

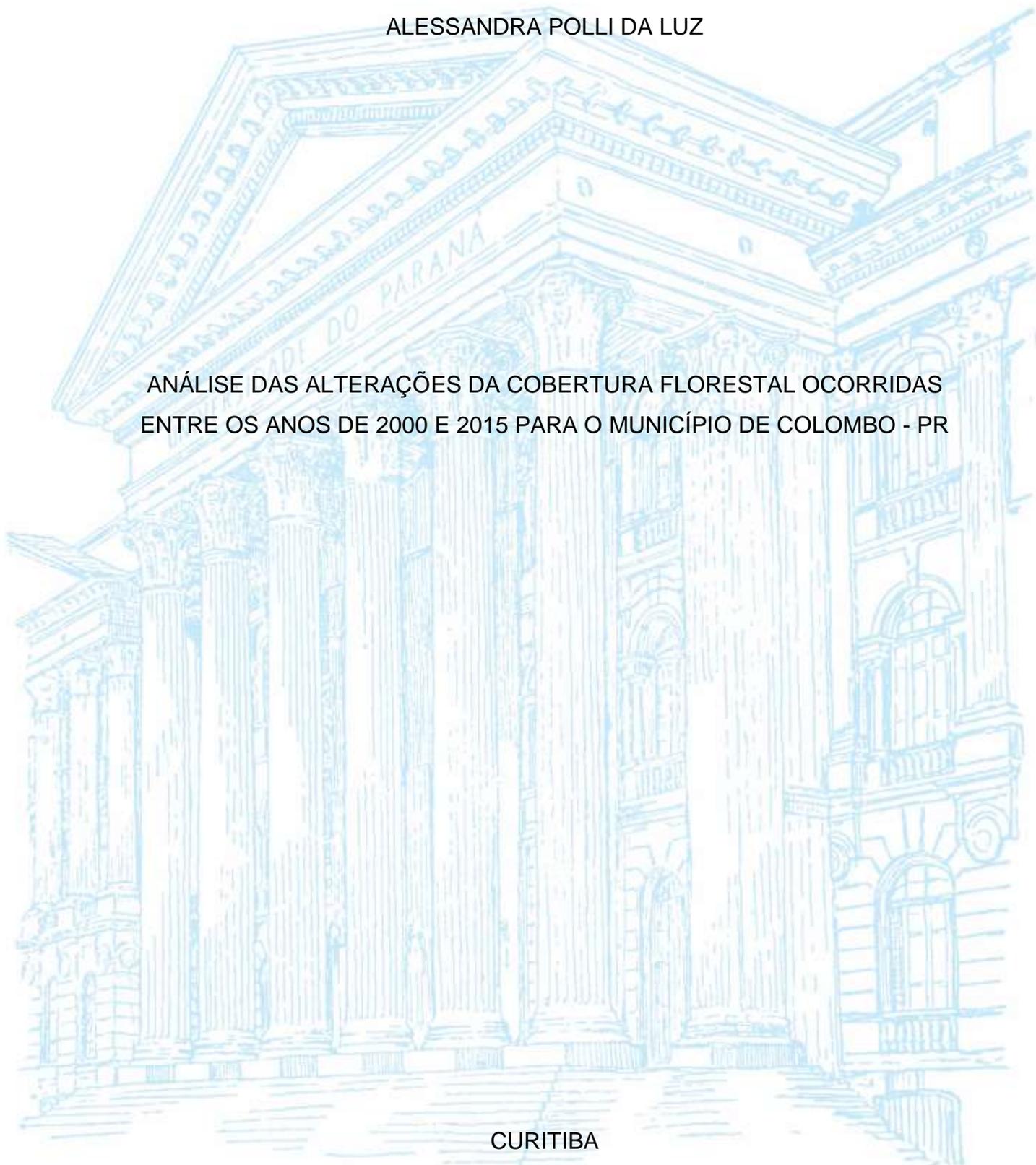
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDRA POLLI DA LUZ

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DA COBERTURA FLORESTAL OCORRIDAS
ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015 PARA O MUNICÍPIO DE COLOMBO - PR

CURITIBA

2020



ALESSANDRA POLLI DA LUZ

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DA COBERTURA FLORESTAL OCORRIDAS
ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015 PARA O MUNICÍPIO DE COLOMBO - PR

Projeto Final 2 apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Campos Macedo

CURITIBA

2020



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

ALESSANDRA POLLI DA LUZ

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DA COBERTURA FLORESTAL OCORRIDAS ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015 PARA O MUNICÍPIO DE COLOMBO - PR

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 9, pela seguinte banca examinadora:

Orientador (a):

Prof. Dr. Rodrigo de Campos Macedo

Departamento de Geomática / Universidade Federal do Paraná

Membro (a) 1:

Prof(a). Dr(a). Ana Paula Dalla Corte

Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal do Paraná

Membro (a) 2:

Prof. Dr. Eduardo Felga Gobbi

Departamento de Engenharia Ambiental / Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 07 de outubro de 2020

AGRADECIMENTOS

A minha família, em destaque ao meu irmão Leandro, por me incentivar no tema escolhido, e me escutar quando eu queria debater sobre os resultados obtidos.

Ao meu orientador Dr. Rodrigo de Campos Macedo, pela dedicação, acompanhamento, paciência, orientação e amizade.

Aos meus amigos que me acompanharam durante toda essa jornada até o final do curso, em destaque, a Viviane, Lauriane, Eduardo, Danilo, Giovanna, Diego, Pedro e Marcus, que estiveram comigo desde o início do curso, meus sinceros agradecimentos pela amizade e companheirismo.

A Universidade Federal do Paraná (UFPR), em destaque ao curso de Engenharia Ambiental por me apresentar o curso que eu me identifiquei pessoalmente.

*“ [...] I close my eyes and tell myself that my dreams will come true ...,
Yes, we were born to make history [...]” (DEAN FUJIOKA – History Maker,
2016)*

RESUMO

As florestas desempenham inúmeros serviços ecossistêmicos para a região em que estão instaladas. Tais serviços podem ser proteção a biodiversidade, conservação do solo, proteção dos recursos hídricos da região e controle do microclima local. Desse modo, analisar as mudanças de cobertura e uso da terra consiste em um ponto de grande importância, visto que, tais mudanças podem afetar diversos aspectos do sistema terrestre, as quais estão associadas a impactos adversos em diferentes escalas temporais e espaciais. Nesse sentido, este trabalho propõe em analisar as mudanças da cobertura florestal ocorridas no município de Colombo – PR, durante os anos de 2000 a 2015. Os dados utilizados neste estudo foram retirados do Projeto MAPBIOMAS (2019) e de um mapeamento realizado pelo BIOFIX (2017), utilizado como referência. A escolha do período analisado levou em consideração as datas do mapeamento de referência. Embora o foco do estudo não tenha sido a validação dos mapas, esse processo foi necessário a fim de se verificar os níveis de confiabilidade do projeto MAPBIOMAS. O software utilizado para a validação das classes relacionadas as fitofisionomias florestais, além da detecção de mudanças e elaboração dos mapas de saída, foi o QGIS v.3.8. O procedimento para a obtenção dos mapas de saída, seguiu um cronograma, em que o primeiro passo consistiu em realizar um recorte espacial para focalizar apenas no município de Colombo –PR, dos mapas obtidos do projeto MAPBIOMAS. Em seguida, foi realizada uma validação dos mapas gerados com os mapas do projeto BIOFIX, depois uma tabulação cruzada, depois uma reclassificação das transições de cobertura/uso da terra, e por fim uma vetorização com suavização dos mapas encontrados. Após esse procedimento, foram gerados os mapas de saída, gráficos e tabelas. Para o processo de avaliação dos mapas, com o objetivo de analisar os dados obtidos, os resultados encontrados foram comparados com o artigo de Figueiredo e Viera (2007), e esses alcançaram o desempenho como “Bom” e “Muito bom”, porém para a avaliar os resultados obtidos pode –se utilizar outros índices de acurácia, tais como os índices *Tau*, *Pi de Scott* e *Pabak*. Por meio dos mapas de saída, referentes a cobertura e uso da terra para os anos de 2000 e 2015, nota –se que as classes que apresentaram maiores crescimento em área foram as classes de Áreas Urbanas e de Silvicultura, e a que obteve a maior retração foi a classe de Floresta Nativa. Porém, ao analisar o mapa de saída referente as mudanças de cobertura e uso da terra durante o período analisado, percebe –se que a maior parte do território ficou inalterada, ou seja, a classe que estava em 2000 permaneceu a mesma em 2015. Entretanto, a maior parte das mudanças ocorridas durante o período analisado foram relacionadas as classes ligadas ao ramo da agropecuária. Além disso, o mapa de mudanças apontou um ponto positivo para o município, pois a regeneração florestal teve um aumento. Portanto, promover estudos que mostrem a degradação florestal ocorrida nos municípios é muito importante, pois dessa forma se consegue buscar soluções afim de ter um controle dessa degradação e preservar os serviços ecossistêmicos desempenhados pelas florestas. Por fim, algumas recomendações são sugeridas para que se tenha uma continuidade desse trabalho, como aprofundar os números de amostragem no processo de validação dos mapas, entender as causas que provocaram as detecções observadas e realizar simulações de cenários futuros relacionados as mudanças de paisagem.

Palavras-chave: Mudanças na cobertura e uso da terra; Colombo – PR; Software QGIS; Funções ecossistêmicas; Florestas;

ABSTRACT

Forests perform numerous ecosystem services for the region in which they are installed. Such services can be protection of biodiversity, conservation of soil, protection of water resources in the region and control of the local microclimate. Thus, analyzing changes in land cover and use is a point of great importance, since such changes can affect various aspects of the terrestrial system, which are associated with adverse impacts at different time and space scales. In this sense, this work proposes to analyze the changes in forest cover that occurred in the municipality of Colombo - PR, during the years 2000 to 2015. The data used in this study were taken from the MAPBIOMAS Project (2019) and from a mapping carried out by BIOFIX (2017), used as a reference. The choice of the analyzed period took into account the dates of the reference mapping. Although the focus of the study was not on map validation, this process was necessary in order to verify the reliability levels of the MAPBIOMAS project. The software used for the validation of classes related to forest physiognomies, in addition to the detection of changes and preparation of output maps, was QGIS v.3.8. The procedure for obtaining the exit maps followed a schedule, in which the first step consisted of performing a spatial cut to focus only on the municipality of Colombo - PR, from the maps obtained from the MAPBIOMAS project. Then, a validation of the maps generated with the maps of the BIOFIX project was carried out, then a cross tabulation, then a reclassification of land cover / use transitions, and finally a vectorization with smoothing of the maps found. After this procedure, the output maps, graphs and tables were generated. For the map evaluation process, in order to analyze the data obtained, the results found were compared with the article by FIGUEIREDO and VIERA (2007), and these reached the performance as "Good" and "Very good", however for to evaluate the results obtained, other accuracy indices can be used, such as the *Tau*, *Pi*, *Scott* and *Pabak* indices. Through the output maps, referring to coverage and land use for the years 2000 and 2015, it is noted that the classes that showed the greatest growth in area were the classes of Urban Areas and Silviculture, and the one that obtained the highest retraction was the Native Forest class. However, when analyzing the output map referring to changes in land cover and use during the analyzed period, it is noticed that most of the territory was unchanged, that is, the class that was in 2000 remained the same in 2015. However, most of the changes that occurred during the analyzed period were related to the classes linked to the agricultural sector. In addition, the change map pointed to a positive point for the municipality, as forest regeneration increased. Therefore, promoting studies that show the forest degradation that occurred in the municipalities is very important, because this way it is possible to seek solutions in order to have a control of this degradation and preserve the ecosystem services performed by the forests. Finally, some recommendations are suggested in order to continue this work, as deepening the numbers of samples in the map validation process, understanding the causes that caused the observed detections and performing simulations of future scenarios related to landscape changes.

