o melhor entendimento da elaboração do mapa, mostrando os procedimentos e a *interface* das plataformas usadas na elaboração dos mosaicos (Sentinel-2), exemplos visuais das classes e edição manual dos segmentos.

Sumário executivo

Este relatório foi produzido no âmbito da elaboração do mapa de cobertura florestal 2016 (CF 2016) actualizado para satisfazer os requisitos do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e servir de fonte para os próximos estudos nacionais. Além disso, este mapa pode auxiliar no processo de levantamento de Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas, especialmente os dados de monitoramento florestal (extensão da área de actividades elegíveis de REDD+). Embora o mapa apresente outros tipos de uso de terra, as classes de cobertura florestal foram dadas a maior atenção visto que a finalidade da elaboração do mapa é para REDD+, razão pela qual intitulado mapa de cobertura florestal e não mapa de uso e cobertura de terra.

Objectivos

- 1) O objectivo principal deste estudo foi de produzir um mapa actualizado de cobertura florestal de todo país.
- 2) Estimar as áreas de uso e cobertura de terra produzidas no mapa. Essas estimativas incluem as áreas de todos níveis de classificação (nível 1, 2 e 3).

Resultados gerados:

- 1) Foi produzido um mapa actualizado de cobertura florestal baseado na interpretação de imagens de satélite Sentinel- 2 das épocas húmida e seca (disponível na plataforma geoespacial do FNDS: www.fnds.gov.mz/mrv). As classes geradas no mapa foram: florestas (plantações florestais, floresta de mangal, floresta de mecrusse, floresta de mopane, floresta de montanha, floresta sempre verde e floresta decídua), cultivo (cultivos arbóreos e campos agrícolas), pradaria (pradarias e pradaria arbóreas), áreas alagadas, corpos de água, Áreas habitacionais e outras terras.
- 2) A precisão geral do mapa a nível 1 foi de $65,2\% \pm 1,7\%$ (intervalo de confiança de 95%). A classe de floresta foi a que teve a maior precisão de classificação, com 81,8% e 81,6% de precisão do utilizador e de produtor, respectivamente.
- 3) Para as classes de nível 1, os resultados mostram que cerca de 41% (32 605 613 ha) do território nacional encontra-se coberto por florestas, 19% de cultivo (15 153 019 ha), 28% de pradaria (21 745 815 ha), 10% de áreas alagadas (7 702 619 ha), 0,6% de Áreas habitacionais (487 545 ha) e 1,2% de outras terras (963 552 ha), totalizando uma área ajustada de 78 658 163 ha em todo território nacional.

4) Na classificação ao nível 3, as áreas ajustadas são: para cultivo arbóreo 1 424 062 ha (1.8%), campos agrícolas 14 296 459 ha (18%), plantação florestal 50 733 ha (0.06%), pradaria 1 334 697 ha (1.66%), pradaria arborea 22 342 597 ha (28.40%), áreas herbáceas permanentemente ou temporariamente inundada 6 011 658 ha (7.64%), corpo de água 1 415 940 (1.8%), Áreas habitacionais 525 767 ha (0.66%), solo exposto 367 608 ha (0.46), rocha sem vegetação 291 948 ha (0.37%), mangal 286 360 ha (0.36%), mecrusse 485 645 ha (0.61%), floresta sempre verde de montanha 182 131 ha (0.23%), floresta semi-sempre verde fechada 2 851 008 ha (3.62%), floresta semi-sempre verde aberta 881 460 ha (1.12%), floresta semi-decídua fechada 8 599 269 ha (10.93%), floresta semi-decídua aberta 12 690 745 ha (16%) e mopane 4 620 078 ha (6%).

Draft

ÍNDICE

Conteúdos	Paginação
1. INTRODUÇÃO	1
2. HISTORIAL DA CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA FLORESTAL EM MOÇAMBIQUE	3
2.2 Classificação de Wild e Barbosa (1983): Mapa de vegetação da flora zambeziaca	4
2.3 Classificação da vegetação adaptada por Malleux e Saket	4
2.1. Classificação da vegetação adoptada por Marzoli	7
2.2. Classificação da vegetação adaptada pela DINAF 2013	9
2.3. Resumo das classificações	10
3. METODOLOGIA	13
3.1. Sistema de classificação do mapa	13
3.2. Descrição das classes do mapa	15
3.3. Aquisição de dados	19
3.4. Processamento de imagens	21
3.5. Avaliação de precisão e estimativa de áreas	25
4. RESULTADOS	31
4.1. Mapa de cobertura florestal	31
4.2. Estimativas de precisão do mapa	33
4.3. Estimativa geral da área	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
6. REFERÊNCIAS	43
7. ANEXOS	i

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Legenda do mapa de Marzoli	8
Tabela 2: Resumo da classificação de cobertura florestal em Moçambique	11
Tabela 3: Correspondência entre os níveis nacionais classificação de uso e cobertura de terra e a classificação do mapa.....	14
Tabela 4: Descrição das bandas espectrais do Sentinel-2. Comprimento de onda (μm) e resolução espacial (m).	19
Tabela 5: Número de unidades amostrais de referência por classes do mapa.	26
Tabela 6: Número de unidades amostrais por classe a nível 1, por província.....	27
Tabela 7: Matriz de erro de um mapa com 3 classes. Os valores das células (p_{ij}) representam a proporção da área. Os valores em negrito (p_{11} , p_{22} , p_{33}) nas diagonais indicam a proporção de elementos correctamente classificados para cada classe.	28
Tabela 8: Estimativas de precisão do utilizador e produtor com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1.	32
Tabela 9: Matriz de erro das classes a nível 1.	32
Tabela 10: Estimativas de precisão do utilizador e produtor com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 3.....	34
Tabela 11: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1.	35
Tabela 12: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 3.	36
Tabela 13: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Cabo Delgado.	36
Tabela 14: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Niassa.	37
Tabela 15: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Nampula.....	37
Tabela 16: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Zambézia.	38
Tabela 17: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Tete.....	38
Tabela 18: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Sofala.....	39

Tabela 19: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Manica	39
Tabela 20: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Inhambane.	40
Tabela 21: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Gaza.	40
Tabela 22: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Maputo.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de classificação usado no mapa de uso e cobertura de terra - 2013	22
Figura 2: Classes que compõem a legenda do mapa 2016	13
Figura 3: Fluxograma do processo de classificação automática do mapa baseado em objectos.....	21
Figura 4: Ilustração dos 3 algoritmos de segmentação: oft-seg (a), oft-kmeans (b) e otb LSMS (c)...	22
Figura 5: Árvore decisão	31
Figura 6: Áreas estimadas para as classes do nível 1	30
Figura 7: Mapa de Cobertura Florestal 2016.....	31

LISTA DE ACRÓNIMOS

AD: Dados de actividade (Activity data)
CF: Cobertura Florestal
DINAF: Direcção Nacional de Florestas
ESA: Agência Espacial Europeia
FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FNDS: Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável
FREL: Nível de Referência de Emissões Florestais (<i>Forest Reference Emissions Level</i>)
FSD: Floresta semi-decídua
FSSV: Floresta semi-sempre verde
ha: Hectares
IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (<i>Intergovernmental Panel in Climate Change</i>)
JICA: Agência de Cooperação Internacional do Japão (<i>Japan International Cooperation Agency</i>)
LCSS: Sistema de Classificação de Uso e Cobertura de Terra (<i>Land Cover Classification System</i>)
MITADER: Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
NBR: Rácio Normalizado de Queimadas (<i>Normalized Burn Ratio</i>)
NDWI: Índice de Água por Diferença Normalizada (<i>Normalized Difference Water Index</i>)
REDD+: Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal
SEPAL: Sistema de Observação da Terra, Acesso de Dados, Processamento e Análise para o Monitoramento da Terra
UTC: Uso e Cobertura da Terra
UMM: Unidade Mínima de Mapeamento

1. INTRODUÇÃO

Moçambique é um dos países da África Austral que ainda apresenta uma área considerável de cobertura florestal, com cerca de 34 milhões de hectares (ha), porém apresenta elevadas taxas de desmatamento e degradação florestal (MITADER 2018a; Siteo, Guedes, and Nhantumbo 2013). A taxa anual de desmatamento foi estimada em 0,78%, correspondente a 267 000 ha perdidos por ano para o período de 2003–2013 (MITADER, 2018a), tendo aumentado em relação às estimativas feitas por Saket (1994) e Marzoli (2007), correspondendo 152 173 ha/ano e 219 000 ha/ano, respectivamente.

Perante a situação de aumento do desmatamento em Moçambique, o país viu a necessidade de desenvolver estratégias de REDD+ com o objectivo de conservar as florestas e aumentar as reservas de carbono nos ecossistemas nacionais (Nhantumbo, 2012). Em resultado desta necessidade, o país elaborou a estratégia nacional do REDD+ em 2016 (MITADER, 2016), que definiu as acções estratégicas para lidar com as causas multissetoriais da conversão de florestas em outros usos.

A estratégia nacional do REDD+ prevê o desenvolvimento de um mapa nacional actualizado sobre o uso e cobertura da terra, com particular ênfase para os tipos florestais. Este mapa deve satisfazer os requisitos do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), estar alinhado com a definição nacional de florestas, servir de base para monitoria de mudanças de cobertura florestal e como fonte de estratificação para futuros inventários florestais. Além disso o mapa irá servir como um documento cartográfico que integrará a distribuição, extensão e potencialidades dos recursos florestais no país.

A classificação dos diferentes tipos de uso e cobertura de terra, tem mostrado mudanças ao longo do tempo, desde a classificação da vegetação apresentada por Gomes e Sousa (1957) até à classificação utilizada pelo mapa de cobertura florestal de 2013, produzido pela Direcção Nacional de Florestas. Porém, o sistema de classificação nacional de uso e cobertura de terra concentra-se na distinção entre os diferentes tipos de floresta existentes no país. O mesmo estende-se a três (3) níveis, nomeadamente o nível 1 que considera classes do IPCC, o nível 2 que considera a distinção entre as florestas sempre-verdes e decíduas e o nível 3, no qual se distingue as copas abertas das fechadas e os diferentes tipos florestais.

Dada a complexidade para a classificação e diferenciação espectral dos diferentes tipos de uso e cobertura de terra, o presente mapa de cobertura florestal limitou-se a classificar os diferentes tipos de uso até o nível 3 apenas as classes florestais, tendo sido classificadas todas as formações não florestais até ao nível 2. Por outra, como forma a adequar a classificação ao nível 3 adoptada no mapa de

cobertura florestal do ano 2013 à classificação do presente mapa, foi usada a classificação ao nível 3 das classes florestais com recurso a uma árvore de decisão.

O presente documento (relatório do mapa), tem como objectivo principal apresentar o resultado final do mapa de cobertura florestal 2016, produzida pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável (FNDS) através da Unidade de Monitoria Relatório e Verificação (MRV). Para além do mapa, o documento apresenta todo procedimento metodológico, desde a aquisição dos dados espaciais (imagens sentinel), preparação dos mosaicos no SEPAL¹, recolha de dados de campo, produção do mapa e geração das estatísticas.

Draft

¹ Plataforma da FAO que permite um acesso fácil ao ambiente de computação na nuvem do Google Earth Engine.

2. HISTORIAL DA CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA FLORESTAL EM MOÇAMBIQUE

Em Moçambique, a classificação dos diferentes tipos de uso e cobertura de terra, tem-se mostrado inconstante ao longo do tempo, desde a classificação da vegetação apresentada por Gomes e Sousa (1957) até a classificação da utilizada no mapa da DINAF de 2013. Por esta razão, para o melhor entendimento da classificação usada para a produção do presente mapa de CF 2016, é importante que se faça uma revisão minuciosa das classificações anteriores, mostrando a radiografia da sua evolução no tempo, e estabelecer uma base que sirva de referência na definição de classes de usos e cobertura de terra a nível nacional (nível 2) e provincial (nível 3). Em Moçambique, principais documentos de classificação da vegetação a considerar são:

- 1) Classificação de vegetação Gomes e Sousa (1957): Dendrologia de Moçambique
- 2) Classificação de Wild and Barbosa (1967): Mapa de vegetação da flora zambeziaca
- 3) Classificação adoptada por Malleux (1980) na Avaliação dos Recursos Florestais da República popular de Moçambique,
- 4) Classificação adoptada por Saket (1994) no Relatório sobre a actualização do Inventário Floresta Nacional exploratório,
- 5) Classificação adoptada por Marzoli (2007) no Inventário florestal nacional de 2007,
- 6) Classificação utilizada pela DINAF no mapa de cobertura florestal de 2013.

2.1 Classificação da cobertura da vegetação por Gomes e Sousa: Dendrologia de Moçambique

Segundo Gomes e Sousa (1957) as formações florestais em Moçambique podem ser classificadas quanto as características fisionómicas e quanto à composição. Quanto às características fisionómicas, as formações florestais podem ser formações lenhosas, herbáceas e desérticas.

a) Formações lenhosas

São aquelas em que as árvores e/ou arbustos são componentes dominantes, podendo ou não apresentar o estrato herbáceo. As formações lenhosas subdividem-se em: florestas (comunidade constituídas por três a cinco estratos de vegetação), matas (comunidade constituídas por dois ou três estratos de vegetação), brenhas (comunidade constituídas por dois estratos de vegetação, sendo o estrato arbustivo o dominante e denso), matagais (comunidade constituídas por dois estratos de vegetação, sendo o estrato arbustivo o menos denso), e matos (comunidade constituídas de um estrato misto de subarbustos).

b) Formações herbáceas

São aquelas dominadas pelas espécies herbáceas, com predominância de espécies gramíneas, podendo apresentar árvores e/ou arbustos dispersos. As formações herbáceas podem ser pradarias (comunidades constituídas por dois estratos herbáceos, sendo o superior dominado por gramíneas) e prados (comunidade constituída por um só estrato herbáceo, com predomínio de gramíneas).

c) Formações desérticas

São aquelas constituídas por plantas herbáceas, geralmente anuais, podendo ser suculentas e hipogéas, bem como arbustos e subarbustos de natureza xeróide. As formações desérticas subdividem-se em semidesertos (comunidade caracterizadas por escassas plantas lenhosas, dispersamente distribuídas por plantas herbáceas), subdesertos (comunidade caracterizada pela completa ausência de espécies lenhosas) e desertos (comunidade caracterizada pela completa ausência de formas vegetais).

Quanto a composição, para Gomes e Sousa as formações florestais são classificadas em: 1) floresta aberta, 2) floresta higrófila, 3) formações florestais de montanha, 4) formação florestal dos montes Libombos, 5) mangais, 6) galerias florestais, 7) bosques de cimbirre, 8) formações lenhosas das dunas e ilhas, 9) zonas aluvionares e a 10) flora das termiteiras.

2.2 Classificação de Wild e Barbosa (1983): Mapa de vegetação da flora zambeziaca

O Mapa da flora zambeziaca produzido por Wild and Barbosa (1967), é um mapa de vegetação concebido a nível da África Austral numa escala de 1:2 500 000 com o objectivo central de apresentar o padrão de distribuição das espécies, bem como os factores ecológicos que determinam esta distribuição. O mapa classifica a vegetação baseando-se na fisionomia, com os seguintes tipos: Floresta, matagal, mata, savana arbórea, savana arbustiva e pradaria. Estes tipos estão associados ao clima, condições edáficas e altitude, dando origem, para o caso de Moçambique, há 52 classes de vegetação caracterizadas pela frequente ocorrência de um determinado tipo de espécies (estas classes podem ser encontradas no mapa da flora zambeziaca).

2.3 Classificação da vegetação adaptada por Malleux e Saket

A classificação da cobertura florestal de Moçambique feita por (Malleux 1980) teve como base as visitas de reconhecimento de campo executadas nas províncias de Cabo Delgado, Nampula, Zambézia, Sofala, Inhambane, Gaza e Maputo que tinham como objectivo verificação e ajuste das classes de vegetação identificadas através das imagens de satélites, fotografias aéreas e revisão bibliográfica. O

trabalho feito pelo autor resultou na definição/identificação de sete classes de florestas e agricultura, sendo elas:

2.3.1 Floresta alta

Formação florestal que englobam a floresta húmida ou seca, cujo estrato superior tem em média 20 m de altura. Estão inseridas neste tipo florestal as florestas de pequena extensão de Cabo Delgado cujo estrato é composto pela espécie *Bombax rhodognaphalon*, as florestas de mecrusse (*Androstachys johnsonii*) em Gaza e Inhambane, as florestas semi-secas ou húmidas da Zambézia com *Khaya nyasica*, e as formações húmidas e sub-húmidas de Sofala com *Uapaca sp.*, *Hirtella zanzibarica* e *Brachystegia spiciformis*.

A floresta alta é composta por três estratos, sendo, o estrato dominante composto por árvores com alturas superiores a 18 m, o estrato co-dominante composto por árvores com alturas entre 12-15m, e o estrato baixo (sob piso) com árvores com alturas entre 4-7 m. Estas florestas são consideradas formações climáticas densas, secas ou húmidas. Raramente o estrato de gramíneas está presente, a não ser no caso das florestas muito exploradas ou abertas. A floresta alta divide-se em floresta alta densa, floresta alta de densidade média e floresta alta aberta.

2.3.2 Floresta baixa

A floresta é uma formação caracterizada por apresentar um estrato superior com altura média de 13 m (entre 12-15 m), e presença de um estrato herbáceo e somente dois estratos arbóreos diferenciados, o mais alto com 12-15 m, e o mais baixo com 5-10 m. A semelhança da floresta alta, a floresta baixa também apresenta três subtipos (floresta baixa densa, floresta baixa medianamente densa e floresta baixa aberta). Esta formação é comum em todo território nacional, e representa cerca de 95% da cobertura florestal.

2.3.3 Matagal

O matagal corresponde ao todo mosaico de formações vegetais baixas, predominantes arbustivas ou semi-arbóreas, e cuja origem pode natural (sob certas condições climáticas e edáficas) ou antropogénico (degradação como resultado das queimadas, sobre exploração ou sobre pastoreio das florestas altas e baixas). O matagal natural pode ser encontrado na faixa ocidental das províncias de Maputo, Gaza e Inhambane. O matagal é dividido em 3 classes, sendo matagal alto, médio e baixo.

2.3.4 Pradarias

É uma formação vegetal que agrega um complexo vegetacional cuja principal característica é a dominância do estrato de gramíneas com presença herbáceas no seu inferior. Para além dos estratos

citados, nesta formação pode ocorrer o estrato arbóreo de forma dispersa e muito aberto, ou em forma de mosaico. As pradarias podem ser, pradarias arborizadas e não arborizadas. A pradaria arborizada é caracterizada pela presença de pradarias de gramíneas com árvores dispersas, e uma cobertura de árvores e/ou arbusto a rondar os 20%. Em muitas áreas, a pradaria arborizada está associada a vegetação da espécie *Anacardium occidentale* mais ou menos espontânea, áreas de agricultura familiar de pequena escala, e área de pastoreio. Por outro lado, a pradaria não arborizada é uma formação vegetal dominado pelo estrato herbáceo-gramíneo., podendo ser encontradas árvores e/ou arbustos espalhados pela pradaria.

2.3.5 Mangal

Os mangais são associações homogéneas das espécies *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*, etc. nas zonas costeiras com estuários, e concentram-se sobretudo nas províncias de Sofala, Nampula e Zambézia. Devido ao facto dos mangais não se encontrarem em área de sujeitas a protecção tem contribuído para a sua sobre exploração para a produção de lenha, facto que levou a perda de cerca de 50% da sua área até 1980.

2.3.6 Vegetação de dunas ou barras

A vegetação de dunas é uma formação sempre-verde ou decídua que ocupa os lugares húmidos das zonas de dunas e barras. É uma formação na sua maioria arbustiva, constituída sobretudo pelas espécies, *Vepris lanceolata*, *Grewia glandulosa*, *Euclea natalensis*, *Diospyros rotundifolia*, *Cercostema viminalis*, *Cissus quadrangularis*, *Suriana maritima*, *Euphorbia sp.*, *Sophora tomentosa*, *Scarvela plumieri*. A semelhança da formação do mangal, a vegetação de dunas tem sido sobre explorada, facto que tem vindo a contribuir para a redução da sua extensão, e como consequência notam-se avanços descontrolados das areias, com consequente perigos para as áreas agrícolas ou mesmo urbanas.

2.3.7 Agricultura

A classe de agricultura corresponde a todas áreas ocupadas predominantemente pela actividade agrícola ou pecuária, delimitando-se, onde tal foi possível, as áreas de agricultura intensiva e extensiva. Para além das áreas citadas, algumas parcelas desta classe são encontradas no matagal baixo e pradarias arborizadas, chegando a representar cerca de 30-40% da área total destes tipos florestais. Devidas as diversas limitações encontradas durante a produção do mapa florestal, Malleux (1980) recomendou como uma das actividades prioritárias, “o ajuste e finalização do mapa florestal do país relativamente às áreas para as quais não foi possível obter imagens satélite ou estas eram de má qualidade”, cujo objectivo era de se obter uma avaliação completa e pormenorizada dos recursos florestais do país para os anos seguintes.

Como resultado disso, Saket (1994) conduziu uma actualização do trabalho feito por Malleux “*Avaliação dos Recursos Florestais da República Popular de Moçambique*”. No mapa florestal produzido por Saket (1994) foram mantidas as sete classes definidas por Malleux (1980).

Apesar de Saket ter mantido as 7 classes e suas subclasses, este autor actualizou alguns parâmetros característicos de algumas subclasses (floresta alta medianamente densa, floresta alta de baixa densidade) e classe (agricultura). Além dos aspectos característicos citados por Malleux, a floresta alta medianamente densa apresenta uma cobertura e copa no estrato superior entre 50-75%; a floresta alta de baixa densidade apresenta uma cobertura da de copa entre 25-50%; e as áreas de agricultura são também áreas de vegetação herbácea e em pousio que outrora a actividade agrícola teve lugar.

2.1. Classificação da vegetação adoptada por Marzoli

O trabalho de Marzoli foi feito no âmbito do projecto de avaliação integrada dos recursos florestais em Moçambique (AIFM). O objectivo deste projecto foi avaliar e monitorar a extensão, estado e mudanças das florestas e terras arborizadas de forma precisa.

Para a produção do mapa de cobertura florestal de Moçambique, Marzoli (2007) teve como base o mapa de vegetação da flora Zambesiaca, que é um mapa regional dos tipos de vegetação que cobrem os seguintes países: Botswana, Zâmbia, Zimbabwe, Malawi e Moçambique.

Para efeitos de classificação, Marzoli agregou ou reclassificou as 54 classes de vegetação provenientes do mapa da Flora Zambesiaca em 9 classes de eco-regiões, nomeadamente: florestas húmidas de montanha e miombo húmido; florestas húmidas de sub-litorais; matas semi-decíduas húmidas de miombo; matas decíduas secas de miombo; floresta de mopane; floresta seca decídua indiferenciada; zonas sub-áridas e pradarias secas; zona eco-florística, mosaicos de vegetação costeira e mangais e áreas húmidas. As 54 classes foram agregadas tendo como critérios os seguintes elementos: altitude, precipitação, composição específica, estágio da sucessão florística, espécies dominantes, e proximidade geográfica.

Para efeitos de elaboração do mapa, o documento técnico da AIFM explica que foram usadas imagens LANDSAT 5 TM e LANDSAT 7 ETM+. Para garantir a coerência espacial e temática das interpretações, realizadas por uma equipe de intérpretes, foi necessário criar um produto homogêneo de alta qualidade. O mapeamento mínimo aplicado as unidades são 1 km² para as interpretações da escala nominal 1: 250.000 (nível de província) e 16 km² para o 1: 1.000.000 de interpretação em escala nominal (nível nacional).

Quanto a legenda do mapa de Marzoli (2007), a mesma foi criada usando o Sistema de Classificação de Cobertura da Terra da FAO/UNEP (LCCS) - versão 2. Esse sistema permite uma definição sistemática e padronizada de classes usando um conjunto de parâmetros adaptado ao recurso específico de cobertura do solo. Conforme descrito em detalhes por este autor, a abordagem desenvolvida para a classificação (LCCS) visa um arranjo hierárquico lógico e funcional dos classificadores, acomodando assim diferentes níveis de informação, começando com classes de nível amplo (IPCC) que permite subdivisão sistemática adicional em subclasses mais detalhadas (Nacional e Provincial). Em cada nível, as classes definidas são mutuamente exclusivas. Os critérios usados em um nível da classificação não devem ser repetidos em outros níveis. A tabela 1 abaixo mostra as classes do mapa de (Marzoli, 2007) a nível nacional e provincial desenvolvidas a partir do LCCS.

Tabela 1: Legenda do mapa de Marzoli, nível nacional e provincial

Nível Provincial (Nível 3)		Nível Nacional (Nível 2)	
Classes do mapa- Legenda	Códigos	Classes do mapa- Legenda	Códigos
Culturas arboreas	1TCF	Culturas de árvores	1TC
Plantacoes florestais	1TCW		
plantação de chá	1SCT	Arbustos	1SC
culturas de sequeiro	1FCR	Campo agrícola (culturas herbáceas e arbustivas)	1FC
culturas irrigadas	1FCI		
cultivo itinerante com áreas florestais abertas a fechadas	1CXF	Agricultura itinerante	1CXF
Vegetação lenhosa densa costeira	2DEC	Florestas semi-sempre verde	2FE
Floresta fechada semi-sempre-verde	2FE		
Mecrusse denso	2FEA		
Floresta de galeria	2FEG		
Floresta de montanha semi-sempre verde fechada	2FEM		
Floresta semi-decídua fechada	2FD	Florestas semi-decíduo fachada	2FD
Miombo denso	2FDB		
Mopane denso	2FDC		
Vegetação lenhosa aberta costeira	2DEO	Bosques semi-sempre verde e vegetação lenhosa aberta	2WE
Floresta aberta semi-sempre-verde	2WE		
Mecrusse aberto	2WEA		
Floresta de montanha semi-sempre verde aberta	2WEM	Floresta semi-decíduo aberta	2WD
Floresta semi-decídua aberta	2WD		
Miombo aberto	2WDB		
Mopane aberto	2WDC	Matagal	2TK
Matagal semi-sempre verde	2TE		
Matagal semi- decídua	2TD	Areas arbustivas	2SL
Areas arbustivas semi-sempre verde	2SE		
Areas arbustivas semi-decídua	2SD	Pradaria	2GL
Pradaria arbustiva fechada	2GCT		
Pradaria arbustiva aberta	2GCS		

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Pradaria graminal	2GOS		
Cultura de arroz	3GCO	Áreas aquáticas cultivadas ou regularmente inundadas	3AC
Mangal denso	4FEP	Florestas aquáticas ou regularmente inundadas	4FF
Mangal aberto	4WEP	Bosque temporariamente inundadas	4WF
Bosques em terras temporariamente inundadas	4WET		
Arbustos abertos em terras temporariamente inundadas	4SET	Áreas arbustivas temporariamente inundadas	4SF
Vegetação herbácea inundada permanentemente	4HVP	Vegetação herbácea aquática temporariamente ou regularmente inundada	4HF
Vegetação herbácea inundada temporariamente	4HVT		
Tandos (ervas)	4HVS		
Áreas urbanas	5BU	Áreas urbanas	5BU
Rochas	6BR	Áreas sem vegetação	6BA
Solos nus	6BS		
Dunas	6SS		
Corpos de água artificiais	7WB	Corpos de água artificiais	7WB
Corpos de água naturais	8WB	Corpos de água naturais	8WB

2.2. Classificação da vegetação adaptada pela DINAF 2013

O mapa de CF 2013 preparada pela JICA em coordenação com a DINAF e MITADER, foi elaborado usando imagens Landsat 8. A primeira fase do projecto consistiu em mapear a CF das oito províncias nomeadamente: Maputo, Inhambane, Sofala, Manica, Zambezia, Tete, Nampula e Niassa. Os resultados dos primeiros mapas foram apresentados no relatório técnico da PASCO CORPORATION, preparada para o governo Moçambicano no âmbito consultoria sobre o mapa de CF (*Forest and Land Cover Map*). Os mapas das restantes províncias (Gaza e Cabo Delgado) estão apresentados no relatório do projecto de estabelecimento de uma plataforma sustentável de informação de recursos florestais para a monitoria de REDD+ em Moçambique (FRIP).