Keywords: Changes in land cover and use. Colombo - PR. QGIS software. Ecosystem Functions. Forests.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1- DIAGRAMA GERAL DA METODOLOGIA UTILIZADA PELO PROJETO MAPBIOMAS..... | 17 |
| FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE COLOMBO | 19 |
| FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL..... | 22 |
| FIGURA 4 – ESQUEMA DO PROTOCOLO DE RECLASSIFICAÇÃO DAS CLASSES NOS MAPAS DE 2000 E 2015..... | 26 |
| FIGURA 5 - MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA REFERENTE AO ANO DE 2000 | 35 |
| FIGURA 6 - MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA REFERENTE AO ANO DE 2015 | 36 |
| FIGURA 7 – GRÁFICO DA ÁREA DE CADA CLASSE DE USO E COBERTURA DA TERRA PARA O ANO DE 2000 | 38 |
| FIGURA 8 – GRÁFICOS DA ÁREA DE CADA CLASSE DE USO E COBERTURA DA TERRA PARA O ANO DE 2015 | 38 |
| FIGURA 9 - MAPA DA MUDANÇA DE USO E COBERTURA DA TERRA REFERENTE AO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015 | 42 |
| FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA DURANTE O PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015..... | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 – INDICE KAPPA E O CORRESPONDENTE DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO..... | 15 |
| TABELA 2 – SOFTWARES UTILIZADOS, IDENTIFICANDO-SE AS FINALIDADES | 21 |
| TABELA 3 - LEGENDA DOS SÍMBOLOS APRESENTADOS NA FIGURA 2 | 23 |
| TABELA 4 - MATRIZ DE CONFUSÃO, INCLUINDO OS ERROS DE OMISSÃO E COMISSÃO E ÍNDICE KAPPA REFERENTE AO ANO DE 2000 | 32 |
| TABELA 5 - MATRIZ DE CONFUSÃO, INCLUINDO OS ERROS DE OMISSÃO E COMISSÃO E ÍNDICE KAPPA REFERENTE AO ANO DE 2015 | 33 |
| TABELA 6 – ÁREA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM ha E PERCENTUAL PARA O ANO DE 2000 | 37 |
| TABELA 7 - ÁREA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM ha E PERCENTUAL PARA O ANO DE 2015 | 37 |
| TABELA 8 – DIFERENÇA EM ha ENCONTRADA DURANTE O PERÍODO DE 2000 A 2015 | 39 |
| TABELA 9 - ÁREA EM ha E PERCENTUAL DAS MUDANÇAS DE COBERTURA E USO DA TERRA | 43 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 OBJETIVOS | 11 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 11 |
| 1.1.2 Objetivo específico | 11 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO | 12 |
| 2.1 FLORESTAS E SEUS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS | 12 |
| 2.2 MUDANÇA NA COBERTURA DA TERRA EM RELAÇÃO AS ALTERAÇÕES FLORESTAIS | 12 |
| 2.3 AVALIAÇÃO TEMÁTICA DE MAPAS | 13 |
| 2.3.1 Matriz de confusão | 14 |
| 2.3.2 Erro de Omissão e Erro de Comissão | 15 |
| 2.3.3 Índice Kappa | 15 |
| 2.4 DETECÇÃO DE MUDANÇA DE COBERTURA E USO DO SOLO | 16 |
| 2.5 METODOLOGIA DO PROJETO MAPBIOMAS | 16 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO | 19 |
| 3.2 DADOS UTILIZADOS | 20 |
| 3.3 SOFTWARES UTILIZADOS | 20 |
| 3.4 PROCEDIMENTOS | 21 |
| 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS | 27 |
| 4.1 AVALIAÇÃO DO MAPA | 27 |
| 4.2 USO E COBERTURA DA TERRA PARA OS ANOS DE 2000 E 2015 | 34 |
| 4.3 DETECÇÃO DE MUDANÇA DE COBERTURA E USO DA TERRA | 41 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 46 |
| 5.1 CONCLUSÃO | 46 |
| 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 46 |
| 5.3 REFLEXÃO | 46 |
| REFERÊNCIAS | 48 |

1 INTRODUÇÃO

As florestas exercem inúmeras funções ecossistêmicas, como por exemplo, a proteção da biodiversidade, a qual assegura a existência de habitats proporcionando condições específicas para alimentação, reprodução e evolução das espécies nativas da fauna, flora e dos microrganismos, como também auxilia na conservação dos ecossistemas aquáticos.

Além da biodiversidade, outras funções ecossistêmicas essenciais estão relacionadas à conservação de solo e de recursos hídricos. Nos ecossistemas florestais, a conservação dos recursos hídricos ocorre através da influência em diversos processos hidrológicos, tal como a atenuação dos picos de vazão, visto que, a floresta consegue retardar o escoamento, e assim reduzir grandes escoamentos nas microbacias durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva (BRAGA, 2005). Além disso, conforme Ferreira e Dias (2004) descrevem, as matas ciliares funcionam como barreiras físicas, as quais são responsáveis pela regulação dos processos de trocas entre os ecossistemas terrestres e aquáticos. Ou seja, com as matas ciliares se reduz significativamente a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno (FERREIRA e DIAS, 2004).

Outra função ecossistêmica desempenhada pelas florestas diz respeito a ciclagem de nutrientes. No caso de florestas tropicais, esta constitui-se rápida, geralmente, devido as altas velocidades de decomposição e dos fluxos de água do sistema. E ainda, o dossel das arvores atenuam a radiação solar incidente nas margens do corpo d'água (BRAGA, 2005).

É muito importante analisar as mudanças de uso e cobertura, pois essas alterações afetam diversos aspectos do sistema terrestre, e podem estar associadas a impactos adversos em diferentes escalas temporais e espaciais. Segundo Martins (2020), os efeitos podem ser observados em nível local e regional, como alterações no ciclo hidrológico de bacias hidrográficas, degradação dos solos e perda da biodiversidade.

Desse modo, CASAGRANDE (2005) cita que a necessidade de se ter um diagnóstico ambiental e uma análise da adequabilidade da ocupação possibilita que ocorra a identificação de áreas mais críticas em relação ao nível de degradação, e assim, viabilize uma gestão ambiental adequada. Ou seja, esse diagnóstico subsidia

possíveis ações ambientais, tais como o restabelecimento de funções ecossistêmicas, a recuperação da estrutura ou dos processos ecológicos (MORAIS et al., 2010).

Neste contexto, este trabalho visa analisar as mudanças relacionadas a cobertura florestal (nativa e exótica) na área do município de Colombo–PR, entre os anos 2000 e 2015. Tal diagnóstico de mudanças de cobertura e uso da terra poderá auxiliar no aprofundamento da compreensão dos serviços ecossistêmicos florestais atuantes na região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar as mudanças relacionadas a cobertura e uso da terra com foco na classe florestal do município de Colombo–PR, entre os anos 2000 e 2015.

1.1.2 Objetivo específico

- Detectar as mudanças ocorridas nas classes de cobertura e uso, priorizando-se as transições relacionadas à cobertura florestal nativa e exótica;

2 FUNDAMENTAÇÃO

Este capítulo apresenta como objetivo fundamentar os principais conceitos envolvidos no presente estudo: florestas e seus serviços ecossistêmicos, mudanças na cobertura florestal em virtude das alterações na paisagem e a avaliação temática de mapas, detecção de mudança de cobertura e uso do solo e metodologia do Projeto MAPBIOMAS. Além disso, apresenta uma breve descrição dos métodos analíticos que serão utilizados na avaliação temática de mapas, tais como, matriz de confusão, índice Kappa, erro de confusão e erro de comissão.

2.1 FLORESTAS E SEUS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

As florestas providenciam serviços ecossistêmicos importantes para a humanidade, tais como o controle do microclima na região, a proteção dos rios contra erosões, sedimentações, assoreamentos, disposição de agroquímicos e a conservação da fauna e flora local (ZELARAYÁN et al., 2015).

Outro serviço ecossistêmico em que as florestas desempenham um papel de extrema importância consiste no abrigo de polinizadores. Esses seres vivos são responsáveis tanto pela manutenção das populações selvagens de plantas como na produção de alimento nos ambientes agrícolas (IMPERATRIZ-FONSECA e NUNES-SILVA, 2010).

Embora as florestas sejam notadas apenas nos ambientes que tenham pouca ação antrópica, os fragmentos florestais, até mesmo no meio urbano, também exercem importância significativa nos ecossistemas, ou seja, esses fragmentos, apesar de sofrerem ação antrópica e de não terem possibilidade de conexão com outras matas, desempenham importantes funções ecossistêmicas, que podem estar relacionadas às condições microclimáticas e aos seus aspectos físicos, possibilitando uma diversidade de serviços (MARTINI e BIONDI, 2015).

2.2 MUDANÇA NA COBERTURA DA TERRA EM RELAÇÃO AS ALTERAÇÕES FLORESTAIS

A cobertura florestal é um importante indicador das condições ambientais, além de contribuir para a manutenção da biodiversidade de uma região pela proteção do

solo, a redução do assoreamento e do transporte de sedimentos para os cursos d'água e ainda servir de hábitat para animais silvestres (BESEN et al., 2018). Entretanto, com os avanços antrópicos nas regiões naturais, principalmente relacionados à busca de novas terras para a expansão agrícola, como também o crescimento das cidades, vem transformando as paisagens antes naturais em paisagens antropizadas, resultando em locais com pouco diversificados, com fragmentos florestais isolados e dimensões reduzidas (BESEN et al., 2018).

Além disso, questões como as emissões de gases que podem agravar o efeito estufa estão diretamente relacionadas com a produção agrícola e as mudanças no uso da terra. Ou seja, estima-se que 84,2% das emissões de N_2O e 74,4% de CH_4 sejam resultantes do setor agropecuário, sendo que para o CO_2 , aproximadamente 40,2% das emissões são oriundas do uso e mudança de uso e cobertura (SAITO et al., 2016).

Sendo assim, o uso integrado dos sistemas de informações geográficas (SIGs) e imagens de satélites é de extrema importância em estudos da paisagem (CALEGARI et al., 2010), dessa forma torna-se possível a detecção precisa dos fragmentos florestais remanescentes, o estado de conservação, além das áreas que se obtém o conflito entre o uso da terra com a legislação ambiental vigente.

2.3 AVALIAÇÃO TEMÁTICA DE MAPAS

Com o intuito de poder subsidiar planos de manejo, torna-se necessário o mapeamento da situação em que se encontra a área estudada. E grande parte dos mapeamentos de cobertura vegetal, a níveis regionais, são feitos por meio de imagens de sensoriamento remoto. As técnicas de classificação supervisionada associadas ao processamento digital de imagens têm dado bons resultados na extração de informação que compõem determinada região. No entanto, todo o processo de classificação está sujeito a erros dos mais diversos tipos e fontes (ANTUNES e LINGNAU, 1997).

Então, todas as classes que compõem o mapa temático devem ser submetidas ao um controle de qualidade afim de serem validados. Desse modo, segundo ANTUNES e LINGNAU (1997), um mapeamento temático deve ser utilizado apenas como fonte autêntica de informação quando associados a processos de avaliação da acurácia dos dados que o mapeamento apresenta.

E ainda, segundo ANTUNES e LINGNAU (1997), os softwares de processamentos digital de imagem apresentam ferramentas para se avaliar a acurácia dos dados do mapeamento. Porém, ainda assim são raros os mapas temáticos provenientes de classificação digital ou mesmo da fotointerpretação apresentarem um relatório especificando a exatidão dos dados.

2.3.1 Matriz de confusão

Segundo Ferreira et al. (2007), a matriz de confusão, também denominada de matriz de erros ou tabela de contingência, compara basicamente, categoria por categoria, a relação entre os dados de referência conhecidos e os resultados correspondentes de uma classificação automatizada. Sendo que, esses dados de referência podem ser obtidos por meio de trabalhos de campo ou de documentos auxiliares, como fotografias aéreas e cartas.

O método padrão para avaliação da precisão temática atualmente tem sido índices derivados da matriz de confusão. Essa matriz fornece a base para descrever a precisão da classificação e caracterizar os erros, ajudando a refinar a classificação (FIGUEIREDO e VIEIRA; 2007). E assim, por meio de uma matriz de confusão pode-se desenvolver uma série de medidas estatísticas que concluem o processo de validação (FERREIRA et al., 2007), além de derivar várias medidas de precisão de classificação, na qual a exatidão global constitui em uma das mais conhecidas, além dos cálculos dos erros de omissão e comissão e do índice Kappa.

Segundo Figueiredo e Vieira (2007), a matriz de confusão é formada por um conjunto quadrado de números dispostos em linhas e colunas, sendo que uma expressa o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – determinada por um classificador (ou regra de decisão), e a outra expressa a categoria atual verificada em campo. Então, costuma –se colocar abaixo das colunas o conjunto de dados de referência, e esses dados são comparados com os dados do produto da classificação representados ao longo das linhas. Os elementos da diagonal principal indicam o nível de acerto, ou concordância, entre os dois conjuntos de dados.

2.3.2 Erro de Omissão e Erro de Comissão

Para Ferreira et al. (2007), o erro de omissão se refere a uma definição imperfeita da categoria, enquanto que o erro de comissão se refere a uma delimitação excessiva da categoria. Ou seja, o erro de omissão (E_o) está associado à exatidão do produtor' ($1 - E_o$), pois o produtor do classificador tem interesse em conhecer como ocorreu o acerto da classificação dos objetos. O erro de comissão (E_c) está relacionado com a 'exatidão do usuário' ($1 - E_c$), pois, é a confiabilidade que o usuário tem quanto aos resultados da classificação (VARELLA, 2011)

2.3.3 Índice Kappa

Para Ferreira et al. (2007), esse índice indica a medida da diferença entre a concordância dos dados de referência e a classificação automática, e a probabilidade de concordância entre os dados de referência e a classificação aleatória.

Embora o coeficiente Kappa seja muito utilizado na avaliação da exatidão de mapeamento, não existe uma fundamentação teórica para recomendar quais os níveis mínimos aceitáveis deste coeficiente numa classificação (FIGUEIREDO e VIEIRA, 2007). A TABELA 1, com base no estudo realizado por Figueiredo e Vieira (2007) representa os níveis de desempenho da classificação para o valor do índice de Kappa obtido e normalmente aceitos pela comunidade científica.

TABELA 1 – INDICE KAPPA E O CORRESPONDENTE DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO

| Índice Kappa | Desempenho |
|---------------------|-------------------|
| < 0 | Péssimo |
| $0 < k \leq 0,2$ | Ruim |
| $0,2 < k \leq 0,4$ | Razoável |
| $0,4 < k \leq 0,6$ | Bom |
| $0,6 < k \leq 0,8$ | Muito Bom |
| $0,8 < k \leq 1,0$ | Excelente |

FONTE: Adaptado de Figueiredo e Vieira (2007)

2.4 DETECÇÃO DE MUDANÇA DE COBERTURA E USO DO SOLO

Segundo ROSAN e ALCÂNTARA (2016), o termo detecção de mudanças remete ao reconhecimento de alterações, através de técnicas de sensoriamento remoto, nas características de determinado local em um período de tempo analisado, considerando alguns aspectos, tais como a identificação da natureza da mudança, a quantificação da extensão da mudança, além da avaliação do comportamento espacial da mudança.

Desse modo, as mudanças de uso e cobertura da terra vêm alterando os ciclos biogeoquímicos, o balanço de radiação e o sistema climático terrestre, tendo relação direta com as emissões de gases do efeito estufa (XAUD e EPIPHANIO, 2014). E através dos avanços tecnológicos da observação da Terra por meio de sensores remotos permitiu a aquisição de dados sobre grandes extensões geográficas além de possibilitar melhor acurácia no mapeamento do uso e cobertura da terra por meio de sensores com resoluções espaciais médias e altas (ROSAN e ALCÂNTARA, 2016).

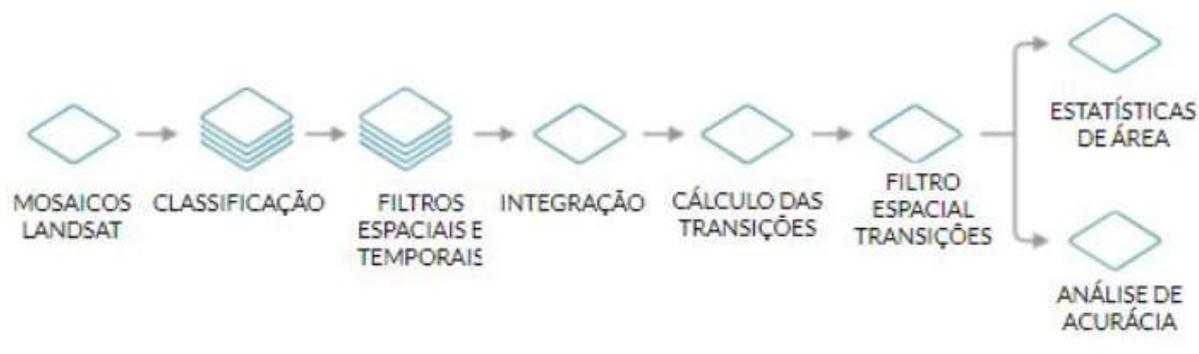
2.5 METODOLOGIA DO PROJETO MAPBIOMAS

Segundo a plataforma do Projeto MABPIOMAS, todos os mapas de cobertura e uso da terra são produzidos por meio da classificação pixel a pixel de imagens de satélites Landsat. Esse processo é realizado com inúmeros algoritmos de aprendizagem de máquinas (machine learning) através da plataforma Google Earth Engine, o qual oferece grande capacidade de processamento na nuvem.

Então, para a realização dos mapeamentos as equipes de programadores, especialistas de sensoriamento remoto e especialistas em conservação e uso da terra pertencentes ao Projeto MAPBIOMAS são organizados em times para cada bioma e tema transversal.

Desse modo, as etapas do procedimento para a geração dos mapas anuais de cobertura e uso da terra do Projeto MAPBIOMAS, bem como a transição estão descritas na FIGURA 1.

FIGURA 1- DIAGRAMA GERAL DA METODOLOGIA UTILIZADA PELO PROJETO MAPBIOMAS



FONTE: PROJETO MAPBIOMAS - METODOLOGIA (2020)

Primeiramente, o projeto MAPBIOMAS coleta as imagens do satélite Landsat com resolução de 30 metros, disponíveis na plataforma Google Earth Engine e com uma série temporal de mais de 30 anos, e em cada uma dessas imagens são formadas por dezenas de milhões de pixels. Para cada um dos pixels são extraídas métricas que explicam o comportamento do pixel naquele ano, esse procedimento é realizado para cada uma das 7 bandas espectrais do satélite assim como, para as frações e índices espectrais calculados. E ao final do processo cada pixel carrega em torno de 105 camadas de informação para um ano.

Então, para cada ano é construído um mosaico que cobre o Brasil demonstrando o comportamento de cada pixel através de 105 métricas ou camadas de informações. E por meio desses mosaicos que se obtém a composição RGB, a qual permite visualizar a imagem de fundo da plataforma MAPBIOMAS, além de ser utilizada para a coleta de amostras de treinamento e avaliação de acurácia por interpretação visual.

Em seguida, vem a etapa de classificação, ou seja, com os mosaicos de imagens as equipes do projeto MAPBIOMAS, responsáveis por cada bioma e tema transversal, constroem mapas de cada classe de cobertura e uso da terra. A classificação é realizada para cada um dos anos da série, e pode ser salva em apenas

um mapa por classe, em que cada pixel apresenta um número de camada correspondentes ao número de anos da série histórica analisada.

O passo seguinte consiste em aplicar os filtros espacial e temporal. O filtro espacial apresenta como objetivo ampliar a consistência espacial dos dados, eliminando os pixels isolados ou de borda. Para isso, o Projeto MAPBIOMAS define regras de vizinhança para a classificação do pixel, ou seja, um pixel que apresente dois dos nove pixels vizinhos na mesma classe será reclassificado para a classe predominante na vizinhança. Enquanto, o filtro temporal tem como objetivo reduzir inconsistências temporais e corrigir falhas por excesso de nuvens ou falha de dados, e assim, dessa forma são aplicadas regras de filtro temporal.

Com os filtros aplicados, é realizada a etapa de integração dos mapas, essa etapa consiste em gerar um mapa integrado contendo todas as classes de cobertura e uso da terra. Ou seja, os mapas de cada classe de cobertura e uso da terra para cada ano x são sobrepostos para integrar em um único mapa. E nos casos em que ocorre a sobreposição de classes se aplica a regra da prevalência especificada para cada região ou tema. Após, a integração, o mapa passa por mais uma filtragem espacial, afim de limpar as bordas e pixels soltos como consequência do processo de integração.

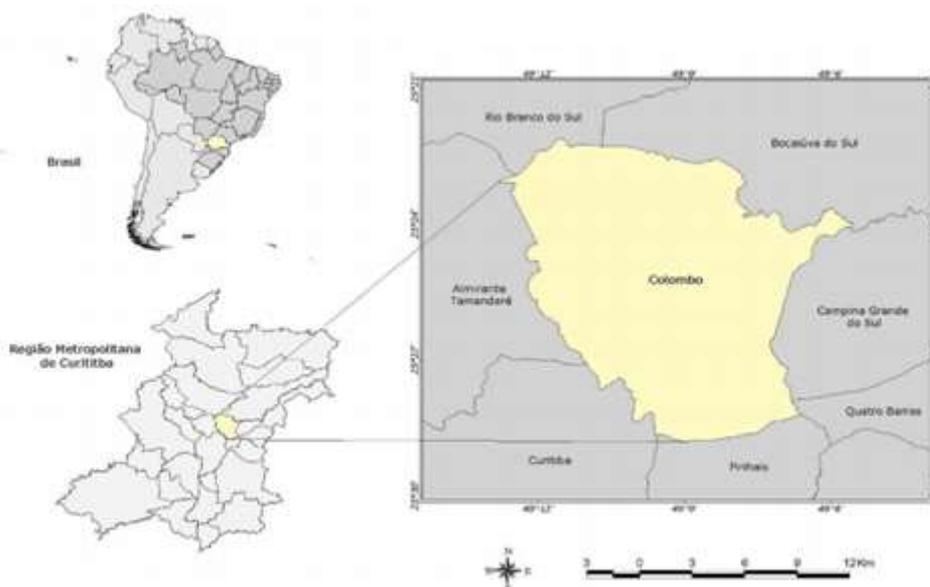
O cálculo das transições representa a etapa que se obtém o mapa de transição e a matriz de transição (matriz de confusão). Para se obter o mapa de transição, são selecionados e sobrepostos dois anos que se interessa para conhecer as mudanças de cobertura e uso da terra, e assim é obtido um mapa com os pixels em que ocorreu a transição entre as classes de cobertura e uso da terra para o par de anos comparado. Após a obtenção dos mapas de transições é realizado novamente uma filtragem espacial para eliminar os pixels de transição isolados ou de borda. E assim, é possível obter a matriz de transição indicando onde e quando houve a mudança de cobertura e uso da terra entre os dois anos analisados, e conseguir realizar as análises de acurácia e estatísticas de área.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo consiste no município de Colombo, localizado no 1º planalto que forma o Estado do Paraná. O local de estudo está ao norte da capital do Estado (região metropolitana de Curitiba), e faz divisa com os municípios de Pinhais, Curitiba, Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul e Quatro Barras. As coordenadas geográficas são: 25° 17' 30" S e 49° 13' 27" W, com altitude média de 1.027 metros e área territorial de 197,160 km². Na FIGURA 2 é possível verificar a localização do município em relação ao estado do Paraná e os municípios que fazem fronteira (IPARDES, 2019).

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE COLOMBO



FONTE: POLINÁRIO (2010).

Além disso, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no último censo realizado em 2010, a população no município era de 212.967 habitantes, com densidade demográfica de 1.076,72 hab./km² e a população estimada para o ano de 2019 consiste em 243.726 pessoas (IBGE, 2010).

A vegetação presente no município representa uma grande porção de campo natural concentrando-se no centro, sudoeste e oeste dessa região. A floresta

ombrófila mista aluvial concentra-se a norte, noroeste, nordeste e uma porção ao sul e na direção leste e sudeste está à unidade de proteção ambiental - APA do Irai (POLINÁRIO, 2010).

Quanto aos recursos hídricos, o município de Colombo está localizado em duas bacias: a bacia do Rio Iguaçu, com a maior parte do município, e a do Rio Ribeira. A bacia do Iguaçu é dividida em 3 partes: Alto Iguaçu, Médio Iguaçu e Baixo Iguaçu, o município faz parte da sub bacia do Alto Iguaçu (PEREIRA et al., 2010a). Os principais cursos d'água da área de estudo estão caracterizados como "Poluídos e Extremamente Poluídos", com altos teores de coliformes fecais e matéria orgânica e baixa concentração de oxigênio dissolvido, sendo, portanto, incapazes de manter vida aquática (PEREIRA et al., 2010b).

3.2 DADOS UTILIZADOS

O estudo apresentado neste trabalho teve como foco as alterações na cobertura florestal do município de Colombo – PR, entre os anos de 2000 e 2015. A escolha do período justifica-se pela disponibilização de dados obtidos através do Projeto BIOFIX, executado pelo Departamento de Ciências Florestais da UFPR. Tais dados foram utilizados para validação.

- Mapas de cobertura e uso da terra do Projeto MapBiomass, de 2000 e 2015 – para fins de detecção das mudanças de cobertura e uso da terra (PROJETO MAPBIOMASS, 2019).
- Mapas de cobertura e uso da terra (Projeto BIOFIX), realizados pelo Departamento de Ciências Florestais da UFPR, de 2000 e 2015 – para fins de validação (SANQUETTA e CORTE, 2017).

3.3 SOFTWARES UTILIZADOS

A TABELA 2 relaciona os softwares utilizados durante a realização deste estudo com as respectivas finalidades:

TABELA 2 – SOFTWARES UTILIZADOS, IDENTIFICANDO-SE AS FINALIDADES

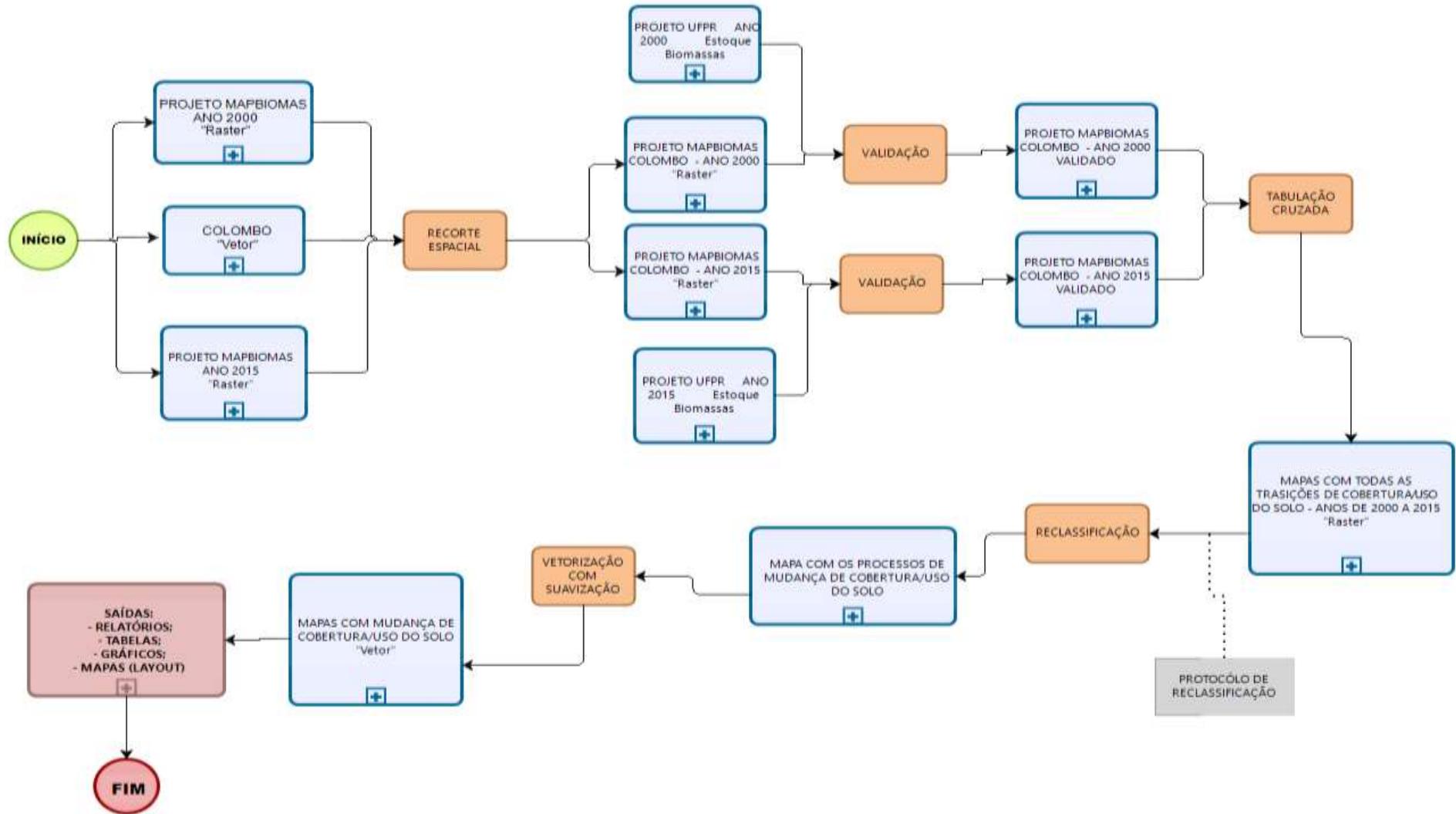
| Software | Finalidade |
|-----------------|---|
| QGIS v. 3.8 | Validação das classes relacionadas às fitofisionomias florestais, utilizando-se os dados do projeto BIOFIX como referência. Detecção de mudanças e elaboração do mapa de saída. |
| GOOGLE EARTH | Validação das classes não-relacionadas às fitofisionomias florestais, utilizando-se as imagens correspondentes aos anos dos mapas. |
| EXCEL v. 2013 | Geração da matriz de confusão, cálculos dos erros de omissão e comissão e do índice Kappa. |

FONTE: Produção da autora (2020)

3.4 PROCEDIMENTOS

A FIGURA 3 e a TABELA 3 apresentam o fluxograma metodológico utilizado.

FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



FONTE: Produção da autora (2020)

TABELA 3 - LEGENDA DOS SÍMBOLOS APRESENTADOS NA FIGURA 2

| SÍMBOLO | SIGNIFICADO |
|---|-------------------------|
|  | Início do procedimento |
|  | Término do procedimento |
|  | Dados geográficos |
|  | Dados tabulares |
|  | Processamento dos dados |
|  | Produtos |

FONTE: Produção da autora (2020)

Primeiramente foram obtidos os mapas do projeto MAPBIOMAS referente aos anos de 2000 e 2015, em formato matricial. Em seguida um recorte espacial foi realizado para que os dados fiquem restritos ao perímetro municipal de Colombo. Para isso, foi utilizada a delimitação municipal oficial, em formato vetorial.

Após essa delimitação, os mapas do projeto MAPBIOMAS foram comparados com os mapas desenvolvidos pelo projeto BIOFIX, para a validação das classes encontradas. A próxima etapa consistiu em gerar os mapas do projeto MAPBIOMAS validados para os dois anos em estudo, e assim foi possível realizar a tabulação cruzada.

Os cálculos do índice de Kappa e dos Erros de Omissão e de Comissão, foram realizados por meios das respectivas equações matemáticas conforme descrito por FERREIRA et al. (2007), a fim de ter um método analítico para avaliar os resultados obtidos.

- Erro de Omissão

$$E_0 = \frac{X_{i+} - X_{ii}}{X_{i+}} \quad (1)$$

Onde,

E_0 = Erro de Omissão

X_{i+} = Marginal da linha

X_{ii} = Diagonal daquela linha

- Erros de Comissão

$$E_{CO} = \frac{X_{+i} - X_{ii}}{X_{+i}} \quad (2)$$

Onde,

E_{CO} = Erro de Comissão

X_{+i} = Marginal da coluna

X_{ii} = Diagonal daquela coluna

- Índice Kappa

$$K = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \quad (3)$$

Onde,

X_{ii} = Concordância Observada

X_{+i} e X_{i+} (produto das marginais), sendo a concordância esperada

N = Total de elementos observados

Com base nos mapas do projeto MAPBIOMAS, foi realizado uma tabulação cruzada, gerando todas as transições de cobertura e uso da terra ocorridas em Colombo-PR entre 2000 e 2015. Dessa forma, foi possível agrupar tais transições, expressando-as em processos de mudanças de cobertura e uso da terra.

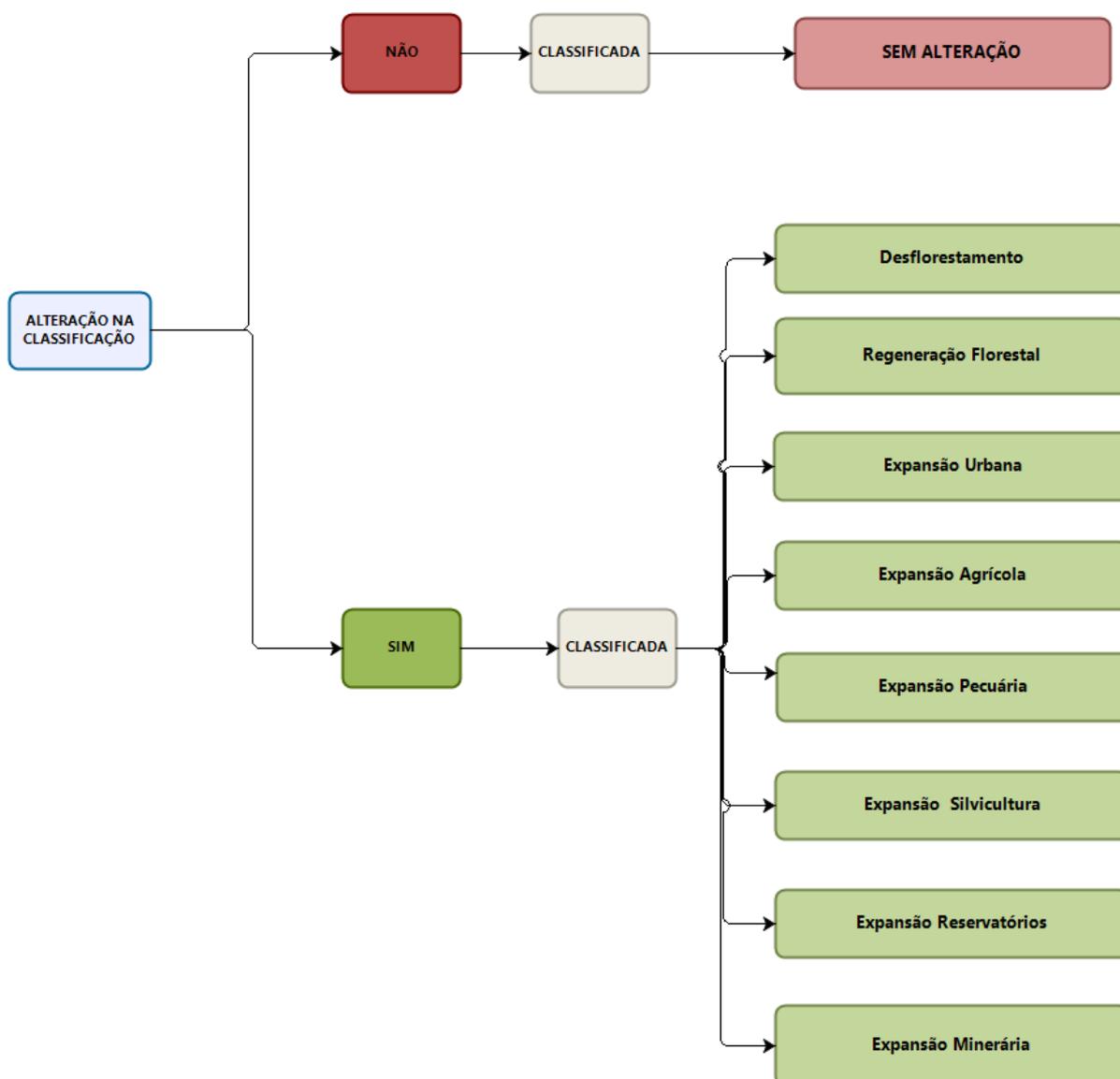
Neste procedimento, o objetivo consistiu em realizar todas as possíveis combinações das classes dos processos de mudanças na vegetação existente apontados nos mapas de 2000 e 2015, por exemplo, se em 2000 houve 10 classes identificadas e em 2015 também 10 classes, então na tabulação cruzada haverá de 10 a 100 classes existentes, ou seja, 10 sendo o mínimo identificado e 100 representa a multiplicação do total de classes reconhecidas durante os anos estudados. Com a

tabulação cruzada efetuada, o próximo passo foi demonstrar o mapa com todas as transições de cobertura/uso da terra nos anos de 2000 e 2015, para isso uma reclassificação foi desenvolvida, visto que, na tabulação cruzada irá obter um número excessivo de classes, as quais poderiam ser agrupadas em quantidades menores. Essa reclassificação foi realizada com base nos processos de mudanças de cobertura e uso da terra pertinentes para a região e período, tais como desflorestamentos, expansão de silvicultura e regeneração florestal.

Como não há a existência de um padrão nacional para classificar processos de mudanças de cobertura e uso da terra, então o protocolo de reclassificação utilizado neste trabalho foi criado exclusivamente para este estudo. O critério utilizado para a reclassificação consistiu em observar se ocorria mudança na classificação dos pixels das imagens dos mapas observados entre os anos de 2000 e 2015.

Como pode ser visto na FIGURA 4 , o protocolo de reclassificação segue os seguintes passos: se não houver alteração na classificação dos pixels na área em análise, a classe determinada será reclassificada como “sem alteração”, caso ocorra alguma alteração na classificação, então os pixels do local analisado da imagem poderiam ser reclassificados como: 1 - Desflorestamento (Redução de florestas nativas); 2 – Regeneração Florestal (Aumento de florestas nativas); 3 – Expansão Urbana (Aumento das Áreas Urbanas); 4 – Expansão Agrícola (Aumento das áreas relacionadas a agricultura); 5 – Expansão Pecuária (Aumento das áreas de pecuária); 6 – Expansão Silvicultura (Aumento das áreas de silvicultura); 7 – Expansão Reservatórios (Aumento das áreas que contém corpos d’água); e 8 – Expansão Minerária (Aumento das áreas ligadas a mineração).

FIGURA 4 – ESQUEMA DO PROTOCOLO DE RECLASSIFICAÇÃO DAS CLASSES NOS MAPAS DE 2000 E 2015.



FONTE: Produção da autora (2020)

E por fim, foi realizado uma vetorização com suavização do mapa obtido, com isso se obteve um contorno bem definido entre as classificações aplicadas no mapa. E assim, com esse mapa suavizado em formato vetorial foi viável obter saídas gráficas de alta qualidade visual, ou seja, mapas de processos de mudanças de cobertura e uso da terra, além dos itens usuais em relatórios, tais como tabelas e gráficos.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO DO MAPA

A matriz de confusão e as estimativas dos erros de comissão e omissão, além do índice Kappa podem ser visualizados nas TABELAS 4 e 5 para os anos de 2000 e 2015, respectivamente. Os cálculos utilizados para a obtenção dos erros de comissão e omissão e do índice Kappa, estão descritos no item 3.4 deste estudo. Embora a finalidade deste trabalho não foi em realizar uma análise profunda dos dados coletados, essa avaliação foi feita apenas para observar a confiabilidade apontada entre os dados coletados na realidade com os registrados pelo Projeto MAPBIOMAS.

Uma das formas de se analisar a matriz seria observando os valores obtidos para o erro de comissão e o erro de omissão. Segundo, Ferreira et al. (2007), o primeiro tem como finalidade apontar quais os pontos que foram classificados indevidamente em uma categoria, enquanto que o segundo mostra a quantidade de pontos que deveriam corresponder à categoria na realidade e não foram, ou seja, são omitidos.

Dessa forma, a matriz de confusão foi formada pela comparação dos dados do Projeto MAPBIOMAS com as imagens georreferenciadas visualizadas no software GOOGLE EARTH® para as classes não florestais, que correspondem a: corpos d'água, áreas de mineração, áreas urbanas, cultura anual e perene, pastagem, mosaico de agricultura e outras áreas não vegetada. E para as classes florestais, floresta nativa e silvicultura, foram comparados os dados do projeto BIOFIX.