Para a definição das categorias do mapa, foram consideradas duas classes principais: floresta e não floresta. Depois da separação das duas principais classes, usou-se o sistema de classificação (LCCS da FAO) aplicado pelo Marzoli (2007). Porém pela complexidade e dificuldade em separar algumas classes de cobertura florestal, o mapa de CF 2013 agregou algumas classes de florestas, uma vez que a resposta espectral das imagens de satélite é semelhante (Figura 1).

As duas grandes classes (floresta e não floresta) estão composta da seguinte maneira: floresta é composta pela floresta densa sempre verde, floresta aberta sempre verde, floresta de Mecrusse, floresta de mangal, floresta densa decídua (incluindo o miombo), floresta aberta decídua (incluindo o miombo), floresta de Mopane, floresta de montanha, e plantações florestais. Portanto a floresta de miombo foi incorporada dentro da floresta decídua. A segunda classe, não floresta é constituída pelo

Matagal, Pradaria arborizada (incluindo pradaria arbustiva), pradaria inundada, cultivos arbóreos, áreas agrícolas, solo exposto, Áreas habitacionais e corpos de água (Figura 1).

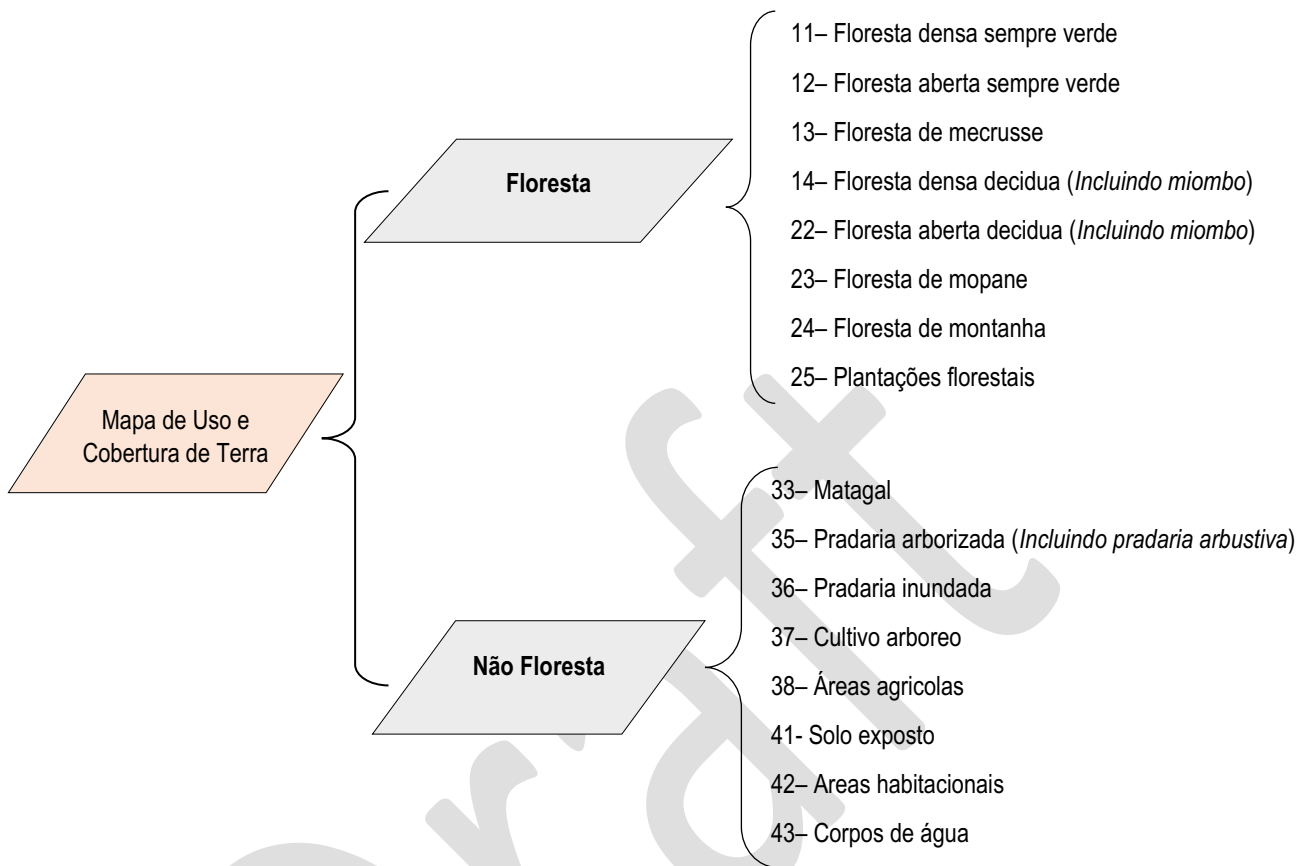


Figura 1: Esquema de classificação usado no mapa de cobertura florestal da DINAF- 2013

2.3. Resumo das classificações

A tabela 2 mostra um resumo da categorização da vegetação ou legendas dos mapas produzidos em diferentes anos em Moçambique. Os estudos de Gomes e Sousa (1957) e Wild e Barbosa (1967) foram levados a cabo para classificar apenas a vegetação, portanto as outras classes como áreas agrícolas, áreas habitacionais e solos sem vegetação não foram incluídas. O estudo de Malleux (1980) e Saket (1994) incorporaram as áreas agrícolas até ao primeiro nível. Quanto a categorização das classes nos estudos de Gomes e Sousa (1957), Wild e Barbosa (1967), Malleux (1980) e Saket (1994) percebe-se que as classes de vegetação são as mesmas, porém com uma legenda ou nomenclatura diferente, a título de exemplo é a classe de floresta de montanha, em que foi colocada como floresta de montanha, floresta sempre verde e floresta alta nos estudos de Gomes e Sousa (1957), Wild e Barbosa (1967), Malleux (1980) e Saket (1994), respectivamente.

O outro aspecto constatado foi a determinação das classes em níveis diferentes, ou seja, alguns estudos apenas determinaram a vegetação apenas até ao primeiro nível enquanto os outros determinaram até ao nível mais específico, por exemplo a classes formações costeiras e florestas de galeria de Gomes e Sousa (1957) foram agregadas dentro das florestas sempre verde de Wild e Barbosa (1967).

Para os estudos de mapeamento recentes, como é o caso de Marzoli (2007) e o mapa da DINAF 2013, aplicaram o sistema de classificação desenvolvida pela FAO (LCCS). Para além das classes incorporadas anteriormente em estudos de Gomes e Sousa (1957), Wild e Barbosa (1967), Malleux (1980) e Saket (1994), os estudos de mapeamento de UCT de Marzoli (2007) e DINAF 2013 acrescentaram plantações florestais, vegetação inundada, corpos de água, áreas habitacionais, solo exposto e rocha sem vegetação.

Tabela 2: Resumo da classificação da vegetação e outro tipo de uso e cobertura de terra ao longo do tempo. **(a):** Gomes e Sousa (1957), Wild e Barbosa (1967) e Malleux (1980). **(b):** Saket (1994), Marzoli (2007) e DINAF (2013). (NA: Não aplicável).

(a)

Gomes e Sousa (1957)	Wild e Barbosa (1967)	Malleux (1980)
Formações Psamorfiticas costeiras	Floresta sempre verde	Vegetação de dunas ou barras
Floresta de galeria		Floresta alta
Formações Psamorfiticas costeiras	Floresta sempre verde	Vegetação de dunas ou barras
Floresta de galeria		Floresta alta
Mangal	Mangal	Mangal
Florestas de montanha	Floresta sempre verde	Floresta alta
Matas de cimbirre	Floresta seca (densa gregaria)	Floresta alta
Floresta aberta/Floresta higrófila	Miombo semi-decíduo	Floresta média/baixa
Floresta aberta	Miombo semi-decíduo	Floresta média/baixa
Savana de mopane	Savana semi-decíduo de terras baixas	Floresta média/baixa
NA	NA	Agricultura
Vegetação graminal	Pradaria não arborizada	Pradaria não arborizada
Matagal	Matagal	Matagal alto/denso
		Matagal baixo/médio
Vegetação arbustiva	NA	Pradaria arborizada
Formações lenhosas aluvionais	NA	NA

(b)

Saket (1994)	Marzoli (2007)	DINAF (2013)
NA	Cultivos Arbóreos/plantações florestais	Plantação florestal
Vegetação das dunas	Florestas sempre-verdes	Floresta densa sempre verde
Floresta alta		
Mangal	Mangal	Floresta de Mangal

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Floresta alta	Florestas sempre-verdes	Floresta de Montanha
Floresta alta		Floresta de Mecrusse
Floresta baixa	Floresta semi-decídua	Floresta densa decídua (incluindo Miombo)
		Floresta aberta decídua (incluindo Miombo)
Floresta baixa	Floresta semi-decídua	Floresta de Mopane
Agricultura	Cultivos Arbóreos/plantações florestais	Cultivos arbóreos
	Campos cultivados	Campos agrícolas
Pradaria não arborizada	Pradarias	Pradaria arbórea (incluindo Arbustos)
Matagal alto/denso	Matagal	Matagal
Matagal baixo/medio		
Pradaria arborizada	Áreas arbustivas	Pradaria arbórea (incluindo Arbustos)
	Arbustos em áreas regularmente inundadas	
NA	Vegetação herbácea regularmente inundada	Vegetação herbácea em área inundada
NA	Corpos de água artificiais	Corpos de água
	Corpos de água naturais	
NA	Áreas habitacionais	Área habitacional
NA	Áreas descobertas	Solos sem vegetação

3. METODOLOGIA

3.1. Sistema de classificação do mapa

Para a geração das classes que compõem a legenda do mapa 2016 foi utilizada a classificação adoptada na análise histórica de mudanças de uso e cobertura de terra, que foi a base para a produção do FREL² (disponível em: www.fnds.gov.mz/mrv). Por sua vez, foi aplicada o sistema de classificação LCCS da FAO (descrita anteriormente), o mesmo aplicado pelo Marzoli (2007) e DINAF.

Sendo assim, a legenda do mapa ficou da seguinte maneira: classe de floresta é constituída por floresta densa sempre verde, floresta aberta sempre verde, floresta de mecrusse, floresta semi-decdua densa, floresta semi-decdua aberta, floresta de mopane, floresta de montanha e plantações florestais. Para a classe de não floresta é composta por pradaria arbórea, pradaria, cultivo arbóreo, campos agrícolas, solos nus, áreas habitacionais.

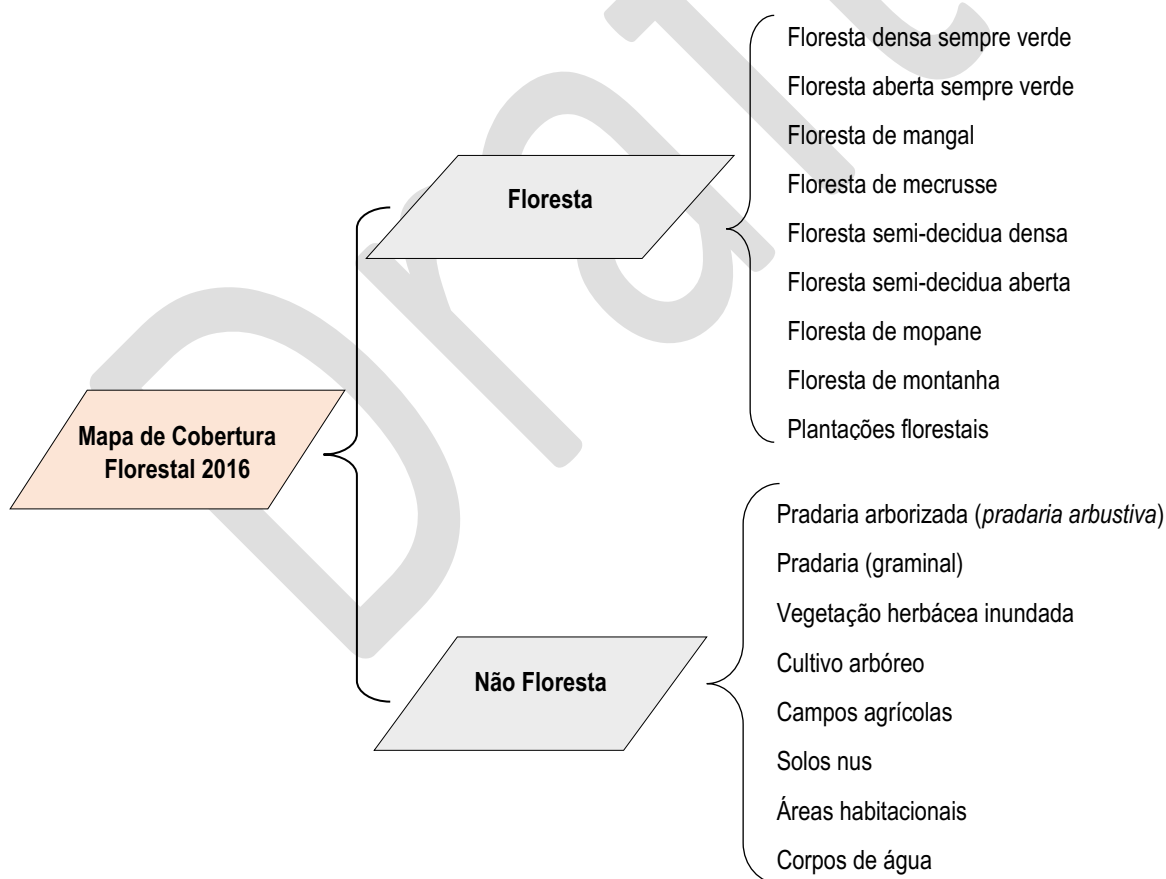


Figura 2: Legenda do mapa 2016

² Nível de Referência de Emissões Florestais (*Forest Reference Emissions Level*)

A tabela 3 abaixo mostra a correspondência entre as classes que compõem a legenda do mapa e os diferentes níveis de classificação. Sendo que o nível 1 corresponde o nível mais geral do IPCC com as seguintes classes de cobertura: floresta, cultivo, pradaria, área alagada, área urbana e outras terras. Os níveis 2 e 3 correspondem a classe nacional e provincial, respectivamente.

Tabela 3: Correspondência entre os níveis nacional e provincial de classificação de uso e cobertura de terra e a classificação do mapa.

Nível 1	Nível 2 - Nacional	Nível 3 - Provincial	Legenda do mapa CF 2016	
Floresta	Plantação Florestal		Plantação Florestal	
	Floresta com áreas de agricultura itinerante		Floresta aberta semi-decídua /Floresta aberta sempre-verde	
	Floresta (semi-) sempreverde fechada	Floresta costeira densa		Floresta densa sempre-verde
		Floresta galeria		
		Mecrusse denso		
		Mangal denso		
		Floresta (semi-) sempreverde de montanha fechada		
	Floresta (semi-) decídua fechada	Miombo denso		Floresta fechada semi-decídua
		Mopane denso		
	Floresta (semi-) sempreverde aberta	Floresta costeira aberta		Floresta aberta sempre-verde
		Mangal aberto		Floresta de mangal
		Mecrusse aberto		Floresta de Mecrusse
		Floresta (semi-) sempreverde de montanha aberta		Floresta de montanha
	Floresta (semi-) decídua aberta	Mopane aberto		Floresta aberta semi-decídua
Miombo aberto				
Cultivo	Cultivo arbóreo		Cultivos arbóreos	
	Cultivo não arbóreo	Plantação de Arbustos (Chá)		Campos agrícolas
		Cultivo de sequeiro		
		Cultivo irrigado		
Cultivo de arroz				
Pradaria	Pradaria		Pradaria	
	Matagal	Matagal semi-semperverde		Pradaria arbórea
		Matagal semi-decídua		
	Vegetação arbustiva	Vegetação arbustiva semi-semperverde		
Vegetação arbustiva semi-decídua				
Área alagada	Vegetação arbustiva temporária ou permanentemente inundada		Vegetação herbácea inundada	
	Vegetação herbácea temporária ou permanentemente inundada			
	Corpos de água artificiais		Corpos de água	

	Corpos de água Naturais	
Área urbana	Área urbana	Áreas habitacionais
Outras Terras	Solo nu	Solos nus
	Rochas sem vegetação	Rochas sem vegetação
	Dunas	Solos nus

3.2. Descrição das classes do mapa

3.2.1. Floresta semi-sempre verde

Floresta semi-sempre verde (FSSV) são florestas que apresentam folha persistente (perene ou perenifólia) (Siteo, 2003), ou seja a característica principal desta formação florestal é de manter as suas folhas durante todo o ano (Ribeiro et al., 2002). Estas formações compreendem as formações de florestas de galeria (1), floresta de mangal (2), florestas de montanha (3) e florestas de mecrusse (4). Em alguns casos estas florestas encontram-se associadas com a floresta de miombo húmido (MITADER 2018b), ocorrendo em altitudes acima de 1000 m (Marzoli 2007), enquadrando-se, assim, na definição de florestas de montanhas dada pela FAO. As florestas FSSV diferenciam-se pela sua localização que pode ser ao longo da costa, foz dos rios na costa, rios interiores, altitude e composição florística. Normalmente as FSSV estão associadas a altas precipitações. Dentro dessas formações florestais, a floresta de mecrusse é a que provavelmente esteja fora dos parâmetros de precipitação, mas apresenta uma característica similar das perenifólias.

1) Floresta de galeria

As FSSV incluem as florestas de galeria, que são formações florestais sempre verde que ocorrem ao longo dos rios. O factor determinante do sítio é a disponibilidade permanente do lençol freático, as inundações (sobretudo), mas também o regime pluviométrico. Estas formações são compostas por algumas espécies como *Spirostachys africana*, *Schinziophyton rautanenii*, *Milletia stuhlmanni* e ainda algumas espécies como *Friesodielsia obovatae* e várias espécies do género *Strychnus* (Marzoli 2007). Esta classe de floresta não esta patente neste mapa de CF 2016, a mesma foi agregada na classe das florestas sempre verde devido a dificuldade de distinção das imagens de satélite durante a classificação.

2) Floresta de mangal

Os mangais são florestas que crescem na área entre-marés nas zonas tropical e sub-tropical, ocupando costas abrigadas e lugares com pouca influência da energia das marés. São reconhecidas a nível global pouco mais de 70 espécies de mangal, entre mangal verdadeiro (cerca de 42 espécies) e espécies associadas (cerca de 32 espécies). Em Moçambique, este tipo de formação é composta

essencialmente pelas seguintes espécies: *Avicennia marina* (mangal branco), *Bruguiera gymnorhiza* (mangal vermelho), *Ceriops tagal* (mangal branco), *Heritiera littoralis* (mangal Moçambique), *Lumnitzera racemosa* (mangal preto), *Rhizophora mucronata* (mangal vermelho), *Sonneratia alba* (mangal maçã) e *Xylocarpus granatum* (mangal bola-de-canhão) (Macamo & Siteo, 2017).

3) Floresta de montanha

A floresta de montanha encontra-se desde 1200 a 1600 m de altitude com precipitações de 1.700 a 2.000 mm por ano ou em locais onde há mudança brusca de altitude (300 a 2500 m). Estas florestas ocorrem nas regiões de Chimanimani (Moribane), Gurué, Milange, Vumba, Gorongosa, Namuli, Tamassa, planalto de Mueda e entre outras zonas altas (Marzoli 2007; Siteo 2003). A transição de florestas de baixa altitude para as de Montanha, ocorre de modo contínuo, com uma substituição progressiva das espécies e o factor determinante do sítio é a elevada humidade do ar (Ribeiro et al., 2002). Quanto a composição estas florestas apresentam uma diversidade específica menor em relação às de baixa altitude. Espécies típicas são: *Widdringtonia whytei*, *Acacia abyssinica subsp. calophylla*, *Podocarpus spp.*, *Celtis gomphophylla*, *Maesa lanceolata*, *Tabernaemontana stapfian*, *Curtisia dentata*, *Macaranga spp.*, *Bombax rhodognaphalon*, *Diospyros mespiliformis*, *Cussonia spicata*, *Milicia excelsa*, *Cordyla africana*, *Kigelia africana*, *Newtonia buchananii*, *Ficus spp.*, *Uapaca spp.*, *Vitex spp.* (Marzoli, 2007).

4) Floresta de mecrusse

Mecrusse é um tipo de vegetação que ocorre em Moçambique de forma gregária, onde a principal espécie presente no seu dossel é *Androstachys johnsonii*, pertencente à família Euphorbiaceae. Essa vegetação se caracteriza pela baixa diversidade biológica e pela uniformidade em termos de indivíduos, tanto em diâmetro como em altura. Em Moçambique é encontrada nas províncias de Gaza, Inhambane e pequenas manchas na província de Nampula (Bila et al. 2018).

3.2.2. Floresta Semi-decídua

A floresta semi-decídua (FSD) é um tipo de formação vegetal que apresenta espécies caducifólias ou decídua, dividindo-se em floresta aberta semi-decídua e floresta fechada semi-decídua de acordo com a percentagem de cobertura da copa. O termo decíduo é usado para designar espécies que perdem as suas folhas na época mais desfavorável. A queda das folhas ocorre normalmente nos meses mais frios, sem chuva e com menor luminosidade (Lamprecht, 1990). A maioria das espécies decíduas produzem novas folhas antes das chuvas, usando substâncias de reservas internas. O aparecimento de novas folhas marca o início da estação de crescimento e ocorre geralmente 2 a 3 meses antes de início da estação chuvosa (Ribeiro et al., 2002). Estas florestas são compostas por três formações muito

distintas; o miombo (húmido e seco) (1), o mopane (aberto e fechado) (2) e formações indiferenciadas (3). As formações de miombo e mopane são distinguíveis com facilidade pela dominância na composição de espécies enquanto, que nas indiferenciadas há muita mistura de espécies, sendo assim, as florestas indiferenciadas não foram classificadas no mapa de CF, porém foram agregadas dentro das FSD (miombo e/ou mopane) dependendo das espécies características que ocorrem.

1) Floresta de miombo

O miombo é o principal tipo florestal de Moçambique, estendendo-se desde o extremo norte do País no rio Rovuma ao rio Limpopo, sendo mais predominante no norte do País cobrindo extensas áreas da província de Niassa, Nampula e Cabo Delgado (Ribeiro *et al.*, 2002). Uma das características principais de miombo é a sua aparente uniformidade em vastas regiões, devido à fisionomia semelhante das espécies dominantes da subfamília *Caesalpinioideae* (Marzoli, 2007). Conforme as variações topográficas e fisiográficas, a estrutura e composição do miombo é modificada pelo clima, solo e altitude, distinguindo-se duma região para outra. Essa formação vegetal, é dominada pelas espécies de género *Brachystegia*, *Julbernardia*, e *Isoberlina* (Família Fabacea), podendo se dividir em miombo aberto/seco e fechado/húmido (Ribeiro *et al.*, 2002).

O miombo fechado ocorre em regiões altas das províncias de Manica e Zambézia com altitude superior a 1000 m e precipitação média anual que varia de 1200 a 1800 mm. Floristicamente é mais rico que o miombo aberto, e nele podem ser encontradas quase todas as espécies do miombo. Por outro lado, o miombo aberto ocorre nas regiões de baixa altitude e precipitação entre 800-1200 mm. Ambos são dominados pela espécie *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora* e várias espécies de valor económico tais como: *Pterocarpus angolensis*, *Swartzia madagascarensis* e *Millettia stuhlmanii*. No presente mapa de CF, este de tipo floresta foi agregada nas classes de floresta decídua fechada (miombo fechado) e floresta decídua aberta (miombo aberto)

2) Floresta de mopane

A floresta de mopane é o segundo tipo de vegetação mais extenso depois do miombo. Este tipo de floresta se desenvolve em regiões quentes e secas, de baixa altitude (200 a 600 m) e ocorre em solos argilosos, mas pode crescer em solos aluviais entre outro (Bila & Mabjaia, 2012). Este tipo de vegetação é constituída predominantemente por estratos arbóreos e arbustivos sendo os principais tipos de vegetação secas, árvores decíduas e as savanas secundárias de média e baixa altitude, podendo ser encontrada a maior parte de mopane na província de Gaza (Ribeiro & Nhabanga, 2009)

O mopane é caracterizado pela dominância da espécie *Colophospermum mopane*, embora seja tipicamente composto por manchas puras, pode também associar-se as espécies arbóreas e arbustivas

como *Kirkia acuminata*, *Dalbergia melanoxylon*, *Adansonia digitata*, *Combretum apiculatum*, *C. imberbe*, *Acacia nigrescens*, *Cissus cornifolia*, *Commiphora spp.*, *Acacia spp.*, *Albizia spp.*, *Diospyros mespiliformes*, *Ficus sycomorus*, *Kigelia africana*, *Lonchocarpus capassa*, *Trichilia emetica*, *Xanthocercis zambesiaca*, *Xeroderris stuhlmannii*, *Dichrostachys cinerea*, *Peltophorum africanum*, *Piliostigma thonningii*, *Sclerocarya birrea*, e *Terminalia sericea* (Marzoli 2007).

3.2.3. Pradaria

Pradaria é um tipo de cobertura vegetal que se estabelece em planícies dominada por gramíneas e arbustos ou bosques (pradaria arbórea) e matagal (semi-sempre verde e semi decíduo) com menos de 30% de cobertura de árvores. Estas formações ocupam as regiões com pluviosidade anual inferior a 1200 mm. Nestas formações predominam as acácias; *Acacia nigrescens*, *Acacia xanthophloea*, *A. nilotica*, *A. goetzei*, que, em alguns casos, são associadas a outras espécies xerófilas como *Commiphora spp.*

3.2.4. Cultivos

Este tipo de uso subdivide-se em áreas de cultivo arbóreo e não arbóreo. No cultivo arbóreo destaca-se a presença de pequenas plantações com espécies como coqueiro (*Cocos nucifera*), mangueira (*Mangifera indica*), papaeira (*Carica papaya*), mafurreira (*Trichilia emetica*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*). As áreas de cultivo não arbóreo incluem áreas com culturas agrícolas de pequena e grande escala. As principais culturas cultivadas em diversas explorações são o milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), mapira (*Sorghum bicolor*), amendoim (*Arachis hypogaea*), feijão Nhemba (*Vigna unguiculata*), mandioca (*Manihot esculenta*), algodão (*Gossypium hirsutum*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (MASA, 2015).

3.2.5. Área alagada

As áreas alagadas integram áreas permanentemente ou temporariamente inundada com ou sem vegetação arbustiva ou herbácea. Na presente classificação esta classe foi definida até ao segundo nível de classificação, incorporando vegetação arbustiva, área alagada e corpo de água. Nessas áreas encontram-se locais pantanosos, charco, turfa ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce ou salobra (Marzoli, 2007).

3.2.6. Áreas habitacionais

Área com pelo menos 20% de cobertura de infra-estrutura (edifícios, estradas), mas com menos 30% de cobertura florestal. Esta classe inclui todas as áreas de terra desenvolvidas, incluindo assentamentos humanos de qualquer tamanho.

3.2.7. Outras terras

Esta categoria inclui classes que não se enquadram em classes descritas anteriormente, inclui-se nesses locais, área sem vegetação com menos de 20% de cobertura de gramíneas, arbustos, árvores, terras húmidas, plantações ou infra-estruturas. No mapa de CF estas áreas são descritas como solo exposto e rocha sem vegetação.

3.3. Aquisição de dados

3.3.1. Aquisição de dados de satélite e preparação dos mosaicos

O presente mapa de CF 2016 foi produzido a partir de imagens de Sentinel-2, por serem de acesso grátis, com alta a média resolução espacial (10 a 20 metros) e também pela elevada resolução espectral aplicável à monitoria de florestas (especialmente no infravermelho, com 8 bandas). A missão do Sentinel-2 tem uma órbita quase polar e dispõe de um sensor MSI (MultiSpectral Instrument) com 13 bandas espectrais (tabela 4), com grande resolução espacial (10, 20, 60 m, dependendo da banda) e uma resolução temporal de 10 dias com um satélite, e de 5 dias com dois satélites operacionais da Agência Espacial Europeia/ European Space Agency (ESA, 2017).

Tabela 4: Descrição das bandas espectrais do Sentinel-2. Comprimento de onda (μm) e resolução espacial (m). NIR: Infravermelho próximo, SWIR: Infravermelho de banda curta.