Então, pelos resultados descritos nas TABELAS 4 e 5, percebe-se que as categorias de áreas de mineração, áreas urbanas e cultura anual e perene, obtiveram os maiores erros de omissão (EO) tanto em 2000 como em 2015. Isto é, em 2000 para a área de mineração foi encontrado um erro de 33,33 %, para áreas urbanas foi de 51,85% e a classe de cultura anual e perene resultou em um erro de 81,25 %, enquanto que para o ano de 2015, essas classes obtiveram um erro de 71,42 %, 67,74 % e 62,5%, respectivamente. Esses dados demonstram, que o projeto MAPBIOMAS não teve tanta acurácia na classificação dos pontos para essas classes, para os dois anos em análise. Para as classes de corpos d'água, em 2000 o erro registrado foi de 0,00%, e 2015 14,28 %, e outra área não vegetada, em 2000

apresentou um erro de 0,00% e em 2015 o erro foi de 33,33%. Desse modo, para o ano de 2000, essas classes foram classificadas corretamente, ou seja, todos os pontos que o projeto MAPIBIOMAS apontava ser de uma categoria, na realidade também correspondiam a essa categoria, porém para o ano de 2015 o erro alcançado teve um valor significativo, porém se comparado as classes anteriores foram em menores proporções. Entretanto, comportamento semelhante não pode ser observado para as classes de pastagem e mosaico de agricultura e pastagem, enquanto que para o ano de 2000 mosaico de agricultura e pastagem apresentou um erro de 16,66% em 2015 o erro foi de 0,00%, já a classe de pastagem em ambos os anos teve total acerto na classificação dos pontos (EO = 0,00%).

Ao observar os erros de comissão (EC), a perspectiva não foi semelhante dos resultados apontados para os erros de omissão em ambos os anos, ou seja, classes que para EO se obteve valores altos, não necessariamente, também resultaram em EC elevados, e o recíproco também pode ser verificado. Então, para os EC os dois anos resultaram em valores bem distintos, isto é, as classes que foram as que mais tiveram índices de classificação indevida para os dois anos foram Mosaico de agricultura e pastagem e Outra área não vegetada, para o ano de 2000 correspondem 58,33% e 53,33%, respectivamente, enquanto que para o ano de 2015, correspondem a 34,37 % e 86,66%, respectivamente. Para a classe de corpos d'água, o ano de 2000 apresentou um erro de 12,5%, e para 2015, o erro aumentou foi para 33,33%. As classes que registraram EC menores, mas ainda com valores significativos, foram as áreas urbanas (16,66%) e pastagem (9,52%) para o ano de 2015, em contrapartida para o ano de 2000, se obteve apenas uma classe que apontou um EC menor, mas com valor significativo, a qual consiste na classe de Pastagem com 22,22%. E por fim, as classes que tiveram o acerto total na classificação dos pontos (EC = 0%), o que significa que os ponto que o projeto MAPBIOMAS considerou pertencer aquela classe corresponde exatamente a classe na realidade, sendo elas para o ano 2000 áreas de mineração, áreas urbana e cultura anual e perene, enquanto que para o ano de 2015 correspondem as áreas de mineração e cultura anual e perene.

Em relação as classes florestais, as quais os dados comparados foram os do projeto MAPIBIOMAS com os do projeto BIOFIX, para classe de Silvicultura no caso do ano de 2000, se encontrou um problema matemático para se obter o erro de omissão, visto que, todos os pontos que o projeto MAPIBIOMAS apontava como pertencente a classe, não correspondiam com a realidade, desse modo como ao

utilizar a equação 1 se encontrou uma divisão por zero, a medida tomada foi em desconsiderar esse erro para este caso. Enquanto que para o ano de 2015 nenhum ponto foi omitido (EO = 0%), ou seja, todos pontos apontados pelo projeto BIOFIX que foram considerados como Silvicultura, também corresponderam pelo projeto MAPBIOMAS como Silvicultura. Este comportamento não ocorreu para a classe de Floresta Nativa, visto que, para o ano de 2000 e 2015, o EO encontrado foi de 56,60 % e 35 %, respectivamente. Para o EC a Silvicultura foi a que obteve o maior EC se comprado aos resultados obtidos para os 2 anos a respeito das classes florestais, logo para o 2000 a classe de Silvicultura se obteve um erro de 100 % e em 2015, foi registrado um erro de 65 %, isso mostra que a maior parte, se não todos os pontos em que o projeto MAPBIOMAS classificou como Silvicultura não correspondiam a classe na realidade. Já os erros encontrados para a classe de Floresta Nativa não foram tão alarmantes, pois em 2000 foi de 25,80 % e em 2015, resultou apenas em um erro de 10,34 %.

Com os resultados encontrados para os EC e EO, referente as classes não florestais o projeto MAPBIOMAS apresentou erros na maioria das classes, para ambos os anos, isto é, o que o Projeto MAPBIOMAS apontava que era não correspondia com o que era visto na realidade. Um das causas, para o que o projeto MAPBIOMAS não teve tanta acurácia nos resultados obtidos foi o fato de que o projeto utiliza imagens de satélite georreferenciadas, em que um pixel dessa imagem correspondem a em torno de 30 metros na realidade, enquanto que com as imagens georreferenciadas do GOOGLE EARTH® o operador consegue aproximar a um ponto que um pixel pode corresponder a 2 metros na realidade, e essa diferença de alta resolução leva a erros, que não necessariamente correspondem de que o projeto é falho, mas que a resolução da imagem não permite ser tão claro para que seja realizado uma varredura na imagem mais detalhada. Muitas vezes, os satélites que providenciam imagens de alta resolução são aqueles que cada imagem possui um alto custo financeiro, e devido a isso, muito projetos não tem o recurso financeiro para bancar esse alto custo afim de ter uma imagem de elevada resolução. Então, com o objetivo de realizar os estudos, e muito projetos não conseguindo ter os recursos financeiros para ter imagem de alta resolução, preferem ter uma imagem de satélite que possam custear financeiramente, e mesmo arcando com a consequência de não ter uma resolução alta possam prosseguir com os estudos.

No caso das classes florestais, ocorreu particularidades semelhantes com as das outras classes, ou seja, se obteve erro significativos em ambos os anos, mas o que chamou a atenção foi para o ano de 2000, onde não foi possível se obter o EO, visto que, com o projeto BIOFIX nenhum dos pontos que o Projeto MAPBIOMAS considerava como pertencente a classe de Silvicultura não correspondia com a realidade, e por isso o EC foi registrado como 100%. Já, o caso da Floresta Nativa, em ambos os anos foi encontrado um EO e EC relevantes, mas não tão brusco como os encontrados pela Silvicultura.

Por isso não se deve observar apenas os resultados encontrados pelos erros de comissão e omissão, para se julgar se um projeto é confiável nos resultados ou não, e é neste ponto que o índice Kappa se torna um dado importante na confiabilidade dos resultados. Isto é, segundo a Tabela 1, para o ano de 2000 o resultado obtido para o Índice Kappa corresponde a um desempenho classificado como “Bom”, enquanto que para o ano de 2015 o desempenho foi melhor, entra na classificação de “Muito Bom”. Então, em teoria esses resultados apresentados nas TABELAS 4 e 5 não são ruins, mas podem ser melhorados, para que o desempenho encontrado chegue a índices de estarem no nível de “Excelentes”.

Logo, pelas análises das TABELAS 4 e 5, nota –se que os resultados obtidos referentes ao ano de 2015 foram melhores dos que os resultados em 2000. Isso mostra a evolução da tecnologia para a avaliação de mapas, e como se torna válido a utilização de aparelho que permitem uma visão mais rica em detalhes para a realização das análises corretas.

Além disso, o projeto MAPBIOMAS construiu um aplicativo (PAINEL DE ESTATÍSTICA DE ACURÁCIA DA COLEÇÃO 5.0, 2019) com o objetivo de facilitar a visualização da acurácia e dos erros de omissão e comissão do mapeamento. Por meio deste aplicativo, nota-se que para o bioma da Mata Atlântica, o qual corresponde com o bioma do município em estudo, a acurácia geral dos dados mapeados pelo Projeto MAPBIOMAS correspondem a 86,1 % e 86,7% para os anos de 2000 e 2015, respectivamente. Ou seja, tanto para o ano de 2000 como para o ano de 2015, cerca de 86 % dos dados classificados estão corretos, condizem com a realidade, segundo o aplicativo. Nos casos dos erros de omissão, por exemplo, para a classe de floresta nativa o erro encontrado foi de 8,07% e 6,56 %, para os anos de 2000 e 2015, respectivamente, e ao comparar os erros obtidos por este estudo, 56,6 % para o ano

de 2000 e 35 % para 2015, demonstra que este trabalho ainda precisa ser melhorado para poder haver a validação dos dados obtidos com o projeto MAPBIOMAS.

Embora, este trabalho utilizou apenas os índices Kappa, afim de avaliar os resultados encontrados tanto com a literatura de FIGUEIREDO e VIEIRA (2007), como com o aplicativo do projeto MAPBIOMAS, também pode se utilizar outros índices com o propósito de avaliar os resultados encontrados, tais como os índices *Tau*, *Pi de Scott* e o índice *Pabak*. Sendo o último utilizado para o ajuste do índice de Kappa para as diferenças entre a proporção total de avaliações erros e acertos e para o viés entre os mapas de referência e classificação (SOUZA,2020).

TABELA 4 - MATRIZ DE CONFUSÃO, INCLUINDO OS ERROS DE OMISSÃO E COMISSÃO E ÍNDICE KAPPA REFERENTE AO ANO DE 2000

| CLASSIFICAÇÃO | | MAPBIOMAS | | | | | | | | Total | Erro de Omissão (%) | |
|----------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------------|-----------|--------------|------------|---------------------|-----------------|
| | | Corpos d'água | Áreas de Mineração | Outra área Não vegetada | Áreas Urbanas | Mosaico de Agricultura e pastagem | Cultura Anual e perene | Pastagem | Silvicultura | | | Floresta Nativa |
| Referência | Corpos d'água | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0,00 |
| | Áreas de mineração | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 33,33 |
| | Outra área não vegetada | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0,00 |
| | Áreas urbanas | 0 | 0 | 6 | 13 | 2 | 0 | 0 | 1 | 5 | 27 | 51,85 |
| | Mosaico de Agricultura e pastagem | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 | 16,66 |
| | Cultura anual e perene | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 2 | 0 | 3 | 16 | 81,25 |
| | Pastagem | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 21 | 0,00 |
| | Silvicultura | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | *** |
| | Floresta Nativa | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 2 | 23 | 23 | 53 | 56,60 |
| Total | 8 | 4 | 15 | 13 | 24 | 3 | 27 | 24 | 31 | 149 | | |
| Erro de Comissão (%) | | 12,5 | 0,00 | 53,33 | 0,00 | 58,33 | 0,00 | 22,22 | 100,00 | 25,80 | | |

Índice Kappa: 0,56

FONTE: Produção da autora (2020)

TABELA 5 - MATRIZ DE CONFUSÃO, INCLUINDO OS ERROS DE OMISSÃO E COMISSÃO E ÍNDICE KAPPA REFERENTE AO ANO DE 2015

| CLASSIFICAÇÃO | | MAPBIOMAS | | | | | | | | Total | Erro de Omissão (%) | |
|----------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------------|----------|--------------|------------|---------------------|-----------------|
| | | Corpos d'água | Áreas de Mineração | Outra área Não vegetada | Áreas Urbanas | Mosaico de Agricultura e pastagem | Cultura Anual e perene | Pastagem | Silvicultura | | | Floresta Nativa |
| Referência | Corpos d'água | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 14,28 |
| | Áreas de mineração | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 71,42 |
| | Outra área não vegetada | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 33,33 |
| | Áreas urbanas | 0 | 0 | 13 | 10 | 4 | 0 | 1 | 0 | 3 | 31 | 67,74 |
| | Mosaico de Agricultura e pastagem | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0,00 |
| | Cultura anual e perene | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 3 | 0 | 8 | 62,50 |
| | Pastagem | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 19 | 0,00 |
| | Silvicultura | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0,00 |
| | Floresta Nativa | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 10 | 26 | 40 | 35,00 |
| Total | 9 | 2 | 15 | 12 | 32 | 3 | 21 | 20 | 29 | 143 | | |
| Erro de Comissão (%) | | 33,33 | 0,00 | 86,66 | 16,66 | 34,37 | 0,00 | 9,52 | 65,00 | 10,34 | | |

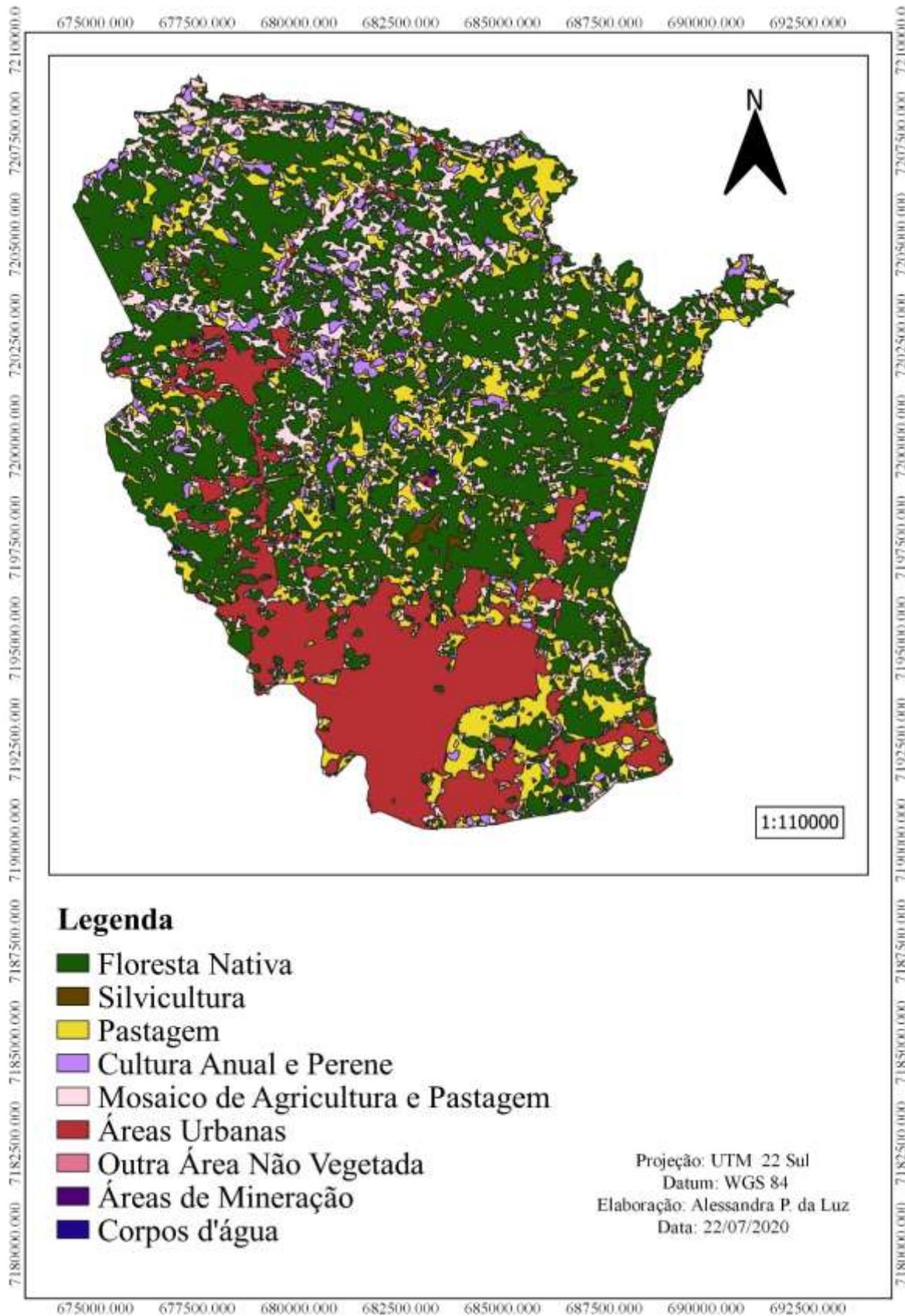
Índice Kappa: 0,64

FONTE: Produção da autora (2020)

4.2 USO E COBERTURA DA TERRA PARA OS ANOS DE 2000 E 2015

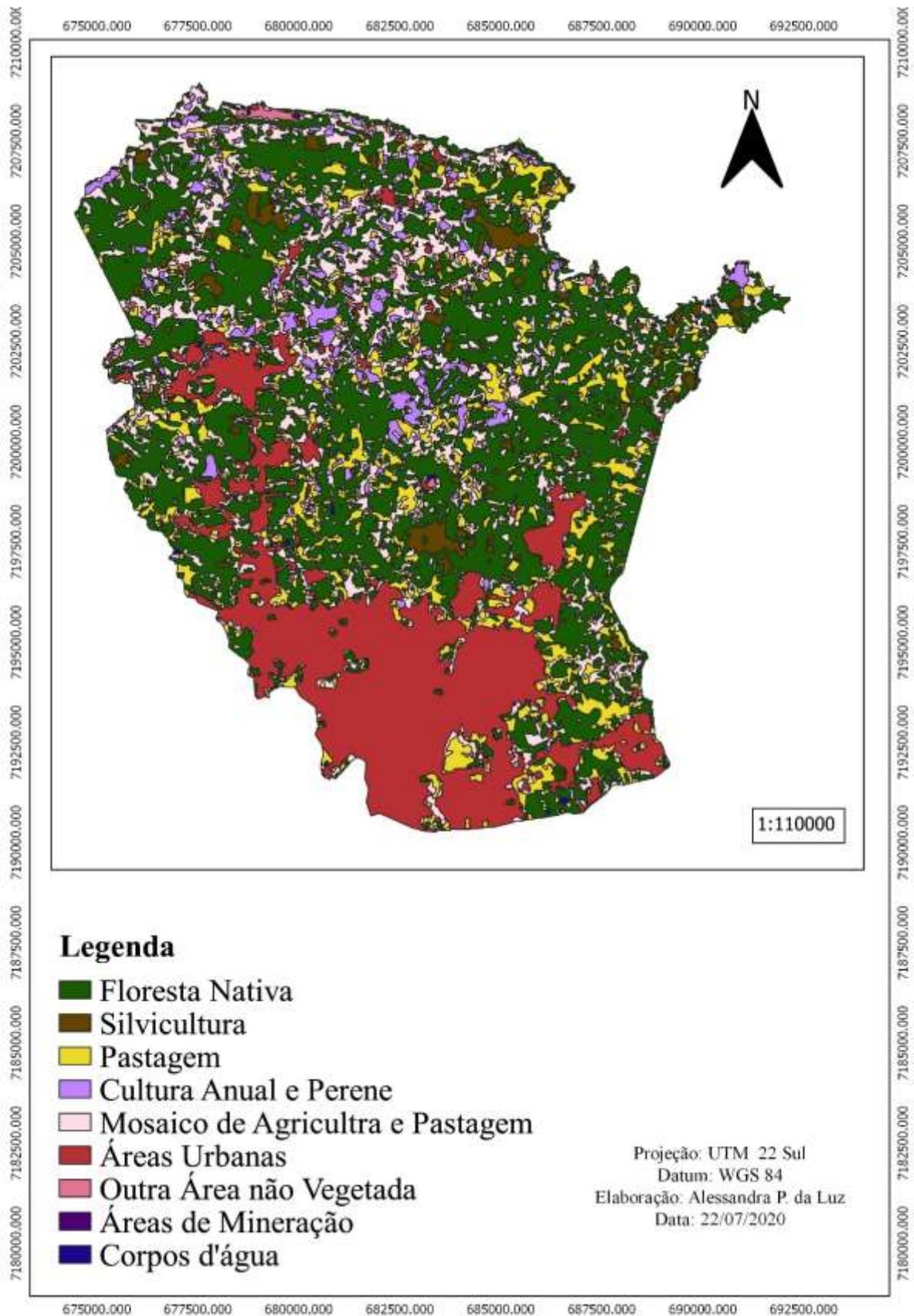
Os mapas de uso e cobertura da terra referentes aos anos de 2000 e 2015 podem ser visualizados nas FIGURAS 5 e 6, respectivamente.

FIGURA 5 - MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA REFERENTE AO ANO DE 2000



FONTE: Produção da autora (2020)

FIGURA 6 - MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA REFERENTE AO ANO DE 2015



FONTE: Produção da autora (2020)

As estimativas da área total para cada classe de uso e cobertura da terra estão descritas nas TABELAS 6 e 7 , e com a finalidade de visualizar a proporção de cada classe, foram gerados gráficos (FIGURAS 7 e 8) por meio dos dados dos percentuais encontrados em ambas as tabelas.

TABELA 6 – ÁREA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM ha E PERCENTUAL PARA O ANO DE 2000

| CLASSE | ÁREA EM 2000 (ha) | ÁREA EM 2000 (%) |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| Floresta Nativa | 9105,79 | 46,20 |
| Mosaico de Agricultura e Pastagem | 3415,21 | 17,33 |
| Áreas Urbanas | 3377,35 | 17,14 |
| Pastagem | 2960,10 | 15,02 |
| Cultura anual e perene | 673,14 | 3,42 |
| Silvicultura | 77,15 | 0,39 |
| Outra Área Não vegetada | 75,05 | 0,38 |
| Corpos d'água | 16,17 | 0,08 |
| Áreas de Mineração | 8,12 | 0,04 |
| TOTAL | 19708 | 100 |

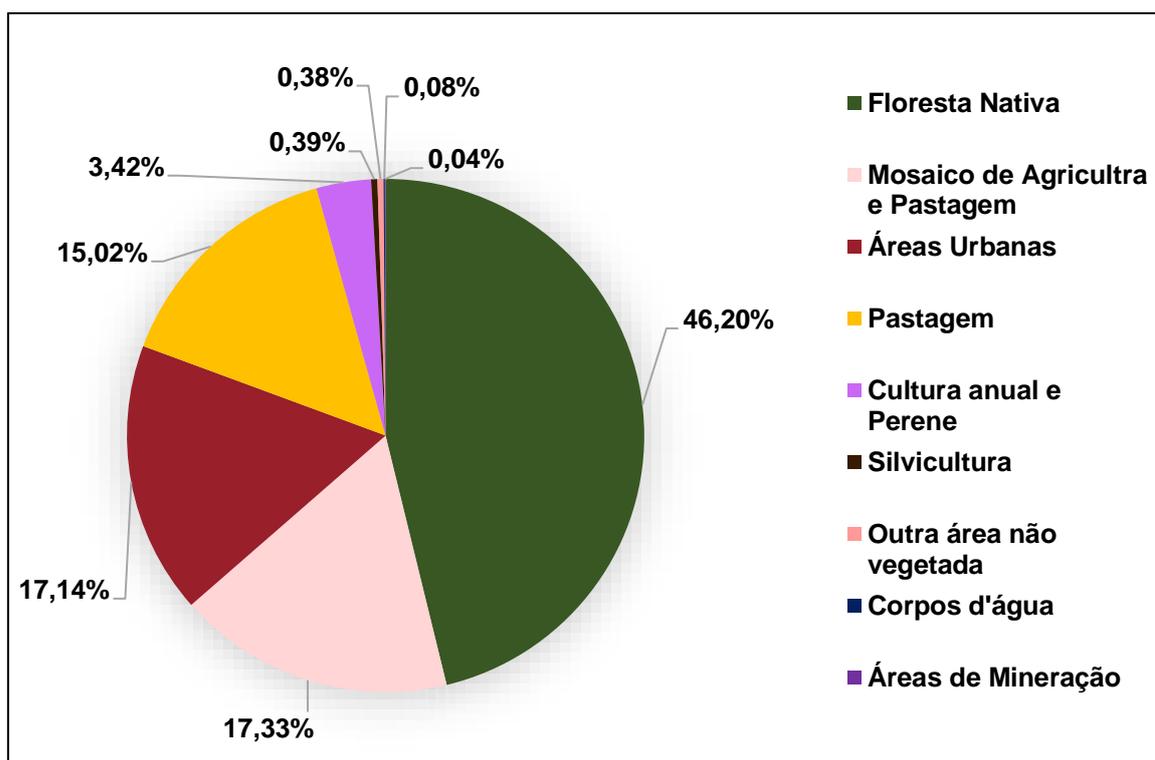
FONTE: Produção da autora (2020)

TABELA 7 - ÁREA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM ha E PERCENTUAL PARA O ANO DE 2015

| CLASSE | ÁREA EM 2015 (ha) | ÁREA EM 2015 (%) |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| Floresta Nativa | 8247,84 | 41,85 |
| Áreas Urbanas | 3979,54 | 20,19 |
| Mosaico de Agricultura e Pastagem | 3783,85 | 19,20 |
| Pastagem | 2223,69 | 11,28 |
| Cultura anual e perene | 656,81 | 3,33 |
| Silvicultura | 587,35 | 2,98 |
| Outra Área Não vegetada | 207,29 | 1,05 |
| Corpos d'água | 18,52 | 0,09 |
| Áreas de Mineração | 3,19 | 0,02 |
| TOTAL | 19708 | 100 |