Nome das bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (m)
Banda 1 - Aerossol	0.443	60
Banda 2 - Azul	0.490	10
Banda 3 - Verde	0.560	10
Banda 4 - Vermelho	0.665	10
Banda 5 - Limiar do vermelho 1	0.705	20
Banda 6 - Limiar do vermelho 2	0.740	20
Banda 7 - Limiar do vermelho 3	0.783	20
Banda 8 - NIR	0.842	10
Banda 8A - Limiar do vermelho 4	0.865	20
Banda 9 - Vapor de água	0.945	60
Banda 10 - SWIR - Cirros	1.375	60
Banda 11 - SWIR	1.610	20
Banda 12 - SWIR	2.190	20

Fonte: (ESA, 2017)

Para preparação dos mosaicos de Sentinel-2 foram consideradas dois períodos do ano, sendo que o primeiro mosaico foi da época húmida (Maio a Agosto) e o segundo da época seca (Setembro a

Outubro), conjuntamente chamados de *MozMosaic*. O processo de produção dos mosaicos está descrito no relatório de consultoria (GMV, 2016). Este processo utilizou os programas Sen2Cor (para correção atmosférica) e Sen2Three (para controle de qualidade e melhoria). No entanto, verificou-se que para algumas áreas do país só havia *tiles* (grânulos) com mais de 10% de nuvens. Para esse caso, esses grânulos foram substituídos por cenas de Landsat 8.

Durante a recolha de amostras de treinamento verificou-se que a informação espectral não estava harmonizada entre os *tiles* (grânulos), resultando num mosaico com um aspecto de “manta de retalhos”. O teste de classificação supervisionada do *MozMosaic* mostrou grandes diferenças nos limites entre os grânulos, devido a esta falta de harmonização.

Por esta razão, decidiu-se optar pela produção de novos mosaicos, através da plataforma SEPAL. Esta plataforma foi desenvolvida pela FAO no âmbito da iniciativa *OpenForis* de forma a permitir um acesso fácil ao ambiente de computação na nuvem do *Google Earth Engine*, através de uma interface gráfica intuitiva. Para além disso, o SEPAL permite o acesso a várias bibliotecas geoespaciais, incluindo R Studio, GDAL/OGR e *OpenForis Geospatial Toolkit* (OFGT), num ambiente de trabalho Linux. Estes aplicativos permitem a elaboração de uma cadeia de classificação automática que pode ser partilhada e reproduzida facilmente, garantindo transparência no processo de elaboração do mapa. Portanto esta ferramenta permitiu a Unidade de MRV produzir dois mosaicos à escala nacional (época húmida e da época seca), para o ano de 2016, utilizando imagens de Sentinel-2, na plataforma SEPAL. O processo de produção destes mosaicos passo a passo está descrito no Anexo 2.

Durante o processo de produção dos mosaicos, a Unidade de MRV contou com a colaboração de uma equipa do Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT). Em resultado desta colaboração, a equipa da IICT também produziu um mosaico de Moçambique, com uma classificação baseada na fenologia, descrita em Lopes, Leite e Vasconcelos (2019), que foi integrado na cadeia de produção do mapa. Cada mosaico foi composto pelas seguintes bandas: *Verde*, *Vermelho*, *Infravermelho Próximo*, *Infravermelho de banda-curta 1* e *Infravermelho de banda-curta 2*, todos reamostrados à uma resolução espacial de 10 metros.

3.3.2. Aquisição de dados de treino

Foram digitadas mais de 57 000 regiões de interesse sobre todo o país, utilizando o *software ENVI*, e tendo como referência o *MozMosaic*. Os polígonos de treino foram de variadas formas e tamanhos, desde 1 pixel de Sentinel-2 (0,01 ha) a 10 000 ha. As amostras foram recolhidas ao nível 3 da legenda de classificação do mapa (Tabela 3).

As áreas de interesse muito pequenas, derivadas de píxeis individuais, bem como as áreas muito grandes, que podem cobrir diferentes classes de cobertura de terra foram excluídas do grupo de potenciais amostras de treino, resultando numa base de dados final de 36 736 polígonos de treino. A distribuição geográfica dos polígonos de treino e a tabela com o resumo da informação dessa base de dados está no Anexo 1.

3.3.3. Dados auxiliares

Durante o processo de produção do mapa foi lançado pela Agência Espacial Europeia (ESA) o mapa de África de 2016, baseado em imagens de Sentinel-2 com uma resolução de 20 m (ESA, 2017). O mapa da ESA utiliza uma legenda com 10 classes de cobertura de terra: Floresta, Arbustivo, Pradaria, Cultivo, Vegetação aquática, Pouca vegetação, Solo exposto, Infra-estrutura, Neve/Gelo e Água. Este mapa foi utilizado como informação adicional na árvore de decisão, para ajudar a resolver diferenças entre as duas classificações supervisionadas.

3.4. Processamento de imagens

3.4.1. Classificação supervisionada

A classificação supervisionada foi feita utilizando um subconjunto das amostras de treino, na plataforma *Google Earth Engine* (Figura 3). Foram calculados os seguintes índices de vegetação para cada mosaico: NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), NDWI (*Normalized Difference Water Index*), NBR (*Normalized Burn Ratio*) e Vermelho/Verde. Adicionalmente, para cada índice foi calculado a razão do húmido e do seco, de forma a aumentar o potencial de separação para a classificação. O mosaico final utilizado para a classificação consistiu em 22 bandas e rácios. Esta classificação é chamada de *spc_sep1* daqui em diante. Por outro lado, para o mosaico produzido pela IITC foi classificado utilizando as mesmas amostras de treino, produzindo um mapa adicional, com um píxel de 20 m. Esta classificação é chamada de *spc_pbs* daqui em diante.

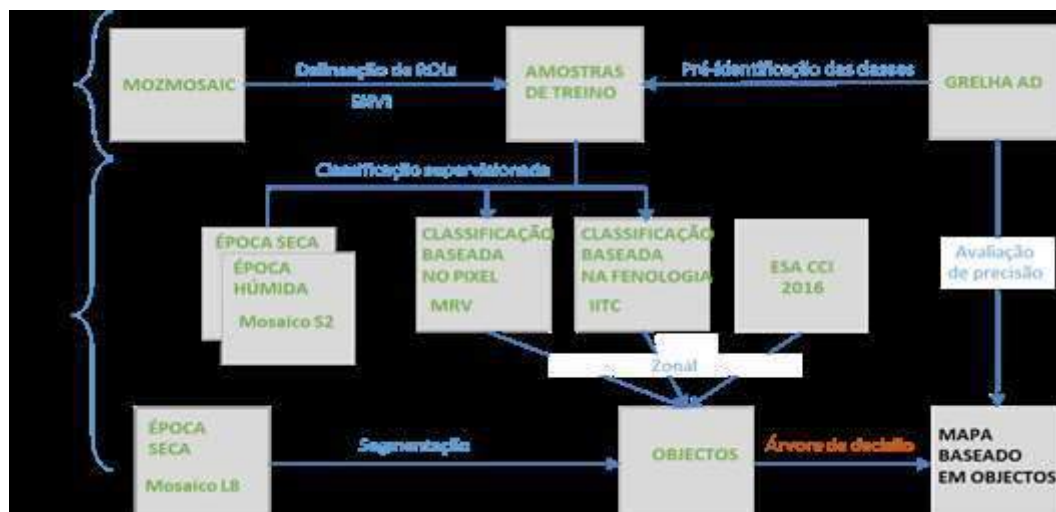


Figura 3: Fluxograma do processo de classificação automática do mapa baseado em objectos

3.4.2. Produção de segmentos para mapeamento baseado em objectos

De forma a obedecer o critério nacional de Unidade Mínima de Mapeamento (UMM) para as florestas, produziu-se um mapa de segmentação sobre todo o país. A UMM pode ser alcançada através da reclassificação de agrupamentos de pixéis com uma área menor a 1ha. No entanto, quando isto é feito pode-se perder informação importante de objecto alongados, tais como rios, estradas e florestas de galeria. Por esta razão, foi produzido um mapa de segmentação com uma área mínima de cada segmento (1ha), sobre o qual foram sobrepostas as classificações supervisionadas.

As imagens de Landsat 8 foram usadas para a segmentação, pois a UMM representa mais de 10 pixéis de Landsat. Para tal foram analisadas três alternativas de produção dos segmentos no SEPAL:

Opção 1: segmentação directa utilizando o algoritmo oft-seg;

Opção 2: classificação não-supervisionada com o algoritmo oft-kmeans e agrupamento subsequente;

Opção 3: segmentação directa utilizando o algoritmo otbcli_LSMS (large scale mean shift).

A opção 1 foi a mais rápida e produziu segmentos razoáveis para elementos terrestres com elevado contraste, mas não conseguiu diferenciar elementos lineares ou elementos mistos. A opção 2 foi um pouco mais lenta e conseguiu detectar elementos de diferentes tamanhos e assinaturas espectrais, mas não conseguiu diferenciar elementos lineares. A opção 3 foi a mais lenta, mas produziu segmentos robustos, de diferentes tamanhos e formas e conseguiu detectar elementos lineares, tais como estradas (Figura 4).

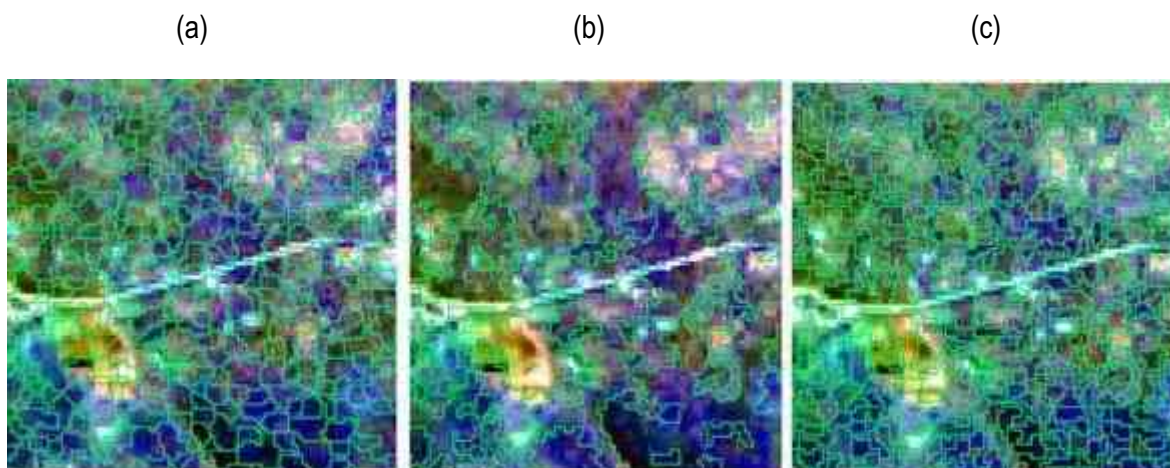


Figura 4: Ilustração dos 3 algoritmos de segmentação: oft-seg (a), oft-kmeans (b) e otb LSMS (c).

3.4.3. Árvore de decisão para a integração dos objectos

Árvore de decisão é um método não paramétrico o qual representa um conjunto de condições organizadas de forma hierárquica mediante um gráfico ou diagrama e que se aplicam desde a base ao topo da mesma. A árvore de decisão mais simples que pode ser implementada utiliza apenas um produto (uma classificação baseada no pixel) e aplica uma regra de maioria em cada segmento, ou seja, a classe com maior número de pixels é atribuída ao polígono.

No caso do presente mapa de CF 2016, estavam disponíveis 3 produtos, nomeadamente: a classificação produzida a partir dos mosaicos de Sentinel-2 da época húmida e seca do SEPAL (*spc_sep*), a classificação do mosaico PBS (*spc_pbs*) produzido pela IITC e o mapa da ESA. A lógica geral da árvore de decisão foi de verificar a concordância entre duas classificações e utilizar a terceira para servir de decisor em caso de empate. A estrutura da árvore de decisão está descrita no Anexo 3.

3.4.4. Edição manual

Após ter sido aplicada a árvore de decisão, que resultou num mapa com uma área mínima de mapeamento de 1 ha, foi necessário proceder à edição manual. Este passo foi essencial para melhorar a qualidade do mapa. Devido ao elevado número de classes do mapa, várias classes contêm valores espectrais muito semelhantes, que a classificação automática não consegue separar. Por exemplo, as classes de cultivos arbóreos, florestas abertas, pradaria arbórea e pradaria têm assinaturas espectrais muito semelhantes. O protocolo de melhoria através da edição manual está descrito no Anexo 4.

Para facilitar a edição manual por diferentes operadores, o mapa foi vectorizado e dividido por uma grelha de 8 por 12 quadrados, cada um com cerca de 150 km de largura. No total foram criados 60 quadrados, para serem editados individualmente. Isto garantiu que não houvesse sobreposição nas edições manuais e que estas poderiam ser feitas nas máquinas individuais dos técnicos de MRV.

A edição manual de cada quadrado seguiu um processo sequencial de edição por classe: Água (44), Floresta (21, 22, 23, 24, 25, 26). Dependendo do tempo e complexidade do quadrado, as outras classes também podiam ser editadas, na ordem: Cultivos (11, 12), Pradarias (31, 33), Áreas alagadas com vegetação (41, 42), Áreas habitacionais (51) e Solo exposto ou rocha (61, 62).

Depois foram corrigidos os erros de comissão (por exemplo: retirar da classe de Água os segmentos que não correspondam a água) e depois os erros de omissão (por exemplo: juntar à classe de Água todos os segmentos que contenham na sua maioria água).

3.4.5. Árvore de decisão com o mapa da DINAF

Por forma a garantir a consistência com o mapa de CF 2013, a passagem da classificação de nível 2 para nível 3 foi feita de acordo com a coincidência do mapa da Direcção Nacional de Florestas (DINAF). Assim sendo, onde o presente mapa (CF 2016) indicasse área de floresta, foi copiada a classe do mapa de CF 2013. Para o caso em que o mapa de 2016 indicasse área de floresta e o mapa de 2013 não tivesse floresta, mantinha-se a classe do mapa de CF 2016.

Adicionalmente, por ter havido um trabalho com mais detalhe de mapeamento de assentamentos urbanos no mapa de CF 2013, decidiu-se que todas as áreas que o mapa de CF 2013 tivesse classificado como assentamento urbano seriam reclassificadas no mapa de CF 2016.

Após este processo automático de reclassificação, procedeu-se a uma segunda fase de edição manual, para reclassificar todos os segmentos que ainda estivessem ao nível 2 (por não se sobrepor com uma classe de floresta no mapa de CF 2013), bem como para uma suavização dos limites entre tipos florestais (Figura 5).

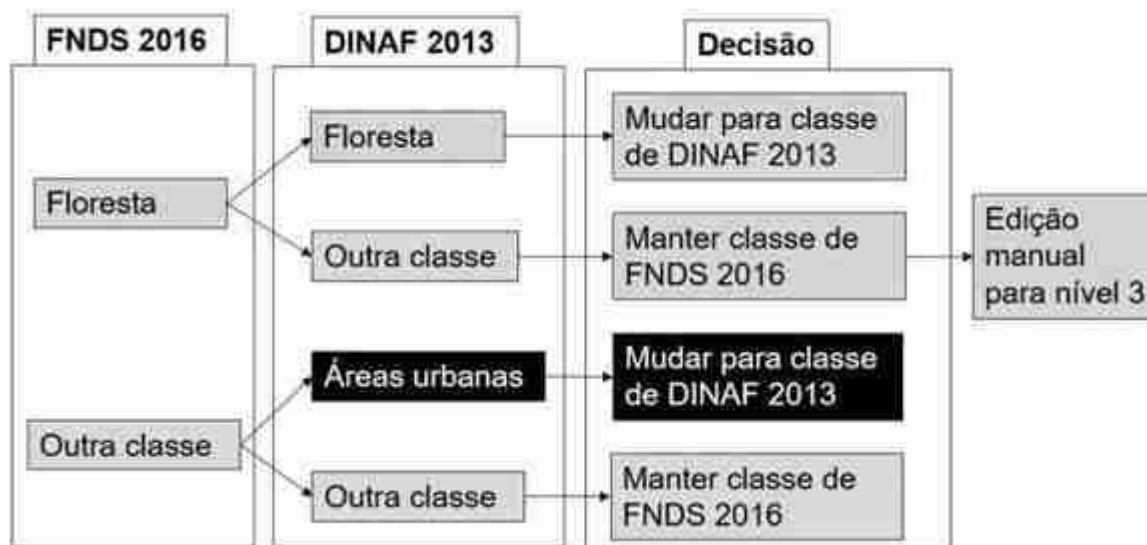


Figura 5: Árvore decisão de harmonização com o mapa da DINAF.

3.4.6. Validação de campo

A validação de campo teve como objectivo colectar informação de referência (amostras de campo) com vista a avaliar a acurácia e ajustar as estimativas de áreas no mapa e visitar as zonas discordantes entre os mapas 2013 e 2016. Foram definidas para esta actividade cinco (5) províncias, nomeadamente, Manica (Catandica e Guro), Tete (Moatize e Doa), Gaza (Massingir, Mapai, Massangena), Inhambane (Mabote, Funhalouro e Panda) e Maputo (Magude). Essas áreas foram escolhidas pela maior dificuldade de mapear e por apresentarem discordâncias com o mapa da DINAF. A actividade de levantamento de amostras de campo teve como metodologia, a comparação dos mapas de CF 2013 e 2016, tendo sido identificados os pontos ou zonas discordantes nestes tendo em conta dois possíveis erros e respeitando a representatividade em termos de tipos florestais:

- a) Erro resultante da diferença de classificação do tipo de uso; e
- b) Erro resultante da diferença de classificação do tipo florestal.

3.5. Avaliação de precisão e estimativa de áreas

Para a avaliação de precisão e estimativa de áreas decidiu-se por uma abordagem baseada no pixel. O processo de avaliação de precisão e estimativa de áreas foi feito utilizando as ferramentas Stratified Area Estimator disponíveis no SEPAL. Estas ferramentas utilizam como base a metodologia definida por Olofsson *et al.* (2014), boas práticas para a estimativa de área e avaliação de precisão de mudança de terra (*Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change*).

3.5.1. Desenho amostral

A amostragem para avaliação de precisão e estimativas de áreas no mapa foi a amostragem aleatória estratificada por ser a mais recomendada para mapas de CF (Olofsson *et al.*, 2014). O tamanho da amostra foi determinado com base na equação 1 Cochran (2007), que permite o cálculo do tamanho adequado da amostra para uma amostragem aleatória estratificada que pode depois ser distribuída pelos diferentes estratos. N é o número de unidades na área de interesse (número de pixels), $S(\hat{O})$ é o erro padrão da precisão geral estimada que se pretende atingir, W_i é a proporção da área do mapa da classe i , e S_i é o desvio padrão do estrato i .

$$n = \frac{(\sum W_i S_i)^2}{[S(\hat{O})]^2 + \frac{1}{N} \sum W_i S_i^2} \approx \left(\frac{\sum W_i S_i}{S(\hat{O})} \right)^2 \quad (1)$$

A alocação das amostras pelos diferentes estratos seguiu uma ordem proporcional ao erro, mas com um mínimo de 100 amostras por estrato. Isto foi feito de forma a garantir que houvesse um número suficiente de amostras para os estratos mais raros. No total foram alocadas 3229 amostras para todas classes de CF (Tabela 5).

Tabela 5: Número de unidades amostrais de referência por classes do mapa.

Classes	Número de amostras
Cultivos arbóreos	100
Cultivo não arbóreo	413
Plantação florestal	100
Pradaria	100
Pradaria arbórea	557
Vegetação herbácea inundada	100
Corpo de água	100
Áreas habitacionais	100
Solo exposto	100
Rocha sem vegetação	100
Mangal	100
Mecrusse	100
Floresta de montaha	200
Floresta densa sempre-verde	100
Floresta densa decídua	320
Mopane	200
Floresta aberta sempre-verde	100
Floresta aberta decídua	409
Total	3299

Foram também geradas estimativas de áreas por província, ao nível 1 da classificação. Devido à intensidade amostral, é possível ter um número razoável de amostras para cada província, especialmente para as classes mais prevalentes, cultivo, floresta e pradaria (Tabela 6).

Tabela 6: Número de unidades amostrais por classe a nível 1, por província.

Províncias	C	F	P	AA	AU	S	Total
Cabo Delgado	41	146	49	8	9	23	276
Gaza	46	230	55	10	9	22	372
Inhambane	45	163	115	10	5	15	353
Manica	39	159	57	4	3	14	276
Maputo	18	53	22	8	13	7	116
Nampula	81	69	62	7	14	47	280
Niassa	29	323	103	60	8	16	539
Sofala	43	155	70	33	4	18	323
Tete	66	165	70	35	9	9	354
Zambézia	105	166	54	25	26	29	405
Total	513	1629	657	200	100	200	3299

Legenda: F: Floresta, C: cultivo, P: pradaria, AA: áreas alagadas, AU: Áreas habitacionais, S: solo

3.5.2. Desenho de resposta

A unidade de avaliação espacial escolhida foi o pixel. Apesar do mapa ter sido produzido com base em segmentos, manteve-se o pixel das imagens de Landsat utilizadas para a segmentação. A avaliação de precisão baseada em objectos ainda apresenta várias dificuldades metodológicas, especialmente em relação ao facto de diferentes objectos terem diferentes áreas e formas (Ye, Pontius, and Rakshit 2018).

Para a avaliação das amostras de validação, baseou-se na visualização de imagens de alta e média resolução dos repositórios do *Google Earth*, *Bing Maps*, *Earth Engine Explorer* e *Code Editor*. Estas imagens com os formulários elaborados para registar a informação sobre o uso da terra e mudança do uso da terra em cada ponto da grelha, são automaticamente acessíveis através da ferramenta *Collect Earth*, que está sincronizada com *Earth Engine Code Editor* que facilita a interpretação do tipo de vegetação e determinação do uso da terra e mudança do uso da terra.

3.5.3. Desenho de análise

A base para a comparação dos dados do mapa e de referência, para geração de estimativas de precisão e área foi a matriz de erro. A matriz de erro é uma tabela que resume a concordância da classificação das unidades de validação do mapa contra os dados de referência. A diagonal da matriz de erro contém os pontos correctamente classificados, enquanto os valores nas outras células indicam

erros de comissão ou omissão (Olofsson *et al.*, 2014). Erros de comissão correspondem à proporção de casos em que as unidades de avaliação da classe 1 foram classificadas como sendo de outra classe pelos dados de referência. Erros de omissão correspondem à proporção de casos em que os dados de referência da classe 1 correspondem a outras classes no mapa.

O número de unidades de validação para cada uma das combinações de dados do mapa e de referência, n_{ij} podem ser convertidos em estimativas de proporção de área \hat{p}_{ij} (Tabela 7) com a equação 2. Onde W_i é a proporção da área do mapa da classe i .

$$\hat{p}_{ij} = W_i \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (2)$$

Tabela 7: Matriz de erro de um mapa com 3 classes. Os valores das células (p_{ij}) representam a proporção da área. Os valores em negrito (p_{11} , p_{22} , p_{33}) nas diagonais indicam a proporção de elementos correctamente classificados para cada classe.

		Referências			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
Mapa 2016	Classe 1	p_{11}	p_{12}	p_{13}	$p_{1.}$
	Classe 2	p_{21}	p_{22}	p_{23}	$p_{2.}$
	Classe 3	p_{31}	p_{32}	p_{33}	$p_{3.}$
	Total	$p_{.1}$	$p_{.2}$	$p_{.3}$	1

3.5.4. Estimativas de precisão

As estimativas de exactidão são calculadas a partir da matriz de erro (Tabela 6), e incluem a exactidão geral, exactidão do utilizador e exactidão do produtor. A exactidão geral é a proporção da área correctamente classificada (Equação 3). A exactidão do utilizador é a proporção de área da classe i do mapa que também está na classe i dos dados de referência (equação 4). Esta medida indica a probabilidade de que uma área específica da classe i no mapa corresponde à mesma classe na realidade. A exactidão do produtor é a proporção da área que está na classe de referência j e que

também pertence a essa classe no mapa (equação 5). Esta medida indica a probabilidade de uma classe j na realidade estar mapeada como essa classe no mapa.

$$A = \sum_{j=1}^q p_{ij} \quad (3)$$

$$U_i = p_{ij}/p_i. \quad (4)$$

$$P_j = p_{ij}/p_{.j} \quad (5)$$

Para as três medidas de exactidão devem ser calculados intervalos de confiança. A fórmula para o cálculo da variância está apresentada em (Olofsson *et al.*, 2014), sendo que o intervalo de confiança de 95% é calculado multiplicando a raiz quadrada da variância por 1,96.

3.5.5. Estimativa da área

Uma das maiores vantagens da produção de mapas é a cobertura total (wall-to-wall) da área de interesse. No entanto, qualquer mapa tem erros, causados por diversos motivos. A atribuição de uma classe discreta a algo tão variável como a cobertura de copa significa que haverá sempre confusão nas transições entre as categorias. Os erros também podem resultar dos classificadores automáticos, devido à semelhança espectral entre classes, ou devido a interpretação durante a classificação manual. Por essas razões, as áreas obtidas através da contagem dos pixels do mapa podem ser muito enviesadas, aumentando a distribuição de uma classe em detrimento de outra. A avaliação de exactidão identifica os erros da classificação e dessa forma os dados da avaliação de referência podem ser utilizados para estimar a exactidão e a área, bem como a incerteza destas estimativas.

Os dados de referência são utilizados para ajustar as áreas obtidas directamente do mapa. É recomendado que a estimativa deva ser baseada na proporção da área derivada dos dados de referência, pois estes têm maior precisão e menor viés. Adaptando a explicação apresentada em (Olofsson *et al.*, 2014), suponhamos que queremos estimar a proporção de área da classe k , a linha e coluna dos totais da Tabela 6 correspondem aos somatórios dos valores p_{ij} para cada linha e coluna. Assim, o total da linha $p_{k.}$ representa a proporção da área mapeada como classe k e o total da coluna $p_{.k}$ representa a proporção de área da classe k determinada a partir dos dados de referência, sendo pouco provável que estes parâmetros sejam idênticos. Como o parâmetro $p_{k.}$ é derivado do mapa, o seu valor é conhecido. Mas como os dados de referência são uma amostra, o valor real de $p_{.k}$ tem que ser estimado a partir da amostra. Esta estimativa de $p_{.k}$ gera incerteza devido à variabilidade da amostragem, enquanto $p_{k.}$ não tem esta incerteza. No entanto, é muito provável que o parâmetro $p_{k.}$ sofra de viés, devido ao erro de classificação do mapa. Por outro lado, $p_{.k}$ é determinado a partir dos dados de referência, que se assume que não estejam enviesados, e que correspondam à realidade no

terreno. Tendo em conta que as boas práticas internacionais de reporte indicam que as estimativas não devem ser enviesadas, a recomendação é que a estimativa de área seja baseada em $p.k$, a proporção da área derivada da classificação de referência (Olofsson *et al.*, 2014).

Draft

4. RESULTADOS

4.1. Mapa de cobertura florestal

O mapeamento resultou nas seguintes classes, nomeadamente: florestas (floresta de mangal, floresta de mecrusse, floresta de montanha, floresta sempre-verde, floresta semi-decídua, floresta de mopane e plantações florestais), cultivos (cultivo arbóreo e cultivo não arbóreo), pradaria (herbácea e arbórea), área herbácea alagada, corpos de água e outras terras (Figura 6). Para as classes de nível 1, como mostra a figura 4, cerca de 41% do território nacional encontra-se coberto por florestas, 19% de cultivo, 28% de pradaria, 10% de áreas alagadas, 1% de áreas habitacionais e 1% de outras terras. Este mapa pode ser acessado na plataforma geoespacial do FNDS através de www.fnds.gov.mz/mrv.