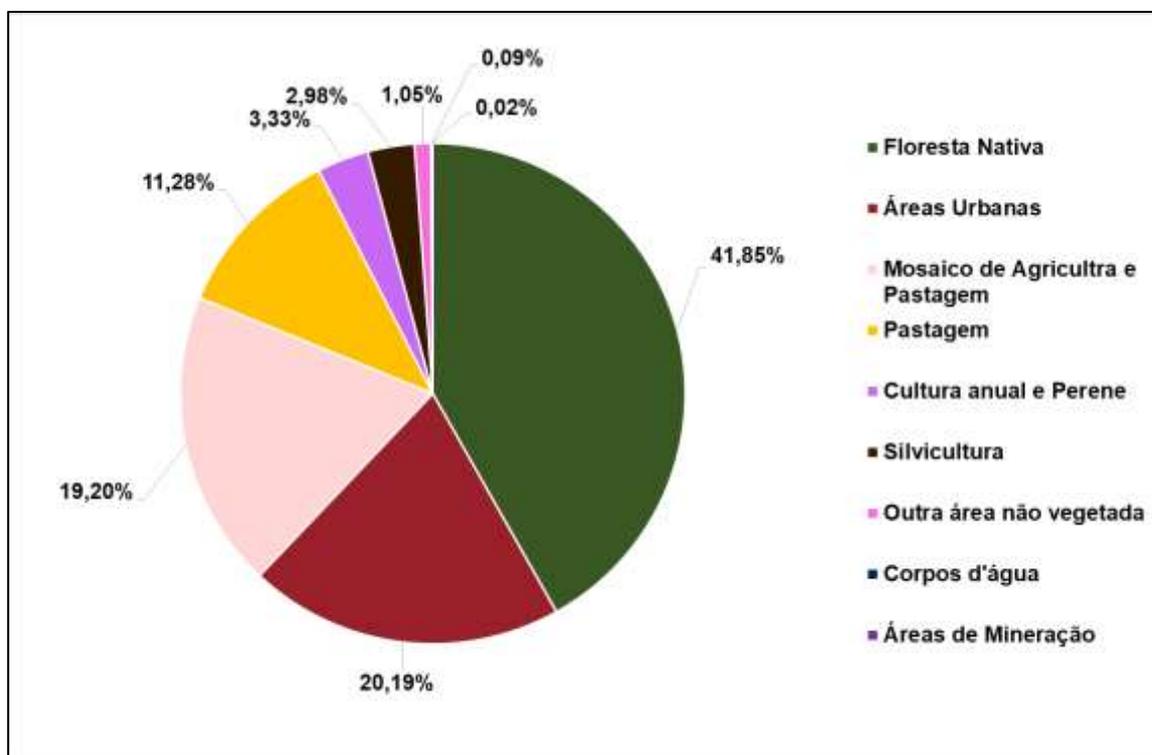
FONTE: Produção da autora (2020)

FIGURA 7 – GRÁFICO DA ÁREA DE CADA CLASSE DE USO E COBERTURA DA TERRA PARA O ANO DE 2000



FONTE: Produção da autora (2020)

FIGURA 8 – GRÁFICOS DA ÁREA DE CADA CLASSE DE USO E COBERTURA DA TERRA PARA O ANO DE 2015



FONTE: Produção da autora (2020)

A TABELA 8, indica se a classe analisada durante o período estudado obteve uma retração ou avanço no crescimento, ou seja, a coluna “ diferença” apresenta o valor encontrado da área, em hectare, quando se subtrai os valor obtido em 2015, do valor estimado para o ano de 2000, sempre analisando as mesmas classes entre os dois anos. Desse modo, caso seja encontrado uma valor de diferença negativo indica uma ocorrência de retração da classe, enquanto que os valores positivos representam uma aumento.

TABELA 8 – DIFERENÇA EM ha ENCONTRADA DURANTE O PERÍODO DE 2000 A 2015

| CLASSE | DIFERENÇA (ha) |
|-----------------------------------|----------------|
| Floresta Nativa | -857,95 |
| Pastagem | -736,43 |
| Cultura Anual e Perene | -16,39 |
| Áreas de Mineração | -4,93 |
| Áreas Urbanas | 602,22 |
| Silvicultura | 510,14 |
| Mosaico de Agricultura e Pastagem | 368,38 |
| Outra área não vegetada | 132,29 |
| Corpos d'água | 2,37 |

FONTE: Produção da autora (2020)

Ao analisar os resultados obtidos, nota-se que o município não apresentou, de maneira geral, uma forte alteração na ocupação das classes com o decorrer de 15 anos. Ou seja, a parcela que cada classe ocupa no município foi semelhante durante os anos de 2000 e 2015. A única diferença notada, foi em relação a área urbana, visto que, no ano de 2000 essa classe contemplava o terceiro lugar na parcela de ocupação do município, e em 2015 passou a estar em segundo lugar. Digno de nota é a retração de cobertura florestal nativa, saindo de cerca de 46% para um pouco mais de 40%. A Silvicultura, apesar de representar um percentual de ocupação baixo, apresentou grande taxa de expansão, setuplicando em relação à área ocupada em 2000.

A expansão urbana pode ser visualizada por meio dos mapas encontrados (FIGURAS 5 e 6), indicando que a mancha urbana cresceu em áreas que no período inicial eram ocupadas pela Agropecuária ou Floresta Nativa. E ao se analisar em termos quantitativos, a Área Urbana obteve um crescimento de 602,22 hectares em área ocupada, o equivalente a cerca de 603 campos de futebol.

A silvicultura, também obteve um valor de crescimento significativo, ou seja, em pontos percentuais no ano de 2000 ocupava menos de 0,5 % do território, e com o passar do tempo, em 2015, passou a abranger próximo de 3% do município. Esse avanço pode ser notado pelo valor obtido da diferença das áreas (TABELA 8), em que o avanço foi cerca de 510,14 hectares ocupados.

As classes que envolvem a agropécuária, como as classes de mosaico de agricultura e pastagem, cultura anual e perene, e pastagem, durante os 15 anos, não apresentaram uma alteração nas parcelas ocupadas no município. Isto é, embora houveram mudanças em termos numéricos nessas classes, elas não foram abruptas, como o caso das áreas urbanas, mas obtiveram uma expansão ou retração mais brandas, permanecendo na mesma parcela de ocupação do uso da terra do município.

Além disso, a Floresta Nativa foi a classe que se obteve a maior retração encontrada, isto é, quando se analisa em termos percentuais, essa classe teve uma retração próxima de 4,4 %, porém ao converter essa retração em termos métricos, se obtem cerca de 856,7 hectares a menos de floresta, prejudicando o município com a falta dos serviços ecossistêmicos que essa florestas poderiam oferecer.

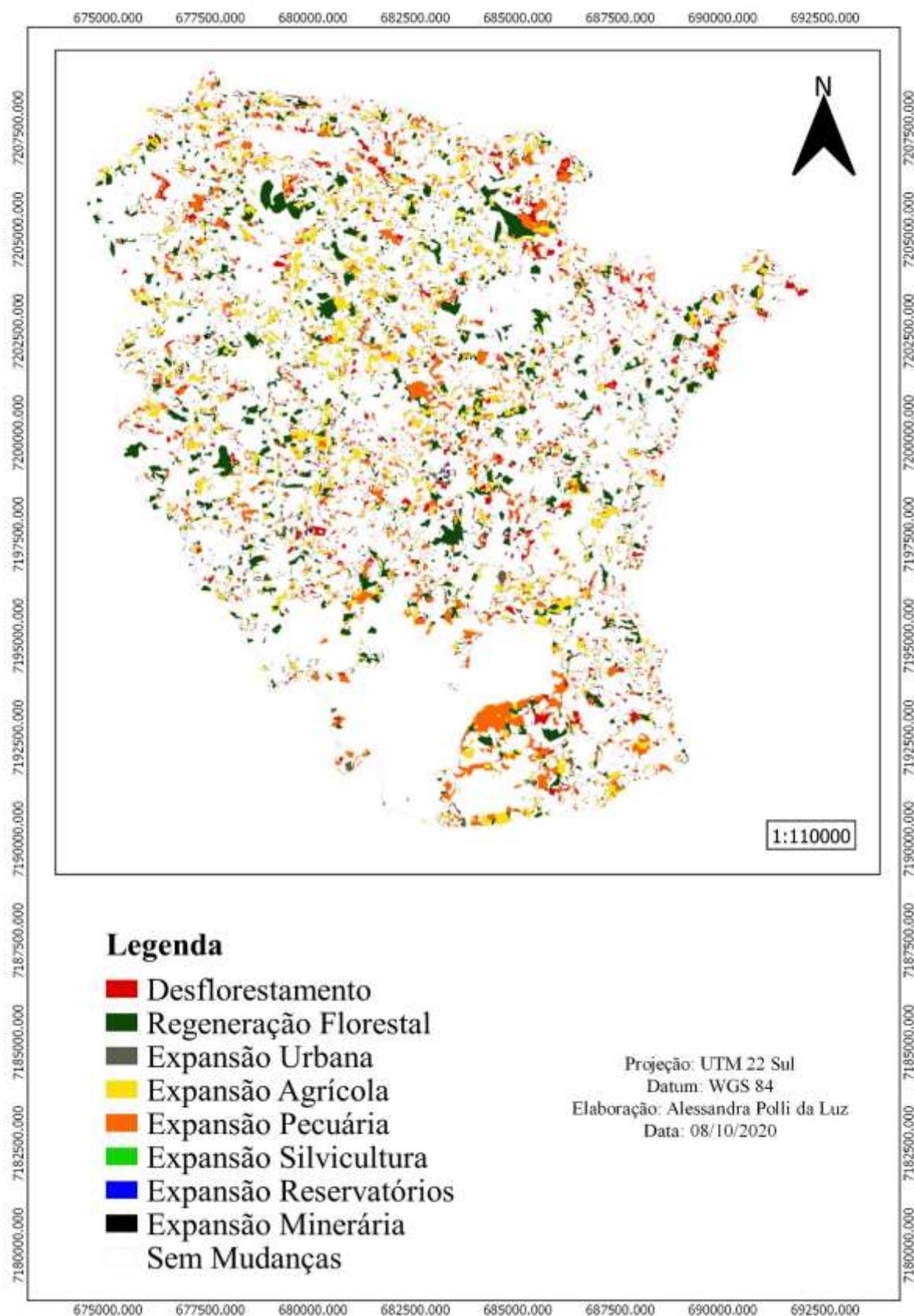
A classe referente a outras áreas não vegetadas também apresentou um crescimento significativo, visto que, essa classe está relacionada a infraestrutura urbana, como por exemplo, ruas, estradas, e como foi visto que houve o crescimento da urbanização no município, como consequência a cidade também buscou se adequar com as questões ligadas a infraestrutura, fato que esclarece esse avanço

Os corpos d'água e as áreas de mineração foram as que atingiram os menores níveis de crescimento e retração, respectivamente durante os anos de 2000 e 2015. Os corpos d'água, que condizem com rios e lagos, conseguiram apresentar um pequeno aumento com o passar dos anos, e isso representa um dado importante de que os recursos hídricos da região podem estar sendo preservados. E o caso, das áreas de mineração mostarem um recuo no crescimento, pode justificar o fato de que o município não escolheu a área minélica para investir economicamente, mas sim outra área, como o exemplo a área de serviços ou a indústria, como o aumento registrado nas áreas urbanas, como também um investimento na área de silvicultura devido ao forte crescimento dessa classe apontado pelos dados obtidos.

4.3 DETECÇÃO DE MUDANÇA DE COBERTURA E USO DA TERRA

Com base na reclassificação descrita na FIGURA 4, a FIGURA 9 mostra o mapa da mudança de uso e cobertura da terra ocorridas entre os anos de 2000 e 2015, enquanto que a tabela 10 indica as estimativas, em hectare e percentagem, das áreas de mudança ocorridas no uso e cobertura da terra.

FIGURA 9 - MAPA DA MUDANÇA DE USO E COBERTURA DA TERRA REFERENTE AO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015



FONTE: Produção da autora (2020)

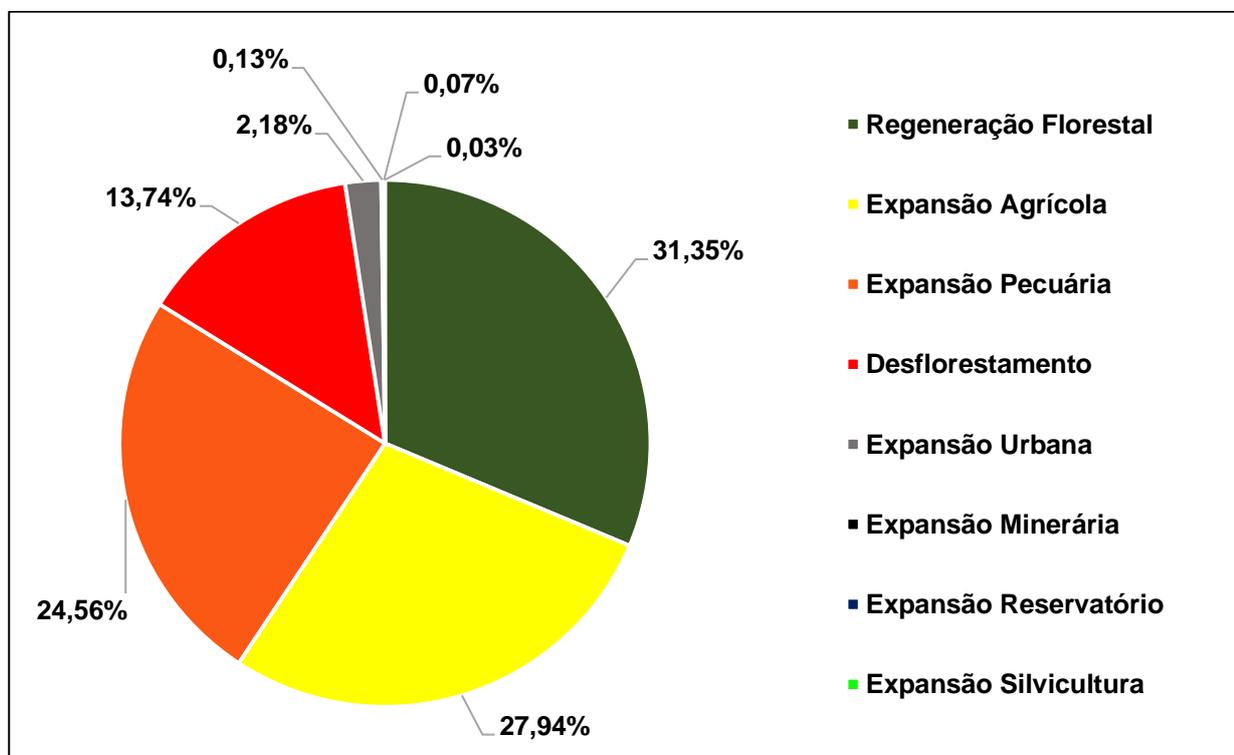
TABELA 9 - ÁREA EM ha E PERCENTUAL DAS MUDANÇAS DE COBERTURA E USO DA TERRA

| MUDANÇAS | ÁREA (ha) | ÁREA (%) |
|-----------------------|-----------|----------|
| Inalterado | 14.898,60 | 75,58 |
| Regeneração Florestal | 1.508,71 | 7,65 |
| Expansão Agrícola | 1.344,75 | 6,82 |
| Expansão Pecuária | 1.182,11 | 6,00 |
| Desflorestamento | 661,05 | 3,35 |
| Expansão Urbana | 104,89 | 0,53 |
| Expansão Minerária | 6,45 | 0,03 |
| Expansão Reservatório | 3,21 | 0,02 |
| Expansão Silvicultura | 1,40 | 0,01 |

FONTE: Produção da autora (2020)

Houve alterações de cobertura e uso da terra em cerca de um quarto do município de Colombo, durante o período considerado. São quase 5.000 ha de mudanças em 15 anos. E por meio das estimativas das áreas para as mudanças ocorridas durante o período dos anos de 2000 a 2015, foi possível gerar um gráfico demonstrando a parcela que cada mudança representa no município, FIGURA 10.

FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA DURANTE O PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2015



FONTE: Produção da autora (2020)

Durante o período analisado, nota –se que o município não apresentou mudanças significativas de uso e cobertura da terra, ou seja, em grande parte do território do município as classes permaneceram inalteradas. Isso significa, que a parcela que uma determinada classe ocupava em 2000, cerca de 75,6 % desta classe também ocupava o mesmo local em 2015, como pode ser visto na tabela e FIGURA 9.

A FIGURA 10, mostra o percentual considerando apenas as mudanças que foram constatadas no município, isto é, a partir da TABELA 8, para essa análise foram consideradas apenas as mudanças que se manifestaram durante o período estudado, e assim foi plotado um gráfico (FIGURA 10) representando a parcela de cada uma das mudanças de cobertura e uso da terra constatadas. É um ponto positivo para o município de Colombo foram os dados apontados sobre a regeneração florestal, isto é, pela FIGURA 9 percebe –se que o município obteve um avanço na questão da regeneração das florestas, e com esse avanço a cidade ganha com serviços ecossistêmicos exercido pelas florestas em níveis avançados, pois antigamente essas estavam em estágio inicial e passaram a evoluírem para um estágio avançado. Além disso, um fato que pode estar ligado a esse avanço na regeneração das florestas consiste nos dados obtidos relacionados a classe de corpos d'água, visto que, essa classe teve um pequeno avanço nos ganhos de corpos d'água, e um dos serviços ecossistêmicos relacionados aos recursos hídricos, está na preservação desses recursos que a floresta desempenha.

Entretanto, ao mesmo tempo que se obteve um avanço na regeneração das florestas, com o estudo pode-se perceber também que as mudanças de uso e cobertura da terra associadas ao desflorestamento aumentaram. Essa mudança pode estar relacionada, com foi visto anteriormente, com aumento registrados das classes ligadas a agropecuária, por exemplo, pois foi exatamente esse ramo que apresentou a maior mudança de uso e cobertura da terra.

As mudanças ocorridas na área de agropecuária, representam entorno de 13% do total registrado (TABELA 8), porém se observar os dados dispostos na FIGURA 10, quando se olha apenas as mudanças ocorridas, essas classes ocupam uma parcela de 52,5 %, ou seja, mais da metade do território foi alterado pelas classes ligadas a agropecuária. Esse dado pode ser confrontado com os resultados obtidos para as classes associadas ao ramo da agropecuária, no item 4.1 deste estudo, e a relação que se obtém entre as mudanças de uso e cobertura da terra com as áreas

registradas durante o período estudado, foi que realmente houve, de maneira geral, a expansão das áreas ocupadas pelas classes ligadas a esse ramo, portanto as mudanças decorridas por essas classes alcançaram um valor relevante para o município. Enquanto as mudanças ligadas a expansão urbana e de silvicultura foram ínfimas, justamente foram essas as classes que mais se destacaram em termos numéricos para o crescimento em área registrado do ano de 2000 para o ano de 2015. Esse fato mostra que não foram essas classes que causaram o desflorestamento, mas sim as classes ligadas ao ramo da agropecuária.

Por fim, a expansão minerária e as de reservatórios, também apresentaram mudanças ínfimas, o qual demonstra que não foram elas as responsáveis pelas alterações ocorridas no município.

Nota-se que as classes de Áreas Urbanas e Silvicultura foram as que mais cresceram em termos absolutos, enquanto que a classe de Floresta Nativa foi a que apresentou a maior retração em área no período estudado. Porém, ao analisar terras mudanças em termos relativos (porcentagens), foi possível notar que a principal mudança territorial registrada foi relacionada às classes relacionadas ao ramo da agropecuária, isto é, as classes de "cultura anual e perene", "pastagem" e "mosaico de agricultura e pastagem". A expansão da agropecuária e da área urbana constituem-se as principais forçantes para o aumento no desflorestamento. A Silvicultura aumentou em termos absolutas, mas ainda é pouco expressiva, comparando-a com as outras classes.

Embora houve perdas da Floresta Nativa com o decorrer dos anos para o município, o mapa de mudanças de cobertura e uso da terra mostrou pontos positivos para essa classe, visto que, verificou-se o aumento na regeneração florestal. Ou seja, as florestas que estavam em estágio inicial de desenvolvimento, passaram a estar em estágio de desenvolvimento secundário. Esse ganho beneficia não apenas o ecossistema que a floresta influencia, como também o município, visto que, os serviços ecossistêmicos que florestas secundárias exercem, se torna muito mais valioso para o ambiente do que os exercidos pelas florestas primárias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

A detecção das mudanças realizadas no presente estudo contribuiu para o diagnóstico adequado das mudanças na paisagem. Tal diagnóstico é fundamental para a gestão territorial e ambiental satisfatórias.

A espacialização das mudanças, mapeando-se efetivamente todas as transições ocorridas atenua a ilusão proporcionada por análises meramente numéricas, onde, muitas vezes, processos de expansão e de retração se anulam, minimizando as reais mudanças ocorridas.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados obtidos por este trabalho, pode –se dar continuidade a esta pesquisa, uma das recomendações seria no aprofundamento em entender as causas que influenciaram as mudanças detectadas. Além de estudar a implementações de instrumentos econômicos que incentivem a restauração florestal e desmotivem cada vez mais o desflorestamento. Outra recomendação poderia ser nas simulações de cenários futuros de mudanças de paisagens para o município.

Além disso, outra proposta possível seria em aprimorar os dados coletados, aumentando o número de amostras, por exemplo. A fim de fornecer resultados com melhores classificações, e assim se obter uma melhor análise das validações dos projetos estudados.

5.3 REFLEXÃO

Portanto, a conservação das florestas nativas e exóticas são de suma importância nas questões socioambientais, visto que, os serviços ecossistêmicos exercidos pelas florestas não ficam restrito apenas ao ecossistema que elas estão localizadas, mas esses serviços se expandem para as áreas ao redor delas. Influenciando, no microclima das regiões ao entorno, nos recursos hídricos da região,

na prevenção de inundações dos locais próximos, e entre outros benefícios. Por isso, que realizar estudos que comprovem o aumento do desmatamento com o decorrer dos anos, além de mostrar causas e consequências é muito importante. Pois, é por meio desses estudos que a sociedade consegue ter informações confiáveis, para que em conjunto com os governantes possam aprimorar políticas públicas que promovam o controle desse desmatamento, afim de preservar os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas.

Por fim, com este trabalho pode-se perceber como a Engenharia Ambiental pode contribuir para fornecimento de estudos, os quais promovem a compreensão de que tem que haver um desenvolvimento na área social, mas ao mesmo pensar na conservação do meio ambiente. E pessoalmente, quando eu escolhi este tema para realizar o Trabalho de Conclusão do Curso foi com a finalidade de contribuir com a sociedade, o que eu estudei durante os anos em Engenharia Ambiental e como eu poderia tornar esse conhecimento acessível. Desse modo, eu optei por escolher uma área de estudo conhecida para mim, e nesse caso foi o município em que eu moro, e eu queria contribuir para o município, os conhecimentos do curso que eu escolhi trabalhar na área, e com esse trabalho alcancei os dois objetivos que eu tinha em mente, ou seja, consegui mostrar as mudanças de cobertura e uso da terra que ocorreram durante os anos no local onde eu vivo e de forma acessível para a sociedade e para o município.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. USO DE ÍNDICES DE ACURÁCIA PARA AVALIAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS OBTIDOS POR MEIO DE CLASSIFICAÇÃO DIGITAL. **III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento.**, p. 15, 1997.

BRAGA, R. A. P. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na bacia do Corumbataí – SP.** 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24102008-103711/pt-br.php>>.

BESEN, M. R. et al. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil - Soil conservation practices and greenhouse gases emissions in Brazil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429–439, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n3/a15v9n3.pdf>>

CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 871–880, 2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n5/12.pdf>>

CASAGRANDE, C. A. **Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba – SP.** 153 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-09112005-145509/pt-br.php>>

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Present Situation of Riparian Forest Along Ribeirão São Bartolomeu , Viçosa , Mg. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 617–623, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n4/22611.pdf>>.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; MORAIS, A. R. DE. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras, MG. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, , n. 1999, p. 887–894, 2007. Disponível em: <<http://martel.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.10.14.40/doc/887-894.pdf>>.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, n. 1995, p. 5755–5762, 2007.

GOOGLE EARTH, 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotrop.**, v. 10, n. 4, p. 2–5, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v10n4/08.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Panorama para o município de Colombo – PR**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/colombo/panorama>>.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Caderno Estatístico - Município de Colombo**, 2019. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=83400&btOk=ok>>

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba , PR. , v. 22, n. 2, p. 182–193, 2015.

MARTINS, A. L. DO N. **MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DA PERDA DE SOLO ASSOCIADA ÀS MUDANÇAS DE COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA DO ALTO IGUAÇU-PR**. 132 f. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, São José dos Campos, 2020.

MORAES, L. F. D. DE; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração Florestal: Do Diagnóstico de Degradação ao Uso de Indicadores Ecológicos para o Monitoramento das Ações. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 437–451, 2010.

PAINEL DE ESTATÍSTICA DE ACURÁCIA DA COLEÇÃO 5.0, 2019. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/estatistica-de-acuracia>>. Acesso em: 24 de ago. 2020.

PEREIRA, M. C. B. et al. **Bacias Hidrográficas do Paraná - Série Histórica**. Curitiba, 2010 a. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf>

PEREIRA, M. C. B. et al. 2010b. **Bacia do Rio Iguaçu**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/BACIAS/iguacu.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.

POLINÁRIO, D. S. **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense**. Produção Didático - Pedagógica, 2010. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2009_ufpr_geografia_md_denise_sbrissia_polinario.pdf>

Projeto MapBiomias. 2019. Disponível em: <<http://plataforma.mapBiomias.org/map#coverage>>. Acesso em: 27 out. 2019.

Projeto MapBiomias – Metodologia, 2020. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>>. Acesso em 07 out. 2020.

QGIS, 2019. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html>. Acesso em: 25 out. 2019.

ROSAN, T. M.; ALCÂNTARA, E. DETECÇÃO DE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA AMAZÔNIA LEGAL MATOGROSSENSE : O ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE CLÁUDIA (MT) Land Use Land Cover Change Detection in the Legal Amazon : A Case Study of Cláudia (Mato Grosso State , Brazil). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, p. 979–990, 2016.

SAITO, N. S. et al. Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal. **CERNE**, v. 22, n. 1, p. 11–18, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v22n1/2317-6342-cerne-22-01-00011.pdf>>

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. **PROJETO DE PESQUISA DO CNPQ INTITULADO: ESTOQUES E DINÂMICA TEMPORAL DA BIOMASSA E CARBONO AÉREO NA MATA ATLÂNTICA: O CASO DA BACIA DO RIO IGUAÇU, PR. CURITIBA, PR. 2017. 137P.**

SOUZA, J. A. C. DE. **ACURÁCIA DAS MÉTRICAS DE VALIDAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS**, 41 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia, Minas Gerais, 2020.

VARELLA, C. A. A. Agricultura de Precisão - Avaliação de classificadores. , 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Boletim Técnico AP.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Boletim_Técnico_AP.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2020

XAUD, M. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Dinâmica do uso e cobertura da terra no sudeste de roraima utilizando técnicas de detecção de mudanças. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 107–120, 2014.

ZELARAYÁN, M. L. C. et al. Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestas ripárias na Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 271–282, 2015.