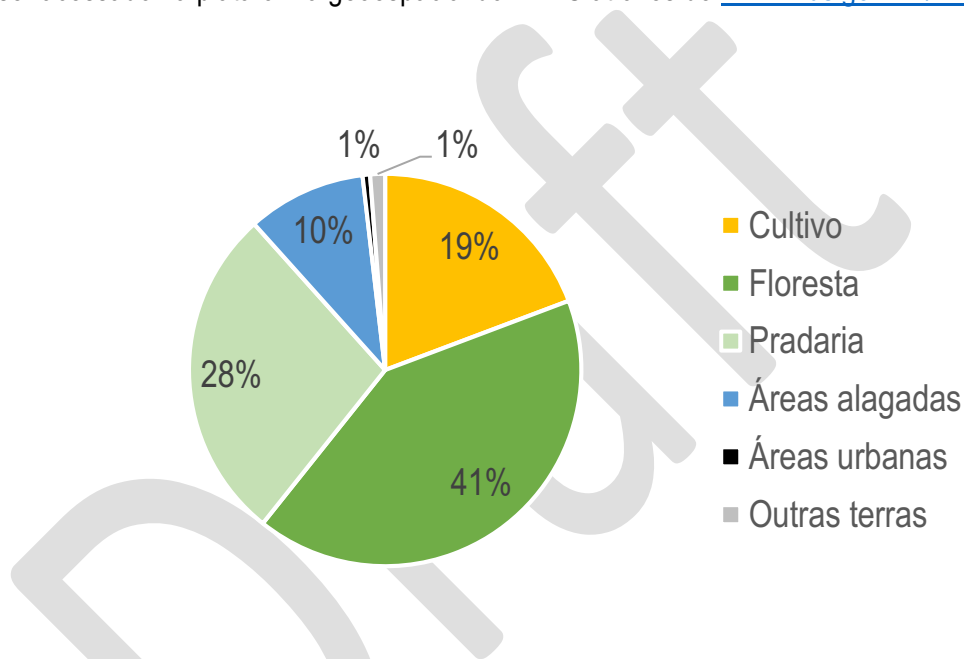


Figura 6: Áreas estimadas para as classes do nível 1.

A figura (7) a baixo mostra as classes que compõem a legenda do mapa. As classes não florestais foram estimadas em: cultivo arbóreo em 1 424 062 ha (1.8%), campos agrícolas em 14 296 459 ha (18%), pradaria em 1 334 697 ha (1.66%), pradaria arborea em 22 342 597 ha (28.40%), áreas herbáceas permanentemente ou temporariamente inundada 6 011 658 ha (7.64%), corpo de água em 1 415 940 (1.8%), áreas habitacionais em 525 767 ha (0.66%), solo exposto em 367 608 ha (0.46), rocha sem vegetação em 291 948 ha (0.37%).

Para as florestas as áreas estimadas foram: mangal em 286 360 ha (0.36%), mecrusse em 485 645 ha (0.61%), floresta sempre verde de montanha em 182 131 ha (0.23%), floresta semi-sempre verde fechada em 2 851 008 ha (3.62%), floresta semi-sempre verde aberta em 881 460 ha (1.12%), floresta

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

semi-decídua fechada em 8 599 269 ha (10.93%), floresta semi-decídua aberta em 12 690 745 ha (16%), mopane em 4 620 078 ha (6%) e plantações florestais em 50 733 ha (0.06%).

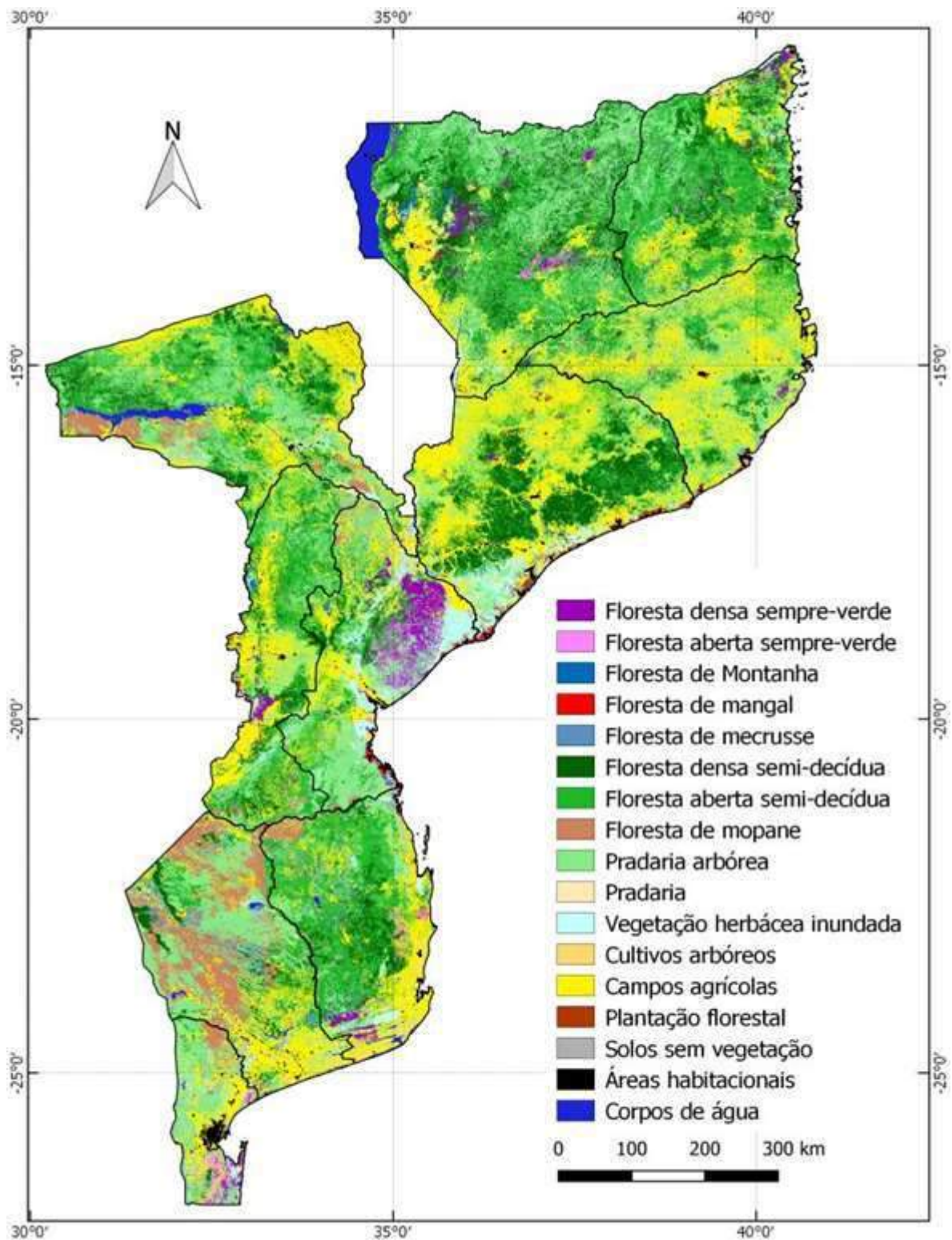


Figura 7: Mapa de Cobertura Florestal 2016.

4.2. Estimativas de precisão do mapa

A precisão geral do mapa a nível 1 foi de $65,2\% \pm 1,7\%$ (intervalo de confiança de 95%). A classe de floresta foi a que teve a maior precisão de classificação, com 81,8% e 81,6% para a precisão do utilizador e produtor respectivamente (Tabela 8). A maior fonte de confusão para a classe de floresta foi com a classe de pradaria (Tabela 9) o que faz sentido pois são duas classes que representam um contínuo de cobertura de copa. A classe de cultivo apresentou muita confusão com a classe de pradaria. Estas duas classes representam um contínuo diferente, que é o ciclo de cultivo, em que um campo agrícola é abandonado tornando-se numa área arbustiva até voltar a ser limpo para novo ciclo de cultivo.

Tabela 8: Estimativas de precisão do utilizador e produtor com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1.

Classe	Precisão do utilizador	IC	Precisão do produtor	IC
Cultivo	58,1%	4,3%	68,7%	3,4%
Floresta	81,8%	1,9%	81,6%	2,0%
Pradaria	48,6%	3,8%	47,6%	2,8%
Áreas alagadas	65,0%	6,6%	40,7%	4,3%
Áreas habitacionais	48,0%	9,8%	59,7%	20,0%
Outras terras	34,5%	6,6%	51,8%	12,5%

Tabela 9: Matriz de erro das classes a nível 1.

Classes	1	2	3	4	5	6	Total	Área	w
Cultivo (1)	298	47	151	11	4	2	513	17 924 532	0,227879
Floresta (2)	52	1332	225	14	0	6	1629	32 555 403	0,413885
Pradaria (3)	98	120	319	115	1	4	657	21 296 551	0,270748
Áreas alagadas (4)	7	12	45	130	1	5	200	4 828 206	0,061382
Áreas habitacionais (5)	36	2	9	1	48	4	100	606 723	0,007713
Outras terras (6)	19	21	68	23	0	69	200	1 446 748	0,018393
Total	510	1534	817	294	54	90	3299	78 658 164	1

Tabela 10: Estimativas de precisão do utilizador e produtor com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 3.

Classes	Precisão do utilizador	IC	Precisão do produtor	IC
Cultivos arbóreos agrícolas	20,0%	7,88%	12,9%	5,8%
Cultivos não arbóreos	55,0%	4,80%	65,4%	3,9%
Plantações florestais	82,0%	7,57%	100,0%	0,0%
Pradarias	8,0%	5,34%	4,2%	3,0%
Pradaria arbórea	44,9%	4,13%	41,4%	3,1%
Vegetação herbácea inundada	42,0%	9,72%	23,0%	4,93%
Corpos de água	82,0%	7,57%	89,2%	8,66%
Áreas habitacionais	48,0%	9,84%	55,4%	20,42%
Solos nus	9,0%	5,64%	29,6%	18,61%
Rochas sem vegetação	58,0%	9,72%	47,3%	23,08%
Mangal	91,0%	5,64%	85,7%	24,10%
Mecrusse	84,0%	7,22%	71,1%	18,44%
Floresta de montanha	38,5%	6,76%	57,4%	19,05%
Floresta densa sempre-verde	62,0%	9,56%	33,6%	6,60%
Floresta densa decídua	44,7%	5,46%	50,3%	5,17%
Floresta de Mopane	70,0%	6,37%	40,8%	5,74%
Floresta aberta sempre-verde	11,0%	6,16%	10,2%	6,27%
Floresta aberta decídua	39,1%	4,74%	51,8%	4,39%

4.3. Estimativa geral da área

A estimativa de área de floresta do mapa de CF 2016 foi de 32 605 613 ha (41%), com um limite inferior de 31 605 916 ha e um limite superior de 33 605 310 ha a um nível de confiança de 95%. A proximidade dos valores da área no mapa e da área ajustada resulta do facto de os erros de comissão e de omissão terem sido quase idênticos.

A área estimada de cultivo foi de 15 153 019 ha (19%), com um intervalo de confiança de 1 011 526 ha. Esta estimativa é inferior à área do mapa em cerca de 2,7 milhões de ha, o que se deve ao facto de muitas áreas que no mapa estão como agrícolas, são na verdade pradarias arbóreas (conforme os dados de referência), principalmente campos agrícolas em pousio.

A área estimada de pradaria foi de 21 745 815 ha (27%), com um intervalo de confiança de 95% de 1 245 203 ha. Para esta classe também não houve muita diferença com a área mapeada (21 296 551 ha), pois os erros de comissão foram cancelados pelos erros de omissão.

A área estimada de áreas alagadas foi de 7 702 619 ha (9.7%), com um intervalo de confiança a 95% de 749 686 ha. Esta área foi quase 60% superior à área mapeada (4 828 206 ha). Para esta diferença

contribuiu muito o facto de muitas das áreas classificadas como pradaria serem na verdade áreas alagadas. Devido ao peso do estrato da classe de pradaria isto inflacionou a estimativa da classe de áreas alagadas.

A área estimada de Áreas habitacionais foi de 487 545 ha (0.6%), com um intervalo de confiança a 95% de 168 789 ha. Para esta classe a área mapeada (606 723 ha) foi quase 25% superior, principalmente devido à classificação de áreas de cultivo como urbanas. Ou seja, muitas das áreas mapeadas como urbanas no mapa são na verdade áreas de cultivo. Isto pode-se ver com muita frequência nas zonas rurais do país em que um assentamento urbano é constituído maioritariamente por campo agrícolas.

Finalmente a classe de outras terras, mais especificamente solo exposto e rocha sem vegetação, tiveram uma área estimada de 963 552 ha (1%), com um intervalo de confiança a 95% de 235 070 ha. Esta área foi 2/3 da área mapeada (1 446 748 ha), pois das 200 amostras de validação desta classe, apenas 69 foram confirmadas nesta classe, sendo que as outras foram verificadas como pertencendo a outras classes (Tabela 11).

Tabela 11: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC	% erro
Cultivo	17 924 531,9	15 720 520,7	1 011 526	6.70%
Floresta	32 555 403,3	30 647 428,4	999 697	3.10%
Pradaria	21 296 551,4	23 677 294,0	1 245 203	5.70%
Áreas alagadas	4 828 206,2	7 427 597,7	749 686	9.70%
Áreas habitacionais	606 723,0	525 766,8	168 789	34.60%
Outras terras	1 446 747,8	659 556,0	235 070	24.40%
Total	78 658 163,6	78 658 163,6		

Tabela 12: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 3.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivos arbóreos	920 120,4	1 424 061,7	421 693	29,6%
Campos agrícolas	17 004 411,5	14 296 459,0	1 106 211	7,7%
Plantação florestal	61 869,9	50 733,3	4 682	9,2%
Pradaria	701 325,1	1 334 697,0	404 619	30,3%
Pradaria arbórea	20 595 226,3	22 342 597,0	1 428 488	6,4%
Vegetação herbácea inundada	3 287 286,8	6 011 657,6	785 803	13,1%
Corpo de água	1 540 919,4	1 415 940,1	179 703	12,7%
Áreas habitacionais	606 723,0	525 766,8	197 046	37,5%
Solo exposto	1 208 704,9	367 607,9	178 384	48,5%
Rocha sem vegetação	238 042,9	291 948,1	142 019	48,6%
Floresta de Mangal	269 530,1	286 359,9	81 951	28,6%
Floresta de Mecrusse	411 102,8	485 644,8	128 802	26,5%
Floresta de Montanha	271 553,4	182 130,5	61 682	33,9%
Floresta densa sempre-verde	1 546 707,2	2 851 007,8	499 643	17,5%
Floresta aberta sempre-verde	9 676 798,3	8 599 269,1	312 051	35,4%
Floresta densa decídua	2 692 673,0	4 620 077,8	887 847	10,3%
Floresta aberta decídua	820 401,7	881 460,3	1 114 397	8,8%
Floresta de Mopane	16 804 767,0	12 690 744,9	624 535	13,5%
Total	78 658 163,6	78 58 163,6		

4.3.1. Estimativas da área por província

1) Província de Cabo Delgado

Para a província de Cabo Delgado a área ajustada de floresta foi de 3 753 647 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 364 518 ha (Tabela 13). Este valor foi inferior à área no mapa em mais de 600 000 ha, maioritariamente devido a muitas áreas estarem classificadas como floresta no mapa, mas ter-se verificado que eram pradarias arbóreas.

Tabela 13: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Cabo Delgado.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	1 257 363	1 162 425	305 751	26,3%
Floresta	4 364 890	3 753 647	364 518	9,7%
Pradaria	1 808 964	2 400 411	436 705	18,2%
Áreas alagadas	224 592	234 985	161 734	68,8%
Áreas habitacionais	56 308	74 463	62 257	83,6%
Outras terras	71 133	157 319	130 744	83,1%

2) Província de Niassa

A província de Niassa tem a maior extensão de floresta do país, com uma área ajustada de 6 761 517 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 450 082 ha (Tabela 14). Esta área é cerca de 474 mil ha superior à área do mapa, devido ao mapeamento de áreas de floresta como pradaria arbórea. Adicionalmente, também houve áreas de cultivo que foram incorrectamente classificadas como pradaria arbórea no mapa, resultando na área ajustada de pradaria de 3 232 483 ha, 671 mil ha inferior à área do mapa.

Tabela 14: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Niassa.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	1 441 688	1 596 860	374 857	23,5%
Floresta	6 287 275	6 761 517	450 082	6,7%
Pradaria	3 903 642	3 232 483	499 451	15,5%
Áreas alagadas	1 163 913	1 236 388	226 636	18,3%
Áreas habitacionais	38 491	14 434	13 804	95,6%
Outras terras	98 766	92 094	78 938	85,7%

3) Província de Nampula

A província de Nampula foi onde houve maior concordância entre as áreas do mapa e ajustadas (Tabela 15). A área ajustada de floresta foi de 1 813 821 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 314 921 ha, 80 mil ha superior à área do mapa.

Tabela 15: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Nampula.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	2 925 538	2 959 183	425 230	14,4%
Floresta	1 733 001	1 813 821	314 921	17,4%
Pradaria	2 626 026	2 522 339	466 308	18,5%
Áreas alagadas	229 809	223 845	164 096	73,3%
Áreas habitacionais	83 373	143 981	110 673	76,9%
Outras terras	212 764	147 342	57 856	39,3%

4) Província da Zambézia

A Zambézia também teve pouca diferença entre a área ajustada e área mapeada para as diferentes classes. A área ajustada de floresta foi de 3 670 967 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 326

373 ha, cerca de 143 mil ha inferior à área do mapa (Tabela 16). Esta diferença foi causada por áreas classificadas como floresta que na verdade eram pradarias e cultivos.

Tabela 1: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Zambézia.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	3 609 596	3 771 862	452 504	12,0%
Floresta	3 814 238	3 670 967	326 373	8,9%
Pradaria	1 918 756	1 824 928	414 714	22,7%
Áreas alagadas	724 600	787 774	250 674	31,8%
Áreas habitacionais	103 167	76 690	95 438	124,4%
Outras terras	129 016	167 151	111 191	66,5%

5) Província de Tete

A província de Tete teve pouca variação entre a área ajustada e a área mapeada para as diferentes classes. A área ajustada de floresta foi de 4 187 137 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 436 785 ha (Tabela 17).

Tabela 2: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Tete.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	2 249 330	2 061 624	385 620	18,7%
Floresta	3 954 875	4 187 137	436 785	10,4%
Pradaria	3 091 231	3 037 886	496 833	16,4%
Áreas alagadas	572 807	687 879	194 815	28,3%
Áreas habitacionais	63 546	35 303	21 881	62,0%
Outras terras	130 456	52 417	51 312	97,9%

6) Província de Sofala

A área ajustada de floresta da província de Sofala foi de 2 301 095 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 261 955 (Tabela 17), tendo sido 106 mil ha menor que a área mapeada. Esta província tem uma extensão significativa de áreas alagadas, com uma área ajustada de 1 173 555 ha, cerca de 17% da área da província. A área ajustada de cultivo foi 486 mil ha inferior à área mapeada, devido à confusão com pradaria.

Tabela 3: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Sofala.

Classes	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	1 205 592	719 287	229 392	31,9%
Floresta	2 407 460	2 301 095	261 955	11,4%
Pradaria	1 989 281	2 489 627	356 304	14,3%
Áreas alagadas	956 785	1 173 555	267 329	22,8%
Áreas habitacionais	31 944	23 958	15 652	65,3%
Outras terras	178 912	62 451	69 141	110,7%

7) Província de Manica

A província de Manica foi das que teve maior concordância entre a área mapeada e a área ajustada de floresta, com uma diferença de apenas 31 mil ha (2 718 512 ha e 2 749 489 ha, respectivamente). Para esta província as maiores discrepâncias ocorreram para as classes de cultivo e pradaria. A área ajustada de cultivo foi de 1 178 497 ha, 440 mil ha inferior à área no mapa (Tabela 19). No sentido inverso, a área ajustada de pradaria foi de 2 071 773 ha, 416 mil ha acima da área mapeada.

Tabela 19: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Manica

Classe	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	1 618 522	1 178 497	326 144	27,7%
Floresta	2 718 512	2 749 489	317 433	11,5%
Pradaria	1 655 145	2 071 773	372 729	18,0%
Áreas alagadas	117 958	133 248	115 694	86,8%
Áreas habitacionais	29 486	29 486	-	0,0%
Outras terras	88 766	65 897	52 595	79,8%

8) Província de Inhambane

Para a província de Inhambane a área ajustada de floresta foi de 3 297 727 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 311 788 ha, que corresponde a uma redução de pouco mais de 400 mil ha em relação à área mapeada (Tabela 20). A área ajustada de cultivo também foi inferior à área no mapa, em 457 mil ha, enquanto a área ajustada de pradaria foi 485 mil ha superior à área mapeada. Neste caso, o que aconteceu foi que muitas áreas mapeadas como floresta eram na verdade pradarias arbóreas, e por outro lado muitas áreas mapeadas como cultivo eram floresta ou pradarias arbóreas.

Tabela 4: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Inhambane.

Classe	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC	% erro
Cultivo	1 535 721	1 078 015	249 808	23,2%
Floresta	3 709 334	3 297 727	311 788	9,5%
Pradaria	1 070 299	1 555 793	326 080	21,0%
Áreas alagadas	354 513	909 269	180 366	19,8%
Áreas habitacionais	26 396	10 558	12 672	120,0%
Outras terras	178 962	23 862	31 867	133,5%

9) Província de Gaza

Para a província de Gaza a situação foi inversa, pois a área ajustada foi 4 097 274 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 380 973 ha, sendo superior à área no mapa em quase 1 milhão de hectares (Tabela 21). Neste caso, o que aconteceu foi ter-se verificado que muitas áreas que no mapa estavam como pradarias arbóreas eram na verdade floresta. Para além disso, muitas áreas que no mapa estavam como cultivo, na verdade eram pradarias ou florestas, o que também levou à redução da área de cultivo de 1 503 876 ha no mapa para 703 554 ha quando ajustada.

Tabela 21: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Gaza.

Classe	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	1 503 876	703 554	233 422	33,2%
Floresta	3 123 784	4 097 274	380 973	9,3%
Pradaria	2 317 573	2 342 898	403 231	17,2%
Áreas alagadas	287 945	258 868	153 989	59,5%
Áreas habitacionais	68 017	30 230	23 420	77,5%
Outras terras	234 544	102 915	105 787	102,8%

10) Província de Maputo

Finalmente para a província de Maputo a área ajustada de floresta foi de 518 636 ha, com um intervalo de confiança a 95% de 149 185 ha (Tabela 22). Esta área foi cerca de 77 mil ha superior à área mapeada de floresta, devido a áreas que no mapa estavam como pradaria, mas que na verdade eram floresta. Por outro lado, a área ajustada de cultivo foi 205 mil ha inferior à área mapeada, em virtude de confusão com a classe de pradaria.

Tabela 5: Estimativas de áreas em hectares com intervalos de confiança de 95% para as classes a nível 1 da província de Maputo.

Classe	Área no mapa (ha)	Área ajustada (ha)	IC (ha)	% erro
Cultivo	577 193	372 561	179 351	48,1%
Floresta	441 920	518 636	149 185	28,8%
Pradaria	915 589	946 758	255 087	26,9%
Áreas alagadas	194 923	423 267	194 457	45,9%
Áreas habitacionais	105 982	89 585	55 961	62,5%
Outras terras	123 352	8 152	15 979	196,0%

Draft

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de imagens sentinel-2 da época húmida e seca permitiram gerar o mapa de CF-2016 com estatísticas satisfatórias de $65,2\% \pm 1,7\%$ (intervalo de confiança de 95%), e que a classe de floresta foi a que teve a maior precisão de classificação, com 81,8% e 81,6%. Este mapa mostra a situação actual das florestas no país e pode servir como um documento cartográfico importante na tomada de decisão na gestão e monitoramento florestal.

As florestas ocupam cerca de 41% (32 605 613 ha) do território nacional, 19% de cultivo (15 153 019 ha), 28% de pradaria (21 745 815 ha), 10% de áreas alagadas (77 026 19 ha), 1% de Áreas habitacionais (487 545 ha) e 1% de outras terras (963 552 ha), totalizando uma área ajustada de 78 658 163 ha em todo território nacional.

As classes de CF do nível 3 são: cultivo arbóreo (1.8%), campos agrícolas (18%), plantação florestal (0.06%), pradaria (1.66%), pradaria arborea (28.40%), áreas herbáceas permanentemente ou temporariamente inundada (7.64%), corpo de água (1.8%), Áreas habitacionais (0.66%), solo exposto (0.46%), rocha sem vegetação (0.37%), mangal (0.36%), mecrusse (0.61%), floresta sempre verde de montanha (0.23%), floresta semi-sempre verde fechada (3.62%), floresta semi-sempre verde aberta (1.12%), floresta semi-decídua fechada (10.93%), floresta semi-decídua aberta (16%) e mopane (6%).

Embora a classificação da vegetação tenha sofrido modificações, algumas classes foram mantidas apenas existindo diferença na nomenclatura, por exemplo mata de cimbirre para mecrusse. Desde a aplicação do sistema de classificação da FAO (LCCS), as classes dos mapas têm-se mostrado consistente quanto a categorização e nomenclatura. Por outro lado, com o avanço tecnológico as classes foram se expandido até ao nível 3 pela facilidade de interpretação de imagens satélites comparativamente com estudos feitos no passado (1957, 1967 e 1980).

6. REFERÊNCIAS

- Bila, Jacob Miguel and Nazaré Mabjaia. 2012. "Crescimento e Fitossociologia de Uma Floresta Com Colophospermum Mopane, Em Mabalane, Província de Gaza, Moçambique." *Pesquisa Florestal Brasileira* 32(72):421–27.
- Bila, Jacob Miguel, Carlos Roberto Sanquetta, Ana Paula, Dalla Corte, Lucas José, and Mazzei De Freitas. 2018. "Distribuição Diamétrica e Principais Espécies Arbóreas Presentes Nos Ecossistemas de Miombo, Mopane e Mecrusse Em Moçambique."
- Cochran, William G. 2007. *Sampling Techniques*. John Wiley & Sons.
- ESA. 2017. *S2 Prototype LC 20m Map of Africa 2016*.
- GMV. 2016. *Generation of a Sentinel 2A Mosaic Suitable for LULC Classification Purposes over Mozambique*.
- Gomes e Sousa, António de Figueiredo. 1957. "Dendrologia de Moçambique." *Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique* 2(1):822.
- Lamprecht, H. 1990. "Silvicultura Nos Tropicis: Ecossistemas Florestais e Respective Especies Arboreas; Possibilidades e Metodos de Aproveitamento Sustentado." 343.
- Macamo, C. and A. Siteo. 2017. *Relatório de Governação Ambiental 2016 - Governação e Gestão de Mangais Em Moçambique*. Maputo.
- Malleux, J. 1980. *Inventário Dos Recursos Florestais Da República Popular de Moçambique*. Roma.
- Marzoli, António. 2007. "Inventário Florestal Nacional -Avaliação Integrada Das Florestas de Moçambique." 98.
- MASA. 2015. "Anuário de Estatísticas Agrárias 2015." 66.
- MITADER. 2016. *Estratégia Nacional Para a Redução de Emissões de Desmatamento e Degradação Florestal, Conservação de Florestas e Aumento de Reservas de Carbono Através de Florestas (REDD+) 2016-2030*. Moçambique.
- MITADER. 2018a. *Desmatamento Em Moçambique (2003-2016)*.
- MITADER. 2018b. *Inventário Florestal Nacional*. Moçambique.
- Nhantumbo. 2012. *Âmbito e Escala Do REDD+: Opções Para Moçambique*. Instituto Internacional Para o Ambiente e Desenvolvimento.
- Olofsson, Pontus, Giles M. Foody, Martin Herold, Stephen V. Stehman, Curtis E. Woodcock, and Michael A. Wulder. 2014. "Good Practices for Estimating Area and Assessing Accuracy of Land Change." *Remote Sensing of Environment* 148(22-February-2014):42–57.
- Ribeiro, D. e Nhabanga, E. 2009. *Levantamento Preliminar de Problemática Das Florestas de Cabo Delgado*. Mocambique.
- Ribeiro, N., A. A. Siteo, B. S. Guedes, and C. Staiss. 2002. "Manual de Silvicultura Tropical." *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de S* 35(4):130.
- Saket, M. 1994. *Relatório Sobre a Atualização Do Inventário Florestal Exploratório Nacional*. Mozambique: Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural.

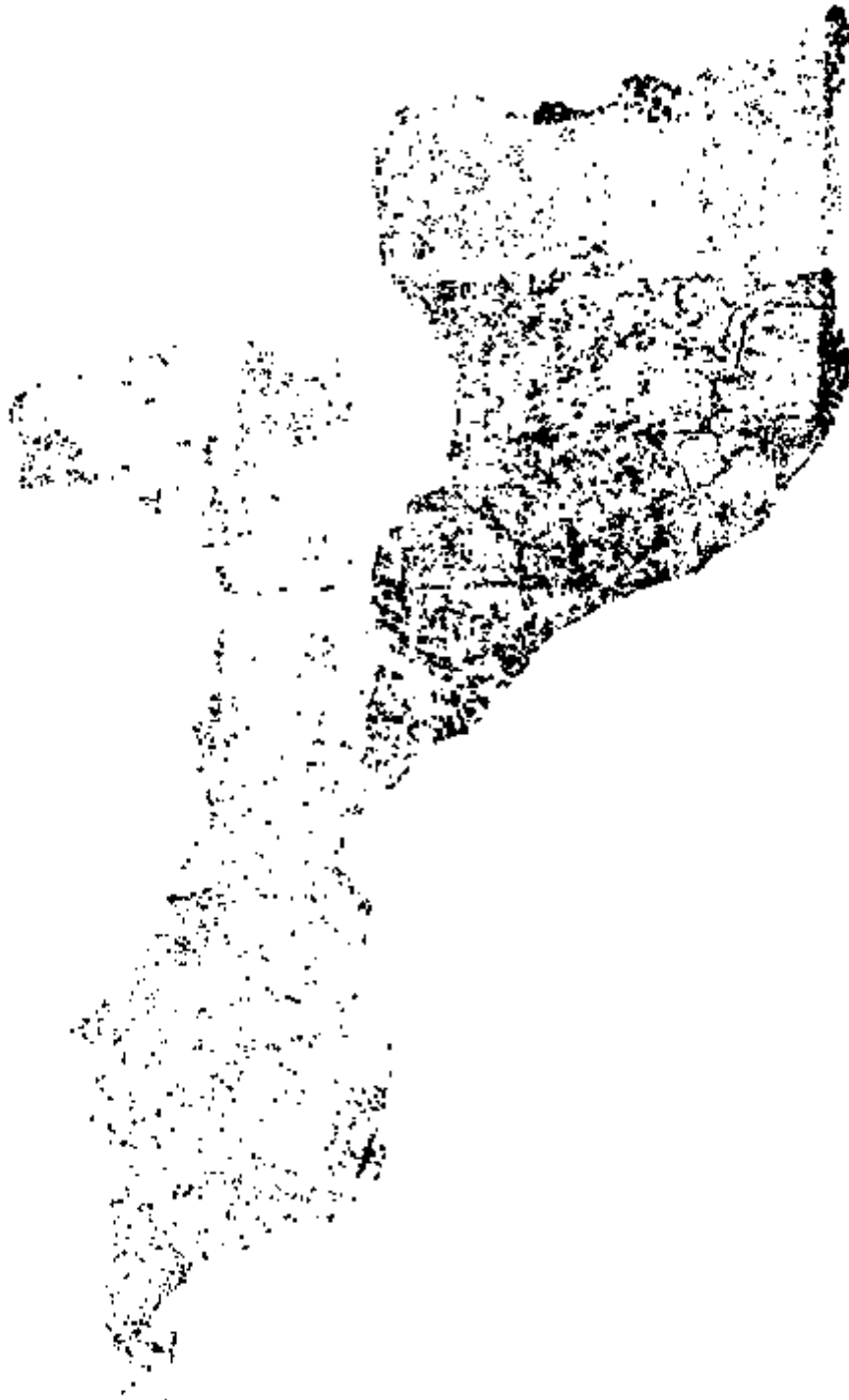
- Sitoe, A. A. 2003. *Bases Ecológicas Para Agronomia e Silvicultura*. 3rd ed. Maputo: UEM.
- Sitoe, A., B. Guedes, and I. Nhantumbo. 2013. *Linha de Referência, Monitoria, Relatório e Verificação Para o REDD+ Em Moçambique*. edited by I. I. for E. and Development. Londres.
- Wild, H. and Grandvaux L. A. Barbosa. 1967. *Vegetation Map of the Flora Zambesiaca Area*. Salisbury, Rhodesia: Collins.
- Ye, Su, Robert Gilmore Pontius, and Rahul Rakshit. 2018. "A Review of Accuracy Assessment for Object-Based Image Analysis: From per-Pixel to per-Polygon Approaches." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.

Draft

7. ANEXOS

Draft

Anexo 1: Distribuição geográfica de todos polígonos da base de dados de amostras de treino para o mapa de cobertura florestal 2016.



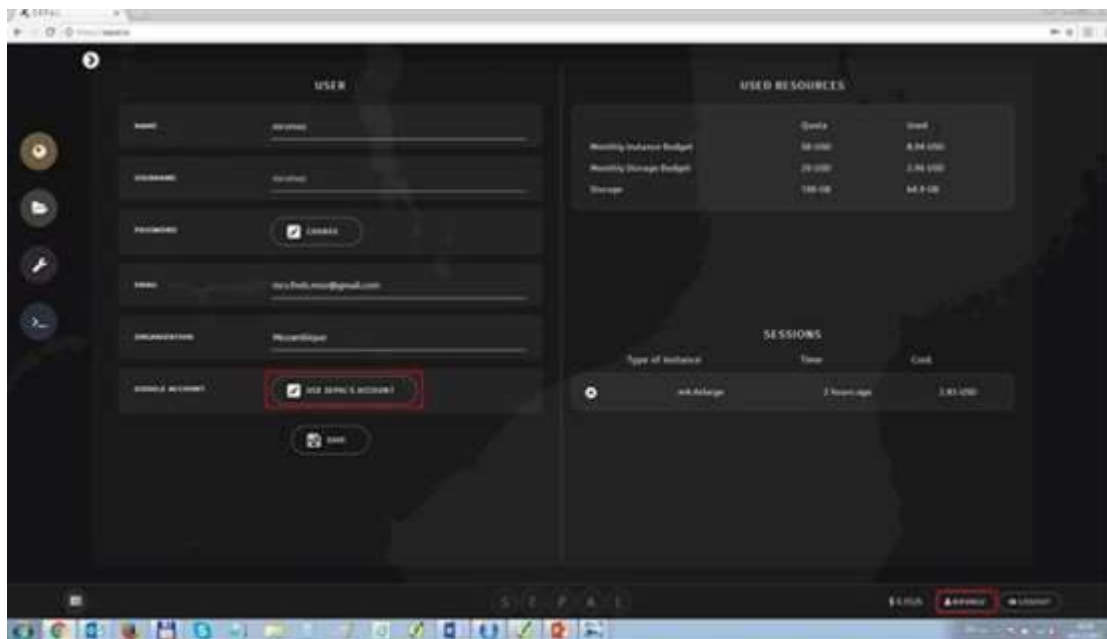
Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Classes	Número	Área mínima	Área média	Área máxima	Total
Campos agrícolas	4353	0,1	3,47	97,84	15 123
Cultivos arbóreos	803	0,1	1,69	14,44	1 356
Plantação florestal	323	0,1	3,88	99,4	1 252
Floresta densa decídua	1847	0,1	12,51	99,52	23 103
Floresta densa sempre-verde	7580	0,1	3,48	99,76	26 400
Pradaria	1201	0,1	2,6	75,44	3 120
Pradaria arbórea	2737	0,1	9,21	99,24	25 216
Floresta aberta decídua	3908	0,1	6,02	99,32	23 544
Floresta aberta sempre-verde	2097	0,1	2,26	96,42	4 734
Vegetação herbácea inundada	3010	0,1	4,63	99,16	13 936
Áreas habitacionais	1209	0,1	0,7	38,08	843
Rochas sem vegetação	959	0,1	2,94	89,44	2 815
Solos nus	3360	0,1	1,62	83,4	5 429
Corpos de água	2379	0,1	9,33	99,52	22 193

Anexo 2: Procedimento de geração de mosaicos no SEPAL

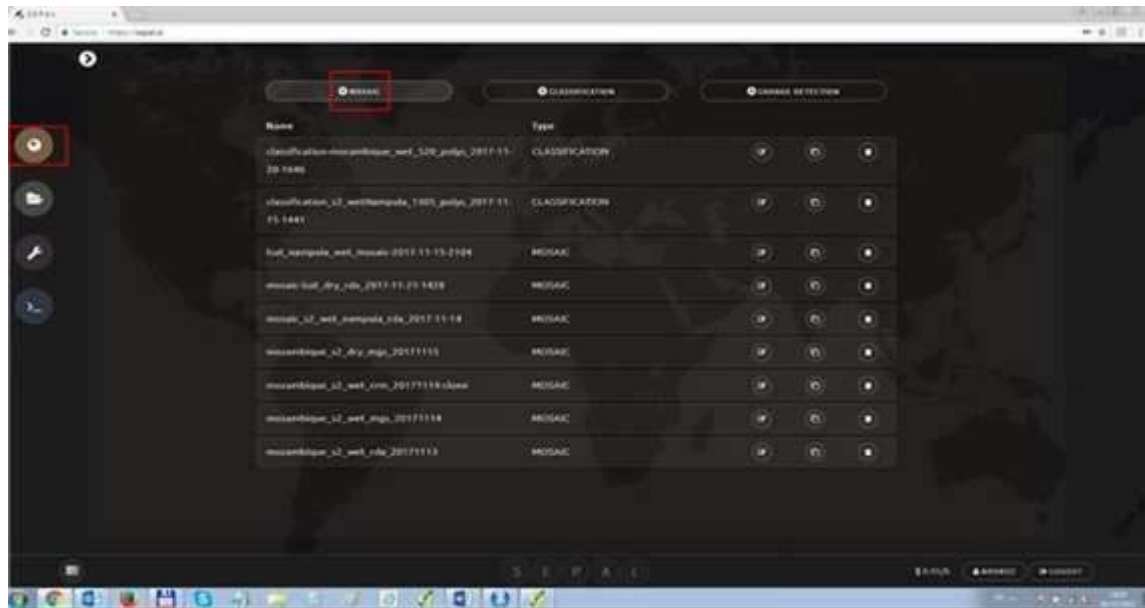
Para gerar um mosaico com imagens de Sentinel-2 ou Landsat devem ser seguidos os seguintes passos:

Passo 1: Uma vez feito o login, vá às definições pessoais (no canto direito “utilizador”) e garanta que a conta Google utiliza a sua própria conta autorizada para o uso de Google GEE-API: isto permitirá exportar os seus produtos para o seu próprio drive. Se não tiver uma conta de Google Earth Engine, pode utilizar a conta default do SEPAL (“USE SEPAL’S ACCOUNT”) mas isso não permitirá exportar produtos grandes.

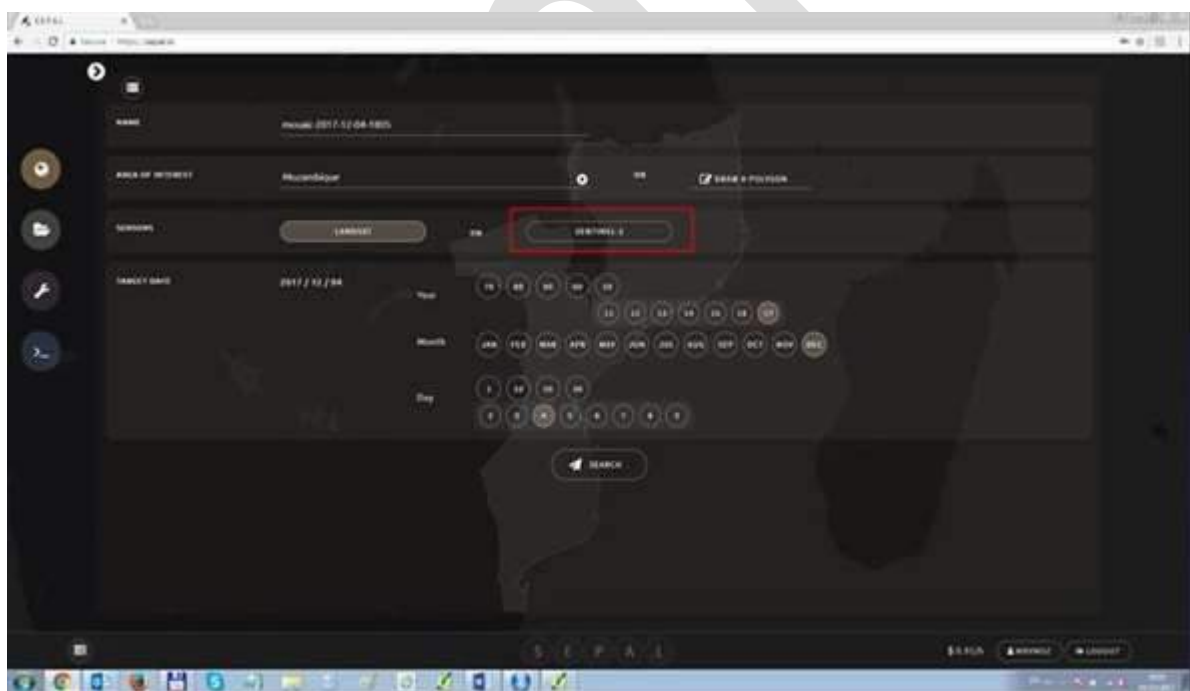


Passo 2: Vá ao “Search” (primeiro ícone no painel esquerdo) e escolha *MOSAIC*. Também pode ver uma lista de receitas gravadas para mosaicos e classificações nessa secção.

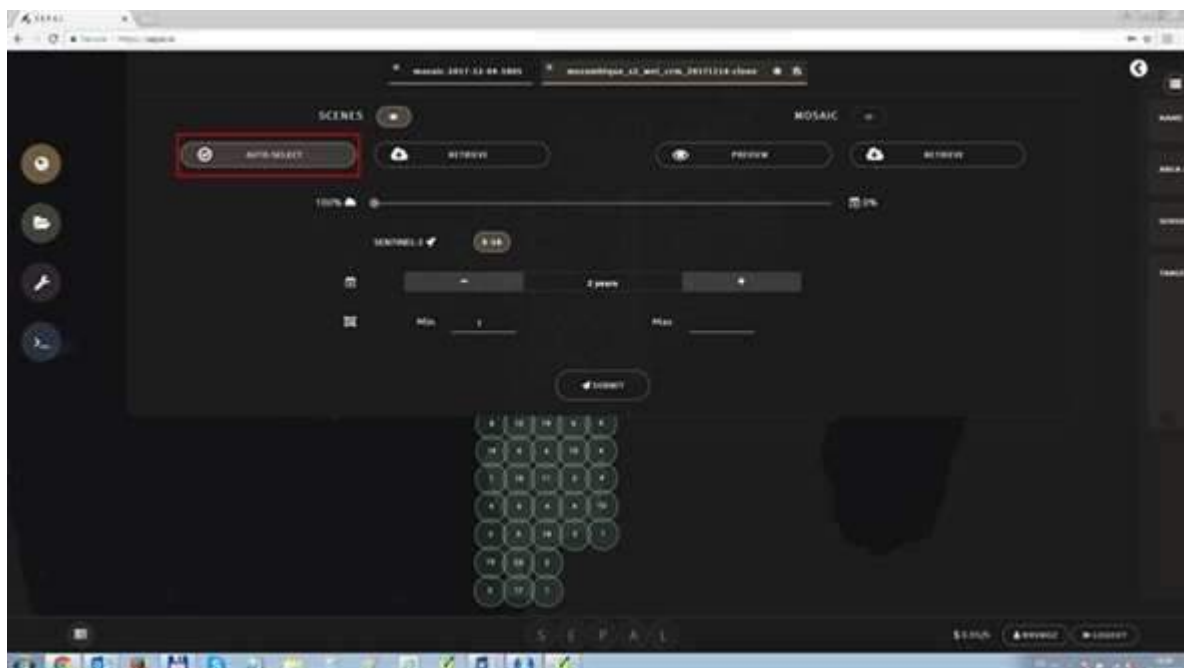
Mapa de Cobertura Florestal - 2016



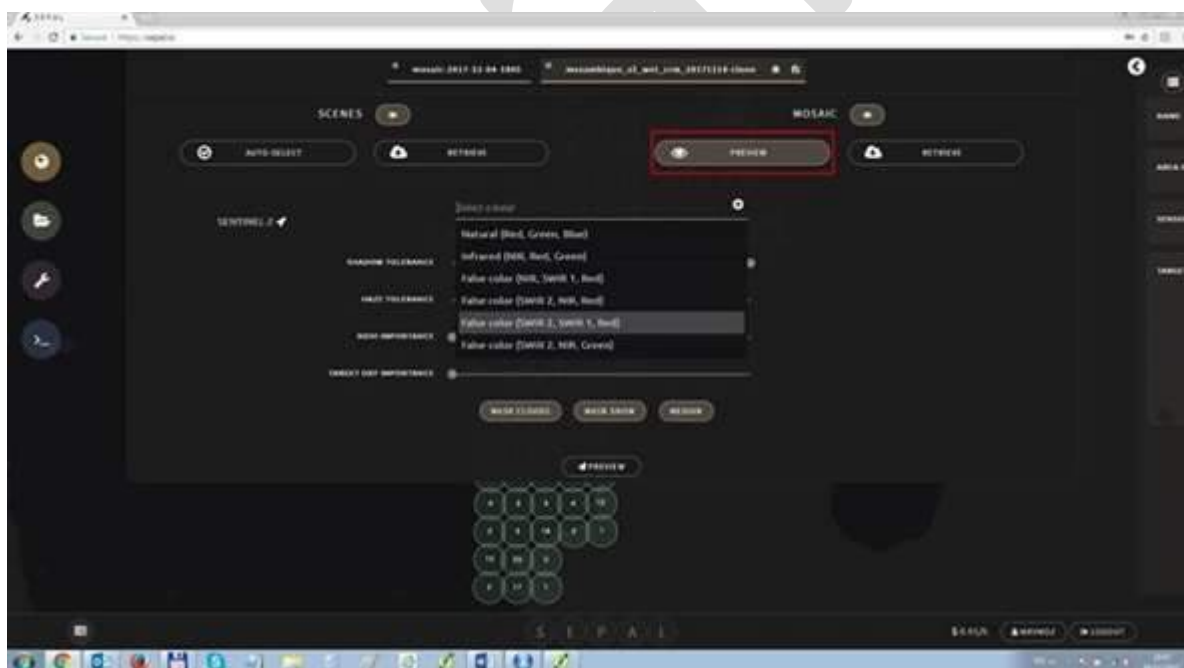
Passo 3: Escolha a sua área de interesse (quer seja um país, com um buffer de 10 km ou um polígono desenhado manualmente). Selecione o sensor que lhe interessa (Landsat ou Sentinel) e escolha a data (ano, mês, dia).



Passo 4: A primeira coisa que vai ver é uma lista vazia das cenas que cobrem a área de estudo: clique em *AUTO-SELECT* e *SUBMIT* sem modificar os parâmetros. Estes podem ser ajustados mais tarde.



Passo 5: vai poder ver uma lista das cenas disponíveis para criar o compósito sobre a sua área de estudo. Clique em PREVIEW para visualizar a qualidade do mosaico e escolher uma combinação de bandas da sua preferência.

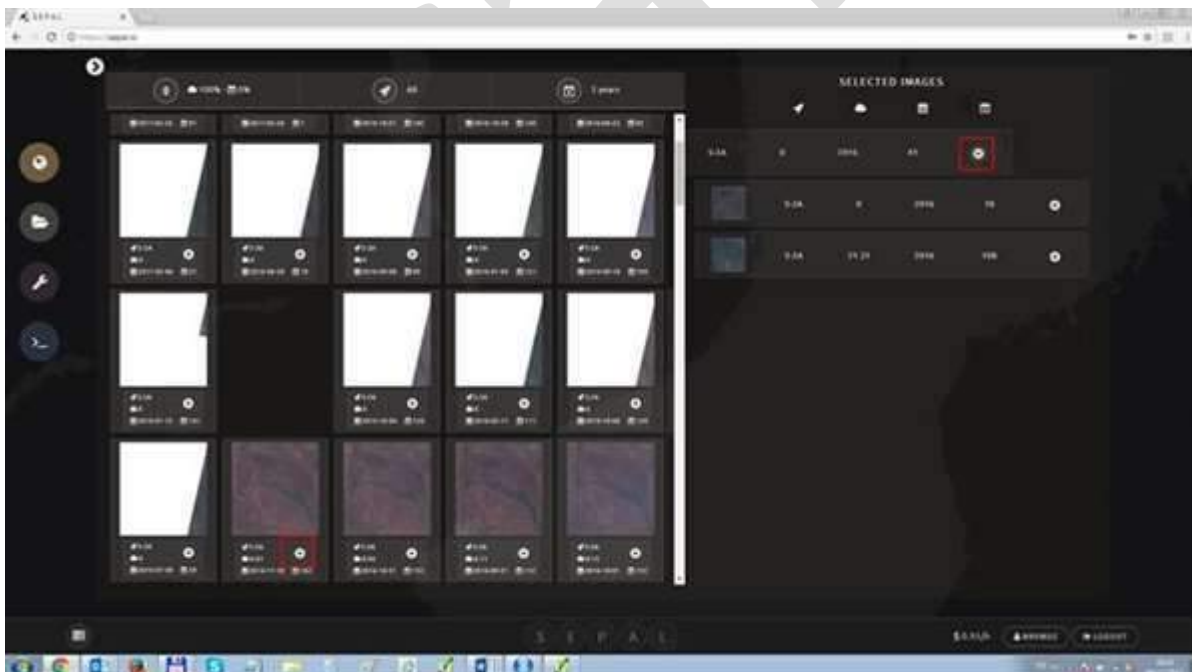


Passo 6: Dependendo da sua ligação, o mosaico poderá levar algum tempo para carregar. Depois de ter carregado o mosaico, pode seleccionar os grânulos específicos que deseja melhorar. Clique no grânulo desejada.

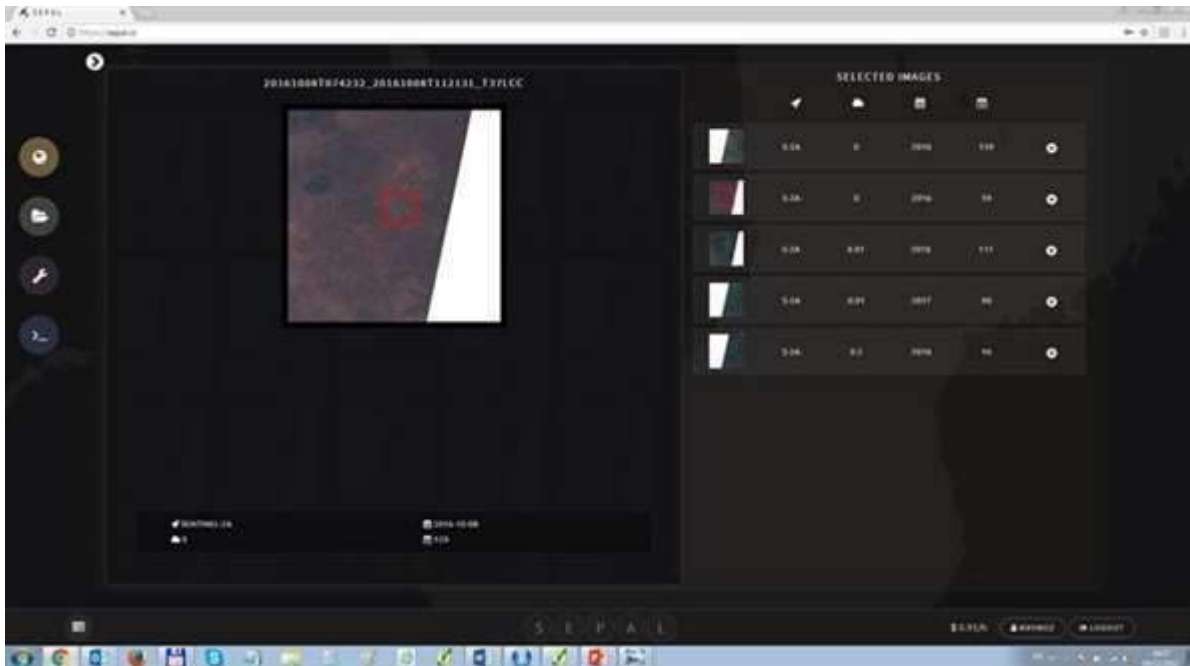
Mapa de Cobertura Florestal - 2016



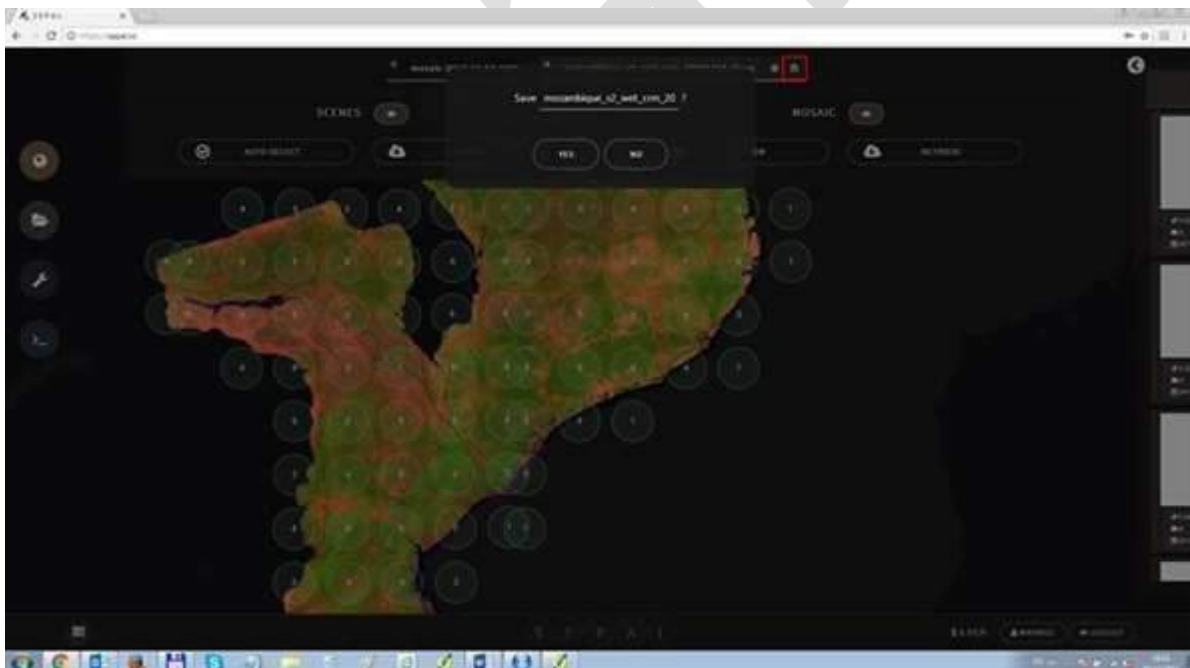
Passo 7: Terá acesso à lista completa de cenas disponíveis para os parâmetros que escolheu. Pode adicionar uma cena ao mosaico (clcando no + para cada cena) ou regressar ao mosaico (clcando no x na lista seleccionada à direita).



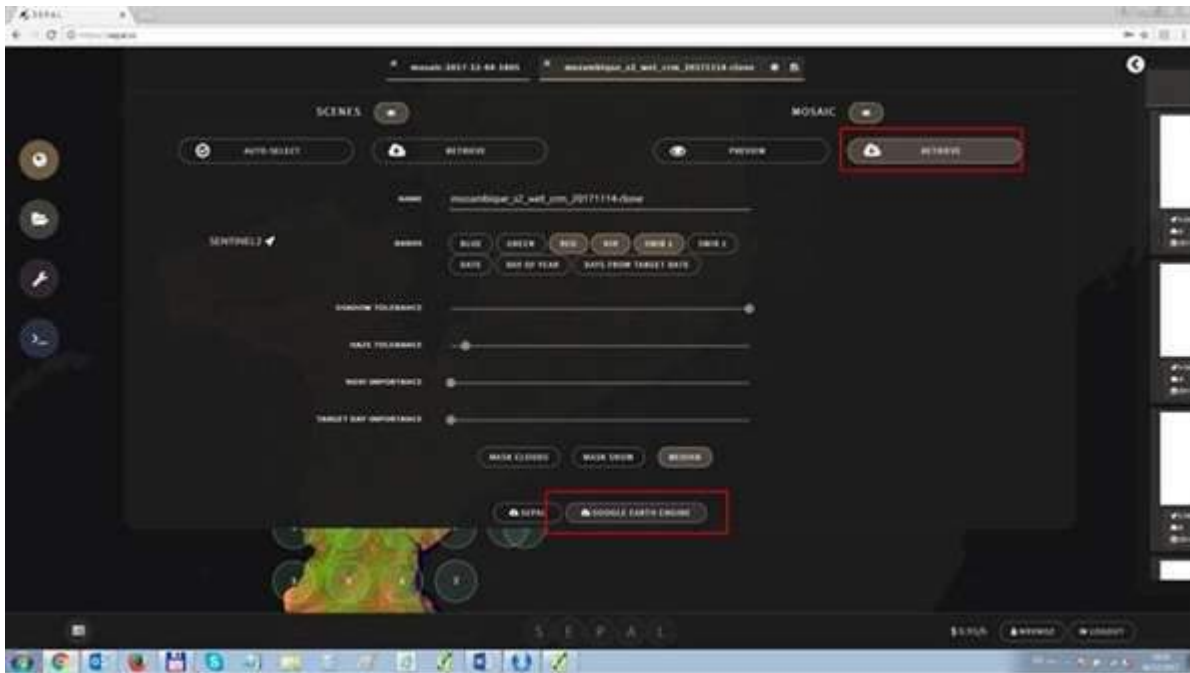
Passo 8: Se quiser avaliar a qualidade de uma cena, pode aumentar o tamanho clicando na imagem dessa cena. Clique de novo na imagem para regressar à lista.



Passo 9: Quando estiver satisfeito com o seu mosaico, pode gravar essa combinação de cenas como uma receita clicando no botão do canto superior direito. Poderá aceder novamente ao seu mosaico com os parâmetros gravados.



Passo 10: Agora pode finalmente obter o seu mosaico: se é de uma área grande é preferível exportar como um asset (tem 250 GB disponíveis para gravar dados como assets).



Abaixo poderá encontrar uma breve descrição dos parâmetros ajustáveis.

Mosaicos

<i>Shadow tolerance</i> (Tolerância de sombras)	Baixe este valor para remover os pixels escuros
<i>Haze tolerance</i> (Tolerância a neblina)	Baixe este valor para remover pixels com neblina
<i>NDVI importance</i> (Importância do NDVI)	Aumente este valor para remover pixels com NDVI baixo
<i>Target day importance</i> (Importância do dia alvo)	Increasing it removes pixels further from the target day

Estes filtros são aplicados na ordem em que estão listados. Por exemplo, se a tolerância à neblina for definida como 0, apenas haverá um único pixel, o que tem menos neblina. Nesse caso, NDVI e importância do dia alvo não terão nenhum impacto.

Mascarar neve (<i>Mask snow</i>)	Mascara a neve
Mascarar nuvens (<i>Mask clouds</i>)	Se uma área só tiver nuvens, activando esta opção irá excluir essa área. Esta opção pode remover alguns edifícios e desertos. Apenas disponível para Sentinel-2, onde a máscara de nuvens é menos precisa.
Correcção BRDF (<i>BRDF correction</i>)	Aplicar correcção BRDF ao mosaico. Isto irá tornar mais lenta a criação do mosaico. Apenas disponível para Landsat.
Mediana (<i>Median</i>)	Cria um compósito da mediana. Se for desactivado é utilizado o pixel com o valor mais próximo da mediana.
Baixar para o Sepal (<i>Retrieve to Sepal</i>)	Baixe o mosaico para o Sepal

Baixar para o Google Earth Engine (<i>Retrieve to Google Earth Engine</i>)	Exporta o mosaico como um <i>asset</i> do <i>Google Earth Engine</i> , Apenas disponível se estiver a utilizar uma conta pessoal da Google,
--	---

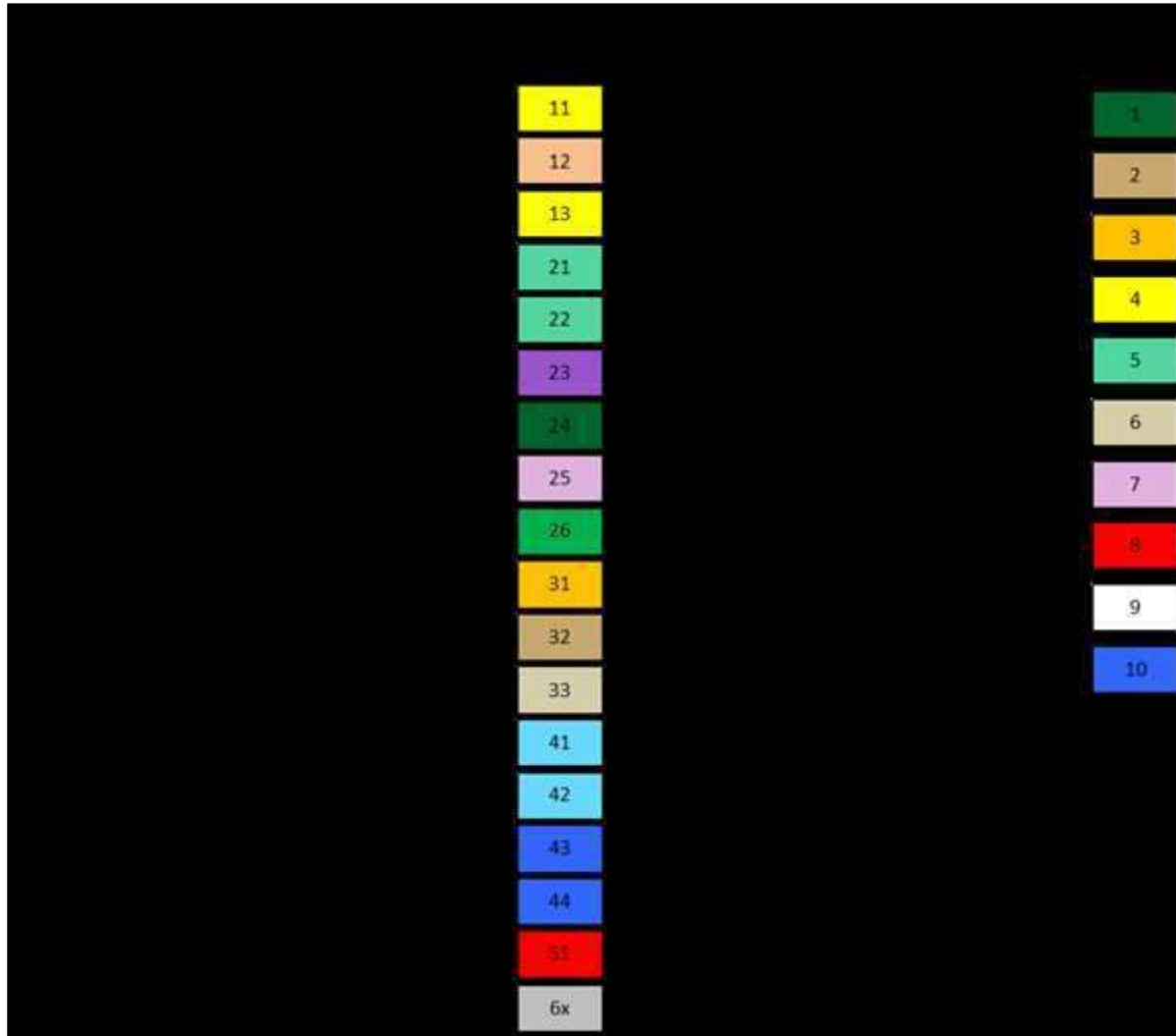
A forma mais eficaz de criar um mosaico é ter tolerância máxima, importância mínima, não aplicar correção BRDF e fazer um compósito da mediana, utilizando o mínimo de cenas possíveis. Cada mudança a estes parâmetros irá aumentar o tempo de processamento.

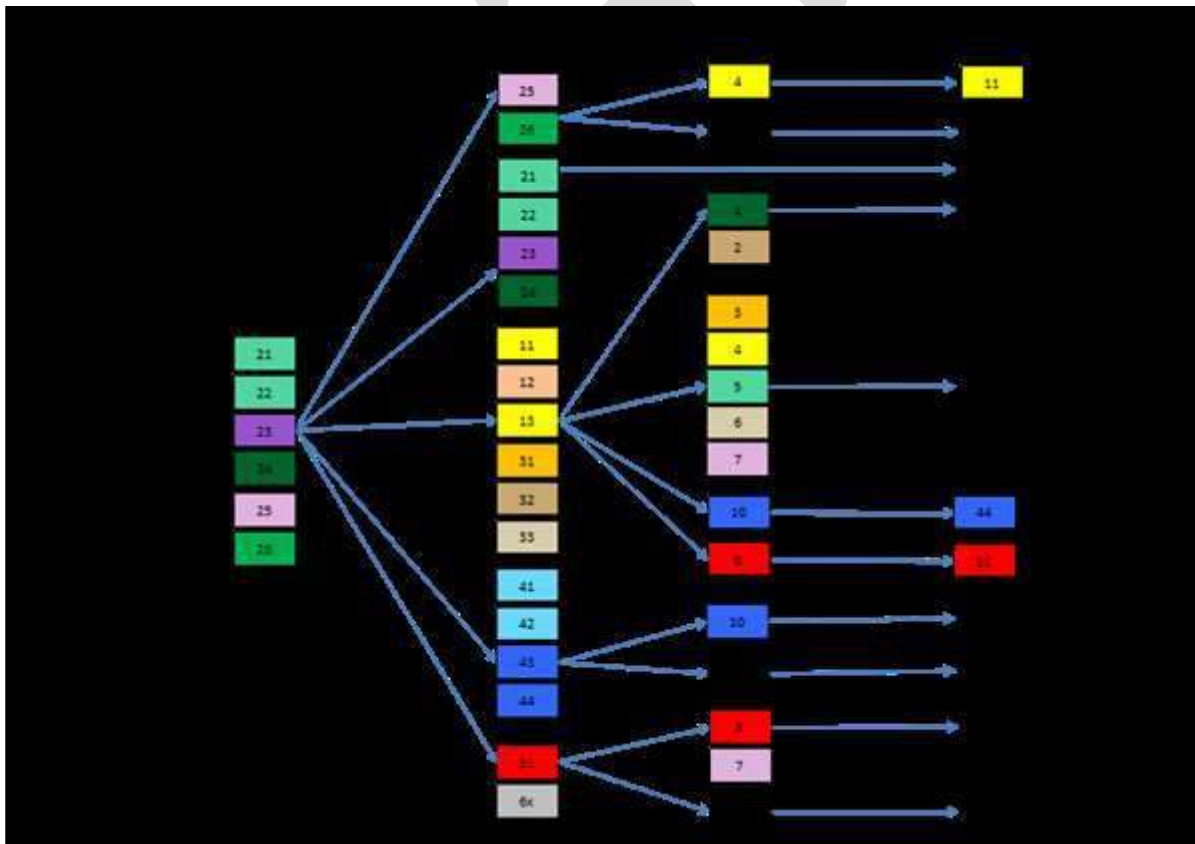
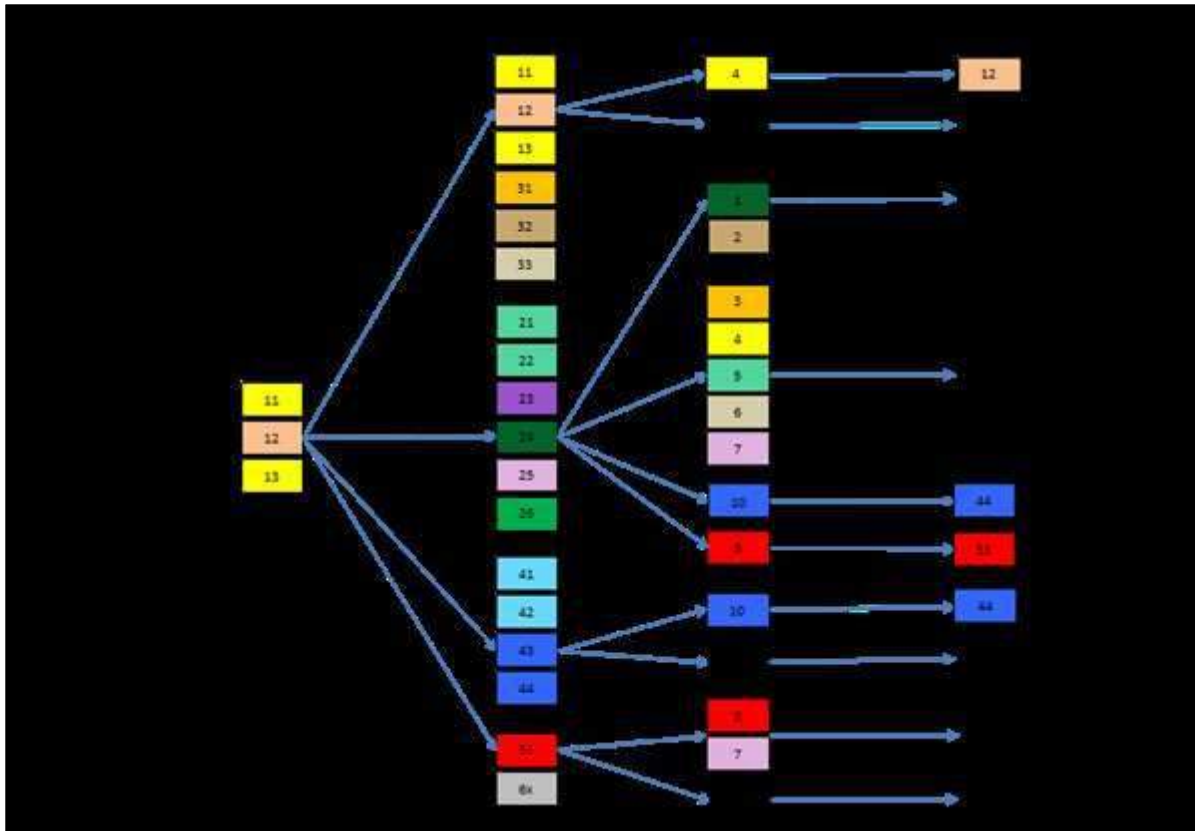
Classificação

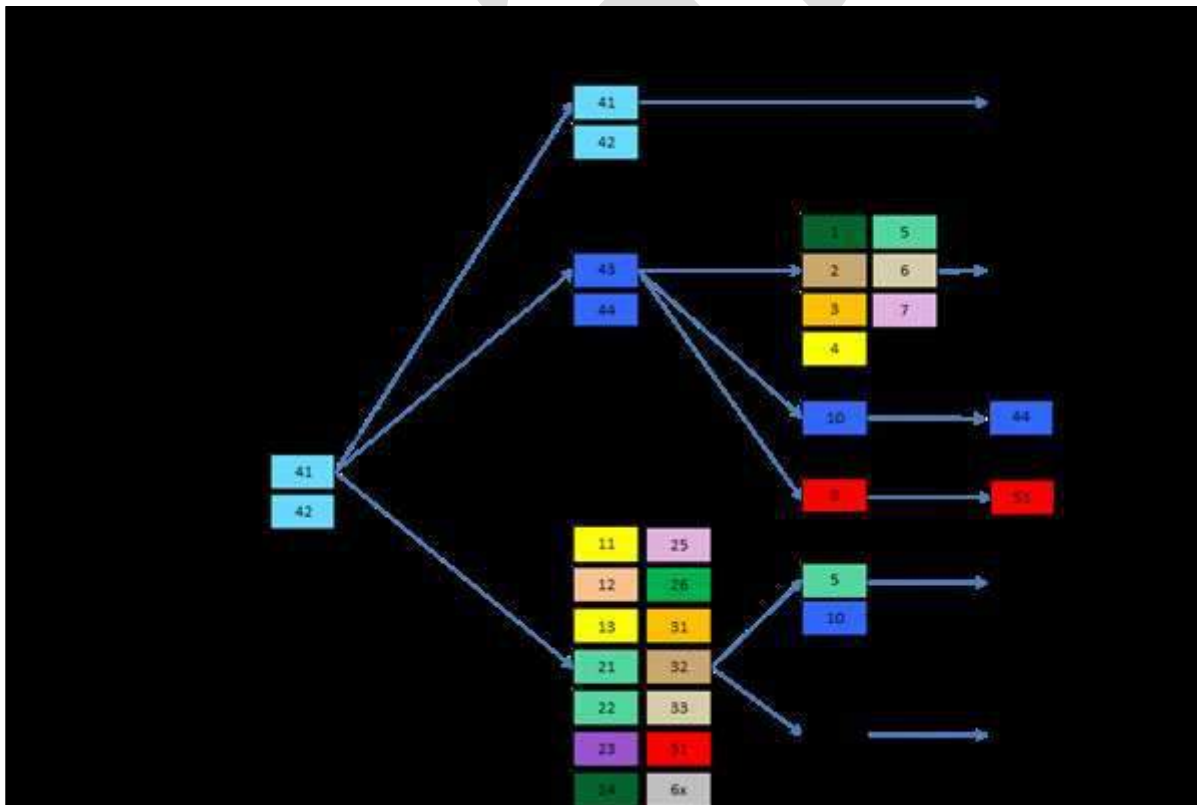
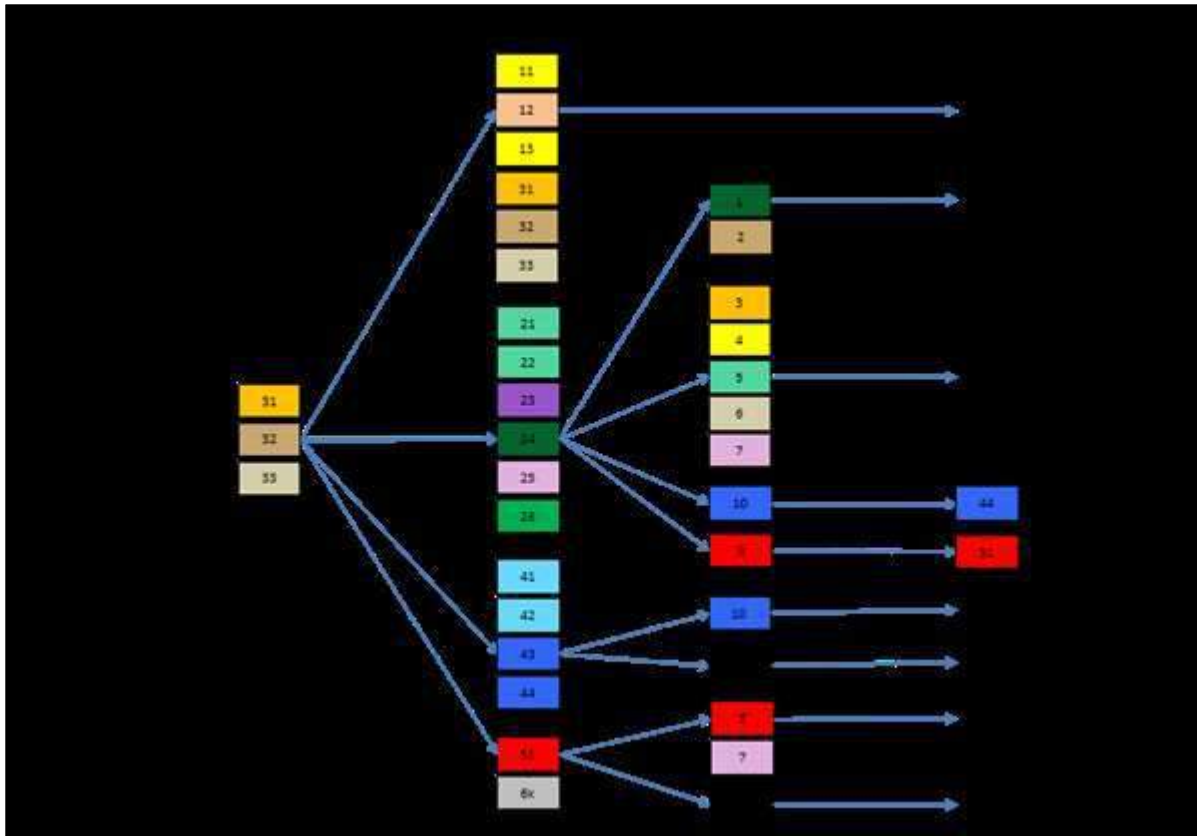
Input recipe	Escolher a receita Sepal gravada para classificar.
GEE asset ID	Indicar o ID do <i>Google asset</i> para classificar.
Fusion table ID	Indicar o ID da <i>Fusion table</i> com os dados de treino.
Class column	A coluna da <i>Fusion table</i> com as classes
Preview	Visualização prévia da classificação
Export to Sepal	Baixar a classificação para o Sepal.
Export to Earth Engine	Exportar a classificação como um <i>asset</i> do Google Earth Engine. Apenas disponível se estiver a utilizar um conta pessoal da Google.

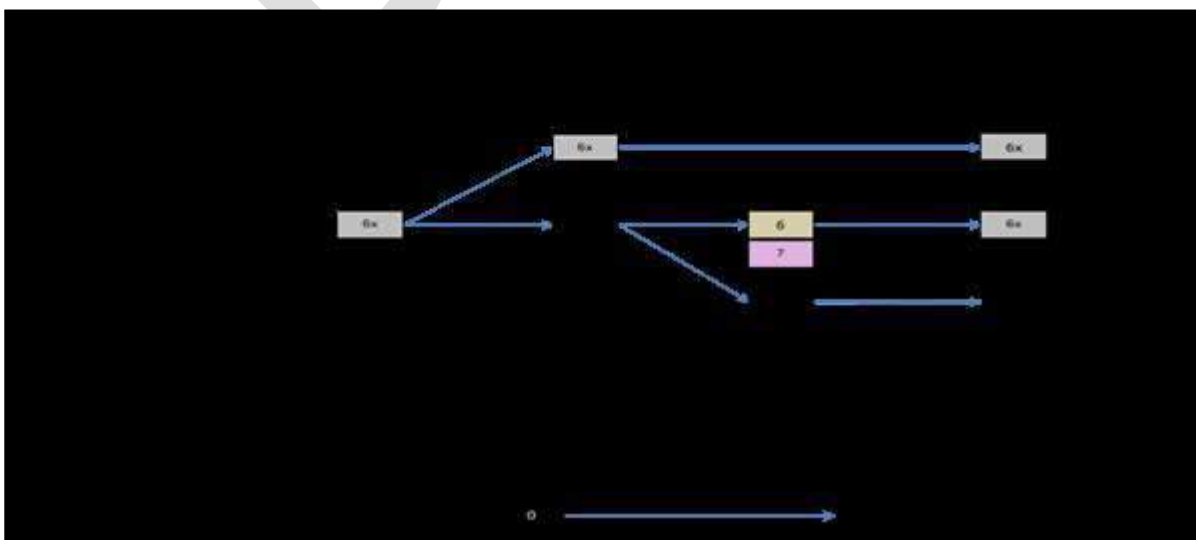
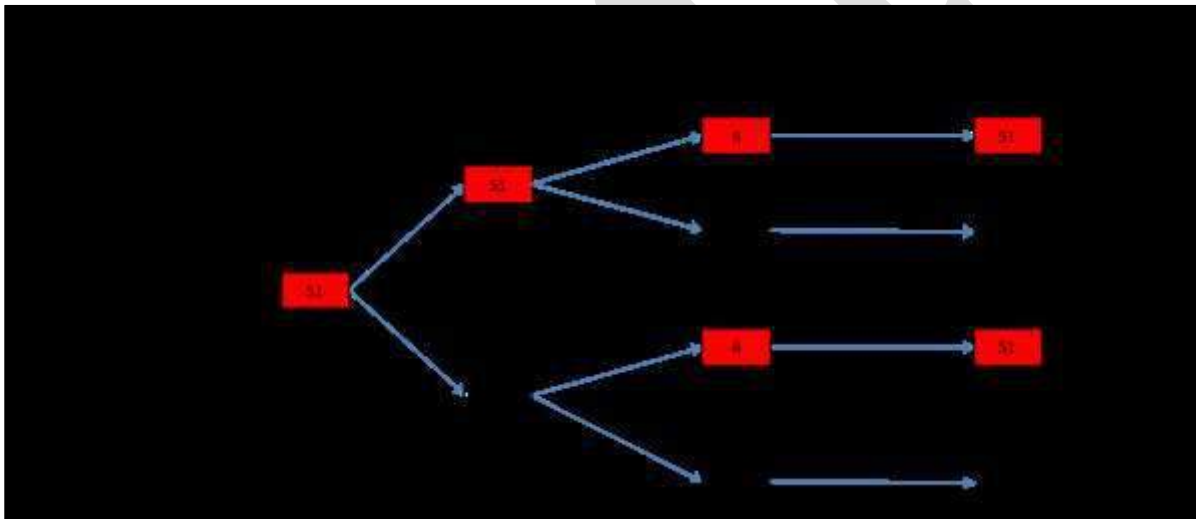
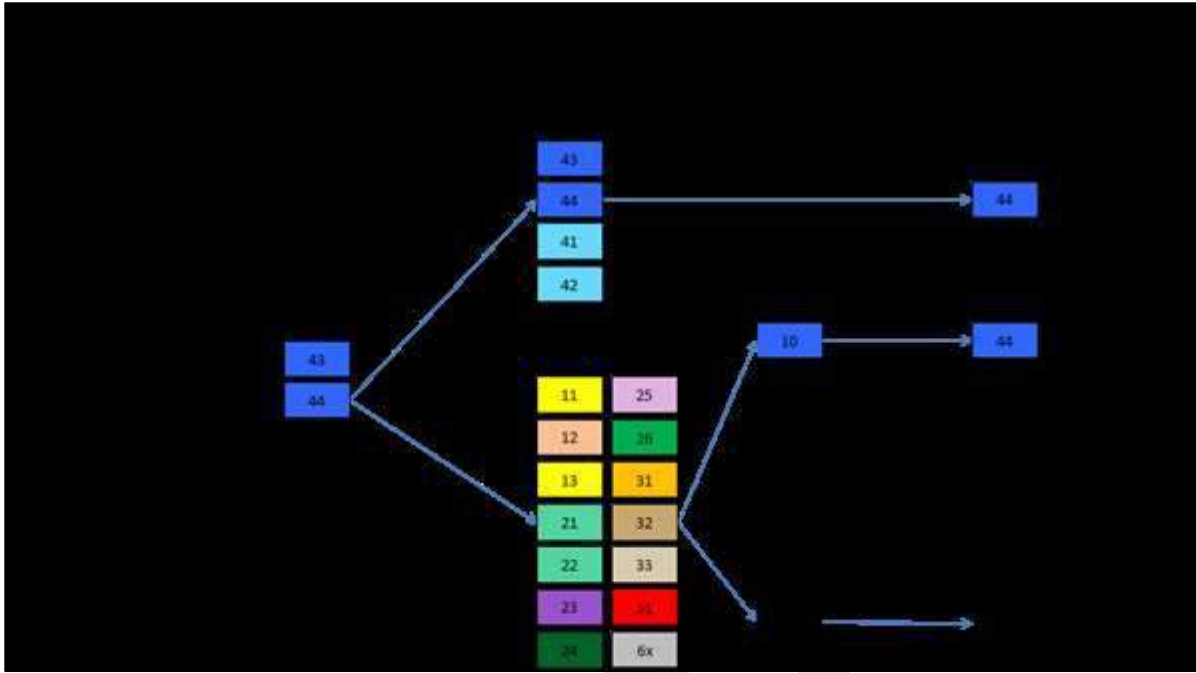
Anexo 3: Árvore de decisão

A árvore foi dividida pelas várias ramificações por razões de visibilidade. Os códigos para cada produto e as regras de decisão para cada ramificação estão descritas abaixo.














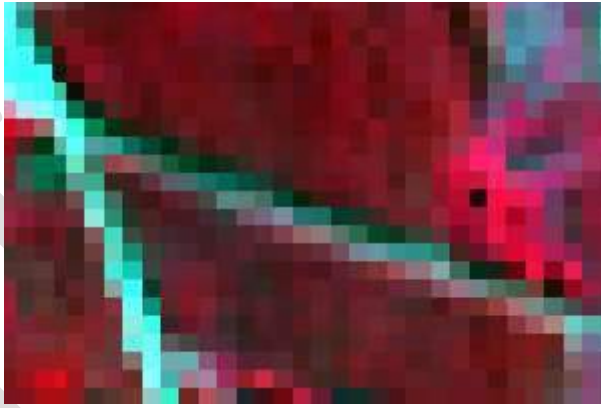





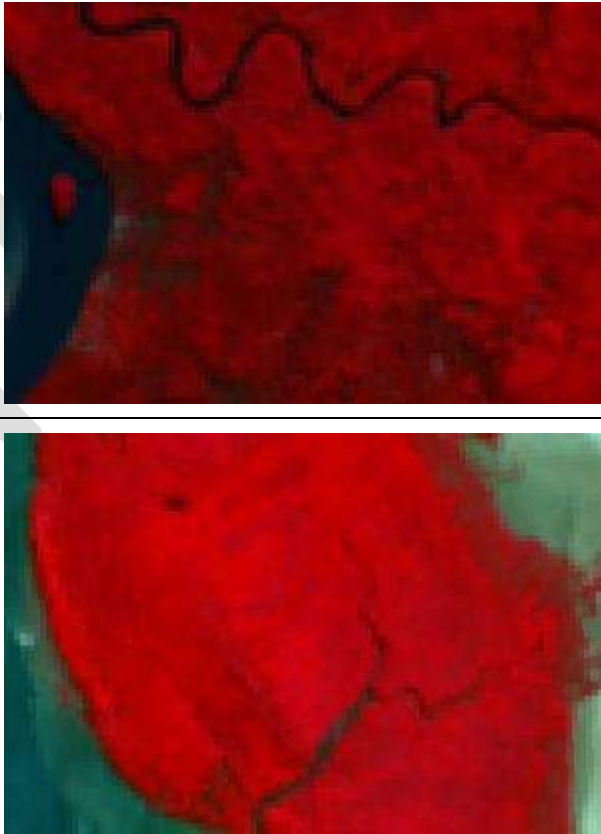



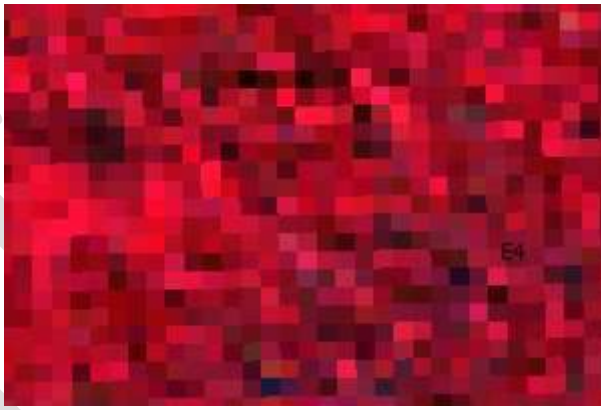


Anexo 4: Exemplos visuais das classes de uso e cobertura de terra




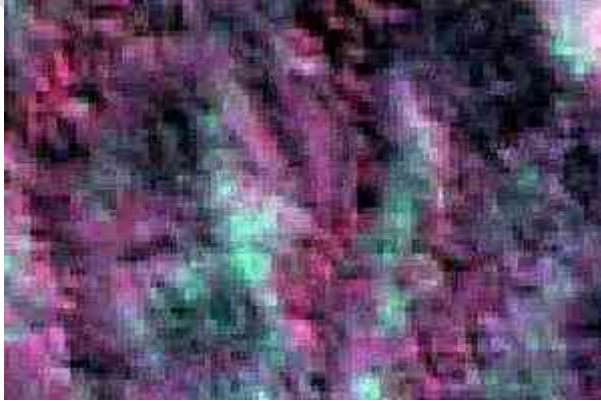
Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Cultivos arbóreos</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos arbóreos agrícolas (p.e., coqueiros, mangueiras, macadâmia, cajueiros, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$.</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Cultivo não-arbóreo</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por cultivos agrícolas não arbóreos (p.e., hortaliças, tubérculos, cereais, etc.) com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$</p>		
		


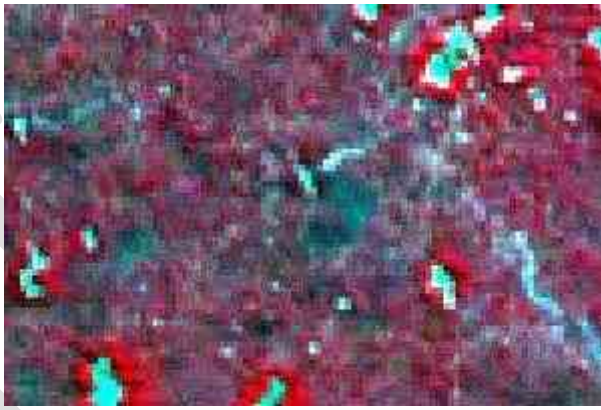

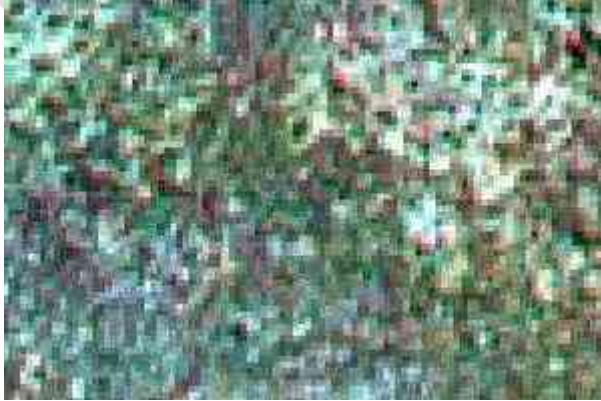
Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Plantação Florestal</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas exóticas (p.e., pinheiros e eucaliptos) com potencial para atingir pelo menos 3m de altura.</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Mangal</p> <p>Terra de transição entres os ambientes terrestre e marinho com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas sempre-verdes com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 30\%$.</p>		




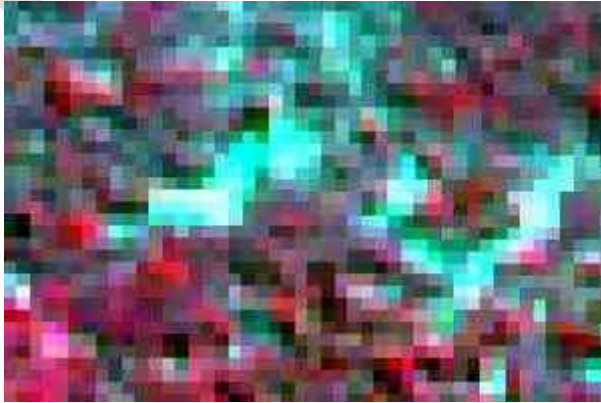
Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Floresta (semi-) sempreverde fechada</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Floresta de montanha</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha e altitude maior que 1000m, ou de declive acentuado, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Floresta densa decídua</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos (semi-)decíduos com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.</p>		
		




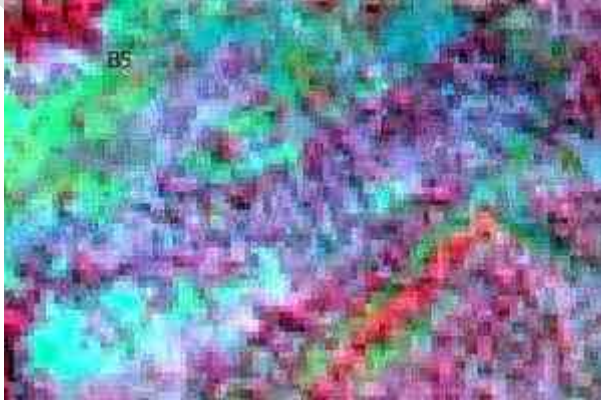
Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Floresta de Mopane</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos decíduos da espécie <i>Colophospermum mopane</i> com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de $\geq 65\%$.</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Mecrusse</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos sempre-verdes da espécie <i>Androstachys johnsonii</i></p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Floresta aberta sempre-verde</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha e altitude maior que 300m, contendo espécies florestais arbóreas nativas (semi-)sempre-verdes com pelos 3m de altura e uma cobertura de copa de < 65% e $\geq 30\%$.</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Floresta aberta decídua</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, apresentando a predominância de indivíduos arbóreos (semi-)decíduos com pelos menos 3m de altura e uma cobertura de copa de < 65% e ≥ 30%.</p>		
		


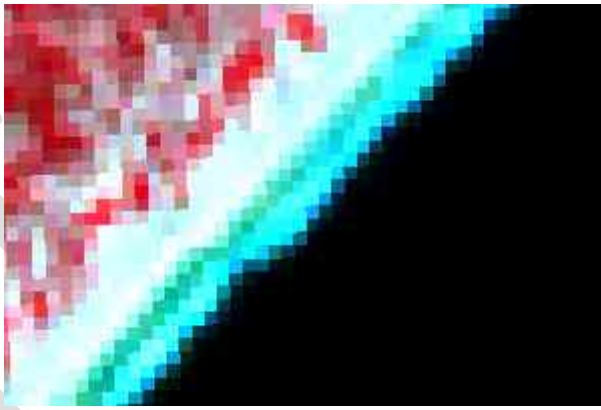


Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Pradaria</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por gramíneas com uma cobertura árvores ou arbustos $\leq 10\%$,</p>		
		





Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Pradaria arbórea</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, dominada pela vegetação arbustiva com uma cobertura de ocupação $\geq 20\%$, podendo apresentar, conjuntamente, uma de cobertura de ocupação $<30\%$ de árvores</p>		
		

Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Área herbácea permanente ou temporariamente inundadas</p>		
<p>Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada, dominada por gramíneas.</p>		

Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Corpos de água</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, permanente ou temporariamente inundada.</p>		
		

Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Áreas habitacionais</p> <p>Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por infra-estruturas (p.e., casas, estradas, linha férrea, edifícios, etc.)</p>		
		

Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
Solo nu		
Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por solo sem vegetação		

Descrição	Imagem do Bing Maps	Imagem de falsa cor de Sentinel-2 ou Landsat
<p>Rocha sem vegetação</p>		
<p>Terra com uma área mínima de 1ha, dominada por rochas sem vegetação</p>		

A actual legenda do mapa ao nível 2 foi traduzida para a linguagem LCML (arquivo “moz_lulc.lccs”) e pode ser usado directamente com o *plugin*.

LCCS3 Basic Coder é dedicado a facilitar a codificação de características geográficas em função das classes de uma legenda LCCS3. As principais características são:

- selecção e carregamento de uma legenda LCCS3
- exibição da lista de classes LCCS3
- selecção (e activação) da camada de vector que contém os elementos a serem codificados
- selecção de coluna (na tabela de atributos) para arquivar os códigos LCCS3
- codificação dos elementos seleccionados

Instale o *plugin*, procurando-o no repositório padrão do QGIS.

b) Processamento dos segmentos para a edição manual

Cada segmento deve ser completamente editado para as principais classes de interesse, antes de passar para outro segmento.

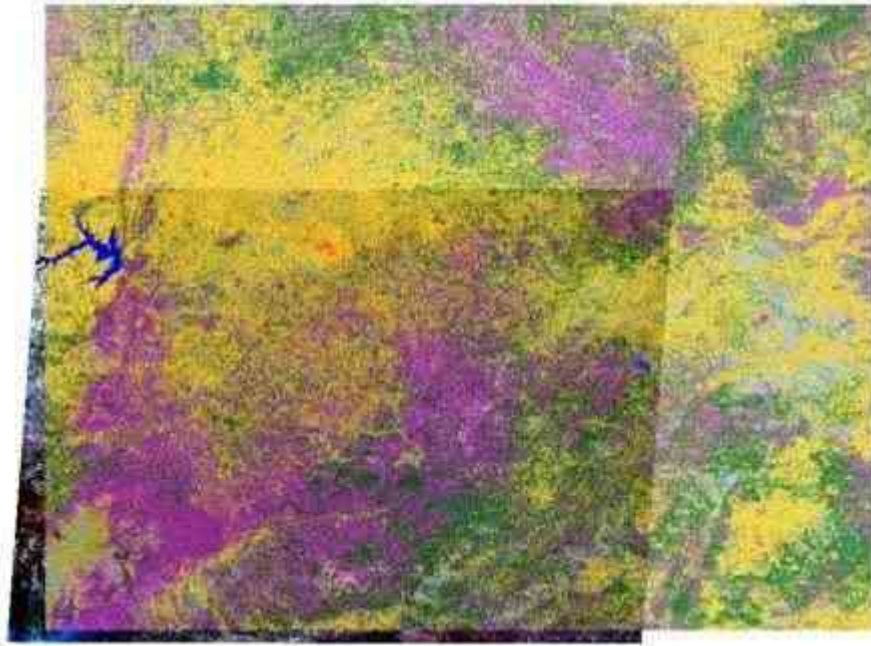
Classes de interesse serão editadas na seguinte ordem sequencial: água (44), em seguida, floresta (21, 23, 24, 25, 26). Se o tempo e os recursos permitirem, as seguintes classes podem igualmente serem editadas: culturas agrícolas (11, 12, 13), arbustos (31, 33), Áreas habitacionais (51) etc.

Primeiramente, as classes serão editadas em termos de comissão (recodificar em outra classe um polígono erradamente codificado como a classe de interesse) e, em seguida, em termos de omissão (recodificar em outra classe um polígono que perdeu a classe de interesse com a classificação automática).

- 1) Configure o ambiente de trabalho
- 2) Abre o primeiro segmento em sua lista num ambiente GIS.
- 3) Abre a legenda agregada L1 e aplicá-lo ao “edit_code”.
- 4) Abre a(s) imagem(s) de satélite Sentinel-2 imagem correspondente(s) e coloque-as embaixo.

~

Sobreposição da classificação do segmento 3_7 com a imagem de satélite Sentinel-2 do ano 2016 como mostra a figura abaixo



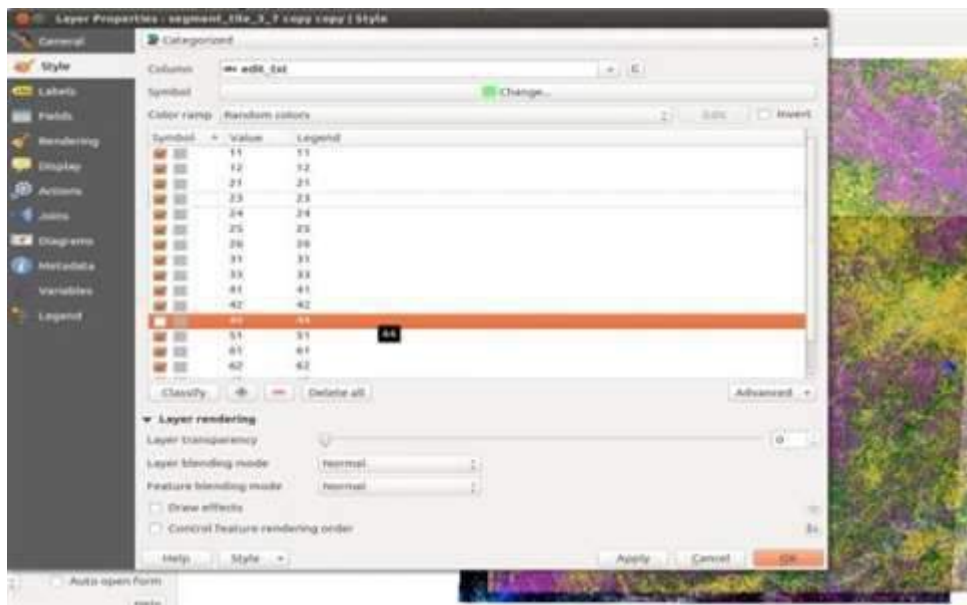
Draft

Anexo 6: Protocolo de edição manual

a) Protocolo para os erros de comissão: exemplo com classe de corpos de água

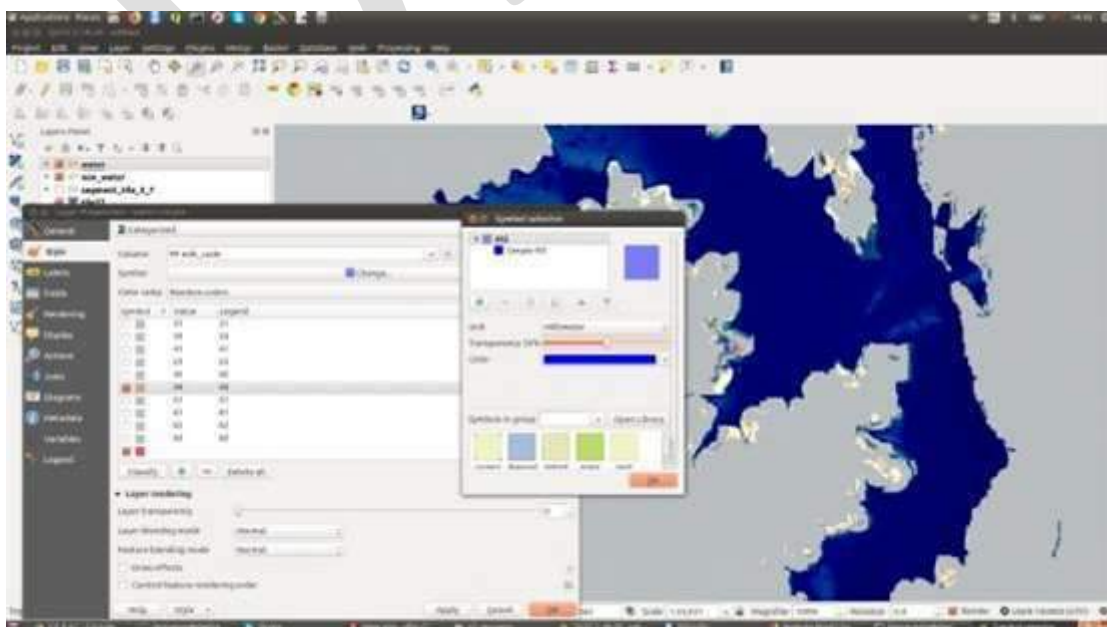
Passo 1: Duplica a camada do segmento e renomeá-la para NÃO-CORPOS DE ÁGUA

Passo 2: Coloque a cor de cinza para todas as classes e seleccione o código da classe de CORPOS DE ÁGUA (44), como mostra a imagem abaixo



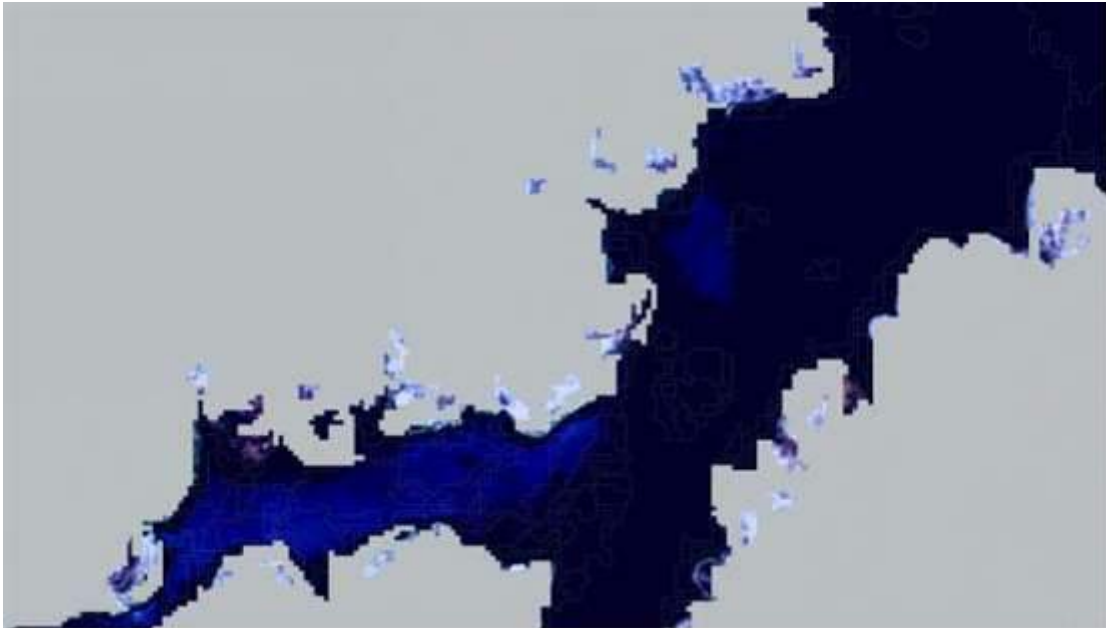
Passo 3: Duplica novamente a camada e renomeá-la para CORPOS DE ÁGUA

Passo 4: Seleccione apenas o código da classe de CORPOS DE ÁGUA (44), coloque-o em azul com transparência de 50% ou acima.



Passo 6: Salve ambas as configurações de visualização, serão reutilizadas para outras camadas.

Nesta configuração, você pode facilmente detectar corpos de água que são excessivamente detectados pela classificação automática.



Passo 7: Selecione polígonos a partir da camada de corpos de água que estão mostrando uma cor diferente que o azul esperado dos corpos de água.

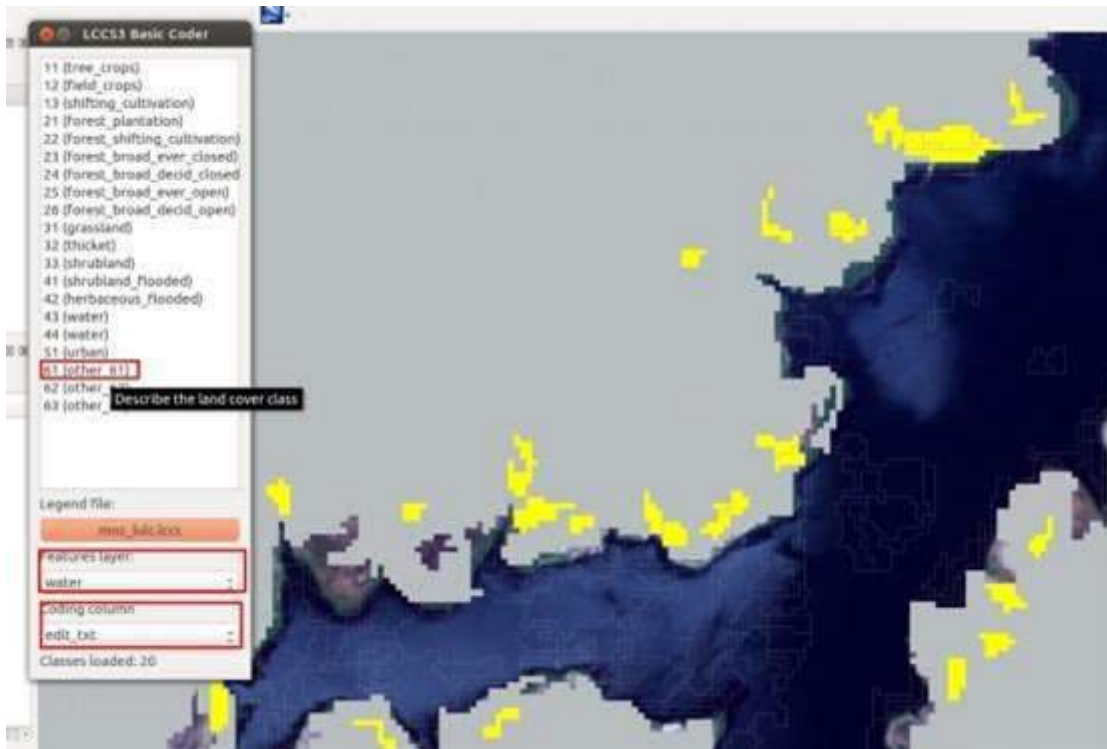


Passo 8: Abre o *plugin* LCCS3 Basic Coder e selecione a legenda *moz_lulc.lccs*.

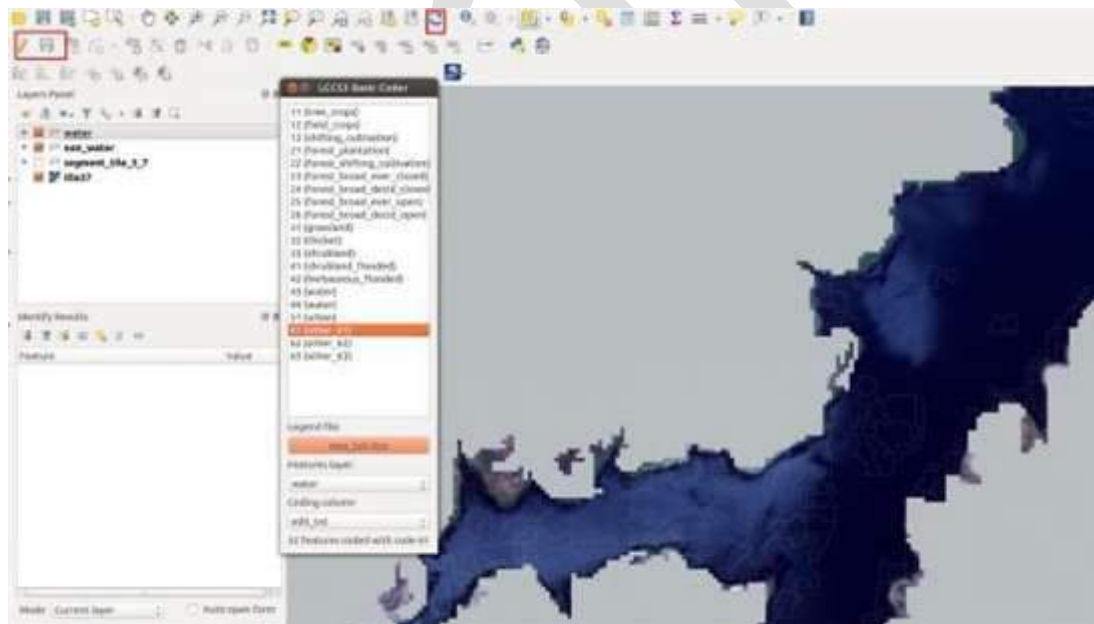


Passo 9: Seleccione a camada que pretende actualizar (corpos de água) e seleccione o atributo a ser codificado (edit_code).

Passo 10: Em seguida, aplique o código da classe correspondente para a edição e correcção (Outros usos, 61). Ver a figura abaixo.



Passo 11: Salve suas edições, feche a caneta edição e atualize.



Passo 12: Repita o mesmo processo em todas as zonas da imagem que contêm corpos de água.

b) **Protocolo para os erros de omissão:** exemplo com classe de corpos de água

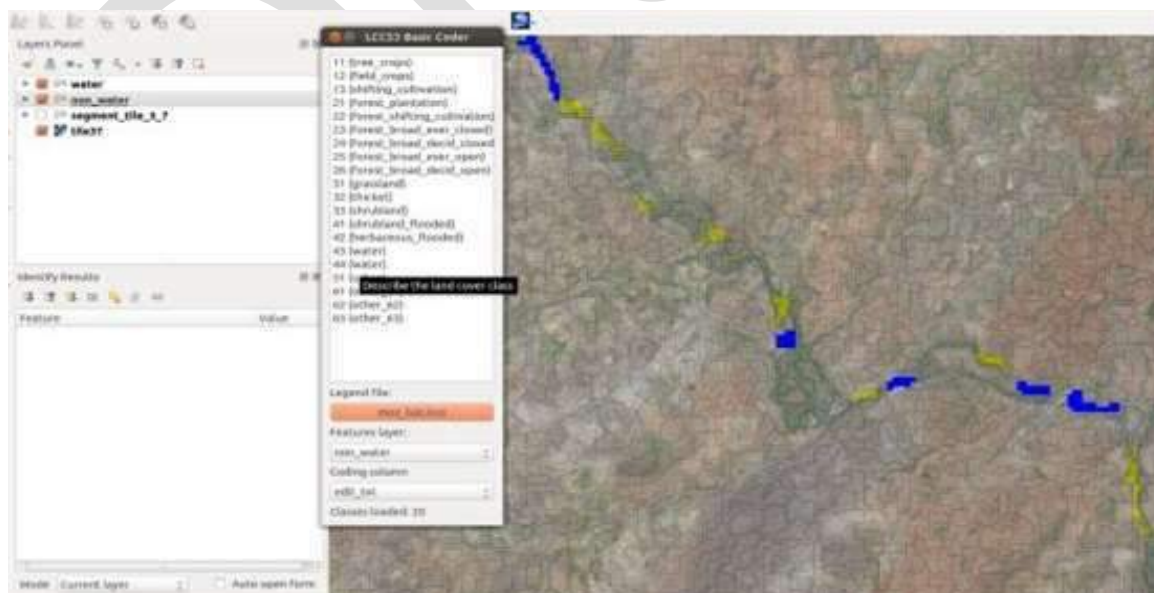
Agora mude os parâmetros de visualização para as camadas:

Passo 1: Mude a transparência de CORPOS DE ÁGUA para zero, ainda com a cor azul e coloque a transparência de NÃO-CORPOS DE ÁGUA a 50%, em cinza com bordas em cinza mais escuro.



Passo 2: Salve novamente ambos os estilos, que serão usados para outros segmentos.

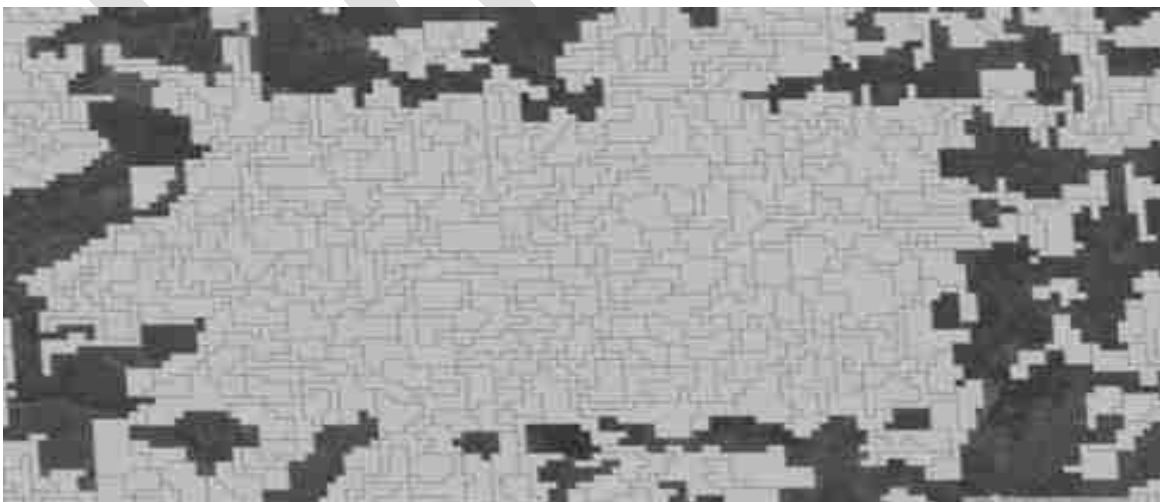
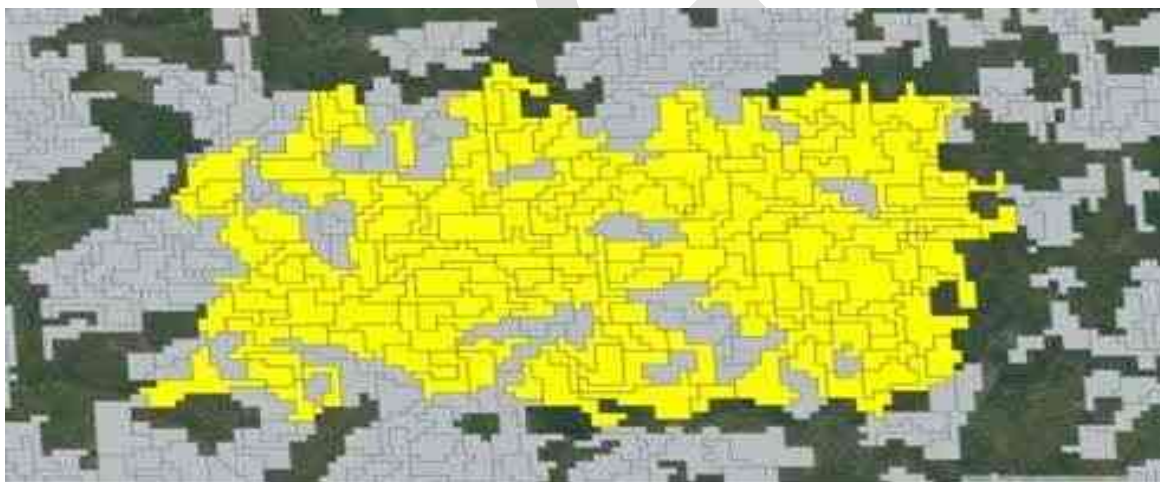
De forma semelhante ao processo anterior, identifique as áreas com evidências claras de presença de corpos de água que não foram classificados como corpos de água, e recodifique-os com a classe correcta.



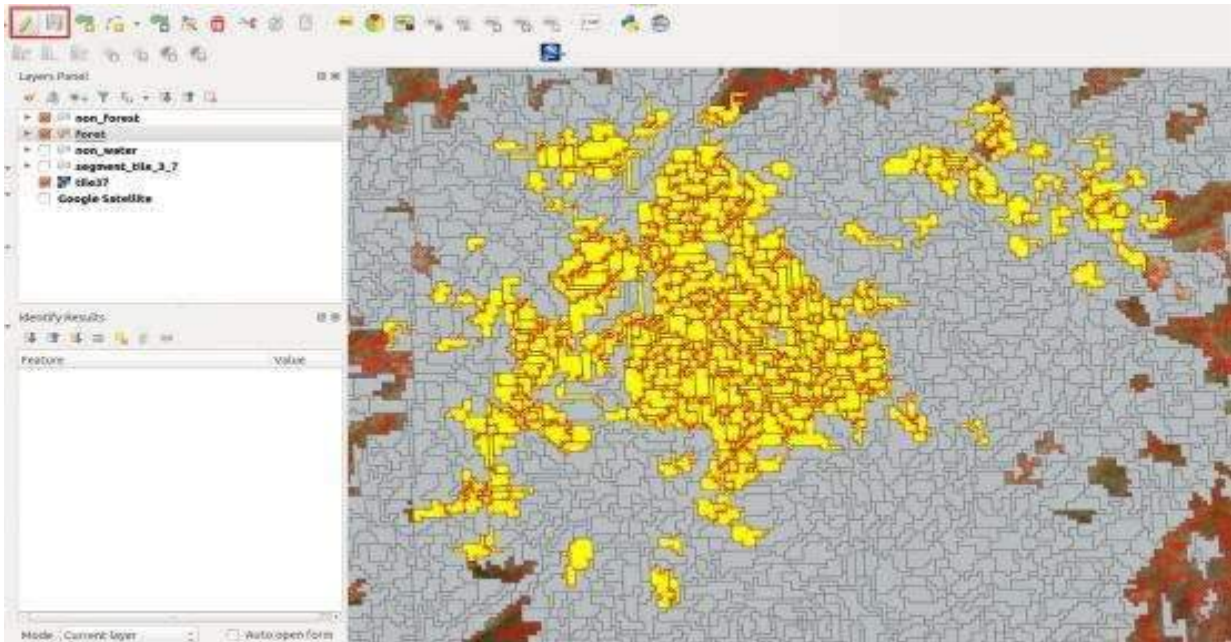
Em caso de dúvida, use outras fontes de imagens com maior resolução espacial (Google Earth)

a) **Protocolo para erros de comissão:** Exemplo com a classe de florestas

Passo 1: Faça o mesmo que para os corpos de água, adapte o código de cor para verde em vez de azul.



Lembre-se de salvar após cada edição, os arquivos podem ser pesados e saturar as capacidades do QGIS (directamente relacionadas com a RAM disponível).



Passo 2: Aplique os mesmos princípios para as omissões de florestas

Uma vez que os algoritmos tendem a ter um bom desempenho com objectos escuros e porque as florestas são bastante presentes, por conseguinte, com os dados de treinamento suficientes, as omissões devem ser relativamente limitadas.

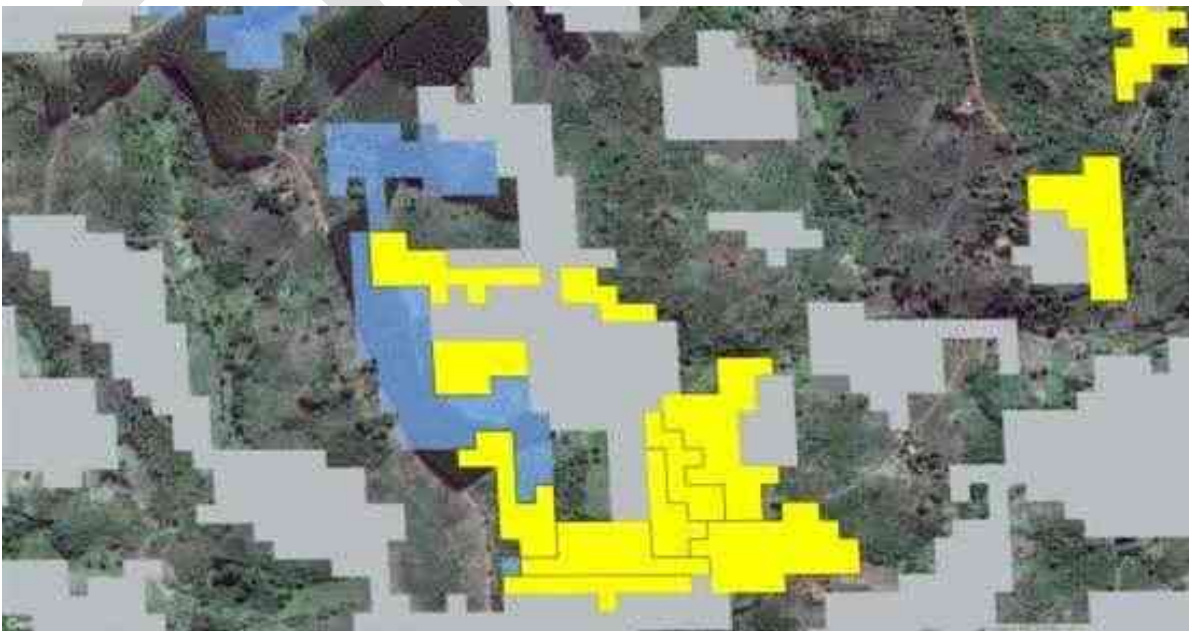
NB: somente manchas isoladas devem desaparecer.



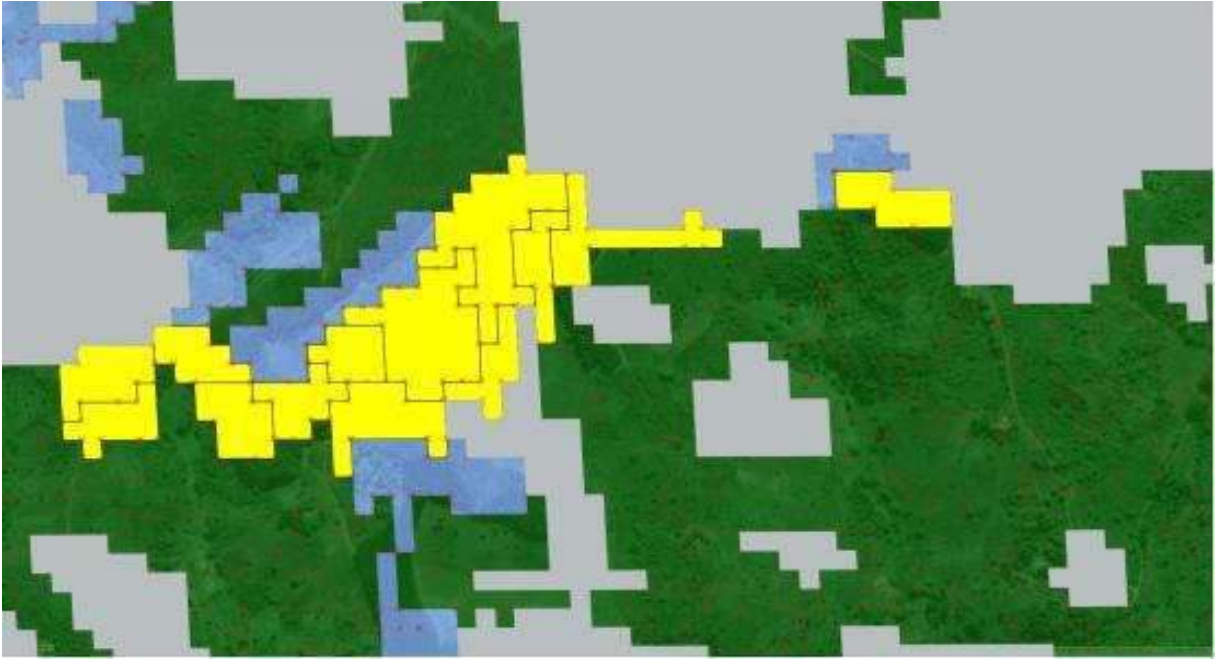
Grandes áreas agrícolas com manchas verdes que podem ser mal classificadas como florestas são facilmente seleccionadas como grupos e recodificadas como áreas agrícolas.



- Uma vez que as omissões e comissões são corrigidas, pode-se entrar em mais detalhes e observar para os tipos de floresta, um por um.
- Deixe outras classes em cinza e escolha cores diferentes para diferentes tipos de floresta
- Exemplos de polígonos classificados como plantação florestal, mas sendo floresta decídua aberta.



Exemplo ilustrativo de omissão da plantação florestal, classificada como floresta decídua na classificação automática.



Draft

Anexo 7: Tabelas adicionais

Tabela 1: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Área alagada	Áreas habitacionais	Outras terras	Total
Cultivo	0,13237	0,02088	0,06708	0,00489	0,00178	0,00089	0,22788
Floresta	0,01321	0,33842	0,05717	0,00356	0,00000	0,00152	0,41388
Pradaria	0,04039	0,04945	0,13146	0,04739	0,00041	0,00165	0,27075
Áreas alagadas	0,00215	0,00368	0,01381	0,03990	0,00031	0,00153	0,06138
Áreas habitacionais	0,00278	0,00015	0,00069	0,00008	0,00370	0,00031	0,00771
Outras terras	0,00175	0,00193	0,00625	0,00212	0,00000	0,00635	0,01839
Total	0,19264	0,41452	0,27646	0,09793	0,00620	0,01225	1

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 2: Matriz de erro das classes a nível 3.

Classe	11	12	21	31	33	42	44	51	61	62	70	71	72	73	74	75	77	79	Total	Área	w
Cultivos arbóreos (11)	20	28	-	-	37	2	-	-	-	1	-	1	-	3	1	-	2	5	100	920120,35	0,0116977
Campos agrícolas (12)	23	227	-	8	106	8	1	4	1	-	-	-	-	6	7	8	3	11	413	17004411,51	0,2161811
Plantação florestal (21)	1	5	82	1	8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	100	61869,93	0,0007866
Pradaria (31)	1	18	-	8	45	13	1	-	-	-	-	1	-	3	3	1	6	100	701325,12	0,0089161	
Pradaria arbórea (33)	2	77	-	16	250	99	2	1	3	1	-	2	-	6	12	25	3	58	557	20595226,3	0,261832
Vegetação herbácea inundada (42)	1	5	-	3	36	42	-	1	-	-	-	-	-	1	1	4	3	3	100	3287286,79	0,0417921
Corpo de água (44)	-	1	-	1	5	6	82	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	1540919,43	0,0195901
Áreas habitacionais (51)	10	26	-	2	7	1	-	48	4	-	-	-	-	-	-	1	1	-	100	606722,97	0,0077134
Solo nu (61)	1	11	-	6	34	22	1	-	9	2	-	-	-	1	-	10	-	3	100	1208704,91	0,0153666
Rocha sem vegetação (62)	-	7	-	8	20	-	-	-	-	58	-	-	3	-	-	1	-	3	100	238042,86	0,0030263
Mangal (70)	-	-	-	-	6	1	1	-	1	-	91	-	-	-	-	-	-	-	100	269530,13	0,0034266
Mecrusse (71)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	84	-	2	-	9	-	4	100	411102,77	0,0052264
Floresta de montanha (72)	-	7	-	6	9	2	-	-	2	1	-	-	77	35	28	-	14	19	200	271553,36	0,0034523
Floresta densa sempre-verde (73)	1	3	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	3	62	15	-	7	4	100	1546707,15	0,0196637
Floresta aberta sempre-verde (74)	1	2	-	-	12	6	-	-	-	-	-	-	2	15	26	1	11	24	100	820401,68	0,01043
Floresta densa decídua (75)	-	7	-	3	39	1	-	-	-	-	-	1	-	22	143	11	4	89	320	9676798,27	0,1230234
Floresta aberta decídua (77)	2	23	-	-	114	2	-	-	-	2	1	-	-	12	69	20	4	160	409	16804767,02	0,213643
Floresta de Mopane (79)	-	-	-	3	19	-	-	-	-	-	-	2	-	1	12	140	1	22	200	2692673	0,0342326
Total	63	447	82	65	752	205	89	54	25	65	92	90	87	166	317	233	55	412	3 299	78658163,55	1

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 3: Matriz proporcional de erro das classes a nível 3.

	11	12	21	31	33	42	44	51	61	62	70	71	72	73	74	75	77	79
11	0,00234	0,00328	-	-	0,00433	0,00023	-	-	-	0,00012	-	0,00012	-	0,00035	0,00012	-	0,00023	0,00058
12	0,01204	0,11882	-	0,00419	0,05548	0,00419	0,00052	0,00209	0,00052	-	-	-	-	0,00314	0,00366	0,00419	0,00157	0,00576
21	0,00001	0,00004	0,00064	0,00001	0,00006	-	-	-	-	-	-	-	0,00001	-	-	-	0,00001	0,00001
31	0,00009	0,00160	-	0,00071	0,00401	0,00116	0,00009	-	-	-	-	-	0,00009	-	0,00027	0,00027	0,00009	0,00053
33	0,00094	0,03620	-	0,00752	0,11752	0,04654	0,00094	0,00047	0,00141	0,00047	-	0,00094	-	0,00282	0,00564	0,01175	0,00141	0,02726
42	0,00042	0,00209	-	0,00125	0,01505	0,01755	-	0,00042	-	-	-	-	-	0,00042	0,00042	0,00167	0,00125	0,00125
44	-	0,00020	-	0,00020	0,00098	0,00118	0,01606	-	0,00098	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	0,00077	0,00201	-	0,00015	0,00054	0,00008	-	0,00370	0,00031	-	-	-	-	-	-	0,00008	0,00008	-
61	0,00015	0,00169	-	0,00092	0,00522	0,00338	0,00015	-	0,00138	0,00031	-	-	-	0,00015	-	0,00154	-	0,00046
62	-	0,00021	-	0,00024	0,00061	-	-	-	-	0,00176	-	-	0,00009	-	-	0,00003	-	0,00009
70	-	-	-	-	0,00021	0,00003	0,00003	-	0,00003	-	0,00312	-	-	-	-	-	-	-
71	-	-	-	-	0,00005	-	-	-	-	-	-	0,00439	-	0,00010	-	0,00047	-	0,00021
72	-	0,00012	-	0,00010	0,00016	0,00003	-	-	0,00003	0,00002	-	-	0,00133	0,00060	0,00048	-	0,00024	0,00033
73	0,00020	0,00059	-	-	0,00079	-	0,00020	-	-	-	-	-	0,00059	0,01219	0,00295	-	0,00138	0,00079
74	-	0,00269	-	0,00115	0,01499	0,00038	-	-	-	-	-	0,00038	-	0,00846	0,05498	0,00423	0,00154	0,03422
75	-	-	-	0,00051	0,00325	-	-	-	-	-	-	0,00034	-	0,00017	0,00205	0,02396	0,00017	0,00377
77	0,00010	0,00021	-	-	0,00125	0,00063	-	-	-	-	-	-	0,00021	0,00156	0,00271	0,00010	0,00115	0,00250
79	0,00104	0,01201	-	-	0,05955	0,00104	-	-	-	0,00104	0,00052	-	-	0,00627	0,03604	0,01045	0,00209	0,08358
	0,01810	0,18175	0,00064	0,01697	0,28405	0,07643	0,01800	0,00668	0,00467	0,00371	0,00364	0,00617	0,00232	0,03625	0,10932	0,05874	0,01121	0,16134

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 4: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Cabo Delgado.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.08274	0.01576	0.05516	0.00000	0.00394	0.00394	0.16155	1257363	0.16155
Floresta	0.00768	0.43405	0.11908	0.00000	0.00000	0.00000	0.56081	4364890	0.56081
Pradaria	0.05692	0.02846	0.11858	0.01897	0.00000	0.00949	0.23242	1808964	0.23242
Áreas alagadas	0.00000	0.00361	0.01082	0.01082	0.00000	0.00361	0.02886	224591.6	0.02886
Áreas habitacionais	0.00161	0.00000	0.00000	0.00000	0.00563	0.00000	0.00723	56308.41	0.00723
Outras terras	0.00040	0.00040	0.00477	0.00040	0.00000	0.00318	0.00914	71133.12	0.00914
Total	0.14935	0.48227	0.30841	0.03019	0.00957	0.02021	1	7783250	1

Tabela 5: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Gaza.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.08677	0.03905	0.07375	0.00000	0.00000	0.00000	0.19957	1503876	0.19957
Floresta	0.00000	0.36947	0.04326	0.00180	0.00000	0.00000	0.41453	3123784	0.41453
Pradaria	0.00559	0.11183	0.17334	0.01118	0.00000	0.00559	0.30754	2317573	0.30754
Áreas alagadas	0.00000	0.01528	0.00764	0.01146	0.00000	0.00382	0.03821	287944.9	0.03821
Áreas habitacionais	0.00100	0.00100	0.00301	0.00000	0.00401	0.00000	0.00903	68017.17	0.00903
Outras terras	0.00000	0.00707	0.00990	0.00990	0.00000	0.00424	0.03112	234543.5	0.03112
Total	0.09336	0.54371	0.31090	0.03435	0.00401	0.01366	1	7535740	1

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 6: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Inhambane.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.12906	0.03971	0.04467	0.00993	0.00000	0.00000	0.22337	1535721	0.22337
Floresta	0.01655	0.42036	0.10261	0.00000	0.00000	0.00000	0.53952	3709334	0.53952
Pradaria	0.00541	0.00406	0.05144	0.09476	0.00000	0.00000	0.15567	1070299	0.15567
Áreas alagadas	0.00000	0.01031	0.02063	0.02063	0.00000	0.00000	0.05156	354513.2	0.05156
Áreas habitacionais	0.00230	0.00000	0.00000	0.00000	0.00154	0.00000	0.00384	26395.61	0.00384
Outras terras	0.00347	0.00521	0.00694	0.00694	0.00000	0.00347	0.02603	178961.7	0.02603
Total	0.15680	0.47965	0.22629	0.13225	0.00154	0.00347	1	6875224	1

Tabela 7: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Manica.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.09995	0.04664	0.11327	0.00000	0.00000	0.00000	0.25986	1618522	0.25986
Floresta	0.02196	0.34039	0.06588	0.00275	0.00000	0.00549	0.43647	2718512	0.43647
Pradaria	0.06527	0.04662	0.13520	0.01865	0.00000	0.00000	0.26574	1655145	0.26574
Áreas alagadas	0.00000	0.00473	0.01420	0.00000	0.00000	0.00000	0.01894	117958.5	0.01894
Áreas habitacionais	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00473	0.00000	0.00473	29485.73	0.00473
Outras terras	0.00204	0.00305	0.00407	0.00000	0.00000	0.00509	0.01425	88765.53	0.01425
Total	0.18921	0.44144	0.33263	0.02139	0.00473	0.01058	1	6228389	1

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 8: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Maputo.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.10875	0.00000	0.13593	0.00000	0.00000	0.00000	0.24468	577192.7	0.24468
Floresta	0.00353	0.15199	0.02828	0.00353	0.00000	0.00000	0.18734	441920.4	0.18734
Pradaria	0.03528	0.05293	0.19407	0.10585	0.00000	0.00000	0.38813	915588.9	0.38813
Áreas alagadas	0.00000	0.00000	0.02066	0.05164	0.01033	0.00000	0.08263	194923.4	0.08263
Áreas habitacionais	0.01037	0.00000	0.00000	0.00346	0.02765	0.00346	0.04493	105982	0.04493
Outras terras	0.00000	0.01494	0.02241	0.01494	0.00000	0.00000	0.05229	123351.6	0.05229
Total	0.15793	0.21986	0.40135	0.17943	0.03798	0.00346	1	2358959	1

Tabela 9: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Nampula.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.26821	0.00000	0.09711	0.00462	0.00462	0.00000	0.37456	2925538	0.37456
Floresta	0.01929	0.16721	0.03216	0.00000	0.00000	0.00322	0.22188	1733001	0.22188
Pradaria	0.08677	0.05965	0.17353	0.01085	0.00542	0.00000	0.33622	2626026	0.33622
Áreas alagadas	0.00000	0.00420	0.01261	0.01261	0.00000	0.00000	0.02942	229808.7	0.02942
Áreas habitacionais	0.00229	0.00000	0.00000	0.00000	0.00839	0.00000	0.01067	83373.26	0.01067
Outras terras	0.00232	0.00116	0.00753	0.00058	0.00000	0.01565	0.02724	212763.7	0.02724
Total	0.37887	0.23223	0.32294	0.02866	0.01843	0.01886	1	7810510	1

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 10: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Niassa.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.07303	0.01537	0.02306	0.00000	0.00000	0.00000	0.11147	1441688	0.11147
Floresta	0.00451	0.42290	0.05267	0.00602	0.00000	0.00000	0.48611	6287275	0.48611
Pradaria	0.04395	0.08205	0.15530	0.01758	0.00000	0.00293	0.30182	3903642	0.30182
Áreas alagadas	0.00000	0.00150	0.01650	0.07199	0.00000	0.00000	0.08999	1163913	0.08999
Áreas habitacionais	0.00149	0.00000	0.00000	0.00000	0.00112	0.00037	0.00298	38491.35	0.00298
Outras terras	0.00048	0.00095	0.00239	0.00000	0.00000	0.00382	0.00764	98765.53	0.00764
Total	0.12346	0.52278	0.24993	0.09559	0.00112	0.00712	1	12933775	1

Tabela 11: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Sofala.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.06626	0.02071	0.07454	0.01657	0.00000	0.00000	0.17808	1205592	0.17808
Floresta	0.01606	0.27302	0.04818	0.01606	0.00000	0.00229	0.35561	2407460	0.35561
Pradaria	0.02099	0.04617	0.18470	0.04198	0.00000	0.00000	0.29384	1989281	0.29384
Áreas alagadas	0.00000	0.00000	0.04711	0.08994	0.00000	0.00428	0.14133	956784.6	0.14133
Áreas habitacionais	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00354	0.00118	0.00472	31943.6	0.00472
Outras terras	0.00294	0.00000	0.01321	0.00881	0.00000	0.00147	0.02643	178911.6	0.02643
Total	0.10625	0.33990	0.36775	0.17335	0.00354	0.00922	1	6769973	1

Mapa de Cobertura Florestal - 2016

Tabela 12: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Tete.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.14225	0.01693	0.05758	0.00677	0.00000	0.00000	0.22354	2249330	0.22354
Floresta	0.01191	0.30967	0.07146	0.00000	0.00000	0.00000	0.39304	3954875	0.39304
Pradaria	0.04389	0.08339	0.16677	0.01317	0.00000	0.00000	0.30721	3091231	0.30721
Áreas alagadas	0.00325	0.00325	0.00325	0.04554	0.00000	0.00163	0.05693	572806.9	0.05693
Áreas habitacionais	0.00070	0.00000	0.00140	0.00000	0.00351	0.00070	0.00632	63546.26	0.00632
Outras terras	0.00288	0.00288	0.00144	0.00288	0.00000	0.00288	0.01296	130456.4	0.01296
Total	0.20489	0.41612	0.30191	0.06836	0.00351	0.00521	1	10062246	1

Tabela 13: Matriz proporcional de erro das classes a nível 1 para a província de Zambézia.

Classes	Cultivo	Floresta	Pradaria	Áreas alagadas	Áreas habitacionais	Outras terras	Total	Área	w
Cultivo	0.24366	0.01669	0.07343	0.00668	0.00668	0.00334	0.35047	3609596	0.35047
Floresta	0.03346	0.30787	0.02454	0.00000	0.00000	0.00446	0.37034	3814238	0.37034
Pradaria	0.06555	0.03105	0.06210	0.02760	0.00000	0.00000	0.18630	1918756	0.18630
Áreas alagadas	0.01407	0.00000	0.01126	0.04221	0.00000	0.00281	0.07035	724599.7	0.07035
Áreas habitacionais	0.00732	0.00039	0.00154	0.00000	0.00077	0.00000	0.01002	103167.3	0.01002
Outras terras	0.00216	0.00043	0.00432	0.00000	0.00000	0.00562	0.01253	129016.2	0.01253
Total	0.36622	0.35643	0.17719	0.07649	0.00745	0.01623	1	10299373	1